

Rapport

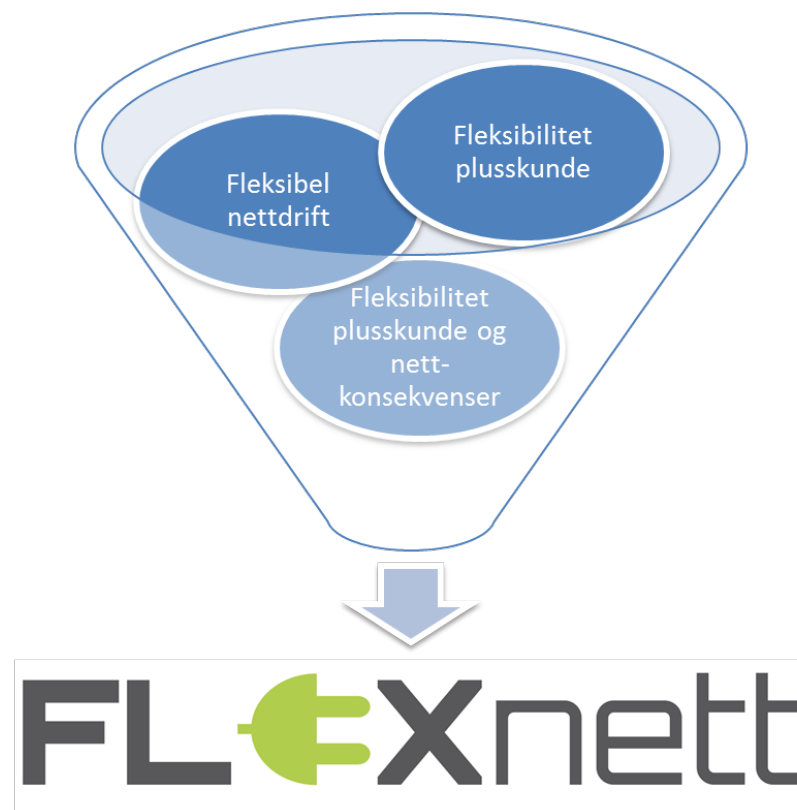
Fremtidens fleksible distribusjonsnett

Fleksibel nettdrift, forbrukerfleksibilitet, plusskunder og forretningsmodeller

Forfatter(e)

Hanne Sæle

Bernt A. Bremdal (SIØ), Inger Anne Tøndel (SINTEF IKT), Maren Istad, Jan A. Foosnæs (NTE), Per Erik Nordbø (BKK), Henrik Kirkeby, Boye Annfelt Høverstad, Geir Mathisen (SINTEF IKT)



SINTEF Energi AS

Postadresse:
Postboks 4761 Sluppen
7465 TrondheimSentralbord: 73597200
Telefaks: 73597250energy.research@sintef.no
www.sintef.no/energi
Foretaksregister:
NO 939 350 675 MVA

Rapport

Fremtidens fleksible distribusjonsnett

Fleksibel nettdrift, forbrukerfleksibilitet, plusskunder og forretningsmodeller

EMNEORD:

Fleksibilitet

AMS

Plusskunde

SmartGrid

Distribuert produksjon

Solcelle

Energilager

Forretningsmodeller

Informasjonssikkerhet

Personvern

VERSJON

1.0

DATO

2016-02-15

FORFATTER(E)

Hanne Sæle

Bernt A. Bremdal (SIØ), Inger Anne Tøndel (SINTEF IKT), Maren Istad, Jan A. Foosnæs (NTE), Per Erik Nordbø (BKK), Henrik Kirkeby, Boye Annfelt Høverstad, Geir Mathisen (SINTEF IKT)

OPPDRAGSGIVER(E)

FlexNett-prosjektet

OPPDRAGSGIVERS REF.

Per Erik Nordbø

PROSJEKTNR

502000952

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

59

SAMMENDRAG

Denne rapporten er utarbeidet i WP1 og WP2 i prosjektet "Fleksibilitet i fremtidens smarte distribusjonsnett – FlexNett" (2015-2017). FlexNett-prosjektet har som målsetting å bidra til økt fleksibilitet i fremtidens smarte distribusjonsnett gjennom å demonstrere og verifisere tekniske og markedsmessige løsninger for fleksibilitet på ulike nivå i nettet og til nytte for ulike aktører.

Målsettingen med rapporten er å beskrive tidligere erfaringer, som er relevante for de demonstrasjonsaktivitetene som er planlagte i prosjektet. Demoaktivitetene vil bli gjennomført i nettområdene til BKK Nett (Bergen) og NTE Nett (Steinkjer), og på Hvaler.

Demokonseptene som skal testes ut er knyttet til fremtidens nettstasjon og automatisert nettdrift (fleksibel nettdrift), plusskunder i svake distribusjonsnett og fleksibilitet hos plusskunder.

UTARBEIDET AV

Hanne Sæle

SIGNATUR

**KONTROLLERT AV**


Oddbjørn Gjerde

SIGNATUR

**GODKJENT AV**

Knut Samdal

SIGNATUR

**RAPPORTNR**

TR A7536

ISBN

978-82-594-3648-1

GRADERING

Åpen

GRADERING DENNE SIDE

Åpen

Sammendrag

Denne rapporten er utarbeidet i WP1 og WP2 i prosjektet "Fleksibilitet i fremtidens smarte distribusjonsnett – FlexNett" (2015-2017). FlexNett-prosjektet har som målsetting å bidra til **økt fleksibilitet i fremtidens smarte distribusjonsnett gjennom å demonstrere og verifisere tekniske og markedsmessige løsninger for fleksibilitet på ulike nivå i nettet og til nytte for ulike aktører.**

Dette skal oppnås gjennom følgende delmål:

1. Demonstrere og verifisere potensialet for **fleksibilitet** hos aktive enkeltkunder med **forbruk, produksjon og/eller lagring av energi**.
2. Demonstrere og verifisere **sammenlagret fleksibilitet** for flere aktive kunder.
3. Demonstrere og verifisere hvordan **energilagere** kan brukes/lokaliseres til størst mulig nytte for distribusjonsnettet og kraftsystemet.
4. Demonstrere og verifisere fleksibel nettdrift gjennom **sanntids overvåking og styring**, ved bruk av **SCADA, DMS og AMS¹**.
5. Bidra til effektiv håndtering av **IT-sikkerhetshendelser** relatert til overvåking og styring i distribusjonsnettet.
6. Ivareta **personvern** ved økt mengde informasjon som følge av økt overvåking og styring.

I denne rapporten beskrives tidligere erfaringer, som er relevante for planlagte demonstrasjonsaktiviteter som vil bli gjennomført i nettområdene til BKK Nett (Bergen) og NTE Nett (Steinkjer), og på Hvaler.

Prosjektet vil fremme *økt fleksibilitet* på ulike nettnivå og hos ulike aktører:

1. **Internt hos aktive kunder**, i samspillet mellom forbruk, produksjon og energilagring, for å bidra til redusert energiforbruk, reduserte kostnader og nye tjenester.
2. I distribusjonsnett ved at **energilagere** plasseres i nettstasjon for å jevne ut effekttopper, gi bedre utnyttelse av eksisterende nettkapasitet, redusert sammenlagret effekt og utsatte nettinvesteringer.
3. I **smartere drift** av distribusjonsnettet gjennom f.eks. energilagere, fjernstyrte omkoblinger og spenningsregulering, noe som vil gi reduserte nettap, bedret leveringssikkerhet og forbedret spenningskvalitet.

I tillegg vil det vurderes hvordan fleksibilitet kan gjøres tilgjengelig for markedsaktør/ 3. part.

For FlexNett-prosjektet er aktivitetene del inn i følgende tre tematiske områder:

- Fleksibilitet plusskunde
- Fleksibilitet plusskunde og nettkonsekvenser
- Fleksibel nettdrift.

Lokalisering	Kundefokus <-----> Nettfokus		
	Fleksibilitet plusskunde	Fleksibilitet plusskunde og nettkonsekvenser	Fleksibel nettdrift
BKK Nett (Bergen)		X	X
NTE Nett (Steinkjer)	X	X	
Hvaler	X		

¹ SCADA = Supervisory Control and Data Acquisition (driftskontrollsystem), DMS = Distribution Management System (driftskontrollsystem for distribusjonsnettet), AMS = Avanserte Måle- og Styringssystemer

Executive Summary

This report is a result from WP1 and WP2 in the research project "Flexibility in the future smart distribution grid – FlexNet" (2015-2017). The objective of this project is to contribute to *increased flexibility in the future smart distribution grid through demonstration and verification of technical and market based solutions for flexibility on different levels in the grid and for the benefit of different stakeholders.*

This objective should be achieved through the following sub-targets:

1. Demonstrate and verify the potential for **flexibility** at active customer with **demand, generation and/or energy storage**.
2. Demonstrate and verify **coincidence flexibility** for several active customers.
3. Demonstrate and verify how **energy storage** can be used/localized for increased benefit for the distribution grid and the power system.
4. Demonstrate and verify flexible grid operation through **real-time monitoring and control**, by use of **SCADA, DMS and Smart meters (AMS)**.
5. Contribute to efficient handling of **ICT security events** related to monitoring and control in the distribution grid.
6. Ensure **right to privacy** with increasing volume of information due to monitoring and control.

This report describes previous results and experiences, relevant for the planned demonstration activities to be accomplished in the distribution grid operated by BKK Nett (Bergen) and NTE Nett (Steinkjer), and at Hvaler.

The project will promote increased *flexibility* on different grid levels and for different stakeholders:

1. **Internally at active customers**, in the interplay between demand, generation and energy storage, to contribute to reduced use of electricity, reduced costs and new services.
2. In the distribution grid by installing **energy storage** in the substation to reduce peak load, increase the utilization of existing grid, reduced coincidence load and postpone grid investments.
3. In **smarter operation** of the distribution grid, through energy storage, remote control of switches and voltage control, resulting in reduced grid losses, improved security of supply and improved voltage quality.

Additionally, the project will evaluate how flexibility can be made available for third party.

The activities in the FlexNet project are divided into the following three areas:

- Flexibility prosumers
- Flexibility prosumer and grid consequences
- Flexible grid operation.

Localisation	Customer focus <-----> Grid focus		
	Flexibility prosumers	Flexibility prosumer and grid consequences	Flexible grid operation
BKK Nett (Bergen)		X	X
NTE Nett (Steinkjer)	X	X	
Hvaler	X		

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	7
1.1	Prosjektets målsetting	7
1.2	Definisjon fleksibilitet	8
1.3	Nettnytte fleksibilitet	9
1.4	Demonstrasjonsområder	10
1.4.1	Demo Bergen	10
1.4.2	Demo Steinkjer	11
1.4.3	Demo Hvaler	13
2	Aktører som er involverte i fleksibilitet	16
3	Fleksibilitet hos kunde	17
3.1	Forbruk	19
3.1.1	Elbil	20
3.2	Produksjon (Plusskunde)	21
3.3	Energilager	23
3.4	Forbrukerfleksibilitet erfart gjennom ulike insentiver	23
3.4.1	Brukerstyrt fleksibilitet (prisbasert)	24
3.4.2	Fjernstyrt justering av etterspørsel (insentivbasert) - HYTTEFLEX	25
3.4.3	Sentral styring av lavprioritert forbruk kombinert med prisinsentiv - Malvik-pilot	26
3.5	Premisser og forretningsmodeller	27
4	Informasjonssikkerhet og personvern	29
4.1	Nasjonalt arbeid knyttet til informasjonssikkerhet og personvern i AMS	29
4.2	Oversikt over utvalgt internasjonalt arbeid	30
4.3	Sikre koblinger	31
4.4	Håndtering av informasjonssikkerhetshendelser	32
4.5	Personvern	33
5	Muligheter med fleksibel nettdrift	35
5.1	Fleksibel nettdrift	35
5.2	AMS-målinger	37
5.3	Spenningsregulering med krafttransformator	37
6	Use case og referansearkitektur	39

7	Forretningsmodeller fleksibilitet	42
7.1	Forretningsmodell er virksomhetens kompass	42
7.2	Gryende forretningsmodeller rundt fleksibilitet og lokal, fornybar produksjon.....	43
7.3	Fire typer aktører.....	45
7.3.1	"Gjerdesitterne"	45
7.3.2	Fremoverlente energiselskaper	45
7.3.3	Oppstartsselskaper.....	46
7.3.4	Forbrukerorienterte initiativ	46
7.4	Metodisk tilnærming	47
8	Definerte demoaktiviteter i FlexNett- prosjektet	49
8.1	Fleksibilitet plusskunde	50
8.2	Fleksibilitet plusskunde og nettkonsekvenser.....	51
8.3	Fleksibel nettdrift	52
9	Litteraturreferanser	53
10	Forkortelser.....	55
A	Eksempler på selskaper assosiert med fleksibilitet og smart grid	57

1 Innledning

Denne rapporten er utarbeidet i forbindelse med innovasjonsprosjektet "Fleksibilitet i fremtidens smarte distribusjonsnett – FlexNett" (2015-2017). Prosjektet inngår i Forskningsrådets ENERGIX-program, og finansieres av 20 partnere fra energibransjen². Prosjekteier er BKK Nett, og forskningspartnere er SINTEF Energi, Smart Innovation Østfold og SINTEF IKT.

Målsettingen med rapporten er å beskrive tidligere erfaringer, som er relevante for de planlagte demonstrasjonsaktivitetene i prosjektet. Planer for de ulike demoaktivitetene er også beskrevet.

1.1 Prosjektets målsetting

FlexNett-prosjektet har som målsetting å bidra til *økt fleksibilitet i fremtidens smarte distribusjonsnett gjennom å demonstrere og verifisere tekniske og markedsmessige løsninger for fleksibilitet på ulike nivå i nettet og til nytte for ulike aktører.*

Dette skal oppnås gjennom følgende delmål:

7. Demonstrere og verifisere potensialet for **fleksibilitet** hos aktive enkeltkunder med **forbruk, produksjon og/eller lagring av energi**.
8. Demonstrere og verifisere **sammenlagret fleksibilitet** for flere aktive kunder.
9. Demonstrere og verifisere hvordan **energilagere** kan brukes/lokaliseres til størst mulig nytte for distribusjonsnettet og kraftsystemet.
10. Demonstrere og verifisere fleksibel nettdrift gjennom **sanntids overvåking og styring**, ved bruk av **SCADA, DMS og AMS**³.
11. Bidra til effektiv håndtering av **IT-sikkerhets hendelser** relatert til overvåking og styring i distribusjonsnettet.
12. Ivareta **personvern** ved økt mengde informasjon som følge av økt overvåking og styring.

² Finansierer: Nettselskap (BKK Nett, NTE Nett, Agder Energi, Skagerak Energi, Eidsiva Nett, Stryn Energi, Statnett), Leverandører (ABB, Eltek, Schneider Electric, Enfo, Aidon, eSmart Systems, Smart Grid Norway, Prediktor, Communicate), Hafenstrom, Odin Media, Hvaler Kommune og The Norwegian Smart Grid Centre.

³ SCADA = Supervisory Control and Data Acquisition (driftskontrollsystem), DMS = Distribution Management System (driftskontrollsystem for distribusjonsnettet), AMS = Avanserte Måle- og Styringssystemer

1.2 Definisjon fleksibilitet

I FlexNett-prosjektet er *fleksibilitet* definert som situasjonsavhengig og tidsbegrenset respons på et insentiv, f.eks. er forbrukerfleksibilitet tilpasning av forbruk og eventuelt produksjon hos sluttbruker, typisk basert på prisendringer.

Prosjektet vil fremme økt *fleksibilitet* på ulike nettnivå og hos ulike aktører:

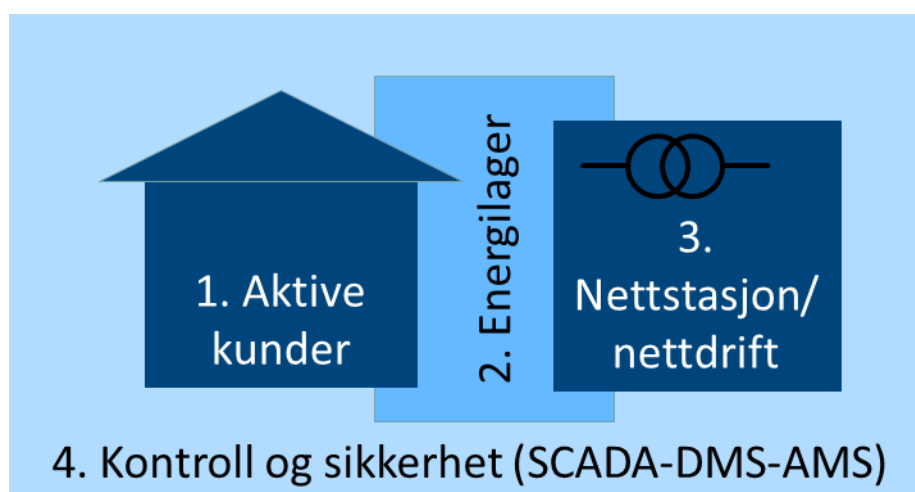
4. **Internt hos aktive kunder**, i samspillet mellom forbruk, produksjon og energilagring, for å bidra til redusert energiforbruk, reduserte kostnader og nye tjenester.
5. I distribusjonsnett ved at **energilagere** plasseres i nettstasjon for å jevne ut effekttopper, gi bedre utnyttelse av eksisterende nettkapasitet, redusert sammenlagret effekt og utsatte nettinvesteringer.
6. I **smartere drift** av distribusjonsnettet gjennom f.eks. energilagere, fjernstyrte omkoblinger og spenningsregulering, noe som vil gi reduserte nettap, bedret leveringssikkerhet og forbedret spenningskvalitet.

I tillegg vil det vurderes hvordan fleksibilitet kan gjøres tilgjengelig for markedsaktør/ 3. part.

Den overordnede FoU-utfordringen for prosjektet er å realisere fleksibilitet i fremtidens distribusjonsnett, med fokus på følgende fire fagområder:

1. Fleksibilitet hos **aktive kunder** (forbruk, produksjon, lager og styringsteknologi).
2. Muliggjøring av fleksibilitet ved **energilagere** lokalisert hos kunde eller i nettstasjon.
3. Realisering av fleksibilitet gjennom **smartere nettdrift** (smarte nettstasjoner og sanntids overvåking og drift).
4. **Kontroll** på **fleksibilitet** gjennom sikker sanntids overvåking og styring i verdikjeden SCADA-DMS-AMS

Grensesnittet mellom de ulike fagområdene er vist i figur 1.1.



Figur 1.1 Grensesnitt mellom fagområder definert i FlexNett-prosjektet

1.3 Nettnytte fleksibilitet

FlexNett-prosjektet vil bidra til økt fleksibilitet i fremtidens smarte distribusjonsnett - både hos aktive kunder, i nettstasjoner med energilager og gjennom smartere drift av nettet, med fokus på hele verdikjeden fra kunde til nettselskap og markedsaktører.

Hypotesen til prosjektet er at det i distribusjonsnettet er et urealisert potensiale for forbrukerfleksibilitet som kan balansere et økende effektbehov og en økende mengde fornybar og intermitterende produksjon, for å bidra til et stabilt og velfungerende kraftsystem. Smartgrid-teknologi (f.eks. sanntids overvåking og styring) vil muliggjøre realiseringen av dette potensialet.

De ulike nivå av fleksibilitet vil gi følgende innovasjon:

- **Forbruker:** Realisering av fleksibilitet hos aktive kunder danner grunnlag for nye/ forbedrede produkter og/eller tjenester fra nettselskaper, utstyrsleverandører og markedsaktører.
- **Energilager:** Energilager som aktiv komponent i distribusjonsnettet – lokalisert hos kunde eller i nettstasjon, vil bidra til bedre utnyttelse av eksisterende nettkapasitet og forbedret spenningskvalitet som følge av økt tilgang på fleksibilitet.
- **Smartere drift:** Mer fleksibel nettdrift som følge av økt automatisering av nettstasjoner.

En av fordelene med mer fleksibel nettdrift er at nettet kan driftes nærmere grenseverdiene, som for eksempel at det periodisk kan tillates å belaste kabler mer enn tidligere fordi det er mer overvåking av parametre som gir informasjon om tilstand, spesielt temperatur. At det er mer overvåking av tilstanden til systemet, betyr også at estimering av tilstandsutvikling og restlevetid kan forbedres og gi mer korrekte beslutninger om vedlikehold og fornyelse.

Når store mengder informasjon blir tilgjengelig fra sensorer i nettet, vil utfordringen bli å omsette all denne informasjonen til nyttig informasjon. Denne informasjonen kan være nyttig i nettdrift fordi den kan bidra til å avdekke situasjoner og utviklinger som kan skape problemer som dårlig spenningskvalitet, overbelastning, avbrudd, osv. Å ha oversikt over dette kan bidra til å redusere risikoen for KILE og redusere nettap.

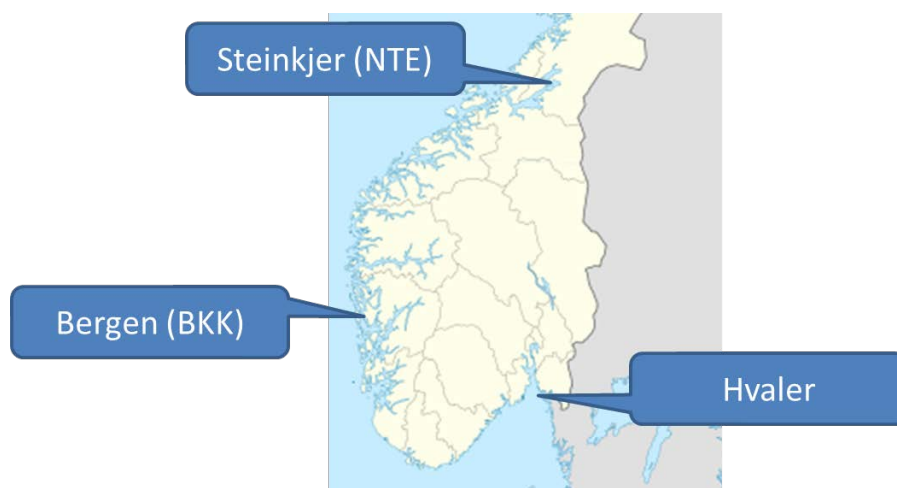
En annen nytteverdi realiseres når det enten utføres automatiske tiltak, som å gjøre omkoblinger, etterspørre fleksibilitet fra batterier (innmating/uttak av elektrisk energi) eller forbrukerfleksibilitet, osv., eller at det gis en oversikt over tilgjengelige tiltak som driftssentralpersonell selv kan aktivere. Gode systemer kan også ha innebygde rutiner for å gjøre simuleringer i forkant og målinger i etterkant for å forutsi og bekrefte virkning av tiltaket. Disse systemene kan da også gi anbefaling om hvilke tiltak som bør iverksettes først.

Økt grad av forbrukerfleksibilitet kan ses på som ett av flere verktøy nettselskapet har til å løse problemer som flaskehalser og overbelastning. I tillegg kan forbrukerfleksibilitet være et alternativt til nettutbygging, egne batterier, omkoblinger, spenningsregulering osv. Dette gjelder spesielt om det er laget et system for automatisk utnyttelse av forbrukerfleksibilitet ved målt overbelastning et sted, eller at nettselskap har en mulighet for å aktivere forbrukerfleksibilitet ved anstrengte situasjoner.

Økende omfang av apparater (f.eks. solcellepaneler og hurtigladdere for elbiler) som kan forårsake spenningsproblemer er blitt en utfordring for nettselskapene. Den tradisjonelle løsningen på spenningsproblemer er oppgradering av nettet, men økt forbrukerfleksibilitet kan være et kostnadseffektivt alternativ til dette. Dette vil bidra til reduserte kostnader for nettselskapene, noe som igjen gir nytte for nettkundene. Økt fleksibilitet vil kunne bidra til økt leveringspålidelighet, også når det er kunden selv som har installert løsninger (smarthus, energilager o.l.).

1.4 Demonstrasjonsområder

Totalt inngår tre ulike demoområder i FlexNett-prosjektet, og de er beskrevet i dette kapitlet. Figur 1.2 viser geografisk lokalisering av demoområdene.



Figur 1.2 Lokalisering av demoområder i FlexNett-prosjektet

1.4.1 Demo Bergen

Demoaktiviteten hos BKK Nett vil være relatert til overvåkning og styring i distribusjonsnettet. For å bedre effektivitet og lønnsomhet skal BKK Nett teste og implementere tiltak for et fremtidsrettet nett.

Tiltak forventes å føre til:

- Bedre utnyttelse av eksisterende nett (utnytte levetid og utnytte kapasitet)
- Riktige investeringsbeslutninger (basert på korrekt og oppdatert informasjon)
- Optimalisering av drift (færre manuelle prosesser, riktig ressursbruk med bedre kunnskap og tilpassede verktøy)
- Bedre kundeopplevelse (økt leveringskvalitet og riktig informasjon)

Det er planlagt tre piloter for å teste fremtidens løsninger:

1. *Fremtidens nettstasjon*

Hensikten er å teste utstyr og løsninger for overvåkning og kommunikasjon for å gi anbefaling til standard instrumentering i nettstasjon. BKK har 20 nettstasjoner med utstyr for overvåkning av strøm, spenning, last og harmoniske forstyrrelser, og tilsvarende utstyr vil bli installert i flere nettstasjoner.

Mulige tester er:

- Integrasjon med driftskontrollsystem for distribusjonsnettet (DMS)
- Alternative multi-instrument og RTUer
- Temperaturovervåkning, kortslutningsindikatorer og bryterstillinger
- Bruk av data for riktige investerings- og driftsbeslutninger
- Identifisere behov for fleksibilitet og redusert spenningsvariasjon

2. Automatisert nettdrift

Hensikten er å teste utstyr og løsninger for fjernstyring og/eller automatisering av kritiske punkter i nettet, basert på utvalgte kritiske punkter i nettet ut fra HMS⁴, KILE⁵, klimatiske forhold, alder, tilstand, tilgjengelighet, sentrale knutepunkt med mulighet for omlegging/ innmating fra flere stasjoner o.s.v.

Mulige tester er:

- Verifisere teknologi for styring & vern i distribusjonsnett
- Kost-nytte metodikk for fjernstyring og overvåkning i kritiske punkter sammenlignet med tradisjonelle investeringer i ny kapasitet
- Sammenligne forventet og faktisk nytteverdi

3. Samhandling med store nettkunder

Hensikten er å kartlegge forbrukerfleksibilitet/Demand Respons hos store nettkunder som påvirker leveringskvalitet i området, basert på kartlegging av forbruk og historiske måleverdier.

Tabell 1.1 Prosjekt mål og suksesskriterer for demoaktiviteter i Bergen

Prosjekt mål	Suksesskriterier
Realisering av fleksibel nettdrift gjennom overvåkning, kommunikasjon, styring og logikk i nettet	Tilstrekkelig utrulling av teknologi for måling, automatiserte brytere, energilager o.l.
Etablere utstyr for overvåkning og kommunikasjon i nettstasjoner	<ul style="list-style-type: none"> • Vellykket installasjon av måleutstyr • Tilgang til data gjennom DMS
Vurdere forbrukerfleksibilitet hos store nettkunder som påvirker leveringskvalitet	<ul style="list-style-type: none"> • God tilgang på historiske måledata • Analyseverktøy for evaluering a potensiale for forbrukerfleksibilitet
Ivareta informasjonssikkerhet ved økte koblinger mellom systemer	Sikre informasjon for å forstå hvordan cyber-trusler kan påvirke driften av kraftnettet

1.4.2 Demo Steinkjer

Hovedfokus i forbindelse med demoaktivitet hos NTE Nett vil være knyttet til plusskunder. Demo Steinkjer er også åpen for samarbeid med øvrige partnere i FlexNett-prosjektet.

Internasjonalt har den viktigste driveren for egenproduksjon ved bruk av solceller vært subsidier til investering i eget anlegg. Kunden sitt formål har vært å maksimere produksjonen fra eget anlegg til eget energiforbruk og til innmating av produksjon på nettet. I tillegg til meget gunstige finansieringsordninger, ser man at prisen på solcellepaneler og elektronikk stadig synker. I Tyskland ble prisen halvert på to år fra 2012 til 2014 og panelene blir stadig mer effektive. I noen områder internasjonalt har man nådd en kritisk masse av boliger som produserer egen strøm.

⁴ HMS = Helse, Miljø og Sikkerhet

⁵ KILE = Kompensasjon for ikke-levert energi

Teknologiutviklingen på batteri har kommet langt de siste årene og det er i dag mange gode løsninger å velge blant. Utviklingen og driverne fremover beskrives til å være at man når kritisk masse i både bruk av solceller og batterilagring og man ser at IKT får stadig større betydning i løsningene som utvikles og som kundene benytter. Kunden sitt perspektiv spås til å bli optimalisering med hensyn til energikostnad og eget forbruk. Det antas at interessen for solkraft vil øke betydelig også i Norge, selv om energiutbyttet vil bli noe lavere her enn lenger sør i Europa. I Norge er det også for tiden usikkerhet rundt bebudet endringer i prismodellene for nettleie, noe som kan påvirke interessen for solkraft fra kundenes side.

Ut fra dagens prismodeller for nettleie antas de økonomiske konsekvensene å være:

- Reduserte inntekter for nettselskapene på salg av nettleie til husholdninger som produserer egen strøm (og benytter seg av lagringsenheter)
- Økte kostnader for nettselskapene til redusert leveringskvalitet fra uregulerbar innmating til nettet
- Økte kostnader for nettselskapene knyttet til fornyelse og vedlikehold av infrastruktur

Teknologiske utfordringer er blant flere:

- Økt usikkerhet rundt prognoser for plusskunder (produksjon, batteristatus, forbruksmønster og laststyring)
- Synkronisering av produksjon og last
- Utfordringer med å kontrollere spenningen i lavspenningsnettet, spesielt i svake nett
- Flaskehals i nettet
- Går mot kortere brukstid på forbruk – redusert energiforbruk, men økende effektforbruk

Ved et økende antall mikroprodusenter øker også behovet for kunnskap knyttet til ulike forhold i forbindelse med småskala produksjon fra plusskundene. Dette gjelder blant annet målinger og analyser av spenningskvaliteten i utvekslingspunktet. Spenningskvalitet i Norge reguleres i dag av forskrift om leveringskvalitet (FoL⁶) som stiller krav blant annet til spenningsvariasjoner, flimmet og symmetri i forsyningsspenningen.

Det er derfor ønskelig å ha fokus på analyse og måling av plusskunder. Kunnskap om behovet til kunden er også et sentralt tema. Formidling av informasjon og proaktiv holdning til plusskundene vil være viktig i årene som kommer for å håndtere både mulighetene og utfordringene som et økt antall plusskunder vil føre med seg.

I forbindelse med FlexNett-prosjektet er det planlagt å etablere måling hos plusskunder i NTEs område (forbruk og produksjon), etablere spenningsmåling og andre parametre relatert til leveringskvalitet (overharmoniske, frekvens, reaktiv effekt) og utrede påvirkningen på tap i nettet. Det er også ønskelig å utrede og teste lagring i kombinasjon med produksjon til en eller flere husholdningskunder.

⁶ FoL = Forskrift om Leveringskvalitet, FOR-2004-11-30-1557, <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-11-30-1557>

Tabell 1.2 Prosjektmål og suksesskriterier for demoaktivitet på Steinkjer

Prosjektmål	Suksesskriterier
Gjennomføre måling og analyse med mobilt Elspec-instrument hos plusskunder i NTEs område. Etablere måling av spenning og strøm, beregne leveringskvalitet og utrede påvirkningen på tap i nettet med utgangspunkt i plusskunder hovedsakelig tilknyttet et svakt lavspenningsnett.	Vellykket måling og god tilgang på data fra målinger.
Regelverk på småskala produksjon <ul style="list-style-type: none"> • Network codes • NVE 	God oversikt over hvilke endringer som kommer på området og konsekvensen av disse endringene for nettselskapene.
Analyse av ulike alternative lagringsenheter og gjennomføre uttesting av minst en lagringsløsning i tilknytning til produksjon.	Lagringsenhet fungerer og kan lagre energi fra mikroproduksjon til kunde, de riktige ressursene fra NTE Nett er involvert i arbeidet.

I prosjektplanen vil man konkretisere delaktiviteter innenfor de ulike prosjektmålene. Når det gjelder målinger og analyser som vil bli foretatt vil man forholde seg til henholdsvis FoL og EN50160⁷ med tanke på måling av overspenning og spenningsmålinger samt frekvensmålinger. Dokumentasjon av målinger vil bli foretatt og vurdert opp mot de kravene som stilles til kvalitet i målingene.

Flere selskaper har utarbeidet retningslinjer for håndtering av plusskunder. Det er et mål at man utarbeider et slikt dokument også i NTE Nett i forbindelse med plusskundeforskriften som NVE kommer med⁸.

1.4.3 Demo Hvaler

Demonstrasjonsområdet på Hvaler vil bestå av flere områder og deltagere. Omfanget vil bestemmes av utviklingstakten i området og hva slags testutstyr som blir tilgjengelig. Totalt ser man for seg følgende kandidater for den type forsøk som vil inngå i FlexNett-prosjektet:

- **Smarthus/plusskunde – Hvaler Solpark**
- **Avfallsmottaket på Sandbakken**
- **Grønn lading**
- Smart Transport
- Verdens grønneste havn

Innenfor den tidshorisonnt som gjelder for FlexNett, er det håp om at alle de anleggene som er listet opp, vil bli realisert og stilt til disposisjon for prosjektet. I utgangspunktet er det først og fremst Smart hus/ plusskunde-alternativet, avfallsmottaket på Sandbakken og Grønn lading som vil utgjøre den primære testarenaen.

Smarthus/plusskunder

Siden 2. mai 2015 er det installert solcelleanlegg på over 80 hustak rundt om på Hvalerøyene. De fleste av disse har en maks installert effekt på 3.1 kWp, men det finnes også installasjoner opp til 15 kWp. Det

⁷ EN50160 Voltage Disturbances Standard

⁸ I 2015 ble det gjennomført høringsrunde på ny forskrift for plusskunde. Det tas sikte på at de foreslåtte endringene trer i kraft 1. juli 2016. <https://www.nve.no/elmarkedstilsynet-marked-og-monopol/nettjenester/nyheter-og-hoeringer-om-nettjenester/tilleggshoring-maling-og-avregning-av-plusskunder-avsluttet/>

forventes videre vekst i dette antallet. Fra tidligere prosjekter, er flere husstander allerede fortrolige med både forbrukerfleksibilitet generelt og visualiseringsteknologi for å kunne stimulere til økt forbrukerfleksibilitet. Det er kunder som både er smarte energikunder og lokale produsenter, med en samlet topp-produksjon i juli på rundt 300 kWp. Dette gjør det mulig å teste etterspørselsbasert og tilbudsbasert fleksibilitet på ulike måter. En oppfølging av det arbeidet som ble initiert i DeVID-prosjektet vil være både relevant og gjennomførbart på en relativt betydelig skala. Mulighetene for å teste ulike sider rundt VPP-konseptet (Virtual Power Plant) er store. Innenfor FlexNett-prosjektet vil det primært være det tekniske VPP-konseptet som vil være relevant.

Det skal videre påpekes at Fredrikstad Energi Nett (FEAS) 1. august 2015 innførte effektbaserte tariffer hvor periodisk maks effekt (gjennomsnitt av tre verdier) blir utslagsgivende på den enkeltes regning. Dette tiltaket bør vurderes i sammenheng med de fleksibilitetstiltak som prosjektet ønsker å initiere. I forbindelse med innføringen av den nye effektbaserte tariffen, har ikke forbrukerne på Hvaler blitt tilbudt noen form for effektmålingsverktøy.

Sandbakken miljøstasjon

Sandbakken miljøstasjon er avfallsmottaket for hele Hvaler kommune. Det prosjekteres i øyeblikket en oppgradering av dette mottaket med en betydelig miljøprofil. Stasjonen vil bli oppgradert med en ny sorteringshall for avfall. COWI har stått for prosjekteringsarbeidet som inkluderer vurdering av ulike lokale produksjonsløsninger, lagring og muligheter for lading av el-biler. I den utredningen som foreligger vil sorteringsanlegget få påmontert ca. 700 solcellepaneler delt opp i 6 seksjoner. Det vil utgjøre ca. 1200 m² innstrålingsflate og en årsproduksjon på 150 -240 MWh/år avhengig av hvilken solcelleteknologi som velges. Hver seksjon vil bli utstyrt med sin egen vekselretter på 25 kW. Vanlige monokrystallinske paneler er et sannsynlig valg og vil kunne gi en maks effekt i april-juli på opp til 160 kW. I tillegg til solcellepaneler, planlegges montering av vindgeneratorer med en samlet maksimaleffekt på 10-11 kW. Forventet årsforbruk av elektrisk energi for hele stasjonen samlet er estimert til 150 MWh. Man kan derfor forvente et netto eksportoverskudd per år. Maks last i forbruket vil variere mellom 45 og 100 kW. Samlet sett vil man i henhold til de vurderinger som er gjort, oppleve et betydelig volum av overskuddsenergi i perioden april-oktober. Periodevis vil kraftoverskuddet ligge over NVE's grense på 100 kW for standard plusskunder. Det betyr at en eller annen form for fleksibilitet må bygges inn i systemet. Til dette formålet er det gjort vurdering av bl.a. batterier.

Sandbakken miljøstasjon kan prinsipielt utvikles som et mikrogrid. Innenfor samme avgang finnes det en del kommunale boliger som eventuelt vil inngå i dette. Som mikrogrid vil det være mulig periodevis for miljøstasjonen å operere i øymodus. For at dette skal fungere i praksis, kreves oppgradering av nettstasjonen som Sandbakken er knyttet til. I øyeblikket vurderes ulike alternativer for dette, men man er inntil videre også åpen for innspill rundt bruk av annet utstyr som deltagerne i konsortiet mener kan være relevant. Siden endelig utbygging ikke er besluttet, er det for tidlig å konkludere noe rundt Sandbakken. Det er svært sikkert at en del av det som er skissert over, kommer på plass i løpet av de neste 12 månedene. Ferdigstilling av hele konseptet beror på om man ønsker å gjennomføre byggingen i flere trinn. Kommunestyret vedtok en bygging av anlegget før jul 2015. Oppbygging av energiløsningen som er valgt, skal gjøres i to trinn i løpet av 2016-2017.

Grønn lading

Grønn lading er knyttet til behovet for flere offentlige og privateide ladestasjoner på Hvaler. Kommunesenteret på Hvaler ligger i Skjærhalden. Her eksisterer det i dag parkeringsplasser reservert for øybeboere (både fastboende og hytteiere). Flere P-plasser okkuperes i dag av el-biler som ikke har tilgang til ladere der de står. Behovet for lading er størst om sommeren når også solproduksjonen er størst. Tanken er at disse ladestasjonene skal kunne støttes av lokal produsert energi på eller rundt parkeringsplassen. Det jobbes aktivt

med å få etablert ladestasjoner hvor i det minste et utvalg av enhetene kan støtte V2G⁹-operasjoner. Den fysiske avstanden fra havneområdet eller allerede eksisterende installasjoner i Skjærhalden, er kort. Dette er nå iverksatt og vil bli vurdert i sammenheng med Sandbakken. I denne sammenhengen ser man også på to andre muligheter; Det ene inngår i selve Sandbakken-området. Det andre prosjektet skal etablere en hurtiglader på Vesterøy i sammenheng med et alternativt demoområde som inngår i Hvaler Solpark.

I forbindelse med FlexNett-prosjektet er det planlagt at man innenfor en laststyringskontekst, skal uttrede og teste ulike sider rundt samspillet mellom forbruk, produksjon og energilagring hos aktive kunder, og gi underbygde anbefalinger rundt hvilke fleksibilitetstilnæringer som gir best mulig gevinst for de ulike deltagerne.

Tabell 1.3 Prosjekt mål og suksesskriterier for demoaktivitet på Hvaler

Prosjekt mål	Suksesskriterier
Etablere grunnlag for teknisk aggregering (VPP) med tanke på utnyttelse av produksjonsfleksibilitet.	<ul style="list-style-type: none"> • Vellykket rekruttering og engasjement av aktive plusskunder. • Demonstrasjon og dokumentasjon av lokal produksjon som en balanserende funksjon via en teknisk VPP. • Tilgang på måledata med tilstrekkelig oppløsning.
Bestemme relative fordeler og ulemper ved bruk av forbrukerfleksibilitet, fleksibel produksjon og batterier i forhold til lastflytting og lastreduksjon	<ul style="list-style-type: none"> • Vellykket rekruttering og engasjement av aktive plusskunder. • Tilstrekkelig tilgang på batteri-/lagerløsninger som fungerer og kan fjernstyres • Tilgang på måledata med tilstrekkelig oppløsning.
Teste ut kollektiv fleksibilitet ved bruk av en mikrogridtilnærming med bruk av batterier og ladeenheter	<ul style="list-style-type: none"> • Sandbakken miljøstasjon blir realisert som spesifisert • Relevant kraftelektronikk kan bli etablert sammen med batterier i tilknytning til nettstasjon • Tillatelse fra lokalt nettselskap og Hvaler kommune kan innhentes for å teste øymodus.

⁹ V2G = "Vehicle to grid". Bilbatteri som leverer strøm inn til distribusjonsnettet.

2 Aktører som er involverte i fleksibilitet

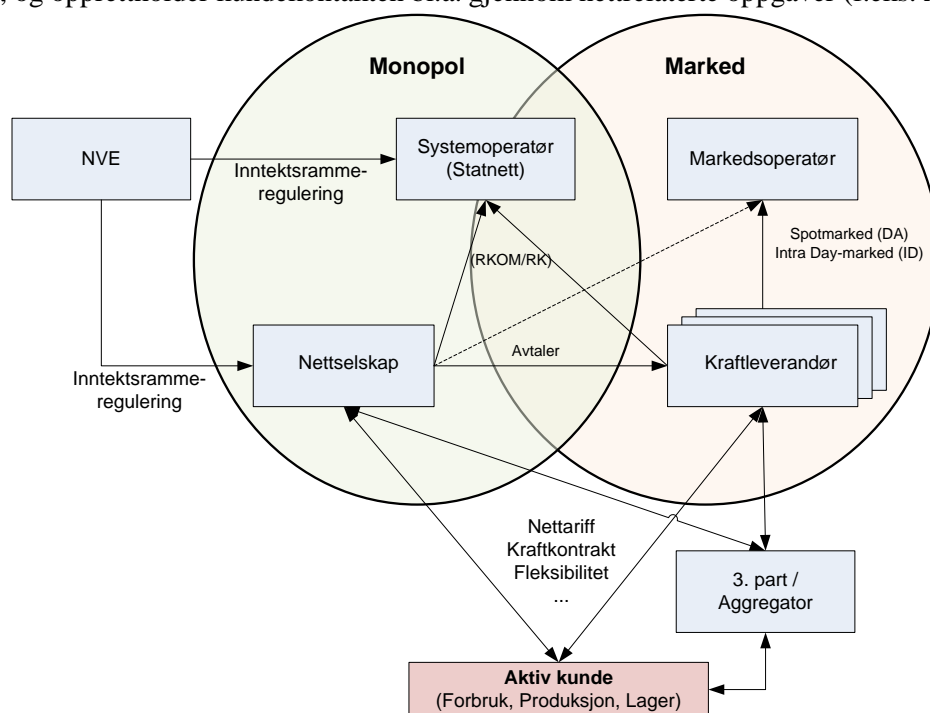
For å kunne realisere fleksibilitet hos aktive kunder, og sikre at dette blir fulgt opp på varig basis, trengs det insentiver (f.eks. fra nettselskap, kraftleverandør og/eller 3. part/aggregator/...) og styringsteknologi.

Nettselskap er monopolister som reguleres med utgangspunkt i en inntektsramme gitt av NVE [1]. Det samlede inntektsnivået angir en øvre maksimal grense for hva som er årlig tillatt inntekt for hvert enkelt nettselskap. Nettselskap får betalt for sine tjenester gjennom nettariiffene, som skal utarbeides slik at de reflekterer kostnadene i overføringsnettet og gir insentiver til en effektiv utnyttelse og utvikling av nettet.

Kraftleverandøren er en konkurranseutsatt aktører, uten et permanent forhold til sine kunder. Kundene kan fritt skifte mellom ulike kraftleverandører – forutsatt at de ikke har inngått noen avtale med bindingstid. Kraftleverandørene har mulighet til å tilby nye kraftprodukter knyttet til deltagelse i RKOM/RK¹⁰, spotmarkedet og/eller evt. finansielle kontrakter. Nye kraftprodukter kan også inkludere tilleggstenester/-produkter som f.eks. styring av forbruk, display og mobil-applikasjon.

Relevante aktører og ulike relasjoner knyttet til monopoldrift og marked, er skissert i figur 2.1. Den aktive kunden er tilknyttet nettselskap og kraftleverandør gjennom hhv. nettariiff og kraftprodukt, og evt. tilleggsavtale om utnyttelse av fleksibilitet. 3. parts aktør/aggregator er også konkurranseutsatte aktører som kan utvikle nye produkter overfor kundene. 3. part/aggregator kan f.eks. inngå avtaler som stimulerer til realisering av fleksibilitet, og selge fleksibilitet videre til nettselskap og/eller kraftleverandør.

Med overgang til en leverandørsentrisk modell, der kraftleverandør fakturerer for både kraftprodukt og nettariiff, er det kraftleverandøren som har det meste av kundekontakten. Nettselskap er fremdeles ansvarlig for infrastrukturen, og opprettholder kundekontakten bl.a. gjennom nettrelaterte oppgaver (f.eks. AMS).



Figur 2.1 Aktører og relasjoner, med fokus på monopoldrift og marked

¹⁰ RKOM = Opsjonsmarked for Regulerkraft, RK = Regulerkraftmarked

3 Fleksibilitet hos kunde

I løpet av de siste 10-15 årene har perioder med knapphet på effekt, energi og overføringskapasitet mellom regioner, teknologiutvikling i retning av smartere måle- og styringssystemer, forbedret bygningsstandard og ordningen med at enkeltkunder kan produsere egen strøm (fortrinnsvis solceller) gjort at utnyttelsen av fleksibelt forbruk er blitt stadig mer aktuelt. Strøm kan ikke lagres for en lengre periode, og det må alltid være balanse mellom produksjon og forbruk. Tradisjonelt har balansen blitt opprettholdt ved at produksjonen tilpasses forbruket, men med fleksibelt forbruk, distribuert produksjon og ny styringsteknologi, blir det stadig mer aktuelt at forbruk tilpasses produksjon.

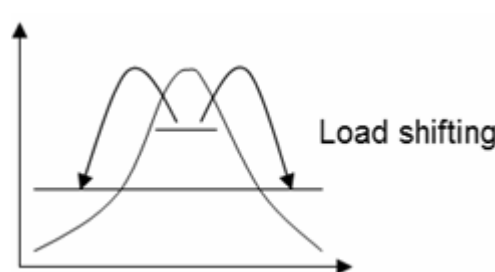
Fremtidens aktive kunder vil kunne ha forbruk, produksjon, energilager og økt omfang av styringsteknologi som kan kontrolleres av kunden selv, aggregator/markedsaktører eller nettselskap. Samtidig vil utbredelse av elektriske apparater som er energieffektive, men som har høyt (kortvarig) effektforbruk, fortsette å øke. Forbrukstrenden gir redusert brukstid, ved at effektforbruket er økende, og energiforbruket avtar. Enkelte av disse apparatene, som f.eks. gjennomstrømningsvannvarmere, kan medføre redusert fleksibilitet i forhold til tilsvarende tradisjonelle apparater, da det elektriske forbruket i de nye apparatene er direkte knyttet til bruken av apparatet, slik at fleksibilitet i forbruket krever løpende tilpasning i bruksmønsteret til kunden.

Fleksibilitet i forbruk hos en aktiv kunde innebærer hovedsakelig at forbruk forskyves i tid eller skrues av/på, som respons på et insentiv som i dagens situasjon normalt ikke påvirker forbruksmønsteret. Eksempler på drivere kan være begrensninger i nettet eller bedre utnyttelse av produksjon.

De vanligste måtene for å oppnå fleksibilitet i forbruket på er oppsummert i figur 3.1 - figur 3.4.

Flytting av forbruk (Load shifting)

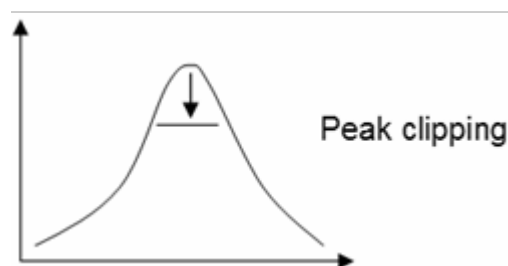
Forbruket reduseres i en periode (høypris) og økes i en annen periode (lavpris). Prinsipielt vil dette fungere tilsvarende som et energilager.



Figur 3.1 Flytting av forbruk, [1]

Reduksjon av effektopper (Peak clipping)

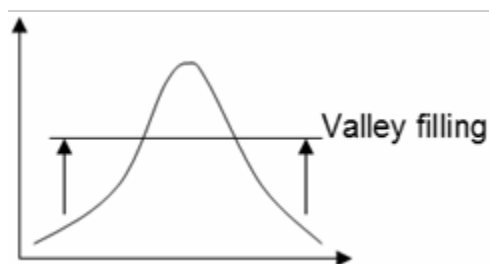
Forbruket reduseres i gitte perioder, uten at det flyttes til andre perioder.



Figur 3.2 Reduksjon av effektopper, [1]

Nytt forbruk i lavlastperioder (Valley filling)

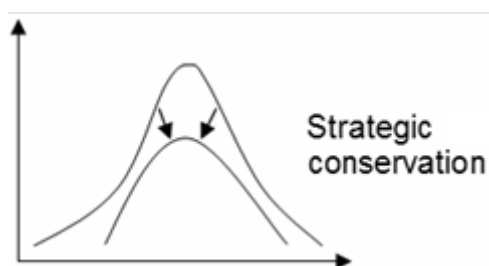
Innebærer at man i lavlastperioder tar i bruk elektrisitet i stedet for andre energibærere. Eksempel på dette kan være å skifte fra bruk av olje til elektrisitet som brensel til kjeler i perioder med lave kraftpriser. Dette er mest aktuelt i et varmekraftsystem, hvor elektrisitet benyttes som reserve for andre energibærere.



Figur 3.3 Nytt forbruk i lavlastperioder, [1]

Måltrettet energisparing (Strategic conservation)

Innebærer at man reduserer energiforbruket over tid (f.eks. døgn, uke, måned, år) eller at energien brukes mer effektivt (økt nytte ved bruk av samme mengde kWh som tidligere).



Figur 3.4 Måltrettet energisparing, [1]

Det finnes flere kilder til fleksibilitet hos en moderne forbruker. Noen nærliggende eksempler inkluderer:

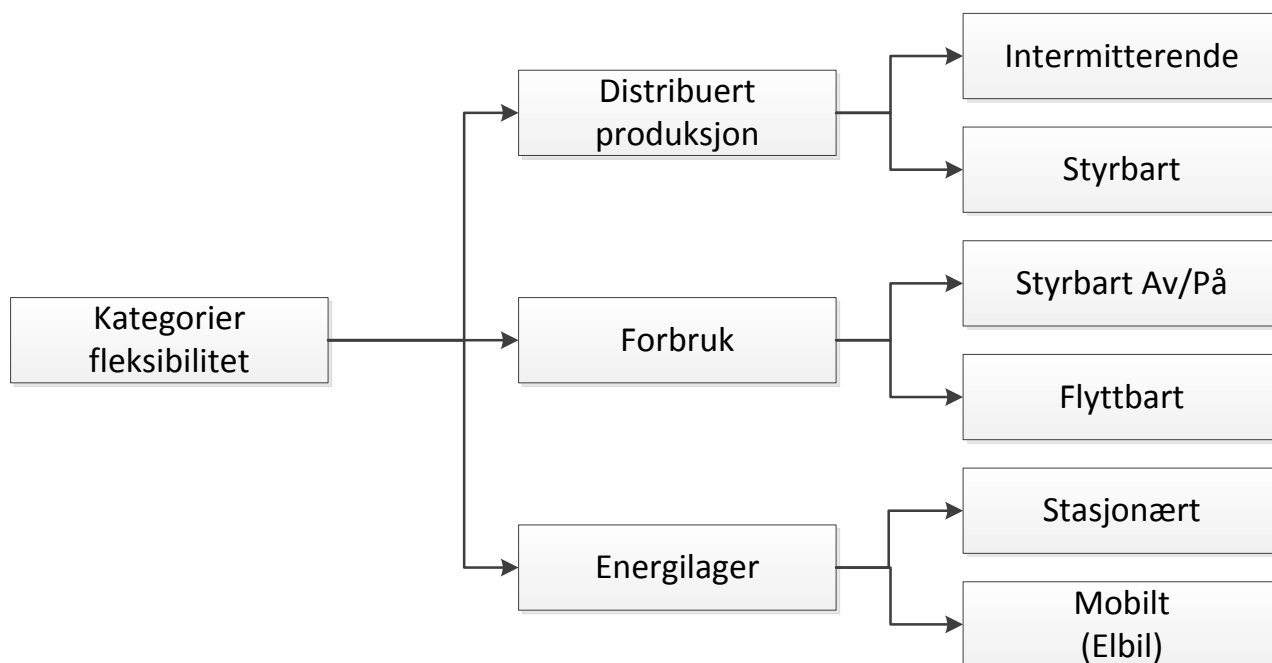
- Utnyttelse av kjemisk lager, eksempelvis batteri.
- Styling av trege termiske laster, primært bygningsmasse og varmtvannstank.
- Ventilasjonssystem.
- Lading av elbiler.
- Elektriske apparater i husholdningen (vaskemaskin, oppvaskmaskin, o.l.).
- Generell reduksjon av last

Kjemisk lager er inkludert i lista, for å poengtere at fleksibilitet i "tradisjonell" forstand og utnyttelse av lager er to sider av samme sak, om enn med noe forskjellige karakteristika. Bedre kunnskap om potensialet i og utnyttelsen av fleksibilitet vil følgelig kunne gi en verdifull forståelse av hva man kan forvente seg av en situasjon med høy utbredelse av lagring i lavspennetnettet.

Det er verdt å merke seg at utnyttelse av den potensielle fleksibiliteten blir vanskeligere etter hvert som man beveger seg nedover på lista. Forbruket til trege termiske laster kan innenfor visse grenser flyttes med ingen eller liten opplevd reduksjon i komfort hos kunden. Det samme gjelder ventilasjonssystem, om enn i mindre grad. Lading av elbiler, og etter hvert tilbakeføring av kraft fra bilbatteriet til hus (V2H¹¹) eller nett (V2G), har stort potensiale, men er svært teknisk krevende i dagens situasjon. Styling av husholdningsapparater er både teknisk utfordrende og kan kreve stor grad av involvering eller tilpasning fra kunden. Til slutt kan en generell reduksjon av forbruk inngå i den tradisjonelle forståelsen av "demand response" /forbrukerfleksibilitet.

¹¹ V2H = "Vehicle to home". Bilbatteri som leverer strøm til bruk i eget hjem.

En klassifisering av ulike kategorier fleksibilitet er presentert i figur 3.5, basert på [2]. I figuren er vist hvordan fleksibiliteten er tilgjengelig for de tre hovedkategoriene av fleksibilitet: distribuert produksjon, forbruk og energilager.



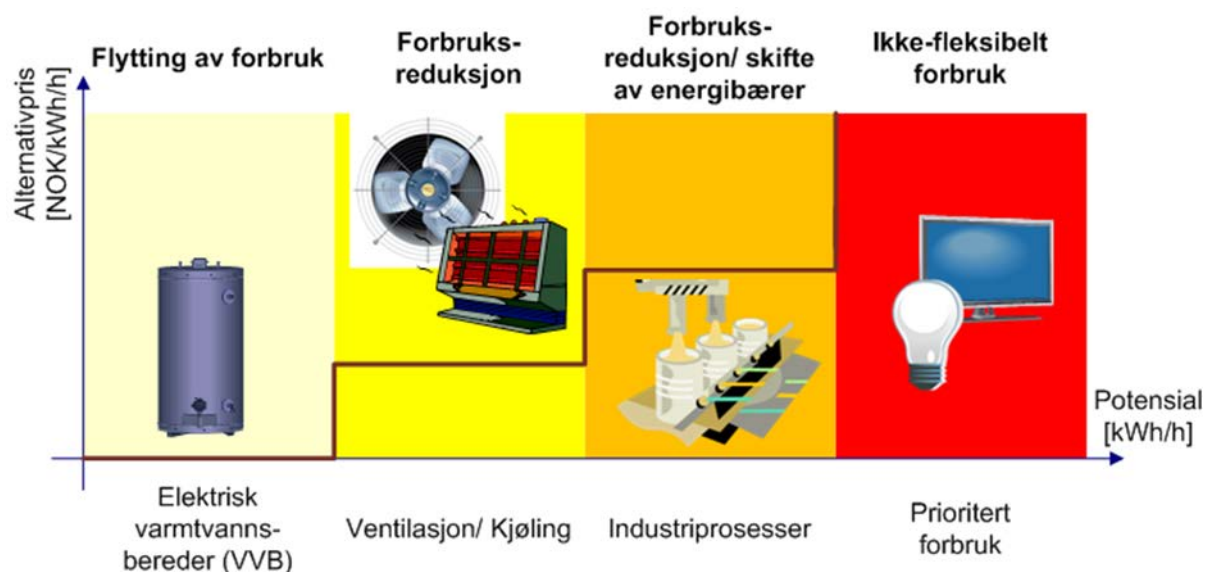
Figur 3.5 Kategorier fleksibilitet, basert på [2]

I FlexNett-prosjektet er det fokus på samspillet mellom de tre hovedkategoriene av fleksibilitet, og hvilken konsekvens dette vil ha for distribusjonsnettet. Arbeidet vil basere seg på resultater fra tidligere forskningsprosjekt hvor forbrukerfleksibilitet har blitt kartlagt, undersøkt og testet ut.

3.1 Forbruk

Mens strømkunden ved starten av Sluttbrukermarked-prosjektet (EFFEKT-programmet) i 1996 var et punkt i nettet der det ble tatt ut strøm, betraktes strømkunden i dag som en framtidig ressurs for kraftsystemet og alle involverte aktører [1]. I Sluttbrukermarked-prosjektet ble det teoretiske potensialet for tidsbegrenset forbruksreduksjon kartlagt til å være ca. 3000 MW for kraftkrevende industri (under gitte forutsetninger) og ca. 1750 MW for husholdning og mindre næring (alminnelig forsyning).

Gjennom flere prosjektet med fokus på forbrukerfleksibilitet, har man definert begrepet *lavprioritert forbruk*, som betegner forbruk som kan kobles ut for en begrenset periode, og som medfører liten eller ingen komfortreduksjon for sluttbruker. Kategorien *lavprioritert forbruk* inneholder typisk termisk trege belastninger som kan lagre energi i et medium for en begrenset periode og forbruk som kan unnværes i perioder (og flyttes i tid). Eksempel på ulike typer fleksibilitet er vist i figur 3.6.



Figur 3.6 Flexibilitet for ulike typer forbruk [1]

Varmtvannsbereidere (VVB) som har mulighet til termisk lagring av energi, kan kobles ut i 2-4 timer uten at det gir noen komfortreduksjon for husholdningskunden, og det derfor tilnærmet null kostnad (sett bort fra investering i styringsteknologi). Redusert forbruk for ventilasjon og oppvarming, vil ha en viss komfortreduksjon i form av dårligere luftkvalitet for en begrenset periode eller redusert innetemperatur. Dette er vist med en alternativpris for kunden. For industriprosesser med lagringskapasitet kan f.eks. deler av produksjonsprosessen stanses i en begrenset periode, eller man skifter om til annen energibærer (f.eks. fra elkjel til oljekjel), men dette vil ha en kostnad/ulempe for kunden som antas høyere enn hva som er tilfelle for både forbruksreduksjon (ventilasjon/oppvarming) og flytting av forbruk (VVB). I tillegg er det en andel av forbruket som er prioritert og som ikke kan brukes til fleksibilitetsformål.

3.1.1 Elbil

Elbiler representerer samlet sett en liten del av energiforbruket i Norge, men kan forårsake høy belastning lokalt i lavspenningskretser. Spesielt når konsentrasjonen av elbiler i et område blir stor, eller hvis flere ønsker semihurtig lading (32 A), kan det bli spenningsproblemer i mange norske lavspenningsnett. At noen anskaffer elbil gjør ofte også at naboene i nærheten vurderer å anskaffe elbil (naboeffekten), noe som akselerer denne problematikken.

I september 2015 var det ca. 74.000 ladbare biler i Norge, hvorav rene elbiler utgjorde ca. 89%¹². I følge beregninger gjort av Gudbrandsdal Energi¹³ vil en elbil bruke ca. 3750 kWh i året, gitt et strømforbruk på 0,25 kWh/km og en kjørelengde på 15.000 km/år. Antar man 200.000 elbiler i Norge, blir det totale strømforbruket kun på 0,75 TWh. Blir det 500.000 elbiler, vil strømforbruket være 1,88 TWh.

Elbiler kan i midlertidig også være en kilde til fleksibilitet, både i form av styring av lading av elbilen (smart lading), og at elbilen mater strøm inn i en installasjon (Vehicle to Home / V2H) eller inn på nettet (Vehicle to Grid / V2G). På grunn av utfordringer med levetid på batteriet og den tilhørende garantien bilforhandlere gir, er det per dags dato mest aktuelt med smart lading.

¹² <http://www.gronnbil.no/statistikk/>

¹³ <https://www.ge.no/geavisa/elbiler-bruker-knapt-strom/>

Smart lading kan tilby fleksibilitet i form av å koordinere ladingen av elbiler slik at lading foregår:

- På ulike tidspunkter for elbilparken
- I de tidspunktene belastningen i systemet er lav, f.eks. på natten
- For å maksimere egenforbruk fra lokal produksjon, om installasjonen med ladepunktet har mulighet for lokal produksjon
- Mer avanserte og sentraliserte kontrollsystemer, som for eksempel tar hensyn til last i hele lavspenningskretsen.

I praksis benyttes smart lading i sin enkleste form allerede i dag, i form av at noen lader elbilen om natten. Teknologien er med andre ord tilgjengelig, og utbredelse kan økes med incentiver som f.eks. prising av effekt (abonnert effekt, dynamiske tariffer, osv.) Sentraliserte kontrollsystemer er den største kilden til fleksibilitet, ettersom den individuelle fleksibiliteten blir aggregert opp.

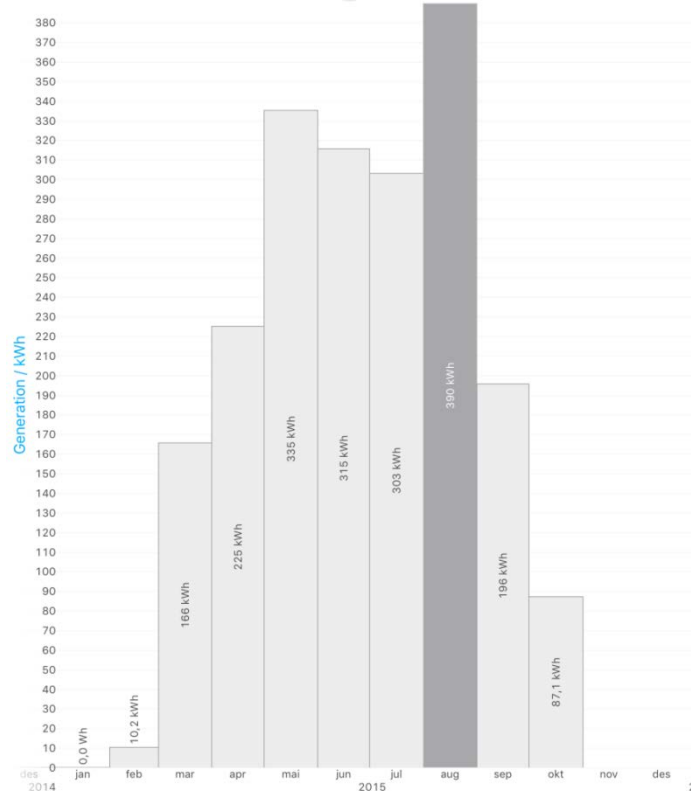
3.2 Produksjon (Plusskunde)

Demoaktivitetene i FlexNett-prosjektet har bl.a. fokus på plusskunder og lokal produksjon (sol). Siden slik produksjon typisk er intermitterende og lite styrbar, er fleksibilitet også i dette tilfellet typisk knyttet til forbruk, og ikke til produksjon. Imidlertid er det verdt å merke seg at lokal produksjon gjennom ulike mekanismer kan være en viktig driver for fleksibilitet.

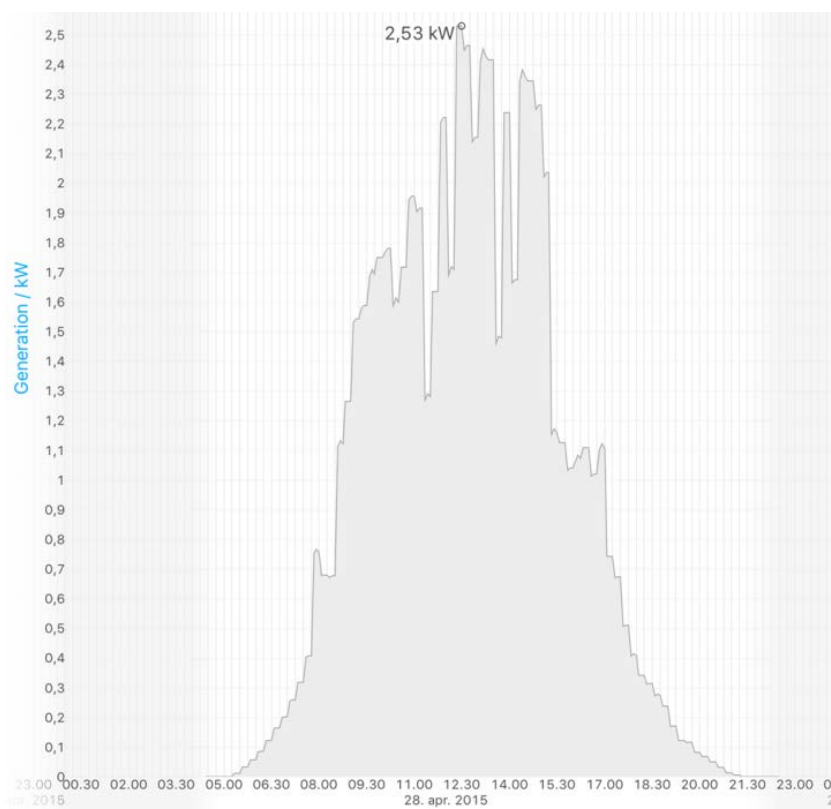
Fra nettselskapets side er en rekke økonomiske og teknologiske utfordringer knyttet til etablering av småskala intermitterende produksjon i distribusjonsnettet, og spesielt i lavspenningsnettet. En mulig målsetning med dette prosjektet kan derfor være å utrede og om mulig demonstrere hvordan fleksibilitet kan utnyttes for å dempe eller i beste fall unngå disse problemene.

Eksempler på produksjonsprofil for et solcellepanel hos en plusskunde (lokalisert i Midt-Norge), er presentert i figur 3.7 - figur 3.9. Installert effekt er 3 kWp, og anlegget ble igangsatt i februar 2015. Figur 3.7 viser månedlig produksjon fra solcellepanelet for februar til oktober. Figuren viser tydelige sesongvariasjoner, med størst produksjon i sommermånedene (mai – august), med maksimalproduksjon i august.

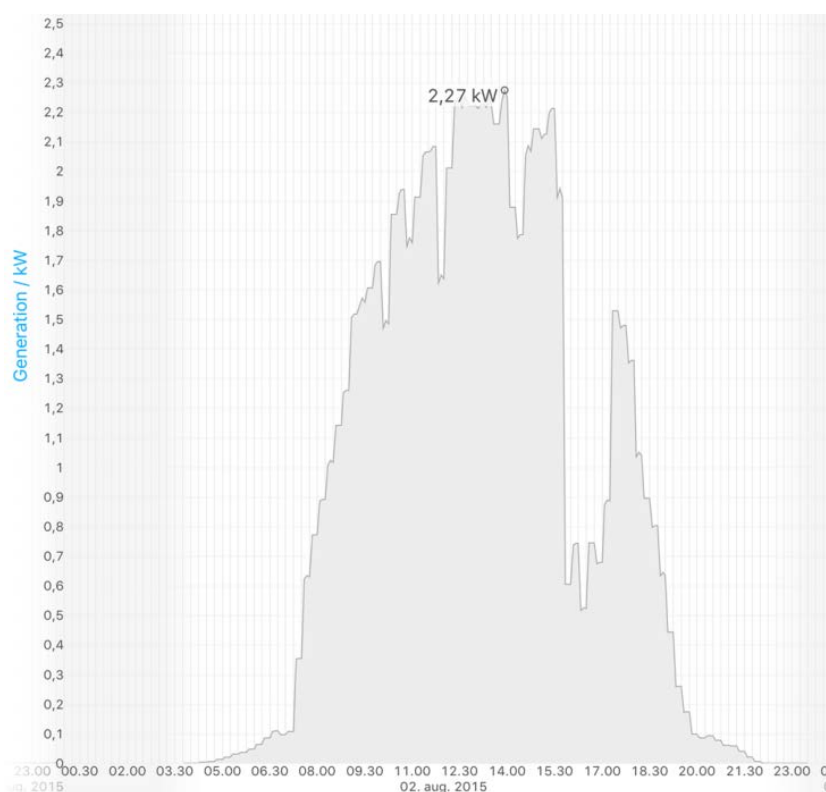
Figur 3.8 og figur 3.9 viser produksjonsprofilen for døgnet med maksimalproduksjon for hhv. april og august. Den registrerte maksimalproduksjonen i august, var også maksimalproduksjonen for hele måleperioden.



Figur 3.7 Strømforbruk fra solcellepanel [kWh/mnd]



Figur 3.8 Produksjonsprofil for maksimaldøgn i april (2015)



Figur 3.9 Produksjonsprofil for maksimaldøgn i august (2015)

3.3 Energilager

Et energilager kan brukes til å lagre energi som produseres og avgi energi ved behov. Et energilager kan i noen tilfeller redusere behovet for nettinvesteringer ved å avgi energi i tunglastperioder. Energilager kan være et vannkraftmagasin, men i FlexNett-prosjektet er det fokus på kjemisk lager (batteri) og termisk lager. Kjemisk lager kan plasseres i en nettstasjon eller hos en kunde, en elbil er også et kjemisk lager. Eksempelvis tilbyr Tesla husbatteri (PowerWall) med kapasitet på 7 kWh og 10 kWh. Den amerikanske prisen er satt til hhv. 3000 og 3500 dollar, noe som representerer ca. 26800 NOK og 31300 NOK¹⁴. Termisk lager er hos kundene i form av eksempelvis varmtvannsbereder. En varmtvannsbereder lagrer varmt vann og ved behov kan denne skrues av/reduseres uten reduksjon i komforten til forbrukeren.

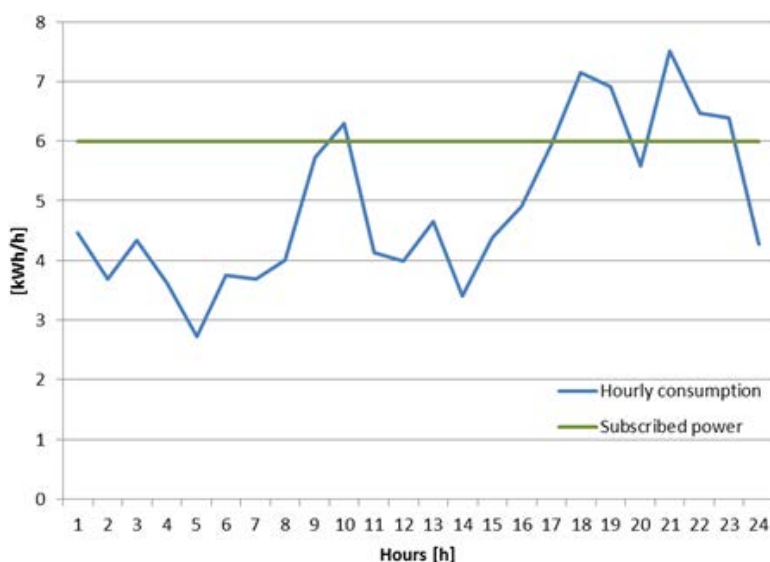
3.4 Forbrukerfleksibilitet erfart gjennom ulike insentiver

Det har tidligere blitt gjennomført ulike forskningsprosjekter hvor forbrukerfleksibilitet har blitt undersøkt. Eksempelvis ble det i DeVID-prosjektet som ble avsluttet våren 2015 gjennomført forsøk rundt forbrukerfleksibilitet både på Hvaler og i Steinkjer. Både det som gjerne kalles brukerstyrt forbrukerfleksibilitet så vel som teknisk eller fjernstyrt forbrukerfleksibilitet ble undersøkt. Forskningsarbeidet fokuserte både på rekruttering og brukerengasjement så vel som gjennomføring og gevinster for nettselskap og deltagere. Arbeidet er dokumentert i en rekke publikasjoner [3-7].

¹⁴ <http://www.tek.no/artikler/dette-er-teslas-nye-husbatteri/186209>. Kostnader beregnet med valutakurs 2016-01-12.

3.4.1 Brukerstyrt fleksibilitet (prisbasert)

Brukerstyrt forbrukerfleksibilitet var rettet mot husholdningsabonnenter både på Hvaler og i Steinkjer. Deltagere i forsøket ble invitert til å skifte til en effektbasert tariff som skilte mellom "vanlig" forbruk og overforbruk. Hensikten var å redusere makslasten ved å jevne ut den enkelte forbrukers forbruk. Grensen mellom de ulike typene forbruk ble definert på bakgrunn av foregående års registrerte energibehov. Tariffen bestod av en fast enhet som ble kalt "abonnert effekt", en variabel enhet (pris per kW) og et avgiftsledd. Den variable delen ble aktivert når timesforbruket overskred det effektnivået forbruker og nettselskap hadde forhåndsavtalt. Dette nivået ble beregnet ut i fra ca. 70 % av maksimum effekt året før. Et timesforbruk over korresponderende effektgrense tilsvarte ca. 200 timer for den enkelte forbruker. Prinsippet er vist i figur 3.10. Ved å tilby komplementær visualiseringsteknologi kunne forbrukerne følge forbruket kontinuerlig om nødvendig og på den måten justere effektpådraget for husholdningen ettersom behovet meldte seg. Slik sett ble forbrukeren oppmuntret å demonstrere et mer fleksibelt forbruk. Den abonnerte effekten på Hvaler ble stipulert til 500 kr per kW per år. Hver kWh over den abonnerte effekten hadde en pris på 10 kroner. I Steinkjer var forholdet henholdsvis 750 kroner per kW per år og 7 kroner per kWh for overforbruket.



Figur 3.10 Prinsippfigur for nettariff med abonnert effekt

Nesten 50 kunder deltok i forsøket og flere enn 85 % kunne dokumentere besparelser både i forbruk og makslast i løpet av en periode på 5 måneder vinteren og våren 2014. Opp mot 20 % netto besparelser i snitt ble resultatet fra Hvaler, mens på Steinkjer lå nivået ca. 60 % lavere. Forsøket på Steinkjer varte ut hele 2014 slik at langtidseffekter kunne måles. Det viste seg at testgruppen i Steinkjer opprettholdt fokus utover høsten til tross for en meget varm og lang sommer. Interessant nok hadde de fleste til felles at det generelle forbruket sank til tross for at majoriteten hevdet at de drev en form for aktiv lastjustering. Når komfyrer ble slått på, hevdet flere som kunne vise til besparelser at de samtidig hadde justert ned termostater på varmeovner eller slått av lys og varmekabler. Mye kan derfor tyde på at man derfor har "glemt" å slå på disse enhetene etter slike tiltak. Det som kanskje var ment som lastflytting, har bidratt til netto reduksjon. På den negative siden skal det påpekes at lite fleksibilitet vises i enkelte timer på spesielle datoer. Juleaften er et eksempel. Man har estimert at ca. 20-40 timer i året settes folks evne og vilje til selvstyrt lastendring på en sterk prøve. Dette kan være kritisk for nettselskap som tradisjonelt har dimensjonert sine nett etter den mest kraftkrevende dagen i året. En av juledagene vil kunne være en slik dag. Et annet problem relatert til denne formen for selvstyrt lastutjevning knytter seg til det faktum at de som deltar ikke nødvendigvis bidrar til de faktiske lasttoppene i

nettet. Ei heller er det noen garanti for at de justeringer som gjøres blant deltagerne er simultane og store nok til å redusere lasttopper i infrastrukturen når disse inntreffer. Denne form for asynkron oppførsel var ganske åpenbar blant testgruppen i Steinkjer.

3.4.2 Fjernstyrt justering av etterspørsel (insentivbasert) - HYTTEFLEX

Fjernstyrt justering av etterspørsel eller "teknisk fleksibilitet" er generelt kjent som "demand response" eller forbrukerfleksibilitet. I DeVID ble dette testet ut på hytter på Hvaler [5] i HYTTEFLEX-forsøket, for å belyse flere relevant ting med tanke på utnyttelse av forbrukerfleksibilitet. De viktigste var:

- Kan demand response-funksjoner integreres med eksisterende HAS (Home Automation System) allerede i bruk?
- Er det mulig å legge til demand response-deltagelse som en opsjon i en eksisterende forretningsmodell og verdiforslag?
- Er det mulig å selge demand response som en del av en pakke som fokuserer på komfort, sikring av verdier og bekvemmelighet?
- Hvilke terskler for deltagelse eksisterer?
- Hvem vil eventuelt delta?

Tanken var å styre varmtvannstanker og varmeovner gjennom styringssystemer som allerede fantes på markedet. Valget falt på DEFAs "Ring hytta varm" konsept markedsført som HyttaMi. Før forsøket ble definert, ble det beregnet at gjennomsnittsforsbruket for hytter på Hvaler vinteren 2011 og 2012 lå rundt 1 kWh/h til tross for at de fleste sto ubebodd i vinterhalvåret. Fjernstyring av forbruk om vinteren, vil dermed ikke direkte påvirke beboernes komfort. Målsettingen i prosjektet var dermed å undersøke i hvilken grad fleksibilitet fra varmekilder kunne brukes på generelt grunnlag. I tillegg til å styre varmepådraget, antok man at termisk treghet i husets eller hyttas atmosfære og konstruksjon sammen med varmeovnen kunne håndteres som en "treg last". Et demand response-program ble utviklet og integrert med DEFA-systemet.

En vanlig pakke med DEFAs ordinære HAS-system for fjernovervåkning og styring av varmekilder ble tilbudt de som ikke hadde noe fra før for en rabattert pris. I dette tilbudet lå også muligheten for å benytte demand response opsjonen. I sum benyttet ca. 20 stykker seg av dette og deltok i forsøket på ulikt vis. Til tross for en del tekniske utfordringer som ble utbedret etter hvert lå gjennomsnittlig fleksibilitet på ca. 480 kWh/h i inntil 3 timer morgen og kveld. Integrasjonen viste seg etter hvert å fungere godt.

En erfaring er at insentivene for å delta ble ikke godt nok definert, men de erfaringer som ble høstet har bidratt til å formulere alternative fremgangsmåter for å oppnå bedre deltagelse. Et poeng er at inngangsterskelen for å delta ikke bør være for høy. Den økonomiske gevinsten trenger ikke være stor, men tydelig for brukeren. Sannsynligvis ville det vært bedre om brukerne hadde betalt nesten full pris for HAS-systemet og heller fått en reduksjon på strømrégningen hver måned. Det ville gitt en stadig påminnelse om at demand response er bra.

Til tross for en betydelig mildere vinter i 2014 enn året før, opplevde man perioder med sterk kulde. Stemningen blant brukerne skiftet da fort. Frykten for frostskafer dersom enheter ble stående for lenge avslått ble tydelig. Demand response-funksjonen i HYTTEFLEX hadde inkorporert en sikkerhetsfunksjon for dette, men det tok relativt lang tid før folk ble fortlølig med mekanismen. Noen fattet aldri tillitt til dette og hoppet av forsøket. Andre introduserte løsninger med reservevarme. Dette var varmekilder som ikke ble kontrollert av demand response-programmet og som brukerne installerte for å opprettholde det de mente var tilstrekkelig temperaturer. Prinsippet er ikke ueffektivt, men krever omhu dersom latent fleksibilitet skal kunne realiseres. En annen viktig ting som ble godt belyst i HYTTEFLEX, var den termiske tregheten i hyttene som lot det gjøres å opprettholde ønskede temperaturer over tid. I siste fase av prosjektet ble dette undersøkt spesielt nøye, og det viste seg at kombinasjonen av termostatstyrte varmekilder og en termisk buffer gir en variabel fleksibilitet som er betinget av tre forhold, ønsket sett-temperatur i et rom, den termiske tregheten i atmosfære

og omgivelser, samt temperaturgradienten på tvers av yttervegg. Enkelt sagt finnes det et maksimum for denne type fleksibilitet.

Når utetemperaturen øker tilstrekkelig, minsker fleksibiliteten på grunn av den termostatstyrte varmekildens inaktivitet. Når utetemperaturen faller lavt nok, øker den termostatstyrte varmekildens aktivitet betydelig. Samtidig reduseres den termiske bufferen i rommets atmosfære og omgivelser slik at intervallet for mulig utkobling uten å forårsake skader eller andre problemer, minimaliseres.

Dersom det er fare for frostskafer, vil fleksibiliteten forvitte ved synkende temperaturer fordi det ikke finnes noen termisk buffer. Den må stadig bygges opp og medfører da en lastøkning i stedet som vises som negativ fleksibilitet. Når temperaturen øker begynner fleksibiliteten basert på romoppvarming også å synke. Det skyldes stadig mindre behov for aktivisering av varmekildene. Som det fremgår av plottet er det store variasjoner, men den samlede tendensen er klar.

3.4.3 Sentral styring av lavprioritert forbruk kombinert med prisinsentiv - Malvik-pilot

En tidsvariabel energitariff med forsterket pris i definerte høyprisperioder formiddag og ettermiddag på hverdager, ble testet ut i prosjektet "Markedsbasert Forbrukstilpasning" (MabFot) [7].

Blant 41 husholdningskunder hos Malvik Everk ble det i MabFot-prosjektet testet ut en tidsvariabel energitariff med høyprisperioder kl. 08-10 og kl. 17-19. Kundene ble også tilbudt en kraftavtale med spotpris på timebasis. Ved hjelp av sentral styring via strømmåler (Toveiskommunikasjon - TVK) ble lavprioritert forbruk koblet ut i definerte høyprisperioder.

10% av kundene hadde vannbåren varme med installert elkjele på 12-15 kW. Resten av kundene hadde VVB med installert effekt på 2-3 kW.

Kundene fikk også tilsendt en magnetbrikke "Elbrikken", formet som en klokke hvor høyprisperiodene var markert (Figur 3.11). Elbrikken kunne plasseres på vaskemaskin, tørketrommel og oppvaskmaskin for å informere om høyprisperiodene. På en egen webside kunne hver kunde se sin forbruksprofil og følge med på nettkostnadene sine sammenlignet med normaltariiff.

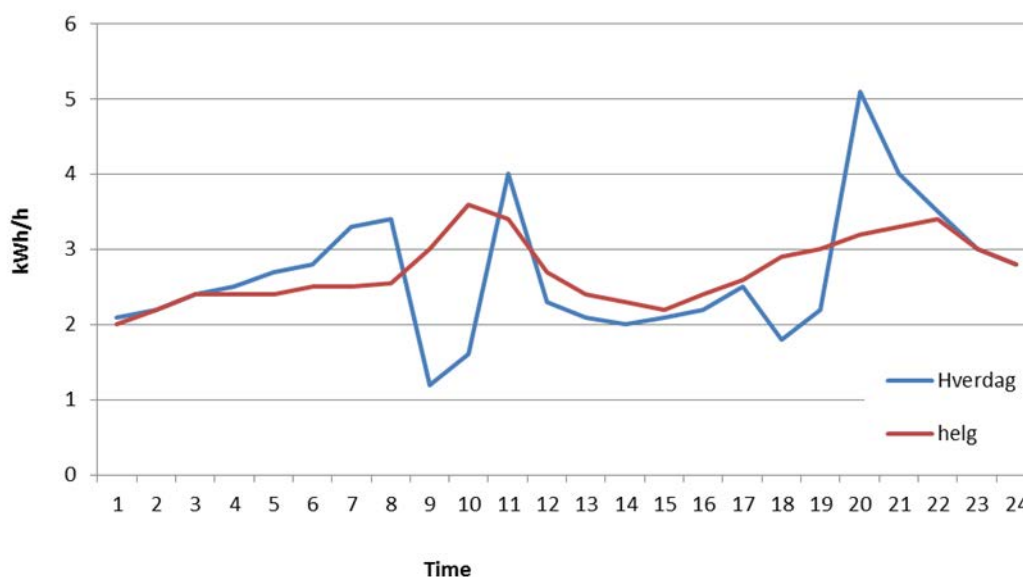
Styring av forbruk skjedde via fjernstyrte reléer på kommunikasjonsterminalen hos kunden (TVK). Hver terminal hadde tre reléer, ett på 16 A og to på 6 A. Varmtvannskurser og annet forbruk sløyfes innom reléene, mens ved styring over 16 A ble det benyttet kontaktorer.



Figur 3.11 Elbrikken Malvik Everk [7]

I figur 3.12 er det vist gjennomsnittlig dagprofil for en husholdningskunde med elbasert vannbåren varme. De skraverete områdene angir høyprisperioder, hvor lavprioritert forbruk ble koblet ut. Gjennomsnittlig respons fra husholdningskunder med VVB var på ca. 1 kWh/h time 9, mens tilsvarende respons for husholdningskunder med elbasert vannbåren varme var på ca. 2.5 kWh/h i time 9.

Responseren er større enn hva som ble erfart fra Forbrukerfleksibilitet-prosjektet (2001-2004), hvor varmtvannsberedere ble koblet ut på ulike timer over døgnet. Den økte responsen er begrunnet ut fra Elbrikken som en enkelt "påminner" om høyprisperiodene.



Figur 3.12 Gjennomsnittlig dagprofil - kunde med vannbåren varme [7]

Erfaringene fra Malvik viser at et forutsigbart prissignal til kundene, kombinert med enkel informasjon er viktig. For å opprettholde komfort for kunde og sikre en varig forbrukerrespons, er det nødvendig med teknologi – gjerne fjernstyring av forbruk for å hjelpe kunden med å redusere forbruket sitt i høyprisperioder. Høyprisperiodene i den tidsvariable energitariffen er definerte ut fra når man nasjonalt kan forvente stor belastning i kraftsystemet og med dertil tilhørende høye spotpriser. Gjennom denne nettariffen lærer kundene å være fleksible i forventede høylastperioder, og er dermed forberedt når en knapphetssituasjon inntreffer.

3.5 Premisser og forretningsmodeller

En utfordring med forbrukerfleksibilitet er at kunder må gi fra seg fleksibilitet, og ofte for en begrenset økonomisk gevinst. Forutsetningen for økt utbredelse av forbrukerfleksibilitet er derfor at kunden, i så stor grad som mulig, ikke opplever tap av fleksibilitet/komfortnivå, eller at det kan etableres forretningsmodeller som gjør at kunden får økt gevinst med å levere fleksibilitet. Om kunden ikke skal oppleve tap av fleksibilitet, stiller det krav til automatisering og videreutvikling av utstyr og systemer for forbrukerfleksibilitet. Dette kan inkludere prioriteringslister av last i et lokalt kontrollsystem, og bruk av agenter for å optimalisere et større system. Det viktigste er å unngå manuell inn- og utkobling, som er ressurskrevende for kunden. En mulighet er å påvirke leverandører av utstyr som panelovner og varmtvannsberedere til å levere utstyr med en WiFi-tilknytning som kan aksesserer av et sentralt system for forbrukerfleksibilitet.

Mange sluttbrukere vil ikke være interessert i å kjøpe rene kontrollsystemer for å kunne levere forbrukerfleksibilitet. En mulighet er å inkludere systemer som gjør forbrukerfleksibilitet mulig i andre produkter med appell, som for eksempel PV-batteri-løsninger, smarthusløsninger, osv. PV og solfangere reduserer i utgangspunktet potensialet for forbrukerfleksibilitet fordi de i utgangspunktet er ukontrollerbare uten lager, men om det benyttes som en mulighet for å bundle løsninger for forbrukerfleksibilitet, kan det likevel være positivt. Dette gjelder spesielt om det må nettførsterkning til for at en kunde skal kunne installere PV. Da vil det være et stort insentiv om kunden kan unngå anleggsbidrag ved å installere en forbrukerfleksibilitetsløsning.

En annen utfordring for forbrukerfleksibilitet er utviklingen med mer energieffektive apparater som trekker høyere effekt over kortere perioder, for eksempel gjennomstrømningsvannvarmere kontra vanlige varmtvannsberedere. I tilfellet med varmtvannsberedere betyr det også at magasineringsevnen forsvinner. At fokus på energiøkonomisering øker kan likevel være positivt for forbrukerfleksibilitetspotensialet fordi det kan selges systemer for forbrukerfleksibilitet sammen med energiøkonomiseringssystemer. Responstiden til forbrukerfleksibilitet er også relevant. Hvor lang denne responstiden er, vil i praksis avhenge av kommunikasjonshastighet, eventuell prosesseringstid i kontrollsystemet(ene) og respons i husholdningsapparatene. Det er behov for mer testing på dette området, for eksempel ved å se i hvilken grad styring gjennom ulike apparater tilkoblet Internet of Things (IoT) kan brukes til tjenester som å redusere effekttopper og å styre last. Aktiveringsmåten er også relevant, aktivering kan for eksempel utføres på basis av pris, signaler fra sensorer i nettet hvor det er en overskridelse av tekniske restriksjoner, eller en sentral kontroller.

Tariffer kan også brukes for å gi insentiver til forbrukerfleksibilitet. Prisforskjellen på elektrisitet mellom dag og natt er allerede stor, men det gir økt insentiv om det i tillegg til variasjon i kraftpris tilbys en forbrukerfleksibilitetstariff for kunder som bidrar til å øke fleksibiliteten i nettet. Det er signaler fra NVE om at det kan bli aktuelt med en effekttariff fremover, som kan føre til at kontrollsystemer for effektstyring blir mer aktuelt, som igjen gjør forbrukerfleksibilitet mer aktuelt om kontrollsystemet kan utvides til å støtte forbrukerfleksibilitet. Effekttariffer i seg selv adresserer imidlertid ikke fullt ut at utnyttelsen av nettet avhenger av (momentan) effekt, siden avregning gjøres basert på målinger av timesgjennomsnitt av energiforbruket.

4 Informasjonssikkerhet og personvern

IKT er en muliggjører for økt fleksibilitet i distribusjonsnettet, ved hjelp av sensorer, styring, samt økt utveksling av data. Samtidig som dette er positivt og kan gi stor nytte for kraftnettet, er det viktig å ha klart for seg også hvilken risiko som er forbundet med å øke bruken av IKT, ha større grad av sammenkobling, samt håndtere nye typer data. Dette er i noen tilfeller et krav, f.eks. knyttet til beredskapsforskriften eller personopplysningslovgivningen, men et gjennomtenkt forhold til risiko er viktig også fra et virksomhets-synspunkt, når det gjelder blant annet omdømme, effektiv drift og kunderelasjoner.

Innføringen av AMS medfører at et stort antall nye IKT-komponenter, som befinner seg på lokasjoner nettselskapet ikke kontrollerer, skal tilkobles nettselskapenes egne systemer. For å realisere potensialet for fleksibilitet vil det i mange tilfeller være behov for ytterligere IKT-komponenter, f.eks. i form av sensorer eller styringsprogramvare på f.eks. smarttelefoner, og mer utstrakt to-veis kommunikasjon mellom nettselskap og kunde eller tredjeparter som tilbyr relevante tjenester. Økt kompleksitet og sammenkobling gjør at man blir mer åpen også for trusler knyttet til IKT, det være seg generelle trusler f.eks. i form av programvarevirus, eller mer rettede angrep som har som mål å ramme selve krafttjenesten eller skaffe fordeler (f.eks. knyttet til betaling for tjenester). Den økte tilgangen på data knyttet til status på kraftnettet og strømforbruk, trenger også å håndteres som en verdi som har behov for spesiell beskyttelse.

I det følgende bruker vi begrepene personvern, informasjonssikkerhet og cyber-sikkerhet på følgende måte: *Personvern* omhandler retten til et privatliv og retten til å bestemme over egne personopplysninger¹⁵. *Informasjonssikkerhet* omhandler å sikre konfidensialitet, integritet og tilgjengelighet til informasjon, og i denne konteksten da i stor grad informasjon som befinner seg i IKT-systemer (inkludert styringssystemer). I kraftsektoren er det imidlertid ofte ikke selve informasjonen i IKT-systemene som er det viktige (slik det ofte er for tradisjonelle IKT-systemer), men kraftleveransen. *Cyber-sikkerhet* brukes ofte i situasjoner der målet er å sikre slike mer fysiske verdier som på en eller annen måte er knyttet til IKT-systemene. Fra et IKT-perspektiv handler dette imidlertid i stor grad om å sikre integritet og tilgjengelighet (og til en viss grad også konfidensialitet) til informasjon, så i dette kapitlet brukes informasjonssikkerhet og cyber-sikkerhet noe om hverandre.

4.1 Nasjonalt arbeid knyttet til informasjonssikkerhet og personvern i AMS

I forbindelse med innføringen av AMS har det allerede blitt gjort en god del arbeid knyttet til informasjonssikkerhet og personvern. På nasjonalt nivå har det blitt gjennomført flere risikoanalyser som også inkluderer potensielle hendelser knyttet til informasjonssikkerhet og personvern, både fra organisasjoner som NVE [8] og EnergiNorge [9], og av nettselskapene selv. Støttmateriale for å gjennomføre slike risikoanalyser har blitt utarbeidet i regi av DeVID [10, 11]. I tillegg har det med støtte fra Telenor blitt kartlagt mulige trusler mot en gitt type AMS infrastruktur [12, 13], og NVE har utarbeidet en del støttmateriale knyttet til relevante sikkerhetstiltak¹⁶. Det har vært gjort studier knyttet til hvor godt forberedt nettselskaper er når det gjelder å håndtere IKT-hendelser, spesielt når det krever samarbeid mellom kraft- og IKT-bitene av selskapet [14, 15], og det har blitt sett på erfaringer med å gjøre beredskapsøvelser knyttet til IKT-hendelser [16] samt innovative måter å utføre slike øvelser på¹⁷. Mindre arbeid har også blitt gjort for å se på hvordan man kan få til sikre nok

¹⁵ <https://www.datatilsynet.no/personvern/Hva-er-personvern/>

¹⁶ Se for eksempel F Skapalen, B Jonassen, "Veileder til sikkerhet i avanserte måle- og styringssystem" (2012), samt "Sjekkliste for informasjonssikkerhet i kraftforsyningen"

¹⁷ Graffer, Ingrid. IT-sikkerhetsberedskapsøvelser i smartgrids. Master thesis, NTNU (2015).

koblinger mot SCADA¹⁸. utfordringer knyttet til personvern har blitt adressert av Datatilsynet [17]. Det er også en del nystartede initiativ på gang, i tillegg til FlexNett. Et eksempel er det nasjonale arbeidet IoTSec¹⁹, som vil jobbe med sikkerhet knyttet til "tingenes internett", og da spesielt for smart grid.

IoTSec peker på noen klare utfordringer framover. Informasjonssikkerhet oppleves av mange som svært teknisk, og derfor et område som krever spesialkompetanse som kan være vanskelig tilgjengelig, i tillegg til at man mangler historiske data som kan fungere som underlag til å forstå risikoen som er forbundet med økt bruk av IKT [11]. Studier av hvor godt forberedt nettselskaper er til å håndtere uønskede IKT-hendelser avdekker en del svakheter, blant annet knyttet til dokumentasjon og øvelser, samtidig som det generelt er stor grad av tiltro til at selskapene vil kunne håndtere også alvorlige IKT-hendelser [14]. De samme studiene viser at de som jobber med mer tradisjonell IKT i selskapene og de som jobber med driftskontrollsystemer, ikke har lik oppfatning av f.eks. hva en informasjonssikkerhetshendelse er, noe som kan vanskeliggjøre kommunikasjon og samarbeid om noe skulle skje. I tillegg kan informasjonssikkerhet og personvern oppleves som en bremsekloss når det gjelder mulighet til å oppnå nytteverdi av dataene fra AMS, f.eks. knyttet til fleksibilitet. Det er derfor behov for konkrete råd når det gjelder å sikre sammenkoblinger av ulike deler av IKT-infrastrukturen, spesielt knyttet til driftssentral/SCADA, og også når det gjelder hvordan data fra AMS (personopplysninger) kan brukes til ulike formål hos nettselskapene.

FlexNett-prosjektet vil spesielt se på både status og forskningsbehov knyttet til følgende tre tema: Sikre koblinger, effektiv håndtering av informasjonssikkerhetshendelser, og personvern. Men først vil det bli gitt en kort innføring til viktige internasjonale arbeider av generell karakter, som tar for seg informasjonssikkerhet i kraftbransjen og AMS spesielt. Internasjonalt arbeid vil også bli adressert under beskrivelsene av de tre områdene.

4.2 Oversikt over utvalgt internasjonalt arbeid

Cyber-sikkerhet, informasjonssikkerhet og personvern knyttet til smart grids har fått en god del oppmerksomhet, og flere viktige aktører har gjort arbeid knyttet til dette. Det vil bli for omfattende å gi en oversikt over det internasjonale arbeidet på dette området. I stedet vil vi peke på et utvalg viktige rapporter som trolig vil være relevante også for arbeidet i FlexNett:

- NISTIR 7628 "Guidelines for Smart Grid Cyber Security" kom i 2010 og gir en grundig gjennomgang arkitektur og grensesnitt knyttet til smart grid, samt sikkerhetskrav og sårbarheter
- I EU har the Smart Grid Task Force, ekspertgruppe 2, utgitt flere dokumenter som er relevante, både når det gjelder støttet til å gjennomføre konsekvensanalyser (Data Protection Impact Assessment Template for Smart Grid and Smart Metering systems, 2014), når det gjelder oversikt over krav og anbefalinger til hvordan håndtere ulike data (Essential Regulatory Requirements and Recommendations for Data Handling, Data Safety and Consumer Protection, 2011), og når det gjelder tiltak (Proposal for a list of security measures for smart grids, 2013)
- ENISA har utgitt flere publikasjoner knyttet til smart grid og sikkerhet, blant annet knyttet til trusler og god praksis (Smart Grid Threat Landscape and Good Practice Guide, 2013), ulike tiltak (Appropriate security measures for smart grids, 2012) og anbefalinger (Smart Grid Security, 2012)
- CEN-CENELEC-ETSI har en egen task force på personvern og informasjonssikkerhet, og har publisert støtte til å jobbe med sikkerhet knyttet til use-case-metodikken²⁰

I tillegg finnes det flere akademiske gjennomganger av cyber-sikkerhet i smart grid²¹.

¹⁸ I regi av DeVID-prosjektet

¹⁹ <http://cwi.unik.no/wiki/IoTSec:Home>

²⁰ CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination Group Smart Grid Information Security, November 2012, <ftp://ftp.cen.eu/EN/EuropeanStandardization/HotTopics/SmartGrids/Security.pdf>

4.3 Sikre koblinger

Behov for sikre koblinger er ikke et behov som er spesielt for kraftbransjen. Økt sammenkobling av systemer er en generell trend i alle bransjer, og man går i økende grad bort fra idealet om helt lukkede styringssystemer. Dette er en utfordring når det gjelder å ivareta sikkerhet, men er ønskelig av andre hensyn f.eks. effektiv drift. Et eksempel på en bransje der man kan hente erfaringer er olje- og gassbransjen. De har over lengre tid hatt en dreining mot integrerte operasjoner, der plattformer i økende grad styres fra land.

Det gjøres mye forskning på sikkerhet i styringssystemer, og det finnes mye veiledningsmateriale fra blant annet NIST. En ny gjennomgang av litteraturen knyttet til styring av cyber-sikkerhetsarbeid i industrielle kontrollsystemer²² viser at det gis mange råd om tiltak, men at disse tiltakene ofte er kjente tiltak fra et informasjonssikkerhetsperspektiv, og da for tradisjonelle IKT-systemer, men der man ikke tilstrekkelig diskuterer om de vil passe for styringssystemer. Det er liten kunnskap om hvordan cyber-sikkerhet virker inn på andre aspekter ved sikkerheten til systemet (safety). Det finnes også lite støtte til metoder for å måle sikkerheten i styringssystemer.

Det vil være interessant å se nærmere på hvilke data og koblinger som strengt tatt er nødvendig for å oppnå og opprettholde fleksibilitet. En hypotese er at ved å kvalitetssikre og akkumulere data på riktig nivå i et informasjonshierarki, kan man redusere antall koblinger og oppnå et riktig kost/nytte-forhold mellom informasjonssikkerhet og personvern på den ene siden, og fleksibilitet på den andre. En felles problemstilling for olje/gass-produksjon og energibransjen er informasjonsdiode-prinsippet. Vesentlig høyere informasjonssikkerhet oppnås dersom informasjonen kun går i en retning, slik at man f.eks. på land bare innhenter informasjon og gir råd eller instruksjoner til personell som er offshore.

Det er sannsynlig at flere av demoene i FlexNett-prosjektet vil ta i bruk ny teknologi, og etablere nye koblinger mellom teknologi. For noen av demoene vil det kanskje være koblinger som går mot styringssystemer, og da er det spesielt aktuelt å se nærmere på disse. Det er flere mulige prosjektaktiviteter man kan se for seg knyttet til sikre koblinger, og vi vil fremheve følgende:

- *Identifisere og vurdere koblinger:* Identifisere koblinger som finnes, etableres, eller kan være aktuelle å etablere, og beskrive disse. Eventuelt kan man også gjøre risikovurderinger knyttet til koblingene, eller modellere aktuelle trusler knyttet til koblingene. Et mulig mål er å ende opp med en metode for å beskrive koblinger og deres karakteristikk.
- *Sikkerhetsmekanismer:* For en virkelig kobling, se på mulige måter å sikre på, og hva det vil gi av økt sikkerhet.
- *Risikoforståelse:* Knyttet til en demo, se på hvordan ulike aktører forstår risiko: hva er holdninger og oppfatning rundt risiko koblinger, og har eventuelle forskjeller noen konsekvenser? Aktuelle aktører kan være nettselskaper, leverandører, sikkerhetsekspert.
- *Beredskapsforskriften* [18]: Se på i hvilken grad Beredskapsforskriften stiller krav knyttet til sikkerhet, og hvordan dette oppleves av selskapene: Hva har Beredskapsforskriften av effekt når det gjelder dette med koblinger i en gitt demo?
- *Kunde/leverandørforhold:* Se på kommunikasjon og ansvarsopplevelse leverandør/kunde når det gjelder informasjonssikkerhet, spesielt knyttet til de koblingene som kommer i en gitt demo
- *Avhengigheter av IKT:* Se på i hvilken grad økte koblinger i en demo gjør at IT-trusler kan gi konsekvenser for driften av kraftnettet.

²¹ Et godt eksempel er: W Wang, Z Lu, "Cyber security in the Smart Grid: Survey and challenges." *Computer Networks* 57.5 (2013): 1344-1371

²² K William, et al. "A survey of cyber security management in industrial control systems." *International Journal of Critical Infrastructure Protection* 9 (2015): 52-80.

4.4 Håndtering av informasjonssikkerhetshendelser

Når vi snakker om hendelseshåndtering innebærer det alt fra å forberede organisasjonen på å håndtere hendelser, til å oppdage, vurdere og respondere på hendelser når de skjer, samt å lære fra hendelser i ettertid. Håndtering av informasjonssikkerhetshendelser er noe det er behov for i alle bransjer, og det finnes flere generelle standarder og retningslinjer på området, f.eks. ISO/IEC 27035 og NIST SP 800-61. ITIL har også anbefalinger for håndtering av denne typen hendelser. Imidlertid er det relativt lite veiledningsmateriale tilgjengelig direkte rettet mot å håndtere hendelser i kontrollsystemene. Det finnes også lite forskning på hva som er spesielle utfordringer i slike situasjoner. En systematisk gjennomgang av publiserte empiriske studier knyttet til hendelseshåndtering [19] fant svært få studier som omhandlet driftskontrollsystemer (kun to norske studier er funnet knyttet til olje og gass, og kraftbransjen). Imidlertid finnes det mye kunnskap og erfaring i denne og andre bransjer knyttet til håndtering av hendelser generelt, om ikke informasjonssikkerhetshendelser spesielt.

Når man innfører ny teknologi eller nye prosesser, vil man samtidig kunne innføre nye sårbarheter som gir muligheter for nye typer hendelser man ikke er forberedt på. Derfor er det sannsynlig at det for alle demoene vil være aktuelt å se på om det er behov for å legge til rette for en god håndtering av eventuelle cyberhendelser som måtte oppstå. Det finnes en rekke muligheter til aktiviteter innen dette temaet, knyttet til en eller flere demoer, og vi vil fremheve følgende:

- *Øvelser:* Tidligere studier har identifisert et behov for å øve mer på å håndtere informasjonssikkerhetshendelser. I prosjektet kan man lage opplegg for å øve på en spesiell type informasjonssikkerhetshendelse (beredskapsøvelse) og teste dette tilknyttet en demo.
- *Planer:* Lage planer for hendelseshåndtering knyttet til den teknologi og de aktører som er med i en demo, og eventuelt evaluere den i øvelse.
- *Deteksjon:* Hvilke hendelser kan skje knyttet til demo, og hvordan kan disse detekteres. Foreslå hvordan man kan legge til rette (teknologi og mennesker) for å oppdage viktige typer av hendelser.
- *Ansvar i leverandørforhold:* Se på leverandør/kunde-relasjonen, og hvordan ulike aktører oppfatter sitt ansvar knyttet til hendelseshåndtering. Hvilken rolle har kontrakter og planer? Hvilke forventninger har man til den andre part? Hva skal til for å legge til rette for godt samarbeid (øvelser, planer, annet)? Hvilke aktører er særlig viktige for de ulike aktivitetene (planlegge, detektere, brannslukning, fikse, lære fra hendelsen)?
- *Vurdere dagens evne til å håndtere de nye hendelsene:* Se på ulike hendelser som nå er aktuelle i demoene pga. fleksibilitet. Hvordan ville de blitt håndtert i dag? Hva ser nettselskapene av sårbarheter/svakheter? Hvordan samsvarer dette med det informasjonssikkerhetsekspertene ser som svakheter? Vurdere om det er behov for tiltak for å bedre evnen til å håndtere informasjonssikkerhetshendelser knyttet til demo.
- *Samarbeid kraft/IKT:* Identifisere hendelser/aktiviteter som krever samarbeid kraftfolk/IKT-folk, og gå inn i disse: Hva har det å si for hendelseshåndteringen at det er snakk om kontrollsystemer? Hvordan bygge felles forståelse mellom ulike fagfelt som har en rolle i å håndtere eventuelle hendelser?

4.5 Personvern

Menneskerettighetene gir alle rett til respekt for privatliv, familie, hjem og korrespondanse. Innføringen av smarte målere i hjemmet knyttes ofte til denne rettigheten, da slike målere potensielt kan gi større innsyn i det private liv i hjemmet. Data fra smarte målere regnes som personlige data, og er dermed beskyttet av personvernslovgivningen.

En vanlig innvending mot personvern i dag, er at mange individer deler svært mye personlig informasjon om seg selv allerede, enten det er gjennom sosiale media eller ved bruk av søketjenester, smarttelefoner, eller annet. Det oppfattes at en større andel av befolkningen har stor tillit til at opplysninger om dem ikke misbrukes, eller at de ikke bryr seg. Man antar at dette også vil gjelde for deling av data med nettselskaper og andre aktører i verdikjeden. Hvorfor skal man da bruke krefter på å begrense deling av data knyttet til strømforbruket, siden bruk av disse dataene kan være til stor nytte for nettselskaper og andre aktører og også gi samfunnsnytte? Det er imidlertid viktig å skille mellom frivillig deling av data, og det som er pliktig. Enhver står fritt til å kjøpe seg utstyr som måler strømforbruket og dele den informasjonen med alle, men det er ikke dermed sagt at man kan forvente at alle ønsker å dele denne type informasjon. Det har vært tilfeller der personvernshenrykninger har sinket og endret mål for AMS undervegs. Spesielt trekkes Nederland frem som et eksempel på dette [20].

AMS skal innføres i Norge innen 1.1.2019. Teknologi som understøtter økt fleksibilitet kan øke graden av informasjon som samles inn om den enkelte husstand, og dermed gjøre personvernshenrykninger enda mer fremtredende også i Norge. Generelt er det slik at personlige data kun skal samles inn når man har hjemmel for det (eller har fått samtykke fra individet), og at data som samles inn kun skal benyttes til det formålet man har hjemmel for. Personlige data skal også beskyttes, og ikke lagres på identifiserende form lenger enn nødvendig.

Flere aktører i verdikjeden ser nytteverdier av mer informasjon om husstanders strømforbruk. McKenna m.fl [21] gir en god oversikt over ulike behov knyttet til bruk av data fra smarte strømmålere og diskuterer i hvilken grad dette behovet har støtte i personvernlovgivningen og i hvilken grad man kan treffe tiltak for å redusere behovet for identifiserende og detaljerte måledata. Deres konklusjon er at man for de fleste behovene kan gjøre tiltak for å få mer personvernsvennlige løsninger. Nettselskapenes behov knyttet til drift- og planlegging er området som trekkes frem som det med sterkeste argumenter for å benytte måledata.

Det er gjort en god del arbeid innen den internasjonale forskningen for å foreslå og utvikle teknologi som kan gjøre AMS mindre invaderende når det gjelder personvern. Finster og Baumgart [22] gir en oversikt over teknologiske løsninger som kan bidra til godt personvern, både når det gjelder data som samles inn for fakturering og data som samles inn for å bedre driften av nettet. Generelt kan man si at følgende parametere er viktige for personvernet: frekvens på målingene, i hvilken grad målingene kan knyttes til enkeltpersoner, og nøyaktigheten i målingene. En stor del av den teknologien som er foreslått handler om gode måter å aggregere data på en sikker måte (f.eks. over tid eller over flere målere i samme område) samt å fjerne eller erstatte den direkte koblingen til husstand. Mye av denne teknologien er imidlertid ikke testet ut i praksis for AMS, og det er derfor vanskelig å vite hvordan den vil oppleves og fungere i et virkelig målesystem. Imidlertid er personvern et tema som er relevant for en rekke andre bransjer (f.eks. helse, bank, forsikring), og der erfaringer fra andre bransjer gjerne kan benyttes når det gjelder å hente erfaringer med ulike typer løsninger.

Arbeidet med personvern er imidlertid ikke primært teknologisk, men handler også om holdninger, policy og rutiner. *Innebygd personvern*²³ er et rammeverk for å jobbe med personvern, sentrert rundt 7 prinsipper. Dette rammeverket er uavhengig av type system, og benyttes i mange ulike bransjer, inkludert kraftbransjen²⁴. De sju prinsippene handler om mye mer enn teknologi, og kan oppsummeres slik²⁵:

- Proaktiv, ikke reaktiv
- Personvern som standard
- Personvern innebygd i design
- Full funksjonalitet + godt personvern = vinn-vinn-situasjon
- Ende-til-ende-beskyttelse — hele livssyklusen
- Synlighet og gjennomsiktighet — vær åpen
- Respekt for individets personvern — vær brukerorientert.

Noe av den samme tankegangen finner man også igjen i en del av det veiledningsmaterialet som har blitt utgitt fra NIST²⁶ og på EU-nivå [23], spesielt knyttet til det med å gjøre konsekvensanalyse knyttet til personvern. En viktig motivasjon for innebygd personvern er at det er lettere å få til gode løsninger som både gir godt personvern og den funksjonaliteten man trenger, om man tar hensyn til personvern fra starten. Dette er spesielt viktig for systemer som det vil være kostbart å bytte ut. Basert på erfaringer fra Storbritannia har det blitt antydnet at arbeidet med AMS og personvern ble vanskeligere fordi det ikke ble tatt alvorlig tidlig nok [24].

Det er sannsynlig at personvern vil være relevant for noen av demoene i FlexNett, og det finnes flere mulige måter å fokusere arbeidet med personvern på, knyttet til en eller flere demoer. Noen eksempler er presentert nedenfor:

- *Innebygd personvern*: Utprøving av hvordan de sju prinsippene kan benyttes i et konkret tilfelle. Prosjektet kan også ha som mål at erfaringene man da gjør seg kan lede til generelle anbefalinger knyttet til hvordan man kan jobbe med innebygd personvern for denne typen systemer. Alternativt kan prosjektet foreslå enkel metodikk for PbD-tilpasset kraft/fleksibilitet, og muligens teste denne i en demo.
- *Tekniske tiltak*: Prosjektet kan se på tekniske tiltak som kan være aktuelle i en demo, og vurdere hvilken effekt det tekniske tiltaket vil gi og hva det innebærer for systemet ellers.
- *Ansvarsforhold og holdninger*: Prosjektet kan gå nøyere inn i ansvarsforhold og holdninger til personvern. En mulighet da er å se nærmere på kunde/leverandør-forholdet: Hvem opplever ansvar for personvern; hvordan kommuniseres det rundt det; hvem stiller med kompetanse; hvordan er prosessen rundt kravstilling, og hva kan man gjøre for å bedre dette? Man kan også se på holdninger til personvern i nettselskapene knyttet til en demo: Hvor er det usikkerhet knyttet til personvern; hvor oppleves personvern som en brems; hvilke konsekvenser har alt dette for nettselskapet; hva kan gjøres?

²³ Privacy by Design (PbD) har en egen nettside der det finnes mye ressurser om innebygd personvern:

<https://www.privacybydesign.ca/>

²⁴ Se for eksempel følgende publikasjoner fra PbD: "Building Privacy into Ontario's Smart Meter Data Management System: A Control Framework" (2012), "Privacy by Design and Third Party Access to Customer Energy Usage Data" (2013), "Applying *Privacy by Design* Best Practices to SDG&E's Smart Pricing Program" (2012), "Smart Meters in Europe: *Privacy by Design* at its Best" (2012).

²⁵ En norsk introduksjon til innebygd personvern og de sju prinsippene finnes med litt ulik oversettelse hos Datatilsynet (<https://www.datatilsynet.no/Teknologi/Innebygd-personvern/>), fra PbD (<https://www.privacybydesign.ca/content/uploads/2012/11/7-foundationalprinciples-norwegian.pdf>) og fra SINTEF (<http://infosec.sintef.no/informasjonsikkerhet/2012/10/privacy-by-design-innebygd-personvern-del-1/>)

²⁶ NISTIR 7628, del 2

5 Muligheter med fleksibel nettdrift

5.1 Fleksibel nettdrift

I stor grad er den fysiske elektriske infrastrukturen i det smarte nettet allerede bygd. Å realisere fleksibel nettdrift handler om å implementere overvåkning, kommunikasjon, styring og logikk i nettet, og tilpasse og videreutvikle nettselskapenes drifts- og planleggingsverktøy.

Sammenlignet med dagens praksis for nettdrift forstås *fleksibel nettdrift* som en form for nettdrift hvor det er:

- Mer tilstandsovervåkning og nær sanntids overvåkning av driftstilstanden.
- Mer måle- og kommunikasjonsutstyr, batterier, spenningsstyrte autotrinnede distribusjonstransformatorer, osv.
- Økt bruk av driftsstøtteverktøy.
- Økt bruk av fjernstyrte brytere (omkobling i forbindelse med feilretting, vedlikehold, lastendringer, osv.)
- Automatisering av en rekke oppgaver, fra spenningsregulering til selvheling²⁷ (self-healing).

Fleksibel nettdrift kan inkludere en mengde applikasjoner, f.eks.:

- Minimalisere KILE og redusere avbruddsrisiko
- Minimalisere tap
- Overholde spenningsmarginer
- Automatisk omkobling ved overbelastning
- Planlegge utkobling
- Planlegge og utfør feilretting
- Selvheling
- Automatisk oppdatering av FASIT og annen statistikk / rapportering
- Kvalitetssikre dokumentasjon
- Bruke DMS til å redusere antall uønskede hendelser
- Kjøre realistiske simuleringer (basert på måledata) på hendelser, og før tiltak skal utføres i nettet
- Øydrift som svar på lokale problemer.

Fleksibel nettdrift forutsetter at det er tilgjengelig en hel del informasjon i driftssentralen. For at driftssentralen skal kunne betjenes uten økning i personell, er det nødvendig med en stor grad av automatisk sammenstilling av informasjon, enkel visualisering, automatisering, og at mye av informasjonen behandles internt i ulike fagapplikasjoner. I tillegg er det nødvendig å kunne styre enheter i nettet. Dette fører til økt behov for integrasjon av DMS og SCADA, samt videreutvikling av en rekke oppgaver internt i DMS eller i applikasjoner som er tilknyttet DMS. Dette gjelder f.eks. bruk av web eller SMS for løpende informasjon til kunder og media under større hendelser. Dagens forskjell i sikkerhetsnivå i DMS og SCADA er også en utfordring som må løses i denne sammenhengen.

²⁷ Selvheling (self-healing) er evnen nettet har til å automatisk "reparere" seg selv hvis en permanent feil oppstår. Selvhelende nett isolerer automatisk feilstedet og får resten av nettet i drift igjen så snart som mulig med minimalt inngripen fra mennesker.

Å realisere ulik funksjonalitet relatert til fleksibel nettdrift, stiller krav til måling, kommunikasjon og back-office systemer. Det er en rekke parametere det kan være aktuelt å måle, deriblant:

- Bryterstillinger
- Kortslutningsindikator i nettstasjon (f.eks. status og/eller posisjon)
- Romtemperatur i nettstasjon
- Fase-fase spenninger og strøm på alle avganger i nettstasjon
- Fase-jord spenninger i nettstasjon
- Spenningskvalitetsparametere i nettstasjon (THD, P_{st} osv.)
- Fase-fase spenninger og effekt fra AMS
- Toppoljetemperatur for fordelingstransformatorer

Et eksempel på mulig fleksibilitet er å bruke måleverdier fra AMS og sensorer i nettet til å få oppdatert informasjon om belastning av nettet kontinuerlig, heller enn å estimere belastning basert på konstruerte og generelle forbruksprofiler og årsforbruk hos sluttbrukere. Denne informasjonen er nyttig i en rekke applikasjoner:

- Visualisering i driftscentralen som generell driftsstøtte gjør at nettet kan driftes tettere opp mot grenseverdier, og som støtte til å gjøre mer målrettede valg.
- Informasjonsgrunnlag for automatiserte oppgaver som automatisert omkobling, spenningsregulering ved bruk av batterier i nettet, innkobling av kondensatorer, utkobling for å minimalisere KILE, inn- og utkobling av øydrifter, selvhelingsapplikasjoner, osv.
- Nettplasslegging, blant annet for å identifisere områder med størst belastning og behov for forsterkning, samt områder der det kan være aktuelt å implementere spenningsregulering.

Bedre overvåking av driftstilstanden over tid vil gi utvidede muligheter for kostnadseffektiv drift av nettet:

- Mulighet for å utføre tilstandsbasert vedlikehold og utskiftning av utstyr. I dagens distribusjonsnett utføres det basert på antakelser om tilstand. Dette bør imidlertid veies opp mot en rekke ulemper, eksempelvis redusert avbruddsrisiko, planlegging av vedlikehold med tanke på drifts- og lasttilstanden, avveining mellom utskiftning og vedlikehold samt kombinasjon av vedlikehold og planmessig oppgradering, og mulighet for å unngå belastning på annet tilknyttet utstyr som følge av havari.
- Flere sentrale komponenter i nettet har slitasje- og aldringsprosesser som er ikke-lineære i forhold til lasten de utsettes for. Bedre tilstandsovervåking gir grunnlag for bedre kontroll på levetiden av komponenter i nettet.

Grunnet det svært høye antallet nettstasjoner i distribusjonsnettet, vil en omfattende instrumentering og fjernstyring neppe være kostnadseffektiv. Samtidig vil innføring av AMS gi muligheter for tilstands-overvåking i distribusjonsnettet. Utnyttelse av (forbruker)fleksibilitet gir også muligheter for kontroll som potensielt kan kompensere for manglende fjernstyring i nettstasjonene. En viktig nytteverdi ved demonstrasjonsprosjekter i smarte nettstasjoner er å få en best mulig forståelse for a) hvordan AMS-målinger kan benyttes til å estimere tilstand i nettstasjonen, og b) hvilke stasjoner som bør instrumenteres og fjernstyres.

Batteribanker kan installeres i nettstasjoner og brukes til å lagre energi lokalt for å kunne bruke energien i knapphetsperioder. Dette er en måte å jevne ut forbruket på nettstasjonsnivå, og kan være et alternativ eller supplement til energilager hos enkeltforbrukere.

5.2 AMS-målinger

Fullskala utrulling av AMS skal gjennomføres i Norge innen 1.1.2019. AMS vil bli viktig for datainnsamling fra distribusjonsnettet og kundene lokalisert der. Forskrift om måling og avregning [25] stiller krav om at AMS-måleren skal registrere forbruket hvert 60. minutt, og at det skal være mulig å endre dette fra sentralt hold, til at AMS-måleren registrerer forbruket hvert 15. minutt. Forskriften stiller et minimumskrav til funksjonalitet som AMS-målerne skal tilfredsstillere. Enkelte målere kan ha ytterligere funksjonalitet som kan brukes for å oppnå fleksibel nettdrift. Det gjelder f.eks.:

- Sumstrømmåling i AMS
- Spenning- og effektmåling i AMS
- Hendelser registrert i AMS (avbrudd, fasebrudd, osv.)

I tillegg er det i mange tilfeller ønskelig å ha statistikk og historikk til dataene, samt at det stilles krav til vasking og komprimering/sammenstilling av data. Å sørge for at målingene, systemene og komponentene blir dimensjonert, utviklet og integrert på en måte som er effektiv og gir tilstrekkelig funksjonalitet, kan f.eks. løses ved bruk av use case-metodikk (se kap. 6).

5.3 Spenningsregulering med krafttransformator

Transformatorer brukes i nettet i dag for å transformere mellom ulike spenningsnivåer, for eksempel mellom høy (HV)- og mellomspenning (MV). Transformatorer mellom høy- og mellomspenning opererer i dag normalt med en on-load trinnkobler for å holde ønsket spenning på sekundærsiden. En riktig innstilling av trinnkobleren er viktig for å utnytte overføringskapasiteten for distribuert produksjon (DG), fordi denne påvirker spenningen på transformatorens sekundærside. Trinnkobleren kan stilles inn for å holde en bestemt spenning på sekundærsiden eller for å kompensere for strømmen som måles i transformatorstasjonen slik at spenningen holdes konstant lengre ute på radialen.

En transformator med trinnkobler kan også plasseres andre steder i nettet for å justere spenningen til riktig nivå. Det kan være en 1:1 autotransformator. Dette kan være aktuelt i lange radialer der for høy spenning ved produksjonsstedet er et problem, mens belastningen på linja er lav.

Trinnkoblere har ofte et problem med slitasje, noe som gjør at antallet koblinger bør begrenses mest mulig. I tillegg fører hver kobling til et sprang i spenningen på transformatorens sekundærside.

Tabell 5.1 Ulike former for spenningsregulering [26]

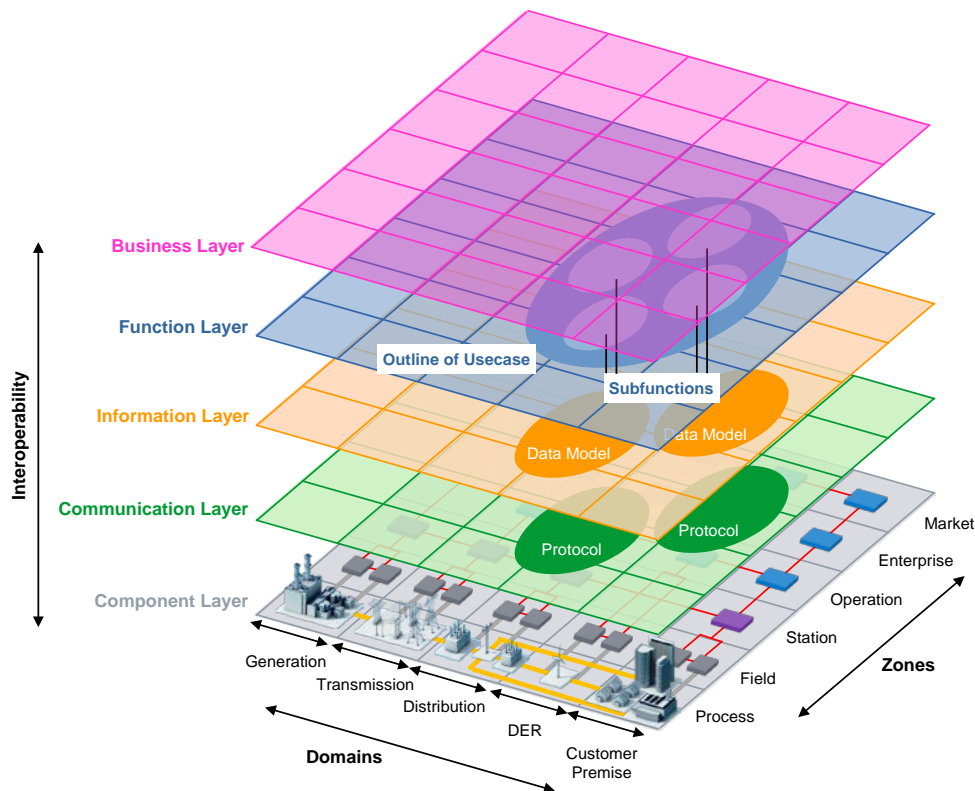
	Fordeler	Ulemper	Potensial	Kostnad	Innovasjon
Trinnkobling HV/MV-trafo	Kjent teknologi, benyttes i dag	Treghet, slitasje, spenningssprang	Lav/Middels	Ingen	Lav
1:1-trafo m/ trinnkobler	Kjent teknologi	Treghet, slitasje, spenningssprang	Middels	Middels	Lav
Voltage Booster	Stabiliserer spenning	Ny teknologi	Middels	Middels	Middels

Internasjonalt har smart grid vært nært knyttet til reduksjon av avbruddstid, dvs lokalisere, isolere og gjenopprette forsyning til flest mulig sluttbrukere. Dette ble aktuelt, eksempelvis i USA etter store strømbrudd på 1990-tallet [27]. Slik ble selvhelende nett aktuelle, altså et nett som mest mulig automatisk gjennomfører lokalisering, isolering og gjenoppretting av forsyning, uten behov for avgjørelser eller aksjoner fra driftspersonell.

6 Use case og referansearkitektur

SINTEF-rapporten "Smart grid referansearkitektur og use cases" [28] gir en god innføring i smarte nett, use case og referansearkitekturer. Dette kapitlet gir en oppsummering av denne rapporten.

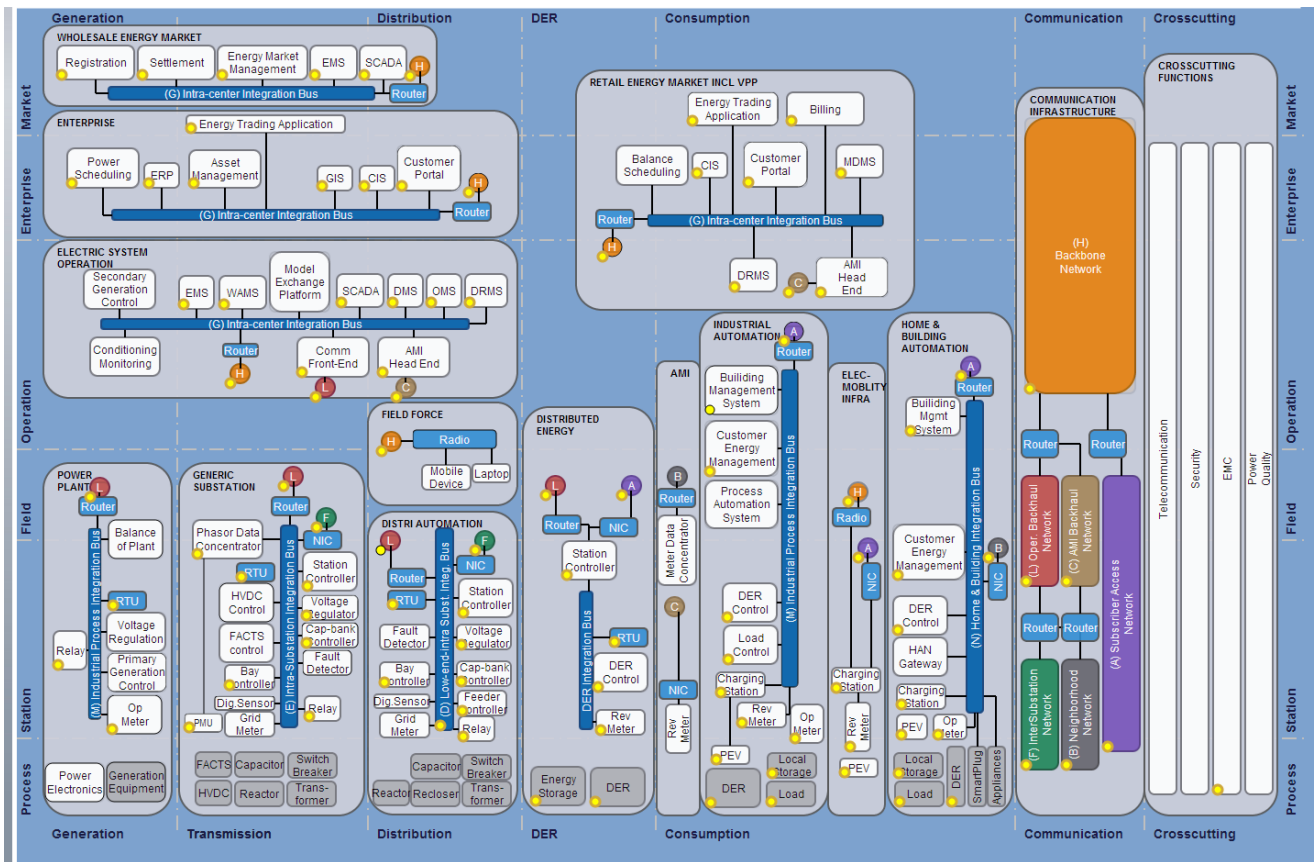
Smarte nett er et bredt konsept, og for å gjøre konseptet håndterbart og forståelig er det fornuftig å dele begrepet opp i mindre biter. Dette kan gjøres ved å bygge opp definisjonen av smarte nett av standardiserte use case koblet en referansearkitektur. Referansearkitekturen beskriver domeneene i det smarte nett, og hvilken type informasjon (og strøm) som utveksles mellom domeneene for at nettet skal fungere. Under EU Mandat 490 er det utviklet en slik referansearkitektur, "The Smart Grids Architecture Model" (SGAM) [29]. Denne modellen består av 5 domener og 5 interoperabilitetslag, og er utvidet til å beskrive i hvilke soner informasjon og strøm utveksles. Modellen er vist i figur 6.1.



Figur 6.1 SGAM [29]

Basert på SGAM har IEC utviklet et Smart Grid Standard Mapping Tool²⁸. En fremstilling av verktøyet er vist i figur 6.2. Horisontalt vises domeneene i SGAM-modellen, vertikalt vises sonene. Elementene i figuren er aktører, det vil si en enhet som utveksler informasjon (person, IT-system, organisasjon osv.). Ved å klikke på aktørene vises aktuelle standarder og use case for den enkelte aktør.

²⁸ Tilgjengelig på smartgridstandardsmap.com.



Figur 6.2 Smart Grid Standard Mapping Tool (<http://smartgridstandardsmap.com/>)

Use case kommer fra programvareutvikling og beskriver interaksjon mellom ulike aktører for å oppnå et bestemt mål. Use case kan være på et overordnet eller detaljert nivå, og beskriver hvilke prosesser som går igjennom for å utføre en funksjon, og hvilke informasjon som utveksles i hver prosess mellom de ulike aktørene. En av styrkene til use case er at den bidrar til å løse problemet med interoperabilitet mellom ulike komponenter og systemer, noe som har blitt omtalt som en utfordring i smarte nett. Det er allerede utviklet mange use case som er tilgjengelige i databaser, blant annet EPRIs use case repository²⁹ og SGAM-modellen.

Use case ble også brukt i DeVID-prosjektet som ble avsluttet mars 2015. Formålet med å bruke use case i DeVID var å finne ut hva slags smarte nett-funksjonalitet som det var mulig og hensiktsmessig for norske nettselskaper å implementere (for eksempel i forbindelse med utrulling av AMS). Dette ble undersøkt ved å:

- Definere use case som ble gitt ut i en use case samling [30].
- Gjøre kost-/nytteanalyser av disse for å bestemme samfunnsøkonomisk nytte.
- Teste og evaluere use casene for å anslå nytte, muligheter og utfordringer.

Resultatene av kost-/nytteanalysene, testingen og erfaringene ble dokumentert i [31]. Erfaringen med bruk av use case i prosjektet var gode, og det er aktuelt å bruke use case i FlexNett og knytte disse opp mot SGAM. Use case bidrar til et rammeverk for å definere og evaluere funksjonalitet som det er aktuelt å teste i prosjektet.

²⁹ <http://smartgrid.epri.com/Repository/Repository.aspx>

Mulige tema for use case er:

- Presentasjon av informasjon: En av utfordringene når DMS mottar data fra mange kilder er å filtrere signaler slik at kun relevante og sammenstilt informasjon blir presentert i driftssentralen. Det er relevant å undersøke hvordan dette har blitt gjort i andre land (f.eks. Finland) og lage use case for dette.
- Kontinuerlig driftsbilde: Oppdatere driftsbilde (lastflyt, bryterposisjoner, kondensatorer/spoler osv) i DMS kontinuerlig basert på måleverdier, lastflyter og pseudo målinger fra RTUer, AMS, osv.
- Planlegge utkobling: For eksempel ved å bruke målte og beregnede spenningsverdier (fra lastflyt med siste timesmåling) til å estimere forventet spenning etter en kobling, og dermed kontrollere om koblingen er OK. Kan også brukes til å planlegge utkoblinger i tidsrom som gir lavest mulig KILE. Mest effektivt i kombinasjon med lastprediksjon.
- Automatisk omkobling: Utvikle og teste ut algoritmer som finner mulige omkoblingsmuligheter og kobler om, basert på ett eller flere objektiver. Nærliggende objektiver er applikasjonene nevnt i kapittel 11 (unngå overlast, redusert KILE, etc).
- Drift av lager: Tar hensyn til hvordan lager er en ressurs til for eksempel peak shaving, autonom drift, og som minimerer drifts- og vedlikeholdskostnader.
- Alarmhåndtering: Oversikt over spesifikke alarmer og tilsvarende håndtering (kan være flere mulige håndteringsmuligheter). Alarmmeldinger og andre sjeldne meldinger bør prioriteres over vanlige og store meldinger i kommunikasjonsprotokoller.

7 Forretningsmodeller fleksibilitet

FlexNett-prosjektet skal bidra til innovasjon gjennom tett kobling mellom forskning og brukerpartnerne. Dette avsnittet skal danne et grunnlag for en prosess hvor forskning og forretningsutvikling kobles tett. Det innebærer først og fremst forståelse for hva en forretningsmodell er og hvordan en slik kan etableres basert på forskningen som gjøres. I kjølvannet av AMS, distribuert produksjon og smart grid-utviklingen i Europa, Asia og USA, dukker det nå opp nye virksomheter som søker muligheter som ikke har eksistert tidligere. Avsnittet beskriver dette og presenterer noen eksempler. En liste over ny virksomhet med forretningsmodeller rettet inn mot energifleksibilitet, lagring og fornybar energi, er gitt i vedlegg A.

7.1 Forretningsmodell er virksomhetens kompass

Til tross for en bred enighet om at en forretningsmodell definerer en plan for hvordan et selskap skal tjene penger og etablere grunnlag for profitt og vekst, preges praksis av både tradisjon og bransje. Michael Lewis hevder i boka *The New, New Thing* fra Internet-perioden, at "forretningsmodell" er et "kunstnerisk uttrykk". I likhet med kunst er det noe mange mennesker føler at de kan se og gjenkjenne, men som de ikke helt klarer å definere. Lewis selv mener at en forretningsmodell er "hvordan man planlegger å tjene penger". Ledelsesteoriikonet Peter Drucker definerte i sin "theory of the business" at en forretningsmodell kunne sees på som "et sett av *antagelser* for hva et selskap blir betalt for". Financial times-leksikonet³⁰ beskriver en forretningsmodell som den metoden eller måten som et selskap prøver å generere verdier på.

En forretningsmodell beskriver selskapets kjernestrategi for å generere økonomisk verdi, og kan ta utgangspunkt i ulike sider av et selskap f.eks. hvordan det lager, distribuerer, priser og markedsfører sine produkter. Normalt måles verdiskapningen i form av omsetning, men verdivurdering kan også ta utgangspunkt i andre ting som f.eks. antall brukere av et system. I løpet av de siste årene har man sett oppkjøp av selskaper og emisjoner med minimal omsetning, men hvor prisingen har ligget på nivå med store internasjonale industrikonsern med hundretalls milliarder i omsetning. Internett-selskaper som Facebook, AOL³¹ og Instagram er eksempler på dette. Google's oppkjøp av Nest for 19 milliarder kroner er imidlertid et eksempel på at tilsvarende også har gjort sin entré i energirelatert virksomhet. Mye kan tyde på at den "smarte" delen av framtidens energibransje kan oppleve mer av dette.

Basert på de erfaringer man har fra Internett- og telekom-verden, er det ikke urealistisk å tro at den delen av energibransjen som spesielt tangerer IoT (Internet of Things)-relatert virksomhet vil kunne skape grunnlag for tilvarende verdibetraktninger, avhengig av hvilken forretningsmodell som anvendes. Ofte brukes argumentet om at "best teknologi" og "tidlig markedsposisjonering" er avgjørende for å lykkes, men det finnes en rekke eksempler på det motsatte, bl.a. Google som debuterte i et søkemotormarked på 2000-tallet lenge etter at store selskaper som Lycos, Fast og Infoseek hadde etablert seg. Man hevdet da at teknologien var en avgjørende konkurransefaktor. Dette spilte en viss rolle, men det som ble helt avgjørende var Googles innovative forretningsmodell med sin betalings- og pengestrømsgenererende "Ad Rank" metode³². Viktig lærdom bør hentes fra slike eksempler, også innenfor FoU. Til tross for teknisk fokus, må en forretningsmessig kontekst

³⁰ <http://lexicon.ft.com/Term?term=business-model>

³¹ <http://corp.aol.com/>

³² *Ad Rank-metode* er en metode for annonserangering, dvs. som beregner en verdi som brukes for å avgjøre annonseplasseringen (hvor på en web-side annonser blir vist). Annonserangeringen beregnes på grunnlag av budbeløpet, komponentene bak kvalitetspoengene (forventet klikkfrekvens, annonserrelevans og opplevelsen av landingssiden) og forventet effekt av utvidelser og andre annonseformater. (<https://support.google.com/adwords/answer/1752122?hl=no>)

etableres for å definere hvilke vurderingskriterier som bør legges til grunn for å sikre at et forskningsmessig resultat kan danne et best mulig grunnlag for en levedyktig innovasjon.

7.2 Gryende forretningsmodeller rundt fleksibilitet og lokal, fornybar produksjon

FlexNett-prosjektet skal bidra til en nærings- og forretningsmessig videreutvikling av konsepter som testes ut i prosjektets ulike demoer (Se kap. 0). Flere tidligere demonstrasjonsorienterte forskningsprosjekter har fokusert på tekniske og driftsmessig forhold, til dels ensidig knyttet til nettselskapenes behov, men også med flere studier relatert til brukeratferd. Disse studiene har hatt som formål å forstå i hvilken grad brukere kan involveres i ulike AMS- og smart grid-relaterte initiativ [32, 33]. De fleste av disse studiene har forsøkt å dokumentere i hvor stor grad forbrukere av energi er villig til å benytte teknologi for å endre sin atferd. Dokumentasjon av brukernes involvering i ulike smart grid-initiativ på bærekraftige, forretningsmessige vilkår, er i mindre grad tilgjengelig. Slike prosjekter har stort sett vært overlatt til nettselskapenes selv og deres konsulenter [34-36] og gir derfor et ufullstendig vitenskapelig bilde av de sammenhenger som styrer dette. Et unntak synes å være det materialet som VaasaEtt [37-39] og SEDC [40] har publisert hvor aggregerte erfaringer fra flere ulike "demand-response" industriorienterte forsøk er presentert.

Relatert til smart grid-konseptet har det dukket opp flere ulike oppstartsselskap som forsøker å meisle ut en forretningsmessig plattform for seg selv innenfor ulike nisjer, varierende fra rene smarthus-tilnærminger til tjenester som er spesielt rettet mot etablerte nettaktører innenfor høyspent- eller lavspentnettet. I Norge kan dette illustreres ved selskaper som Enfo Energy³³, eSmart Systems³⁴ og VS Safety³⁵. Enfo hadde først fokus mot industri og virksomhet knyttet til høyspentnettet, eSmart Systems har først og fremst hatt fokus rettet mot nettaktører på distribusjonssiden og VS Safety definerte seg opprinnelig som en smarthus-leverandør innenfor helse/omsorg, sikkerhet og energi. I likhet med oppstartsselskaper flest har disse selskapene gjennomgått en utvikling hvor både fokus og tilhørende forretningsmodeller har vært under kontinuerlig utvikling etterhvert som markedet og selskapet selv utvikler seg. I enkelte tilfeller redefineres strategiske mål og forretningsmodell som en konsekvens av de store påvirkningene som energimarkedet utsettes for, andre ganger skyldes det påvirkning fra sterke og dominerende kunder, eller endringene skjer som en konsekvens av restrukturering knyttet til oppkjøp og konsolidering. Dynamikken som marked og gründere utsettes for, synes å bidra til mye eksperimentering og risikofylte initiativ basert på svakt definerte forretningsmodeller, og man kan trekke paralleller til dot.com perioden på slutten av nittitallet og begynnelsen av 2000, hvor mye penger og mange gode ideer gikk tapt som en konsekvens av dette. Sjansene for at det kan gjenta seg innenfor energibransjen er til stede, uavhengig av den rene tekniske utviklingen rundt kommunikasjonsutstyr, distribuert produksjon og lagring, samt sikkerhet og instrumentering. Nye forskningsmessige initiativ er i de siste årene satt i gang for å studere og følge denne type selskapers utvikling. Empiri generert fra observasjoner man gjør i en slik sammenheng, kan på sikt bidra til å gi et innblikk i hvilke forretningsmodeller som er levedyktige.

Gjennom en studie av flere selskaper i det tysktalende markedet i Europa, har det blitt identifisert noen fellestrekk [41, 42], og tre distinkte verdiforslag fremstår som dominerende:

- Redusert risiko (for uønskede hendelser og eksponering for økt markedsdynamikk)
- Utnyttelse av fleksibilitetspotensialet
- Synkronisering av tilbud og etterspørsel for energi.

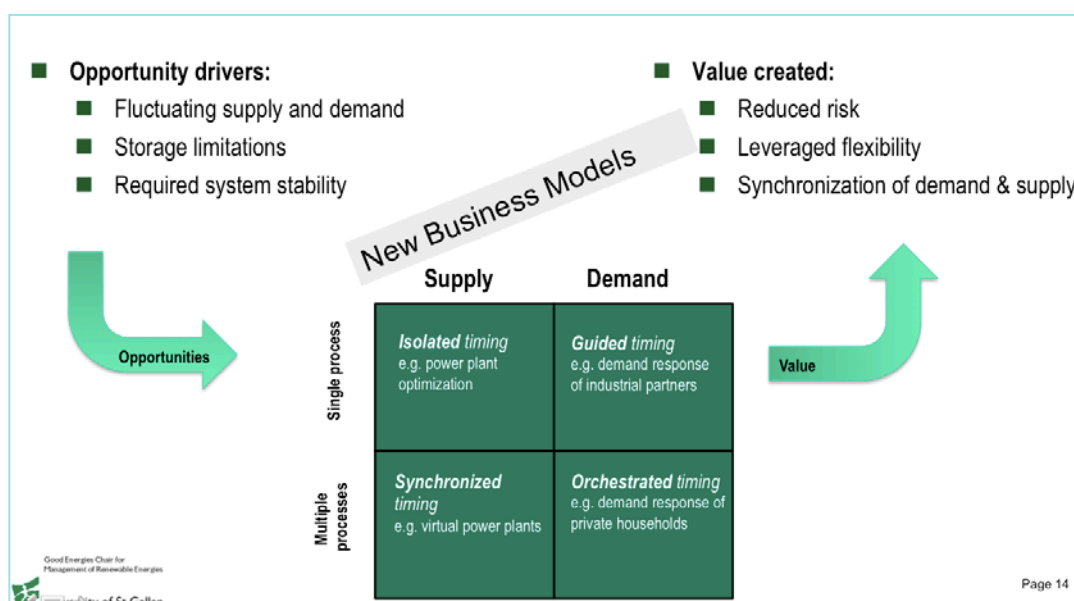
³³ <http://www.enfo.no/>

³⁴ <http://www.esmartsystems.com/>

³⁵ <http://vssafety.com/>

Driverne som har skapt forretningsmulighetene som selskapene forsøker å utnytte, er i stor grad knyttet til forhold som sterkt varierende tilbud og etterspørsel, begrensede lagringsmuligheter og behov for systemstabilitet.

Selskapene har adoptert ulike forretningsmodeller typisk knyttet til ny teknologi som faller innenfor smart grid-begrepet. De ulike modellene kan klassifiseres langs to hovedakser. En er tilbud versus etterspørsel. En definerer virksomhetens prosess og dens mangfold. På bakgrunn av dette har man kommet fram til fire hovedkategorier av forretningsmodeller (se Figur 7.1).



Figur 7.1 Grunnleggende karakteristika ved forretningsmodeller adoptert i tilknytning til smarte el-nett og prosumentorientert virksomhet (Kilde: Moritz Loock, University of St.Gallen [42])

I forhold til en enkel produserende enhet, er det først og fremst løsninger og optimalisering av slike muligheter som inntreffer i marked og infrastruktur. Det er altså tale om en tidsmessig optimalisering som bidrar til redusert risiko, bedre synkronisering med etterspørsel og andre tilbud, samt utnyttelse av fleksibilitet. En tilsvarende tidsorientert problemstilling knytter seg til flere enheter, flere prosesser og synkronisering av slike. Aggregatororienterte virksomheter faller innenfor denne kategorien.

Forretningsmodeller rettet mot etterspørselssiden inkluderer tjenester basert på demand-response-konseptet rettet mot en eller flere industrielle enheter. Dette har Loock et al. kalt for "guided timing" [42]. Orkestrert timing er beslektet, men involverer mange forskjellige enheter.

7.3 Fire typer aktører

I det fremtidige energimarkedet ser det nå ut som om man står overfor fire typer aktører som på hvert sitt vis kommer til å prege den forretningsmessige utnyttelsen og utviklingen av smart grid-begrepet, hvor også utnyttelse av forbrukerfleksibilitet inngår som en viktig del. De fire kategoriene er:

- "Gjerdesitterne"
- Fremoverlente energiselskaper
- Oppstartsselskaper
- Forbrukerrelaterte initiativ

7.3.1 "Gjerdesitterne"

Denne gruppen domineres av aktører og individer med et potensial, men som av ulike årsaker har definert seg som likegyldige outsiders eller "ignoranter". Deres strategi er avventende. Disse selskapene har historisk sett hatt en sterk posisjon i energimarkedet, men foretrekker å "sitte på gjerdet". En andel av denne gruppen demonstrerer til og med rene reaksjonære tendenser som kan utgjøre sterke motkrefter og benytter som del av sin strategi, alle politiske og regulatoriske virkemidler for å verne om sin bestående forretningsmodell. På grunn av sin historiske posisjon har slike selskaper ofte stor gjennomslagskraft, i alle fall på kort sikt, og kan med det bidra til å sinke utviklingen eller endre utviklingens retning. En del gjerdesittere uttaler seg imidlertid positivt, men er ikke klar for handling fordi det umiddelbare tapet knyttet til eksisterende virksomhet kan oppleves som betydelig. Gruppen som helhet kan med dette bidra til å bremse markedsutviklingen, noe som kan få store konsekvenser for de endringsvillige, ikke minst oppstartsselskaper.

7.3.2 Fremoverlente energiselskaper

Det finnes også en etablert gruppe av energiselskaper, inkludert nettvirksomheten, som er fremoverlente, og to erkeeksempler på dette er RWE og E.ON i Tyskland. Dette er to energigiganter som har redefinert hele sin forretningsstrategi de siste 24 månedene. Fra å være "gjerdesittere" og til dels motarbeide utviklingen, ble de tvunget til å endre kurs da tapene akkumulerte. E.ON erklærte i fjor at man skulle satse på "smidighet, innovasjon og digitalisering" og fulgte opp dette i desember med å skille ut den gamle virksomheten knyttet til kjernekraft og sentraliserte, fossile enheter. Kjernevirksomheten vil fremover bygges på fornybar energi og tjenester rundt dette. E.ONs strategiske grep kom etter at en annen tysk energigigant, RWE erklærte i 2013 at de skulle endre sin forretningsmodell. Fra å være en rendyrket kraftleverende produsent vil selskapet satse på å bli en "prosumert orientert virksomhet" [43]. Strategiskiftet i begge selskaper kommer etter at begge selskaper har opplevd store tap. I følge [44] tapte E.ON 5,5 milliarder dollar i 2014. RWE måtte erkjenne et tap på 3,8 milliarder dollar.

Dr. Matthias Farver, analytiker i Notenstein Privatbank AG i Sveits kommenterte E.ON våren 2015³⁶: "E.ON hadde blitt en dinosaur. Selskapets ledelse måtte gjøre noe. Det var forventet, men timingen og endringene som ble gjort var en overraskelse". I stedet for proaktiv handling er E.ON et eksempel på det reaktive handlingsmønsteret som preger gjerdesitterne. På spørsmål om E.ON har gjort det rette svarte Farver at energigigantens snuoperasjon er ledd i en overlevelsesstrategi, ikke en vekststrategi.

Ny teknologi åpner for nytenkning, noe som har ført til at energiselskaper som tidligere opererte svært likt, er i ferd med å søke nye muligheter i forskjellige retninger. Et interessant eksempel på en slik pionér er Karlsruhe baserte EnBW AG med sitt datterselskap Yello Strom som siden liberaliseringen av energimarkedet i Tyskland på slutten av nitti-tallet år har søkt nye forretningsmuligheter gjennom å kombinere salg av fornybar energi med ulike "smarte" tjenester. Det mest fremoverlente er kanskje samarbeidet med Microsoft i 2008

³⁶ Energie-Tage, St.Gallen, mai 2015

omkring "Online Smart Meters" og til dels partnerskapet med Google rundt deres "Power Meter". Yellow Strom så tidlig at forbrukerne i et tysk energimarked i sterk endring krevde tettere dialog med både konsumenter og prosumenter. Et innovativt trekk var å kombinere online visning av strømforbruket med "push teknologi", med bruk av Twitter for å informere kundene om endringer i markedet som kunne påvirke deres forbruk eller økonomi.

Et norsk eksempel på et selskap som har satt endring i sentrum, er Lyse. Lyse har valgt en forretningsmodell som også bygger på prinsipper som vi kjenner igjen fra Internet-verden og telekombransjen ved inngangen til perioden med mobiltelefoni. Konseptet som selskapet har valgt, rendyrker det Fjeldstad og Stabell [45] har kalt "verdinettverksmodellen". Kjente, internasjonale selskaper som kan vise til en enorm vekst i løpet av de siste 15-20 årene, har typisk rendyrket dette. Eksempler er Deutsche Telekom, Telenor, Google, Facebook og Twitter. Ser man nærmere på et selskap som Hafslund, kan man observere strategiske grep gjennomført de siste årene som rendyrker en verdikjede knyttet til leveranse av energi i ulike former. Enheter med forretningsmessig fokus utenfor dette f.eks. sikkerhet, er blitt solgt ut. Et tredje eksempel er RingeriksKraft som etter utrulling av nye målere i sitt abonnementsområde antar konturene av et serviceselskap i vekst. Deres "Smart Liv"-applikasjon utviklet sammen med eSmart har dannet et helt nytt kommunikasjonsrom med forbrukerne. Lyse, Hafslund og RingeriksKraft er imidlertid ikke representativ for energi- eller nettbransjen per dags dato. Ser man bort fra de mest fremoverlente selskapene, preges bransjen fremdeles av tilbakeholdenhet. Til tross for økende engasjement og interesse for smart grid-relatert teknologi, legges det primært vekt på hvordan dette kan styrke den etablerte forretningsmodellen. Det er nærliggende å påstå at dette dermed reflekteres i nærmest udelt fokus på hvordan smart grid-teknologien, inkludert nye målere, kan bidra til forbedret drift og i mindre grad til nye tjenester som en tidsmessig industri eller en moderne familie ønsker og trenger.

7.3.3 Oppstartsselskaper

Den tredje gruppen preges av nykommere i bransjen som i flere tilfeller har bygd sin innovative plattform på nye tekniske løsninger. Disse har visjoner om en vekst innenfor et marked som allerede er i emning eller som de mener vil utfolde seg i løpet av kort tid. Flere av disse selskapenes markedsdebut er imidlertid tuftet ensidig på midler fra virkemiddelapparatet eller en enkelt kunde. Risikoen for diskontinuitet er alltid overhengende. Samtidig observerer man en stadig bredere flora av forretningsidéer som danner et mangfold uten sidestykke innenfor energibransjen, og likheten med den tidlige Internet-relaterte veksten er på denne måten slående. Enkelte tidlige initiativ tuftet på innovative ideer rundt smarte el-nett og smarte hus ser ut til å utvikle seg til forretningsmessige suksesser av betydelig kaliber. Noen eksempler på dette er NEST, OPOWER, TENDRIL, Lichtblick og Entelios. Det som skiller disse selskapene fra de øvrige i gruppen, er at de har funnet fram til en levedyktig forretningsmodell på et tidlig tidspunkt både i markedets og selskapets utvikling. Alternativt har en etablert og fremtidsrettet forretningsmodell funnet et virkemiddel for å styrke denne gjennom oppkjøp av et oppstartsselskap med en god teknisk løsning.

7.3.4 Forbrukerorienterte initiativ

Forbrukerorienterte initiativ har som regel form av et kooperativ som ledes av forbrukerne selv. På kontinentet har antallet kooperativer økt kraftig de siste tre årene, og veksten i Tyskland har vært spesielt stor med anslagsvis 1000 slike virksomheter. Det mest kjente av disse initiativene er sannsynligvis Bürger Energie³⁷ som har ønsket å kjøpe distribusjonsnettet i Berlin og som har kjempet med Vattenfall om driftskonsesjonen for nettet i Berlin de neste 35 årene. Basert på tanken om at forbrukerne selv vet best hva forbrukerne vil ha, har Bürger Energie invitert Berlins befolkning og andre interesserte til å bli medeiere i selskapet. Bürger Energie har et klart definert verdiforslag hvor man ønsker å drifte nettet i Berlin på en måte som bidrar til å oppfylle

³⁷ www.buerger-energie.berlin.de

Tysklands klimamål, sikre muligheter for lokal, distribuert produksjon med fornybare kilder og la forbrukerne selv ta del i og høste fruktene av den verdiskapningen man oppnår. Ikke alle kooperativer har en like klart definert modell. Ofte bærer kooperativene preg av ren populisme hvor hensikten er først og fremst å opponere mot det etablerte. Når prosumenter og andre føler at de ikke blir tatt tilstrekkelig på alvor, at utviklingen knyttet til klimamål går for sakte eller at reguleringer med ditto subsidier reverseres, oppstår det en reaksjon [46]. Organisering av slike motreaksjoner er godt kjent fra andre bransjer og har sine paralleller innenfor flere ulike fagområder. Programvareindustrien er godt kjent med denne type grasrotbevegelse, hvor ulike "open source" initiativ har satt sitt preg på bransjen i mange år, og Apache og UNIX/Linux er velkjente navn i den sammenhengen.

Kooperativene kan utgjøre en betydelig konkurransefaktor for etablerte aktører som ønsker å tjene penger etter tradisjonelt mønster. Noe av utfordringen som disse aktørene står overfor er at flere kooperativer er basert på rent dugnadsarbeid. Samarbeidet er basert på uskrevne lover og kutymmer og gevinst for den enkelte bidragsyter høstes gjerne i form av anerkjennelse. Samtidig organiserer slike kooperativer et internt marked basert på en form for barter-handel. I sum får alle som deltar mer enn de bidrar med. Noe som de selvsagt kan utnytte til sine egne formål. Verdien for den enkelte måles i form av skreddersydd tilpasning (brukeren får eksakt hva han ønsker seg) og i form av besparelser sammenlignet med etablerte leverandører som priser sine tjenester eller produkter på vanlig måte. Profittmaksimering på vanlig måte er vanskelig i slike sammenhenger fordi ingen egentlig har kontroll over totaliteten. En forutsetning for å kunne generere en tradisjonell kontantstrøm på prosumentbasert virksomhet, er at man har maksimalt grep om verdikjeden [6]. Dette prinsippet omfatter også fleksibilitetsrelaterte konsepter, noe som ble tydelig demonstrert i DeVID [4, 5].

7.4 Metodisk tilnærming

En forretningsmodell spesifiserer en grunnleggende referanse for en virksomhet som definerer hvordan den skal konkurrere i markedet, hvordan den skal tjene penger og hvilke interne og eksterne allianser den bør etablere. En innvending mot etablerte måter å tenke forretning og forretningsstrategi på, er at de ofte blir brukt som omfattende og statiske deklarasjoner, gjerne som et betydningsfullt styreroms materiale, men med liten praktisk verdi for den praktiske ledelsen av en virksomhet, og særlig ikke for oppstartsselskap. Disse må i de fleste tilfeller seile en sjø hvor det er elementene og ikke egen kraft som bestemmer kursen i virksomhetens første år. Dette har avstedkommet en rekke, såkalte "canvas initiativ" som har tatt utfordringen på alvor. Den mest kjente av disse er Osterwalders "The Business Model Canvas"-metode for å utvikle og vedlikeholde en forretningsmodell [47]. Osterwalder hevder selv at denne metoden [47] i motsetning til den tradisjonell, intrikate forretningsplanen, hjelper organisasjoner til å gjennomføre strukturerte, konkrete og strategiske diskusjoner rundt nye og eksisterende forretningsvirksomheter. Han hevder at store og etablerte selskaper som General Electric og Procter & Gamble bruker en slik tilnærming til å vedlikeholde sin strategi og identifisere nye vekstmotorer for selskaper, og oppstartsselskaper benytter fremgangsmåten til å identifisere den rette forretningsmodellen. Hovedmålsettingen bak canvas-tilnærmingen er å hjelpe selskaper til å bevege seg videre fra produktentrisk tenkning og mot en tenkning som konsentrerer seg om forretningsmodeller. Dette er også essensielt for den forskning og demonstrasjonsvirksomhet som skal utføres i FlexNett og som kan bidra til å etablere en kontekst for det eksperimentelle arbeidet som ikke ser på resultatet alene, men resultatet i en forretningsmessig sammenheng.

En variant av "lean canvas" begrepet er presentert i [48] hvor metoden er ytterligere forenklet og bidrar til et skarpere skille mellom oppgaven som søker en løsning til et problem og det arbeidet som kreves for å tilpasse et produkt til et marked. Samtidig tydeliggjøres det hvordan dette henger sammen. Dette er hensiktsmessig, siden svært mange som tar med seg en idé fra et FoU-prosjekt tror at den løsningen som er etablert i prosjektet er en unik løsning på et mer eller mindre definert problem. En dominerende antagelse er at videre markedstilpasning kun vil kreve en forsterkning.

De tankene som er presentert i [48] og [47] foreslås som retningsgivende for FlexNett-prosjektet og bør etablere referanse for de mål og eksperimenter som presiseres. Fokus på forretningsmodeller fra starten av prosjektet vil bidra til økt relevans for involverte industripartnere og bidra til mer relevante evalueringskriterier. Samtidig blir det starten på en iterativ prosess som bør fortsette etter at prosjektet avsluttes for å sørge for best mulig utnyttelse av de resultater som genereres.

Prosessen og ni modellelementer beskrevet i [48] (se Tabell 7.1) vil også danne grunnlaget for evaluering og sammenligning av andre initiativ. Disse modellelementene avviker noe fra [47], spesielt i dens prioritering av problemfokus innledningsvis i prosessen, noe som bør passe bra for FlexNett-prosjektet.

Tabell 7.1 De ni hovedelementene i forretningsmodellutvikling [48]

Prioritet	Komponent	Forklaring	Kommentar
1	Problem-drøfting	Primærproblem som det skal etableres en løsning for	Utgjør en del av FoU-arbeidet. Drøftes fra ulike vinkler, forretningsmessige og anvendelsesmessige ståsteder
2	Segment	Målgruppe(r) som det siktes mot, inkludert relasjoner til disse og deres allianser	Utgjør en del av FoU-arbeidet. Bruker eller kundesegment som løsningen som spesifikt skal rettes mot må defineres. I tillegg må det drøftes hvilke relasjoner mot disse segmentene som må utvikles og utnyttes. Hvordan skal det og bør det kommuniseres?
3	Verdiforslag	Unikt verdiforslag rettet mot de enkelte målgrupper som er definert over	Inngår delvis som en del av FoU-arbeidet. Fokus her legges på hva som bør være og er genuint unikt med de løsninger som spesifiseres. Dette gjelder både absolutt og i forhold til andre tilnærminger til de samme problemene. Revisjon av verdiforslaget blir en del av den eksperimentelle læringsprosessen.
4	Løsning	Egenskaper som løsningen(e) rettet mot de enkelte målgruppen(e) bør ha	Inngår delvis som en del av FoU-arbeidet. Her må en diskusjon om hva som er "kjekt å ha" kontra det som er absolutt "nødvendig" inngå. Kriterier for dette er viktig å etablere i FoU-prosjektet og avgjørende for en bærekraftig forretningsmodell.
5	Fordeler	Besvarer spørsmålet om hva som skaper en "urettferdig" fordel	Inngår delvis som en del av FoU-arbeidet. Relateres til "state-of-the-art" og beskriver hvorfor løsningen(e) ikke kan kjøpes i dag eller hvorfor de(t) ikke kan kopieres.
6	Kontantstrøm	Mulig inntektsmodell og vurderinger rundt betalingsvillighet og livstidsverdi	En relativ vurdering av inntektsmodell bør tidlig inn i FoU-arbeidet. Hva er betalingsvillighet relativt til eksisterende løsninger eller sammenlignbare tilnærminger? F.eks. kan kontantstrøm på egenproduksjon og lagring av energi være relevant.
7	Kostnadsstruktur	Kostnadsomfang på tilvirkning, distribusjon og vedlikehold av løsning	Enkelte elementer av dette bør inn i FoU-prosjektet som et vurderingskriterium for foreslåtte løsninger. Relativt kostnader for f.eks. ulike typer instrumentering, energiproduksjon og lagermuligheter nå og i fremtiden vil være relevant. Modell for sammenligning av kostnader mot mer tradisjonelle investeringer i f.eks. infrastruktur og tjenester vil være høyst aktuelt.
8	KPI'er	Essensiell metrikk for å evaluere aktiviteter som bidrar til å oppfylle de forretningsmessige målene	Hvilke aktiviteter bereder grunnen for en forretningsmessig god modell som deltagerne i prosjektet kan tilpasse selv og utnytte? Hvordan skal dette måles slik at man kan konkludere på graden av suksess? Hvilke av disse aktivitetene er knyttet til verdiforslaget, produksjon av løsning, fremtidig implementering og distribusjon av løsning etc.? være
9	Kundekanaler	Hvordan skal kundene nås?	Utgjør en viktig del av FoU-prosjektet. Hvordan skal det kommuniseres? Hva skal kommuniseres? Hvordan skal utstyr leveres og installeres? Hvordan skal målgruppene nås de som leverer dersom de har problemer eller har spørsmål?

I løpet av prosjektet vil det gjøres avsjekk mot forslag til tilnærming gitt i [48] både når det gjelder prosjektet, deltagerens engasjement og nyttevurderinger knyttet til de resultater som oppnås.

8 Definerte demoaktiviteter i FlexNett- prosjektet

Denne rapporten gir en oversikt over tidligere erfaringer som er relevante for de demoaktivitetene som inngår i FlexNett-prosjektet. Demoaktivitetene vil bli gjennomført i nettområdene til BKK Nett (Bergen) og NTE Nett (Steinkjer), og på Hvaler. Demokonseptene som skal testes ut er knyttet til fremtidens nettstasjon og automatisert nettdrift, plusskunde i svake distribusjonsnett og fleksibilitet hos plusskunder.

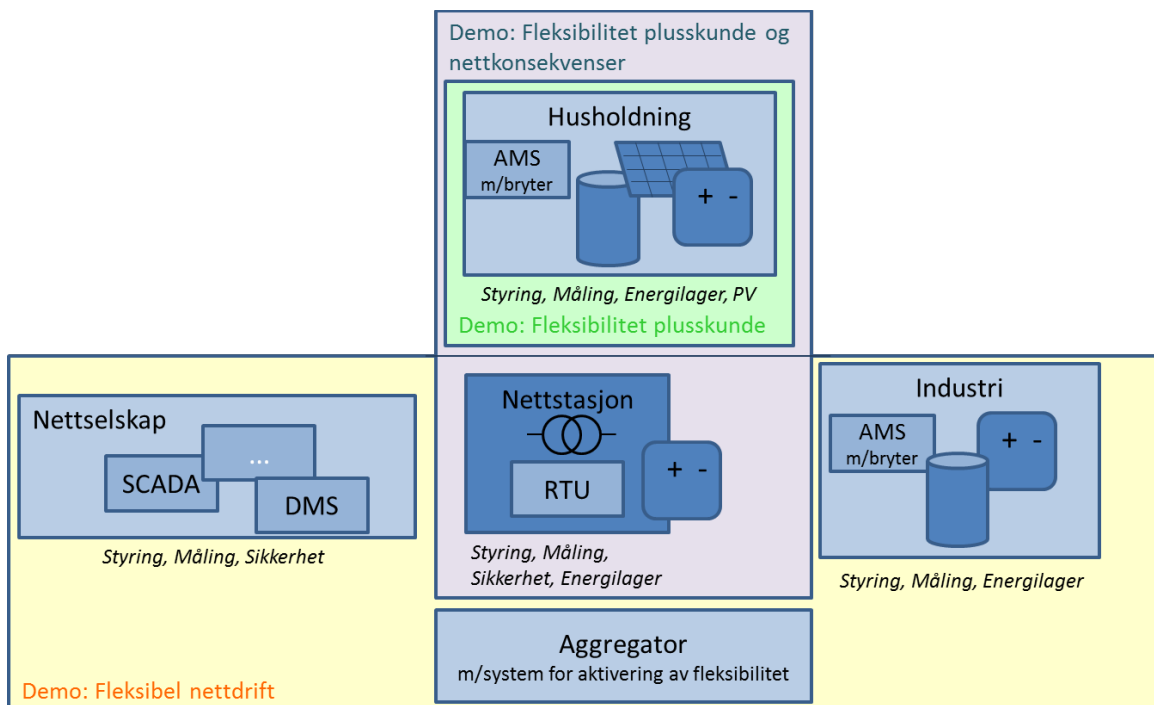
Når det ikke er mulig eller ønskelig (pga kostnader, ulemper for kunder eller annet) å teste i demoområdene, vil teoretiske betraktninger basert på måldata, litteraturstudier, simuleringer og forsøk i laboratorium utføres.

FlexNett-prosjektet har som målsetting å bidra til **økt fleksibilitet i fremtidens smarte distribusjonsnett gjennom å demonstrere og verifisere tekniske og markedsmessige løsninger for fleksibilitet på ulike nivå i nettet og til nytte for ulike aktører**. Det er flere måter å bidra til økt fleksibilitet og dette er beskrevet i kapitlene foran.

For FlexNett-prosjektet er aktivitetene del inn i følgende tre tematiske områder:

- Fleksibilitet plusskunde
- Fleksibilitet plusskunde og nettkonsekvenser
- Fleksibel nettdrift.

Strukturering av aktører (nettselskap, aggregator, industri, husholdning), systemer (SCADA, DMS, AMS; RTU, ...), teknologier (forbruk, produksjon og energilager) og funksjonalitet (styring, måling, sikkerhet, ...) som er involvert i de ulike temaområdene, er vist i figur 8.1.



Figur 8.1 Strukturering av aktører, systemer, teknologier og funksjonalitet

For hvert temaområde er det gitt forskningsspørsmål som danner grunnlag for videre arbeid i prosjektet og de ulike demoaktivitetene.

8.1 Flexibilitet plusskunde

I dette temaområdet er det fokus på selve kunden, og da en plusskunde med PV-panel på taket. Produksjon fra solcelleanlegg er i hovedsak knyttet til solinnstråling. Kvaliteten på prognosering av produksjonen henger derfor direkte sammen med kvaliteten på prognoser og observasjoner av vær og skydekke. Forventet gjennomsnittlig produksjon for eksempelvis hver time av neste dag kan følgelig prognoseres med god treffsikkerhet, mens de mer høyfrekvente variasjonene vil være svært vanskelig å prognosere, spesielt under visse værforhold (spredt skydekke). Flexibilitet kan derfor spille en nøkkelrolle ved å balansere ut avviket mellom prognosert og observert produksjon.

Case #1: Undersøkelse av det aggregerte last- og fleksibilitetsbidraget fra plusskunder på Hvaler

Forskningsspørsmål: Hvordan kan PV-baserte plusskunder bidra mest mulig til å avlaste nettet i topplastperioder?

Hypotese: Ved å orientere solcellepaneler og grupper av disse på en måte som gjør at de genererer mest mulig energi når forbruket er størst, kan:

- Lokal infrastruktur avlastes mest mulig uten å redusere produksjonen mer enn 15-20 %
- Verdien av egenproduksjon økes i forhold til å maksimalisere årsproduksjon

Case #2: Undersøkelse av betydningen av batterilagring i naboskap

Forskningsspørsmål: Hva er relevante bruksområder for batteri, gitt følgende spørsmål:

- Hvordan kan batterilagring fungere som fleksibilitetsressurs i et naboskap?
- Hva er optimal kapasitet og plassering av et slikt lager?
- Kan batteriløsninger konkurrere teknisk og økonomisk med standard demand response-løsninger f.eks. styring av varmtvannstanker?

Hypotese: Ved å installere batteri hos en/flere kunde(r), kan økt flexibilitet realiseres i et naboskap (samspill forbruk – produksjon – lager), men det trengs vurderinger rundt hva som er optimal kapasitet/plassering for et lager, og om dette er et kostnadseffektivt alternativ til styring av fleksibelt forbruk.

Forretningsmessig er eierskapet av lager helt avgjørende for verdiforslag og inntjeningsmodell.

Case #3: Last- og fleksibilitetspotensialet for en plusskunde

Forskningsspørsmål: Hva er fleksibilitetspotensialet for en plusskunde?

Hypotese: Flexibelt forbruk kan redusere plusskundens innmating og uttak av effekt til/fra distribusjonsnettet. Koordinert med lager kan utjevningen øke ytterligere. Sett fra kundens side er dette ønskelig ut fra at kunden betaler mere for energi fra nettet enn hva kunden får for energi levert til nettet.

Momentan måling av totalforbruket til en plusskunde, forbruket til enkelte fleksible laster og total produksjon fra PV-anlegget kan danne grunnlaget for

utarbeidelse av estimater på hvordan sanntids overvåking og styring av fleksible laster kan redusere variasjonene i innmating/uttak av effekt til/fra distribusjonsnettet, optimalisering forbruk/produksjon og vurdering av tekniske og økonomiske konsekvenser.

8.2 Flexibilitet plusskunde og nettkonsekvenser

I dette temaområdet er det fokus på fleksibilitet hos plusskunde (solcellepanel) og eventuelle konsekvenser for distribusjonsnettet. Siden distribuert produksjon fra solcellepanel typisk er intermitterende og lite styrbar, er fleksibilitet også i dette tilfellet typisk knyttet til forbruk, og ikke til produksjon. Fra nettselskapets side er en rekke økonomiske og teknologiske utfordringer knyttet til etablering av småskala intermitterende produksjon i distribusjonsnettet, og spesielt i lavspenningsnettet. Prosjektet ønsker å utrede og om mulig demonstrere hvordan fleksibilitet kan utnyttes for å dempe eller i beste fall unngå disse problemene.

Temaområdet vil fokusere på nettkonsekvenser som følge av plusskunde i lavspenningsnettet, håndtering av plusskunder og virkning av energilager i distribusjonsnettet.

Case #4: Plusskunder lokalisert i et svakt distribusjonsnett

Forskningsspørsmål: Hva vil være konsekvensen av plusskunder lokalisert i et svakt distribusjonsnett, og hvordan bør plusskunder måles/håndteres?

Hypotese: En plusskunde vil kunne påvirke lastflyt og spenningskvalitet på en annerledes måte enn hva en vanlig husholdningskunde vil gjøre, spesielt i et svakt distribusjonsnett. Det trengs vurderinger rundt hvordan og hva som skal måles for å kunne kartlegge påvirkningen i et svakt distribusjonsnett.

Case #5: Betydning av energilager – nettlager eller kundelager

Forskningsspørsmål: Hvordan varierer energiflyten over året og over et døgn, og hvordan håndtere den potensielle store effektvariasjonen (til/fra kunde)? Hvilken virkning vil et energilager ha – gitt alternative plasseringer og eierskap? (kunde/nabolag/nettselskap)

Hypotese: Et energilager vil kunne bidra til at energiforbruket jevnes ut over døgnet, slik at man unngår store variasjoner mellom maksimalt og minimalt forbruk, noe som igjen kan bidra til at nettinvesteringer kan utsettes.

8.3 Fleksibel nettdrift

I dette temaområdet er fokus på drift og forvaltning av et distribusjonsnett med nye typer laster, mer distribuert produksjon, økt overvåkning og styring og nye aktører som aggregatorer. Realisering av fleksibel nettdrift handler om å implementere overvåkning, kommunikasjon, styring og logikk i nettet, og tilpasse og videreutvikle nettselskapenes drifts- og planleggingsverktøy.

Case #6: Evaluering av funksjonalitet i fremtidens nettstasjon og hvordan bruke dette for en mer fleksibel nettdrift

Forskningsspørsmål: Hvilken informasjon trengs fra nettstasjoner og hva er nødvendig instrumentering for å få dette til?

Hypotese: Ved installasjon av RTU i nettstasjoner, vil man få mulighet til å måle ulike parametre i nettstasjonen – både periodiske data og hendelser. Hvilken informasjon er nødvendig å logge og hvordan fungerer dagens teknologi? Målingene forventes å gi innsikt i mulighet for fleksibilitet i D-Nettet i form av aktive kraftkomponenter versus konvensjonell forsterkning av nettet.

Case #7: Evaluering av hvordan data fra fremtidens nettstasjoner skal bidra til en mer fleksibel nettdrift. Hvilke arbeidsprosesser påvirkes av ny data?

Forskningsspørsmål: Hvordan bruke data fra nettstasjon til en mer fleksibel nettdrift, og hvilke arbeidsprosesser involveres? Hvilke data er viktige å samle inn? (type, tidsoppløsning/hendelse/...). Hvilke data (format, tidspunkter..) må gå til andre aktører (aggregator..)?

Hypotese: Nye data og prosesser (automatisering av oppgaver) kan erstatte tungvinte og manuelle prosesser. Det vil også bli ny oppgaver for nettselskapet i forbindelse med fleksibilitet som må håndteres, eksempelvis informasjon til aggregator.

Case #8: Undersøkelse av informasjonssikkerhet (AMS/RTU/DMS/...)

Forskningsspørsmål: Hvordan ivareta informasjonssikkerhet ved økte koblinger mellom systemer (AMS/RTU/DMS/...). Hvordan detektere og respondere på informasjonssikkerhetshendelser i driften?

Hypotese: Med automatisering og kontroll av fremtidens nettstasjoner, vil antall kritiske komponenter i distribusjonsnettet øke, og disse vil i større grad være sammenkoblet. Det blir viktig å forstå hvordan cyber-trusler kan påvirke driften av kraftnettet, og sette i verk tiltak som gjør en i stand til å oppdage samt respondere på cyber-angrep.

9 Litteraturreferanser

- [1] Hanne Sæle, "Markedsbasert forbrukstilpasning. Forstudie," SINTEF Energi AS, TR A6179, 2005.
- [2] Bosong Li, *et al.*, "From controllable loads to generalized demand-side resources: A review on developments of demand-side resources," *ELSEVIER, Renewable and Sustainable Energy reviews* 53 (2016) 936 -944, <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.09.064> 2016.
- [3] Bernt A. Bremdal and Morten Hagen, "Unleashing Consumer Flexibility: A Business Oriented Recruitment Process," in *CIREC Workshop, Paper 0232*, Rome, 2011.
- [4] Hanne Sæle, *et al.*, "Subscribed Power – Testing New power Based Network Tariffs Stimulating for Demand Response," in *CIREC 2015, Paper 1085*, Lyon, 2015.
- [5] Bernt A. Bremdal, *et al.*, "Using Communities of Summer Houses as a Winter Time Demand-Response Resource," in *CIREC 2015, Paper 0505*, Lyon, France, 2015.
- [6] B. A. Bremdal, "Prosumer Oriented Business in the Energy Market," in *Energy and Finance Conference, Erasmus School of Economics, Rotterdam, October 5-6*, , 2011.
- [7] Hanne Sæle, *et al.*, "Forbrukerfleksibilitet. Synteserapport utformet for Norges forskningsråd i RENERGI-programmet," SINTEF Energi AS, TR A7233, 2013.
- [8] Maria B. Line, *et al.*, "Risikovurdering av AMS – Kartlegging av informasjonssikkerhetsmessige sårbarheter i AMS," SINTEF A22318, 2013.
- [9] Proactima, "Overordnet risiko- og sårbarhetsanalyse for innføring av AMS," EnergiNorge, PT-1070549-RE-01, 2012.
- [10] Maria B. Line, *et al.*, "Informasjonssikkerhet og personvern: Støtte til risikoanalyse av AMS og tilgrensende systemer," SINTEF A24258, v.1.1, 2014.
- [11] Inger Anne Tøndel, *et al.*, "Assessing Information Security Risks of AMI - What Makes it so Difficult?," in *1st International Conference on Information Systems Security and Privacy*, 2015.
- [12] Inger Anne Tøndel, *et al.*, "Security Threats in Demo Steinkjer: Report from the Telenor-SINTEF collaboration project on Smart Grids," SINTEF A23351, 2012.
- [13] Inger Anne Tøndel and Martin G. Jaatun, "Threat Modeling of AMI.," *Critical Information Infrastructures Security. Springer Berlin Heidelberg*, pp. 264-275, 2013.
- [14] Maria B. Line, *et al.*, "Information Security Incident Management: Planning for Failure," in *Eighth International Conference on IT Security Incident Management & IT Forensics (IMF)*, 2014, pp. 47-61.
- [15] Maria B. Line, *et al.*, "Targeted Attacks against Industrial Control Systems: Is the Power Industry Prepared?," in *In Proceedings of the 2nd Workshop on Smart Energy Grid Security (SEGS '14). ACM, New York, NY, USA, 13-22 2014*.
- [16] Maria B. Line and N. B. Moe, "Understanding Collaborative Challenges in IT Security Preparedness Exercises.," *ICT Systems Security and Privacy Protection. Springer International Publishing*, 311-324, 2015.
- [17] F. Aminifar, *et al.*, "A Heuristic Approach for Transmission System Reliability Assessment in Large Power Networks," presented at the PMAFS 2012, Istanbul, 2012.
- [18] FOR-2012-12-07-1157, "Forskrift om forebyggende sikkerhet og beredskap i energiforsyningen (beredskapsforskriften)," <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2012-12-07-1157>
- [19] Inger Anne Tøndel, *et al.*, "Information security incident management: Current practice as reported in the literature.," *Computers & Security* 45 (2014): 42-57, 2014.
- [20] C Cuijpers and BJ Koops, "Smart metering and privacy in Europe: lessons from the Dutch case. European data protection coming of age," *Springer Netherlands*, , 2013, 269-293.
- [21] E McKenna, *et al.*, "Smart meter data: Balancing consumer privacy concerns with legitimate applications," *Energy Policy* 41, 2012: 807-814.
- [22] S Finster and I Baumgart, "Privacy-aware Smart Metering: A Survey," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 2014.
- [23] Commission Recommendation of 10 October, "Data Protection Impact Assessment Template for Smart Grid and Smart Metering Systems," https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2014_dpia_smart_grids_forces.pdf2014.

- [24] I Brown, "Britain's smart meter programme: a case study in privacy by design," *Int. Rev. Law. Comput. Technol.* 28, 2, 2014, 172-184.
- [25] *Forskrift om måling, avregning, fakturering av netjtjenester og elektrisk energi, nettselskapets nøytralitet mv.*, <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/1999-03-11-301> FOR-1999-03-11-301.
- [26] Henning Taxt, "DG i framtidens nett," SINTEF Energi AS, TR A7353, 2013.
- [27] M. Amin, "Challenges in Reliability, Security, Efficiency, and Resilience of Energy Infrastructure: Toward Smart Self-healing Electric Power Grid," in *IEEE Power and Energy Society General Meeting - Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century*, 2008.
- [28] Kjell Sand, "Smart grid referansearkitektur og use cases," SINTEF Energi AS, TR A7415, 2014.
- [29] CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination Group, "Smart Grid Reference Architecture," http://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/xpert_group1_reference_architecture.pdf2012.
- [30] Henning Taxt and Maren Istad, "Use Case Samling," SINTEF Energi AS TR A7412, 2014.
- [31] Henrik Kirkeby, *et al.*, "Resultater og erfaringer fra use case tester - Resultat og erfaringer fra use case-tester i DeVID-prosjektet.," SINTEF Energi AS, TR A7442, ISBN 978-82-594-3603-0, 2015.
- [32] W. Mert and M. Tritthar, "Get smart! Consumer acceptance and restrictions of Smart Domestic Appliances in Sustainable Energy Systems," in *TRANSCOPE Midterm Conference*, Muenster, 2009.
- [33] D. Geelen, *et al.*, "An end-user perspective on smart home energy systems in the PowerMatching City demonstration project," in *ISGT EUROPE, 4th IEEE/PES*, Copenhagen, 2013.
- [34] Entelios, "Unlocking demand-response from Germany," in *Exchange 2010*, Copenhagen.
- [35] B. Vancouver, "Demand-response in British Columbia," in *Exchange 2010*, Copenhagen.
- [36] M. Marsadek, *et al.*, "Risk assessment of line overload in a practical power system considering different types of severity functions," in *Proceedings of the 9th WSEAS international conference on Applications of electrical engineering*, 2010, pp. 74-79.
- [37] Jessica Stromback, "Smart Meters and Demand Response: Where Is Europe Going and Who Will Profit.," VaasaETT Global Energy Think Tank, 2009.
- [38] Jessica Stromback, "Respond 2010 – Markets and Pilots", VaasaETT Global Energy Think Tank," in *Exchange 2010*, Copenhagen.
- [39] Phillip Lewis, "Smart Home Visions, VaasaETT Global Energy Think Tank," in *Exchange 2010*, Copenhagen.
- [40] (2015). *SEDC*. Available: <http://www.ceced.eu/site-ceced/media-resources.html>
- [41] K. Künzel and M. Looock, "Prosuming flexibility in smart grids: Aspects of customer acceptance and business models," in *IMPROSUME Workshop, University of Aarhus*, Denmark, June, 2013.
- [42] M. Looock, "Example of Business Models,," in *EMPOWER Meeting, WP2 presentation*, Berlin, 2015.
- [43] Stephen Lacey. (2013). *Under Threat, Germany's Second-Biggest Utility Says It Will Create a New 'Prosumer Business Model'* [Green Tech Media]. Available: <http://www.greentechmedia.com/articles/read/germanys-largest-utility-shifts-strategy-saying-solar-will-threaten-the-com>
- [44] Economist. (2013). *How to lose half a trillion euros*. Available: <http://www.economist.com/news/briefing/21587782-europes-electricity-providers-face-existential-threat-how-lose-half-trillion-euros>
- [45] C. Stabell and Ø. Fjeldstad, "Configuring value for competitive advantage: On Chains, shops, and networks," *Strategic Management Journal*, vol. 19, 413-437, 1998.
- [46] T. van der Schoor and B. Scholtens, "Power to the people: Local community initiatives and the transition to sustainable energy," *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 43 (2015).
- [47] Alexander Osterwalder and Yves Pigneur, "Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers," Wiley, 2010.
- [48] Ash Maurya, "Running Lean: Iterate from Plan A to a plan That Works (Lean Series)," O'Reilly, 2012.

10 Forkortelser

AMS	-	Avanserte Måle- og Styringssystemer
DeVID	-	Demonstrasjon og Verifikasjon i Intelligente Distribusjonsnett
DG	-	Distributed Generation / Lokal produksjon
DMS	-	Distribution Management System
EPRI	-	Electric Power Research Institute
ESCO	-	Energy Service Company
FoL	-	Forskrift om Leveringskvalitet
HAS	-	Home Automation System
HMS	-	Helse, Miljø og Sikkerhet
HV	-	High Voltage / Høyspenning
IEC	-	International Electrotechnical Commission
IKT	-	Informasjons- og Kommunikasjonsteknologi
IoT	-	Internet of Things
KILE	-	Kompensasjon for ikke-levert energi
MV	-	Medium Voltage / Mellomspenning
NVE	-	Norges Vassdrag- og Energidirektorat
PV	-	Photovoltaic
RK	-	Regulerkraftmarked
RKOM	-	Opsjonsmarked for Regulerkraft
RTU	-	Remote terminal Unit
SCADA	-	Supervisory Control And Data Acquisition
SGAM	-	Smart Grid Architecture model
THD	-	Total Harmonic Distortion
TVK	-	Toveiskommunikasjon
V2G	-	Vehicle to Grid
V2H	-	Vehicle to Home
VPP	-	Virtual Power Plant
VVB	-	Varmtvannsbereder

A Eksempler på selskaper assosiert med fleksibilitet og smart grid

Navn på selskap	Konsept	Verdiforslag	Base	
Opower	"Behaviorial demand-response" basert på skytjenester rettet mot husholdninger	Hjelp husholdninger til å spare energikostnader basert på informasjonstjenester og intelligent styring av enheter	USA	http://www.opower.com/
Joule Assets	Finansierings og investortjenester for energieffektivisering og demand response initiativ	Etablerer ressursgrunnlag for prosjekter og initiativ rettet mot energieffektivisering og demand-response	USA	http://www.jouleassets.com/
Tendril	Tilbyr Energy Service Management (ESM) skybaserte tjenester	Skreddersy informasjonstjenester for den enkelte husholdning forbruksprofil for å oppnå reduserte kostnader og økt utnyttelse av energi.	USA	http://www.tendrilinc.com/
E-Sang Technologies	Supplier og energy saving and smart house technologies	Tilbyr systemer for "mart heating" utnyttelse av forbrukerfleksibilitet og basert på kunstig intelligens	Korea	www.esangtech.com
Bürger Energie	Aggregator og DSO	Tilbyr energi fra fornybare, lokale kilder og medeierskap	Tyskland	Www.buerger-energie.berlin.de
Tiko	Apper for forbruksstyring i husholdninger	Tilbyr husholdninger å spare energikostnader og øke komfort	Sveits	https://tiko.ch
Next Kraftwerke	Aggregator og lisensiert trader (EPEX)	Optimaliserer utnyttelse av kraftgeneratorers produksjon og fleksibilitet og tilbyr balansetjenester og salgsformidling	Tyskland	https://www.next-kraftwerke.com
Socialpower	Utvikler og leder markedsføring av selskaper og individer bl.a. innenfor energi	Etablerer og vedlikeholder en portefølje av interessenter, nett og lokalsamfunn ved hjelp av ulike media	USA	www.socialpower.me
MVV-Energie	Tilbyder av "Die Strombank". Aggregator av distribuert produksjon	Tilbyr aggregerings og lagringstjenester for produsenter av fornybar energi og påtar seg salg og forvaltning av dette på vegne av produsentene	Tyskland	www.mvv-energie.de

Navn på selskap	Konsept	Verdiforslag	Base	
Efergy	Utvikler og markedsfører energistyringssystemer basert på ulike teknologier inkludert AMI løsninger og display	Bistår husholdninger og bedrifter med å redusere forbruk og spare energikostnader Leverer overvåkningsutstyr for energi og laststyring til nettselskap	UK	www.efergy.com
Beegy	Leverer og installerer "lærende" PV baserte solsystemer	Tilbyr bedrifter og husholdninger store kostnadsbesparelser for energiforbruk	Tyskland	www.beegy.com
Nest/Google	Leverer HAS-produkter for det smarte hjemmet (Home Automation System)	Tilbyr produkter som kan sømløst knyttes til eksisterende systemer i hjemmet og som gir økt trygghet, energibesparelser og et enklere liv.	USA	www.nest.com
Smart Energy Collective	Konsulent og utvikler av innovative energiløsninger	Tilbyr kompetanse rundt fornybar energi og relatert teknologi for utvikle fremtidens bærekraftig energiledelse løsninger sammen med sluttbrukere	Holland	www.smartenergycollective.com
Enernoc	Tilbyr fleksibilitetstjenester inkl. demand response basert på egne programvareprodukter. Kjøpte opp Entelios i 2014.	Tilbyr energieffektiviseringstjenester og kapitalisering på forbrukerfleksibilitet til kommersielle bygg og industri i samarbeid med DSOs	USA	www.enernoc.com
Lichtblich	Aggregator (VPP) og leverandør av energiproduserende utstyr, forbruksoptimaliserende programvare og tjenester	Optimaliserer og aggregerer energiforbruk og forbruksprofiler hos husholdninger og forretningsvirksomheter	Tyskland	www.lichtblick.de
Clean Energy Collective	Agregator og leverandør av energieffektiviserings-tjenester	Tilbyr bygging, drift og vedlikehold av "community based" energiproduserende fasiliteter basert på fornybar teknologi, samt partnerskap med lokale DSO'er som co-genererende kraft		www.easycleanenergy.com
Kiwi Power	Demand-response aggregator	Gir forretningskunder mulighet til å tjene på sin fleksibilitet for å betjene nettoperatører og regulerkraftmarkedet	UK	http://www.kiwipowered.com/
The Digital Grid Consortium	Utvikler styringssystem for mikrogrid og andre nettnivåer	Gi aggregatorer, DSO's og TSO bedre mulighet til å balansere og regulere laster	Japan	www.digitalgrid.org



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no