



**Høgskulen
på Vestlandet**

BACHELOROPPGÅVE

Energilagring i smarthus

Energy storage in smart house

Automatiseringsteknikk

HO2-300

Avdeling for Ingeniør og Naturfag/

Institutt for Ingeniør og teknologifag/

Automatiseringsteknikk

19.05

Tal ord: 11412

Øyvind Sunde

Rettleiar Joar Sande

Eg stadfestar at arbeidet er sjølvstendig utarbeida, og at referansar/kjeldetilvisingar til alle kjelder som er brukt i arbeidet er oppgitt, jf. *Forskrift om studium og eksamen ved Høgskulen på Vestlandet, § 10.*



**Høgskulen
på Vestlandet**

**Avtale om elektronisk publisering i Høgskulen på Vestlandet sitt
institusjonelle arkiv (Brage)**

Eg gir med dette Høgskulen på Vestlandet løyve til å publisere oppgåva (Skriv inn tittel) i
Brage dersom karakteren A eller B er oppnådd.

Eg garanterer at eg har opphav til oppgåva, saman med eventuelle medforfattarar.
Opphavsrettsleg beskytta materiale er nytta med skriftleg løyve.

Eg garanterer at oppgåva ikkje inneheld materiale som kan stride mot gjeldande norsk
rett.

Ved gruppeinnlevering må alle i gruppa samtykke i avtalen.

Fyll inn kandidatnummer og namn og set kryss:

kandidatnummer og namn

JA ☒

NEI ☐

19

Øyvind Surde

STUDENTRAPPORT

Campus Forde, Svanehaugsvegen 1, 6812 FØRDE www.hvl.no



TITTEL Energilagring i smarthus	RAPPORTNR. 1	DATO 19.05.2016
PROSJEKTTITTEL HO2-300 Bacheloroppgåve	TILGJENGE OPEN	TAL SIDER 71+Vedlegg
FORFATTARAR Øyvind Sunde	Ansvarleg Rettleiar Joar Sande Rettleiar	
OPPDRAKSGJEVAR Enoro		
SAMANDRAG Prosjektet omhandlar nærare undersøking av energilagring på batteri for straumproduksjon i det lokale smarthuset Bjørvik Miljøhus, og har som hovudmål å bestemme batteri ut frå kriteria lagringskapasitet, garantert antal ladesyklusar, investeringskostnad, og tilbakebetalingstid og eventuell avkastning. For dimensjonering av lagringskapasitet og antal ladesyklusar vert det nytta måledata for straumforbruk og straumproduksjon i Bjørvik Miljøhus. Måledatafiler for straumproduksjon skal genererast automatisk ved hjelp av programmering i Netbeans, og importerast til oracle SQL-basert database i ElWin, programvara til Enoro.		
SUMMARY This project is about storing energy produced in the local smart house “Bjørvik Miljøhus” on a battery, and the main goal is to determine the optional battery with regards to storage capacity, guaranteed number of charging cycles, cost, recoupment and potential economical return. Measurement data for energy production and energy consumption will be used in order to decide the optimal storing capacity and number of guaranteed charging cycles. Measurement data files for Energy Production will be generated automatically with programming in Netbeans, and will be stored in an oracle SQL-based database in ElWin, a software developed by Enoro		
EMNEORD Energilagring, batteri, fornybar energi, Netbeans, måledata, database.		

Føreord

Dette er hovudprosjektrapport for bacheloroppgåva “Energilagring i Smarthus” ved Høgskulen på Vestlandet, avdeling Førde, vår 2017. Oppgåva utgjer 20 av totalt 180 studiepoeng som er kravet for bachelorgraden.

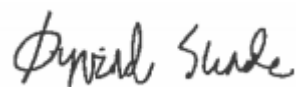
Oppgåva var å prosjektere energilagring på batteri for privathushaldningar, med utgangspunkt i smarthuset “Bjørvik Miljøhus” i Gaular Kommune.

Eg vil takke oppdragsgjevar Håvard Korsvoll samt andre tilsette ved Enoro for ei lærerik oppgåve og god oppfølging, særskilt Jan Kjetil Myklebust og Andreas Pedersen, som har bidrege med nyttige tips og samtalar relatert til programvarefunksjonalitet.

Eg vil òg takke Joar Sande, intern rettleiar ved Høgskulen på Vestlandet, og Anders-Johan Almås, ekstern rettleiar ved Sintef for råd og assistanse undervegs.

Førde 18.05.2017

Øyvind Sunde



Innholdsliste

Føreord	3
Innhald	4
Samandrag	5
1. Innleiing	6
1.1 Problemstilling	6
1.2 Mål	6
1.3 Om oppdragsgjevar	7
1.4 Spesielle tilhøve	7
2. Bakgrunn	8
2.1 Det grønne skiftet og energinøytrale bygg	8
2.2 Forhistorie for oppdraget	10
3 Hovuddel	11
3.1 Straumnett	11
3.2 Kraftmarknaden og prisavtalar	12
3.3 Fordelar ved energilagring	17
3.4 Batteriteknologi	20
3.5 Batterikostnad	23
3.6 Tilbakebetalingstid og prisutvikling	26
3.7 Programmering	36
3.8 Resultat	49
3.9 Konklusjon	59
4. Prosjektadministrasjon	63
4.1 Organisering	63
4.2 Gjennomføring i forhold til plan	63
4.3 Generell prosjektevaluering	65
4.4 Måloppnåing	66
4.5 Arbeidsmetodar	66
4.6 Dokumentstyring	66
4.7 Økonomi og ressursar	66
4.8 Nettstad	67
4.9 Møter	67
5 Referansar	68
Figurliste	69
Vedlegglister	71

Samandrag

Oppgåva handlar om prosjektering av batteri til energilagring i smarthuset Bjørvik Miljøhus i Gaular Kommune, med vekt på investeringskostnad, tilbakebetalingstid og potensiell avkastning, batterikapasitet, og antal garanterte ladesyklusar for batteri.

Til fastsetjing av batterikapasitet og ladesyklusar vart det nytta arbeid med måledata for straumforbruk og straumproduksjon, der måledata for sistnemnde vart henta frå solcelleanlegget til “Bjørvik Miljøhus”, ved hjelp av webløysinga “Sunny Portal”, ein del av anlegget sitt styresystem “Sunny Home Manager”. Arbeid med måledata tok i bruk filformata XML og csv, programmeringsarbeid i Netbeans for å lage måleverdifiler og Enoro si programvare Elwin som database. Til fastsetjing av tilbakebetalingstid og potensiell avkastning vart det nytta utrekningar basert på estimat for utvikling i totalkostnad for straum, basert på teoretiske undersøkingar, og i samband med straumprisar frå Nord Pool Spot.

Resultatet vart val av batterialternativ for Bjørvik Miljøhus ut frå overnemnde kriterie, med tilhøyrande analyse for tilbakebetalingstid og eventuell lønnsamheit, og 7 månadar med måledata i perioden Oktober 2016-Mai 2017, generert med ferdigprogrammert filgenerator i Netbeans og lagra i ElWin Database. Alle mål vart dermed oppnådde.

Oppgåva konkluderer med anbefaling av litiumionbatteriet Tesla Powerwall 2 som det mest kostnadseffektive alternativet for Bjørvik Miljøhus, med 12,2 kWh nyttbar kapasitet, garantert levetid på 10 år, og høg garantert levert effekt innanfor levetid. Totalkostnaden for eit slikt batteri er om lag 62000,- i Noreg inklusiv mva, pluss variabel installasjonskostnad.

Tilbakebetalingstid for batteri til energilagring i hushaldningar med straumproduksjon, som Bjørvik Miljøhus, nærmar seg eit realistisk scenario, då dei spesielt sparar inn utgifter for nettleige og elavgift ved å lagre eigenprodusert straum. Frå eit økonomisk standpunkt vil lønnsamheita auke dess lenger ein ventar med å kjøpe utstyr, då pris for batteriutstyret er synkande. Totalkostnad for straum er stigande, mykje grunna auking i nettleige, som skal finansiere framtidige oppgraderingar av straumnettet. Gitt fortsettelse av noverande utvikling for pris på batteriutstyr og totalkostnad for straum er det forventa at investering i batterilagring kan gå i null over garantert levetid, frå og med 2018.

1 Innleiing

1.1 Problemstilling

Fastsetje optimalt batterialternativ for Bjørvik Miljøhus med vekt på lagringskapasitet, antal garanterte ladesyklusar, investeringskostnad, tilbakebetalingstid og potensiell avkastning.

I samband med val av batterialternativ skal det nyttast måledata i form av timesverdiar i kwh for straumproduksjon og straumforbruk i “Bjørvik Miljøhus”, for å fastsetje når ein har overskotsproduksjon som kan lagrast, når det er fornuftig å bruke den lagra energien, høveleg lagringskapasitet på batteriet, og høveleg antal garanterte ladesyklusar. Måledata for straumproduksjon skal hentast frå solcelleanlegget til Bjørvik Miljøhus og lagrast i database i ElWin, programvara til Enoro. Til fastsetjing av tilbakebetalingstid og potensiell avkastning vart det nytta utrekningar basert på estimat for utvikling i totalkostnad for straum, basert på teoretiske undersøkingar, og i samband med straumprisar frå Nord Pool Spot.

1.2 Mål

Måla for hovudrapporten er dei same som i forprosjektrapport (sjå vedlegg), med nokre små omformuleringar.

Hovudmål:

- Bestemme optimalt batterialternativ for lagring overskotsenergi produsert i “Bjørvik Miljøhus”.

- Programmere automatisk XML-generator i Netbeans for måleverdifiler.

Delmål:

- Vurdere lagringsalternativ mot kvarandre, med fokus på lagringskapasitet, antal garanterte ladesyklusar, investeringskostnad, tilbakebetalingstid og eventuell avkastning

- Berekne kostnad for valt batterialternativ

- Importere måleverdiar for straumproduksjon og forbruk til database med XML-filer

-Tileigne seg kunnskap om fornybar energi og programmering (Database, XML, Java)

-Dokumentere arbeid undervegs på nettside og i hovudrapport.

1.3 Om oppdragsgjevar

Oppdragsgjevar for oppgåva er Håvard Korsvoll eigar av Bjørvik Miljøhus, på vegne av Enoro.

Enoro er eit selskap som leverer programvareløysingar for kraftbransjen. Oppgåva mi er knytt mot Enoro sitt hovudkontor i Dale i Sunnfjord, og avdelinga Grid, som handterer elektrorelatert programvare og problemløysing.

1.4 Spesielle tilhøve

Underteikna har parallellt med oppgåvearbeidet vore utplassert hjå Enoro, gjennom valfaget OR2-301 “Styrt Praksis”, og vart under arbeidet med oppgåva tilsett hjå avdelinga oppgåva er knytt mot, etter å ha gjennomført praksisperiode i slutten av mars 2017.

2 Bakgrunn

2.1 Det Grøne Skiftet og energinøytrale bygg

“De globale klima- og miljøutfordringene krever omstilling til et samfunn hvor vekst og utvikling skjer innen naturens tålegrenser. Det må skje en overgang til produkter og tjenester som gir betydelig mindre negative konsekvenser for klima og miljø enn i dag. Samfunnet må igjennom et grønt skifte. Det vil være krevende, men fullt mulig.” [1]

Grønt skifte har per dags dato ingen presis definisjon, men betyr generelt forandring i ei meir miljøvennleg retning. [2]

I tillegg til auking av fornybar energiproduksjon er det eit politisk mål med ein redusert energibruk i Noreg. For privatpersonar omfattar målet mellom anna at nye bygg som skal byggast i Noreg må oppførast etter byggeteknisk forskrift TEK10, som set strenge krav til energibruk. Energibruken til bygga skal bereknast, og nytte tiltak som isolasjon, gode vindaue, og varmegjenvinning av ventilasjon for å minimere energibruk. Hushaldningar som ønskjer å gjere tiltak for å redusere energiforbruket sitt kan søke støtte til dette hjå t.d Enova. [3]

Bjørvik Miljøhus, lokalisert i Gaular Kommune, har som ambisjon å vere eit nullutslepps, eller energinøytralt bygg, som betyr at klimarekneskapen går i null over husets levetid. Eit av tiltaka for å nå dette målet er straumproduksjon frå eit solcelleanlegg montert på taket. Solcelleanlegget har ein maksimal kapasitet på 7680 watt, og er estimert til å produsere opp mot 6000kWh i året. [4]

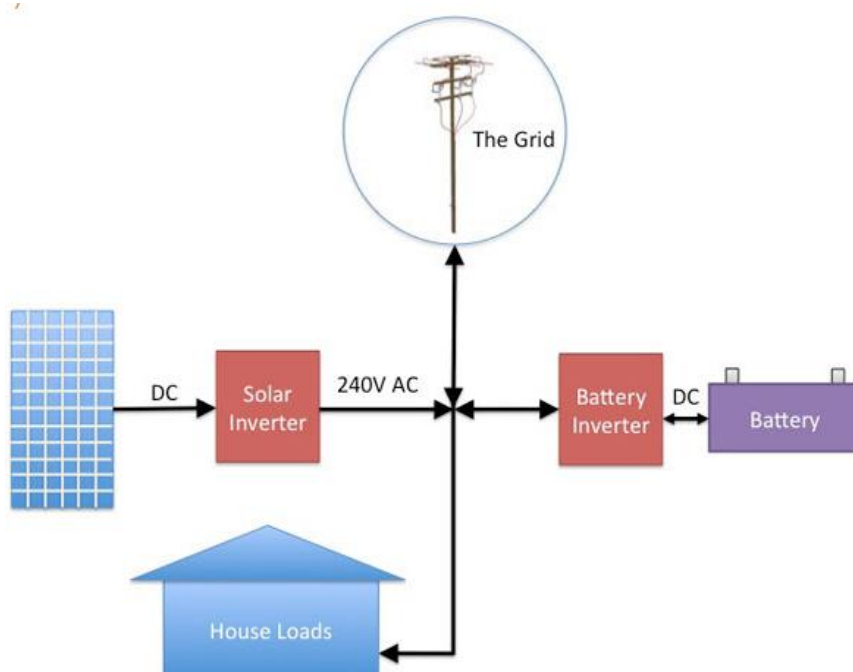


Figur 1 – Bjørvik Miljøhus, Solcelleanlegg

[4]

Ei vanleg problemstilling for energinøytrale bygg med straumproduksjon er at produksjonen ofte overstig bygget sitt straumforbruk, slik at det vert produsert energi i overskot. Per dags dato vert overskotsenergien produsert i Bjørvik Miljøhus ført tilbake på straumnettet, og solgt tilbake til netteigar for ein pris under straumprisen. Det ville derfor lønna seg å kunne bruke denne energien sjølv, om ein hadde eit alternativ for energilagring.

Denne oppgåva skal bidra til å løyse dette problemet, ved hjelp av nærare undersøking av energilagring med batteriteknologi. I praksis vil ei samankobling mellom solcelleanlegg, straumnett, batteri, og straumforbruk i huset, sjå slik ut:



Figur 2 – Samankobling [5]

2.2 Forhistorie for oppdraget

Oppgåva baserer seg på studentprosjektet “Solcelle i Smarthus” frå emnet OR2-302 “Ingeniørfagleg Systememne”, haust 2016, av Øyvind Sunde, Vegard Ovrud og Tom Erik Vange. Prosjektarbeidet “Solcelle i Smarthus” samanlikna i hovudsak måledata for straumproduksjon og forbruk i Bjørvik Miljøhus, medan oppgåva “Energilagring i Smarthus” er ei utviding av dette arbeidet, med nærare undersøking av sjølv energilagringa på batteri, automatisk generering av filer for måledata ved programmering, og samanlikning av batteri.

3 Hovuddel

For å vurdere energilagring er det naudsynt med forståelse for kraftbransjen og marknaden, og korleis dei ulike delane heng saman. Dette er sentralt spesielt i forhold til økonomiske aspekt som tilbakebetalingstid og lønsamheit, ut frå både dagens situasjon, og framtidige endringar.

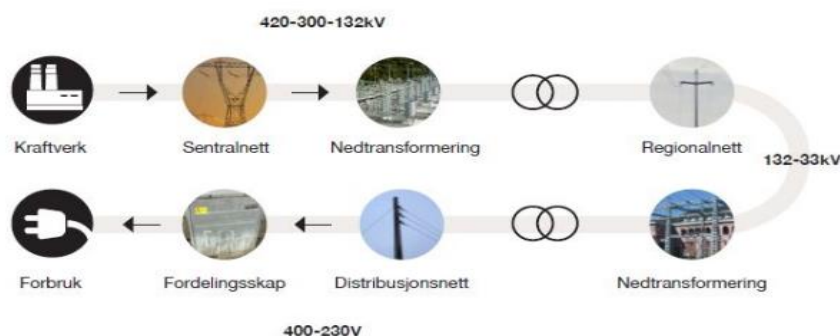
3.1 Straumnett

Kraftsystemet består av kraftverk, som produserer straum, og eit samansett straumnett som transporterer elektrisiteten fram til forbrukarar. Transporten føregår gjennom eit nettverk av luftlinjer og kablar med ulik kapasitet og storleik. Straumnett i Noreg delast inn i tre spenningsnivå:

3.1.1 Sentralnett: Hovuddel av kraftledningsnettet. Sentralnettet overfører straum frå landsdel til landsdel, og over landegrenser. Spenningsane i sentralnettet er 420, 300, eller 132kV.

3.1.2 Regionalnett: Betydning for områder på region og fylkesbasis. Regionalnettet opererer med spenningar på 132 og 66kV, og fungerer som eit bindeledd mellom sentralnettet og distribusjonsnettet.

3.1.3 Distribusjonsnett: Delen av nettet som fraktar kraft fram til sluttkunde. I distribusjonsnettet omformast spenninga ned frå 22KV til 230V som ein har i stikkontakten heime. [6]

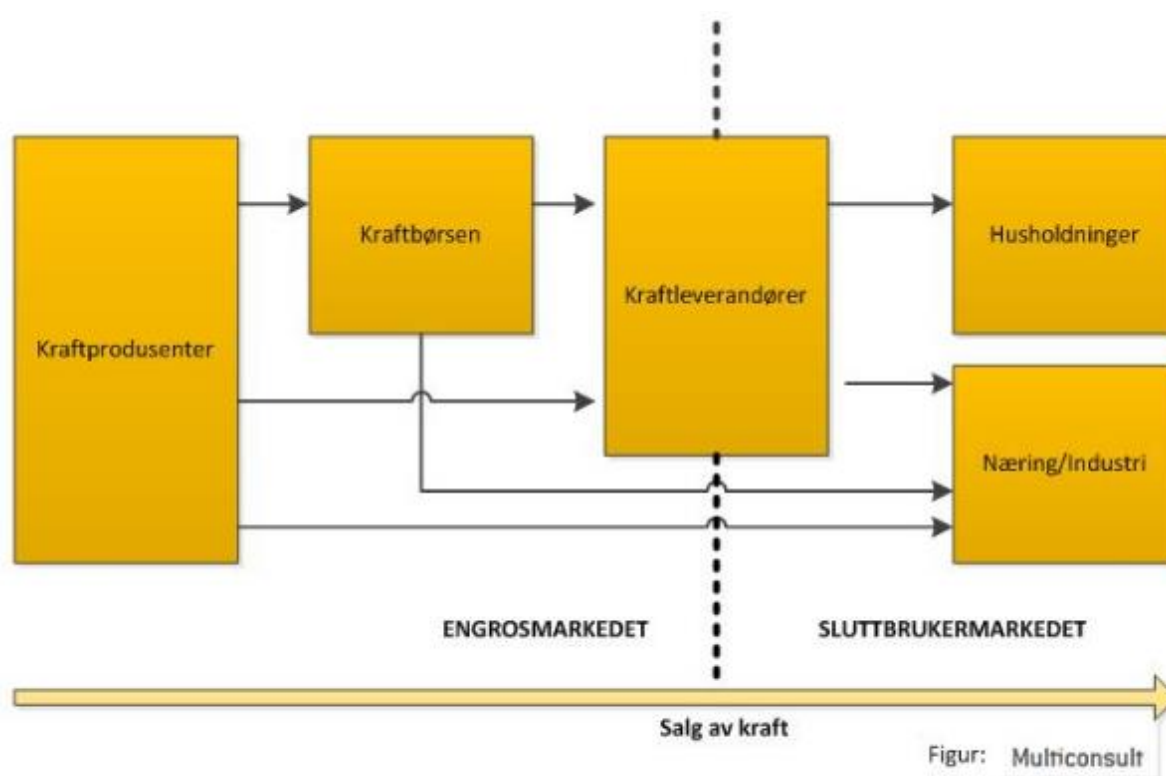


Figur 3 – Samanheng i straumnett [6]

3.2 Kraftmarknaden og prisavtaler

I 1991 vart kraftsystemet og kraftmarknaden i Noreg liberalisert, og alle kundar fekk rett til å sjølv velge kraftleverandør, slik at ein fekk konkurranse i kraftmarknaden. Norge er del av ein felles nordisk marknad for elektrisk kraft, Nord Pool Spot.

Kraftmarknaden kan delast inn i to delar: engrosmarkedet, der kraftprodusentar og leverandørar handlar seg imellom og på kraftbørsen, i Skandinavia sitt tilfelle Nord Pool Spot, og sluttbrukarmarknaden, der vanlege forbrukarar, som til dømes privathushaldningar eller næringar og industri, kan kjøpe straum frå kraftleverandørane som konkurrerer.



Illustrasjon av aktørene i kraftmarkedet (Kilde: Multiconsult, 2014)

Figur 4 – Aktører i kraftmarknad [7]

Samanstilling av planlagt forbruk og produksjon, handel, og virkelig forbruk og produksjon for selskapa som handlar med kraft i engrosmarkedet vert kalla for balanseavrekning.

Differansen mellom planlagt og reell produksjon og forbruk kallast regulerkraft. Avrekninga gjev kjøparar og seljarar adgang til alle overføringsnett, og tilrettelegg såleis for frihandel av kraft. Frå og med 1. Mai 2017 får dei nordiske landa ei felles regulerkraftavrekning, kjent

som Nordic Balance Settlement (NBS). Føremålet er å redusere etableringsbarrierer for kraftleverandører som vil tilby tenester i desse landa, og legge til rette for ein felles nordisk sluttbrukarmarknad for kraft.

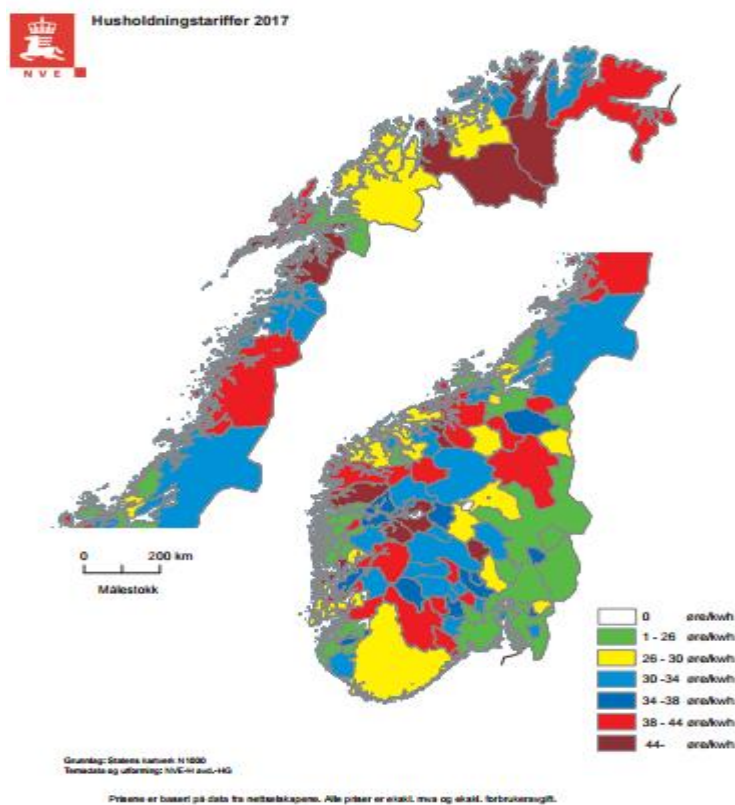
3.2.1 Aktørar

Kraftprodusent er selskapet som fysisk har produsert straumen forbrukaren kjøper. Ein kraftprodusent kan òg vere kraftleverandør. Eit vanleg døme kraftprodusentar som vanlegvis ikkje er kraftleverandør er minikraftverk som produserer straum, og har ein avtale med ein kraftprodusent om å levere ei bestemt straummengd innanfor ein gitt periode.

Kraftleverandørar er selskapet ein kjøper straum frå. Kraftleverandør kan anten produsere straum sjølv, kjøpe straum på kraftbørsen, eller kjøpe straum direkte frå andre kraftprodusentar som leverer den inn på nettet. Kvaliteten på straumen ein får i kontakten er den same, uavhengig av kva kraftleverandør kunde har. Alle kundar kan velje kraftleverandør fritt, og summen ein betalar til kraftleverandør er avhengig av straumforbruket.

Nettselskap eig, byggjer og drifter straumnettet som fraktar straumen fram til hushaldningar. For denne tenesten betalar straumkundar nettleige, som består av ein fast del, og ein variabel del som aukar i takt med straumforbruket til kunden. Nettselskap og kraftleverandør kan samarbeide, slik at straum og nettleige vert fakturert i same rekning.

Nettselskap er lokale og har ansvar for kvart sitt område i Noreg. Kundar kan ikkje velje nettselskap sjølv, og må bruke nettselskapet som eig nettet i området der dei bur. Nettselskap har monopol på å selje nettjenester i sitt område, og vert regulert av Norges Vassdrags og energidirektorat - NVE, som har i oppgåve å sikre at nettselskap ikkje tek for høg nettleige, og at aktørane i kraftmarknaden følgjer gjeldande lover og forskrifter. Nettleiga i Noreg er per 2017 fordelt slik: [\[7\]](#)



Figur 5 – Nettleigeområde [8]

Før 1991 var ofte kraftselskap og nettselskap eit felles selskap, med ansvar for både produksjon, frakt og salg av straum til sine område, slik at kundar ikkje kunne velje kraftleverandør. Fleire kraftselskap og nettselskap er fortsatt del av same konsern, til dømes Sogn og Fjordane Energi (SFE) som er inndelt i SFE kraft og SFE nett. Nettselskap har strenge krav til å opptrå nøytralt, for å forhindre at kraftleverandørar eller produsentar med tilknytning til nettselskap skal få fordelar framfor andre. Krav for å opptrå nøytralt gjeld òg i forhold til nettkundar, som ei forutsetning for ein fri kraftmarknad. Alle like kundar skal ha like vilkår, som mellom anna betyr at val av kraftleverandør ikkje skal ha påverknad på nettleiga kunden betaler.

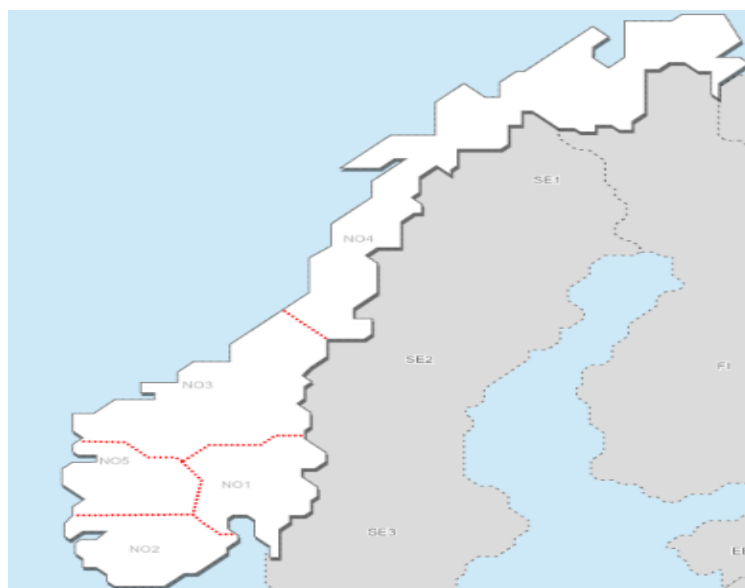
3.2.2 Prisavtaler for sluttkunder

Som straumkunde betalar du for elektrisiteten din til både kraftleverandøren din, og nettselskapet ditt, med ulike avgifter i tillegg. Kraftleverandørar tilbyr fleire ulike avtaler for kjøp av kraft:

Fastprisavtale har ein fastsett pris per eining straum, kwh, for ein bestemt periode, til dømes eitt år.

Variabelprisavtale har fastsett pris for ein kortare periode enn fastprisavtale, der den fastsette prisen varierer for å følgje marknadsprisen.

Markedskraft- og spotprisavtaler varierer prisen kunden betalar med marknadsprisen på den nordiske kraftbørsen Nord Pool Spot. Spotprisen hos Nord Pool for ein time vert bestemt minst 12 timar i forkant, og er bestemt av etterspurnad og produksjon. Dette er ein prisavtaletype som vert meir aktuell etter kvart som dei nye AMS-målarane vert installert, sidan dei viser forbruk på timesbasis, og er prisavtaletypen som vert fokusert på vidare i rapporten, då energilagring på batteri utnyttar forskjell i straumpris time for time, ved lagring. Noreg er delt inn i fem prisområde, der spotprisen kan variere frå prisområde til prisområde. Inndelinga er slik:



Figur 6 - Prisområder

3.2.3 Prisavtalar Bjørvik Miljøhus

For å kunne rekne ut verdien på ei energilagring er det naudsynt å kjenne til kva kraftleverandør den aktuelle hushaldninga som skal lagre energien har. Verdien på ei sjølvprodusert energilagring vil auke for dyre straumprisar, sidan bruk av lagra straum erstattar straum som ellers ville vore naudsynt å kjøpe. Verdi på ei kjøpt energilagring vil òg auge for dyre straumprisar, men sidan kostnaden for å lagre straumen aukar, vil inntjeninga variere med kor store prissvingingane er, slik at differansen mellom straumpris for kjøp og bruk er størst mogleg.

Bjørvik Miljøhus er lokalisert i Gaular Kommune i Sogn og Fjordane, som ligg i prisområde 5 for Noreg, omtalt som “NO5” hos Nord Pool Spot. Huset har det lokale selskapet Tibber som kraftleverandør, med ein spotprisavtale. Tibber opererer med markedspris frå Nord Pool Spot, som vil sei at straumpris for kunde er spotpris (i tillegg til pris for lovpålagte elsertifikat, om lag 2 øre per kwh). Bjørvik Miljøhus har såleis den billegaste prisavtalen huset kan få, innanfor sitt prisområde og nettleigeområde.

I tillegg til straumprisen kjem nettleiga. Sogn og Fjordane er ein av stadene i Noreg med dyrast nettleige per kwh, om lag 60 øre om sommaren og 64 øre om vinteren, eller 62 øre per kwh i gjennomsnitt over heile året. I vidare økonomiske utrekningar vert det nytta (Nord Pool spotpris for prisområde 5 + 2 øre for elsertifikat/kwh + nettleige, snitt 62 øre/kWh + 16 øre/kWh i elavgift) som totalpris. Sidan Bjørvik Miljøhus har relativt billig straum, men ligg i eit område med dyr nettleige, stammar inntjening ved lagring og produksjon av straum hovudsakleg frå at ein ikkje betalar nettleige og elavgift for eigenprodusert straum.

3.3 Fordelar ved energilagring

Energilagring for privathushaldningar har som mål å flytte straumforbruk frå dyr straumpris til billig straumpris. Ein ladar batteriet når straumprisen er låg (eller med eigenprodusert straum), og brukar straum frå batteriet når straumprisen er høg. Ei vanleg misforståing med batterilagring er at ein kan lagre straum mellom årstider, til dømes ved å kjøpe billig straum om sommaren, og bruke av den om vinteren, når straumprisen som regel er omlag dobbel. Dette er mogleg for lagringsalternativ med større lagringskapasitet som til dømes pumpekraftverk, men vert feil framgangsmåte for batterilagring. Lagringskapasiteten i batteri eignar seg betre til å ofte lagre små mengder over korte tidsrom (timar).

Energilagring i privathushaldningar har fleire fordelar, både for dei aktuelle personane i hushaldninga, og for det aktuelle nettselskapet:

3.3.1 Effektreduksjon ved topplast

Kraftprisen varierer på timesbasis, avhengig av behovet for energi, der høgt behov for energi fører til tilsvarende høg kraftpris. Dette skuldast mellom anna at det er den dyraste forma for energiproduksjon som vert starta opp for å dekke denne topplasta i kraftsystemet.

Topplast er òg omtalt som effekttopp, og i Norge har ein vanlegvis denne toppen på ettermiddagen i tidsrommet rundt 17:00-19:00, som eit resultat av høgt energiforbruk i timane etter at personar kjem heim frå arbeid og skule. Dette energiforbruket går med til mellom anna matlaging, oppvarming, vaske-/oppvaskmaskin.

Her kan energilagring nyttast til å kjøpe og lagre straum ved låge prisar (eventuelt lagre eigenprodusert energi), for så å bruke av denne i periodar med høg kraftpris. Per dags dato kan ikkje kraftselskapa avgjere når du har brukt straumen med mindre du har den nye digitale straummålaren(AMS), og det vert stipulert når du har brukt energien. Energilagring er derfor aktuelt for hushaldningar som allereie har fått installert AMS-målar. Innan 01.01.2019 skal alle straumkundar ha fått nye målarar, med mindre ein har reservert seg mot det.

3.3.2 Bidrag til å stabilisere kraftnettet

Ei viktig oppgåve for nettselskapa er å sikre at forbrukarane har ei kontinuerleg og fleksibel kraftforsyning. Behovet hjå kundane vil variere både gjennom døgnet og året. For å møte det varierende behovet bør krafta produserast fortløpande, basert på presise forbruksprognosar.

Dersom tilstrekkeleg mengde elektrisitet ikkje kan leverast når kunden har behov for den, vil kvaliteten på elektrisiteten verte dårlegare. Lagring av energi kan bidra til å balansere forbruk og etterspurnad i eit kraftsystem. Dersom energilageret er kobla til kraftnettet kan det òg bidra til å forbetre spennings- og frekvenskvaliteten i kraftnettet.

3.3.3 Distribuert produksjon og forsyningssikkerheit

Nokre stader kan begrensingar i overføringskapasitet i kraftnettet tvinge fram behov for lokale lagringsløyningar. Her vil lagringsløyninga vere eit virkemiddel for betre utnytting av nettkapasiteten. Dermed unngår netteigar ei kostbar oppgradering av det lokale nettet. Eit lagringsalternativ kan òg vere ei god teknisk løysing for innfasing av lokal produksjon. I eit slikt tilfelle ønskjer ein å oppnå det motsatte, nemleg at overføringa av elektrisitet til hovudnettet skal vere mogleg, samstundes som ein unngår nettutbygging.

For å sikre seg mot forstyrringar i straumforsyninga kan ein nytte lokal energilagring i kombinasjon med naudstraumforsyning, ofte omtalt som naudstraumsystem. Dette er mest aktuelt for brukarar som er avhengige av kontinuerleg elektrisitetsforsyning, til dømes sjukehus og dataselskap, men er òg positivt for privathushaldningar.

3.3.4 Smart grid og AMS

Hovudproduksjonskjelda i det norske kraftsystemet er store vasskraftverk med magasin der produksjonen kan regulerast raskt opp og ned. Det norske kraftnettet er òg tilpassa flyt av kraft frå slike kraftstasjonar til forbrukarane. Produksjon frå “ny” fornybar kraft som vind, sol, og elv, følgjer ressurstilgangen, og let seg i liten grad regulere. Dette aukar behovet for

oppgraderingar av dagens kraftnett, men òg behov for eit smart og fleksibelt kraftnett som kan handtere nye måtar for produksjon og bruk av kraft.

Innføringa av AMS-målarar er ein del utbygginga av sokalla “Smartgrids”. I tillegg til å lese av straumforbruk kvar time, vil AMS målarar gje forbrukarar betre forståing og kontroll over eigen kraftbruk. Lagring av energi kan komme til å spele ei vesentleg rolle i eit framtidig smartgrid. Dersom lagringa vert gjort på forbrukarsida av transformatorstasjonar, kan det bidra til å kontrollere kraftflyten og oppretthalde spennings- og frekvenskvaliteten i kraftnettet.

Lagring av energi kan bidra til elektrifisering av eksisterande utstyr, samt integrere dette i smartgridet. Eit eksempel på ei slik tilnærming er elbilar som har potensiale som lagringsmedium gjennom batteria, som kan levere kraft til nettet når kraftprisane er høge. Lagring av energi kan òg vere eit bidrag til å sikre krafttilgangen når AMS er innført.

[9]

3.4 Batteriteknologi

3.4.1 Generelt om batteri

I samband med energilagring nyttar ein begrepa lagringskapasitet i kilowattimar (kWh) og garantert antal ladesyklusar som mål for den garanterte effektmengda som kan lagrast i batteriet si levetid. Batteri treng vanlegvis ein batteri-inverter, som omformar vekselstraum (AC) til likestraum (DC) før lagring, her illustrert eksempelvis ved inverteren “Sunny Boy Storage”.



Figur 7 – Forenkla kopling inverter

Nokre batteri kjem med ein tilhøyrande inverter, medan andre vert levert som kun batteri, og har såleis inverterkostnad som ekstraavgift. Det er derfor viktig å skilje mellom komplette pakkar og kun batteri.[10]

3.4.2 Batteritypar

Batteri vert vanlegvis delt i to hovudkategoriar, oppladbare batteri, og strømningsbatteri, med kvar sine underkategoriar, alt etter samansetning og virkemåte.

Oppladbare batteri

Blybatteri(LA): Blybatteri er ein relativt billig batteritype basert på reaksjon mellom bly og svovelsyre. Batteritypen vert mykje brukt i bilar, og i løysingar for naudstraumsforsyning eller mellomlagring av små energimengder, til dømes i kombinasjon med solcellepanel på hytter som ikkje er tilkobla kraftnettet. For lagring av store mengder energi har blybatteri derimot for låg haldbarheit.

Nikkel-metall hybrid (NiMH): Utvikla for å erstatte nikkel-kadmium batteri, som vart forbode i 2006 grunna giftigheita til kadmium. Desse batteria har høg energitettleik, og moglegheiter for fleire ladesyklusar enn t.d blybatteri. Lagringskapasiteten er derimot låg samanlikna med Litiumionbatteri.

Litiumionbatteri(Li):

Litiumionbatteri har om lag to til tre gonger så høg energitettleik som nikkel-batteritypane, og høgre lagringskapasitet. Litiumionbatteri er framleis relativt dyre samanlikna med dei to overnemnde batteritypane, men har stort utviklingspotensial som vert forska mykje på, mellom anna grunna deira bruk i elbilar og ladbare hybridbilar.

Metall-luft batteri (Me-air): Batteritype som nyttar elektrokjemisk reaksjon mellom eit metall, som til dømes sink eller litium, og oksygenet i lufta, der metallet fungerer som anode, og oksygenet som katode. Metall-luft batteri er relativt små i storleik, lette, og kan lagre store mengder energi. Samanlikna med litiumionbatteri har dei derimot forholdsvis låg levetid og energieffektivitet, i tillegg til at dei har høg produksjonskostnad.

Natrium-svovelbatteri (NaS): Høgtemperatur-batteri som oftast vert nytta i elektriske bilar. Batteriet har elektrodar av flytande natrium og svovel, mens elektrolytten i fast form består av eit natriumionleiande keramisk materiale. Grunna den høge driftstemperaturen prosessen krev må batteriet isolerast godt. Natrium-svovelbatteri har låg responstid.

Strømningsbatteri (flow batteries):

Batteri bygd opp av to lagertankar for flytande elektrolytt og ei regenerativ brenselcelle. I andre batteritypar er kjemikalia fysisk festa til elektrodematerialet. I strømningsbatteri vert reaktantane derimot ikkje lagra i kontakt med elektrodane, noko som gjer at sjølvutladninga vert svært låg. Strømningsbatteri har ein systemvirkningsgrad på om lag 60-85%, grunna energitap i den elektrokjemiske prosessen, og pumpearbeid som driv prosessen. Døme på elektrolytt brukt i strømningsbatteri er vanadium.

Vanadiumbatteri: Batteritype basert på vanadiumspesier, som betyr at vanadiumet er oppløyst i svovelsyre. Vanadiumbatteri har ein effekt på mellom 5 og 50kW, med moglegheit for økt effekt ved samankoblingar av fleire batteri, eventuelt meir elektrolytt for å auke lagringskapasitet. Denne batteritypen vert ofte brukt i samband med variable kraftproduksjon som til dømes vindkraft, men kan generelt vere lønnsame på stader der straumprisane varierer gjennom døgnet. Dei kan òg nyttast som eit alternativ til oppgradering av nettkapasitet.

[11]

Sink-Bromid Batteri (ZCell):

Unik, ny type strømningsbatteri som vert omtalt i denne seksjonen då den er det einaste batterialternativet som nyttar sink og bromin, og såleis er innanfor ein eigen underkategoria av strømningsbatteri. ZCell er utvikla av det australske selskapet Redflow, og kjem med ein fast lagringskapasitet på 10 kWh og 10 års garanti (forventa levert energi 40MWh, med garanti for 36,5MWh). Batteriet har ein fast storleik på 0.34 kvadratmeter, og 100% utnyttbar kapasitet. Gitt garantert levetid kan ein med dette batteriet gjennomsnittleg ha ein ladesyklus dagleg i 10 år, eller totalt 3650 ladesyklusar. Leverandøren Redflow oppgjer at sink-bromid batteri ikkje har kapasitetstap over tid, noko som er spesielt for denne typen batteri.

[12]

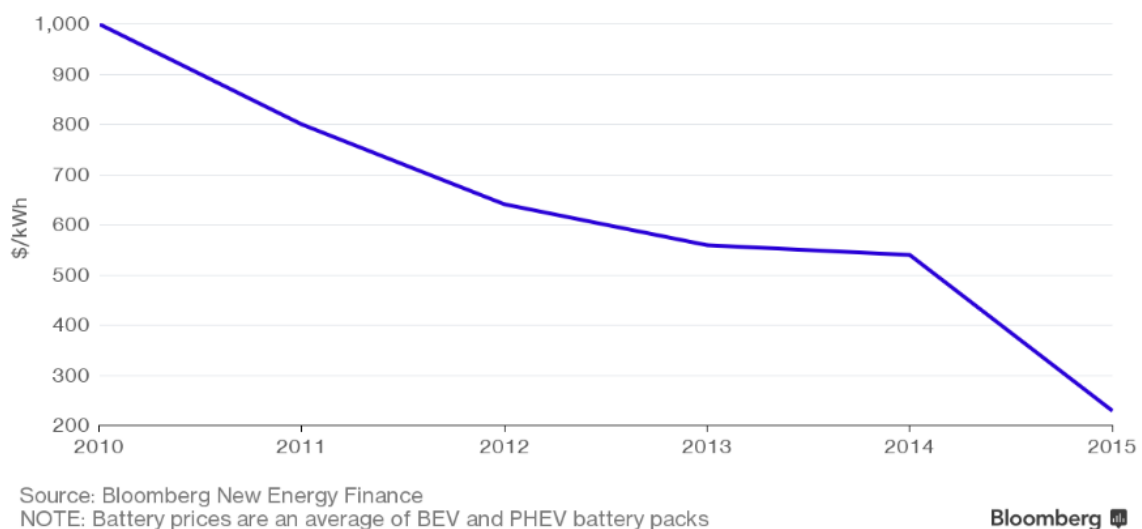
Ut frå beskrivingane over er litiumionbatteri best teknisk eigna for energilagring i hushaldningar, grunna høg kapasitet. Antal garanterte ladesyklusar varierar mellom produsentar, frå alt mellom 1500 til 10000. Vanleg garantert levetid for litiumionbatteri er 10

år, eller ei viss mengd kWh, til dømes 30mWh. Sink-bromid batteriet ZCell er relativt likt litiumionbatteri i forhold til kapasitet, og garanti. Kostnaden for begge alternativa er per dags dato fortsatt høg samanlikna med dei andre batteritypane, men det vert gjort store framsteg i utvikling.

3.5 Batterikostnad

Ei undersøking utført av Bloomberg New Energy Finance fastslår at i tidsrommet mellom 2010 og 2015 fall gjennomsnittsprisen på litiumionbatteri for energilagring med 80%, frå 1000\$/kWh kapasitet, til om lag 200\$/kWh.

Average Battery Pack Price



[13]

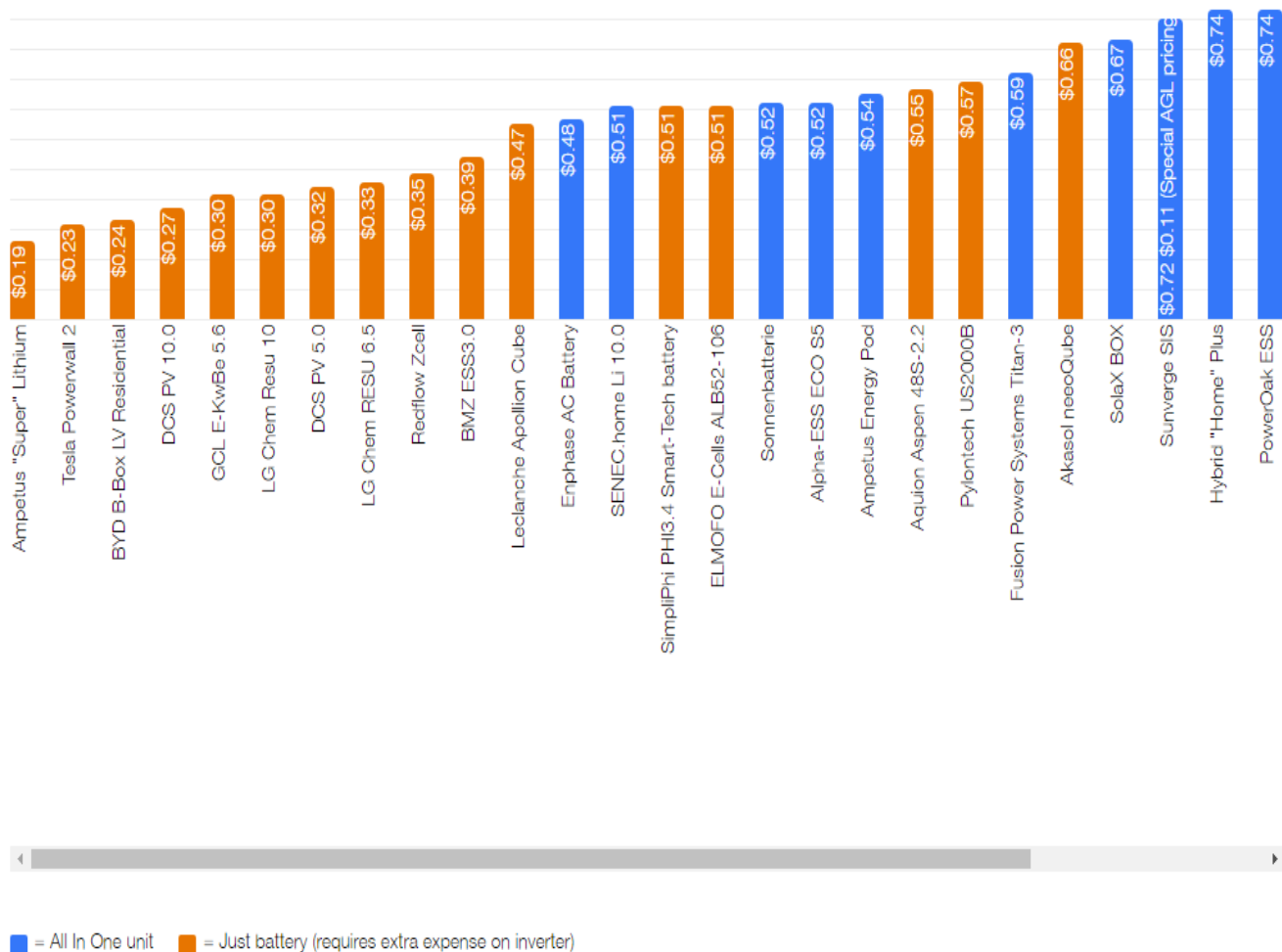
Figur 8 – Prisutvikling batteri

I eit intervju med Greentech Media anslår Ben Kallo frå analysefirmaet RW Baird at batteriprodusenten Tesla sine prisar per kWh kan komme ned i 100\$ i “mellomnær” framtid.

[14]

Greentech Media anslår sjølv at prisen for sjølve battericellene kan nå 100\$ per kWh i 2022 (merk at GM her snakkar om battericeller, medan Ben Kallo omtalar heile batteripakkar, som vanlegvis kostar 20% meir enn cellekostnad, i følge batteriekspert David Snydacker ved Dosima Research).

Den australske nettstaden solarquotes utførte i Mai 2017 ei undersøking som samanlikna batteriprisar per garantert kWh med ein ladesyklus per dag. Dette er ei vanleg eining for samanlikning av aktuelle batteri, uavhengig av batteritype og kjemisk samansetning. Oransje søyler indikerer kostnad for kun batteri (med inverterkostnad som tilleggsutgift), medan blå søyler indikerer kostnad for komplette einingar. For oppgåveføremålet om å lagre energi i hushaldningar er det i hovudsak litiumionbatteri som er aktuelle, stadfesta av både og at det store fleirtalet av batteria under er av denne typen. Eit relativt rimelig alternativ til litiumionbatteriet er det tidlegare nemnde strømningsbatteriet Redflow ZCell med sink-bromid samansetning.



Figur 9 – Prissamanlikning

Som ein ser i diagrammet kjem dei billegaste komplette einingane med ein kostnad på om lag 0.50\$ per garantert kWh, noko som tilsvarar om lag 4.3 NOK. Prisen for kun batteri kjem i dei billegaste tilfelle på om lag 0.2\$, eller 1.71NOK i per garantert kWh. Fullstendig investeringskostnad for desse løysingane er vanskeleg å fastslå nøyaktig, då ekstrakostnaden for ein tilhøyrande inverter varierer ut frå kompatibilitet. Eksempel kostar “Sunny Boy Storage”, nemnt over, om lag 2000\$. [15]

3.6 Tilbakebetalingstid og prisutvikling

Det norske firmaet Otovo har utarbeidd ein forenkla matematisk modell for utrekningar rundt energilagring.

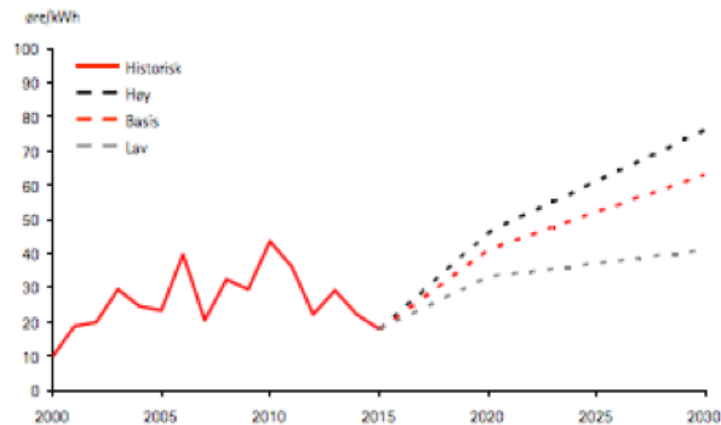
$$\text{Lagret mengde} \times \text{Antall ladesyklusar} \times \text{Verdi på lagringen} - \text{Investeringen} = \text{Avkastning}$$

[14]

Der lagra mengd er kapasiteten til batteriet i kWh, og verdi på lagringa i praksis er kor mange kroner ein har spart per kWh på å lagre den aktuelle mengda. Har ein til dømes eit batteri som kostar 40000, og har 2000 garanterte ladesyklusar på 10kWh, må ein då tjene inn 2 kr per lagra kWh for å gå i null på avkastning.

Antal ladesyklusar varierer frå modell til modell, til dømes anslår Redflow at deira batteri ZCell garanterer minst 3650 ladesyklusar, eller ein ladesyklus i snitt per dag, over 10 år. Korleis ein vel å nytte ladesyklusane til batteriet er sentralt for å rekne ut tilbakebetalingstid og eventuell avkastning. Gitt at Redflow sitt eksempel for bruk av ladesyklusar vil batteriet vare i 10 år, og for å rekne på lønsamheita til batteriet er det då ikkje nok å kjenne til dagens utgifter for kjøp av straum, ein lyt òg ta høgde for framtidige utviklingar, som forventa auking i straumpris, nettleige, og avgifter.

Statnett sin utviklingsplan frå 2015 anslår følgjande utvikling for straumprisen, i øre per kWh:



Statnett 2015: Anslag på hvordan strømprisen vil utvikle seg de neste 15 årene

Figur 10 – Utvikling strømpris

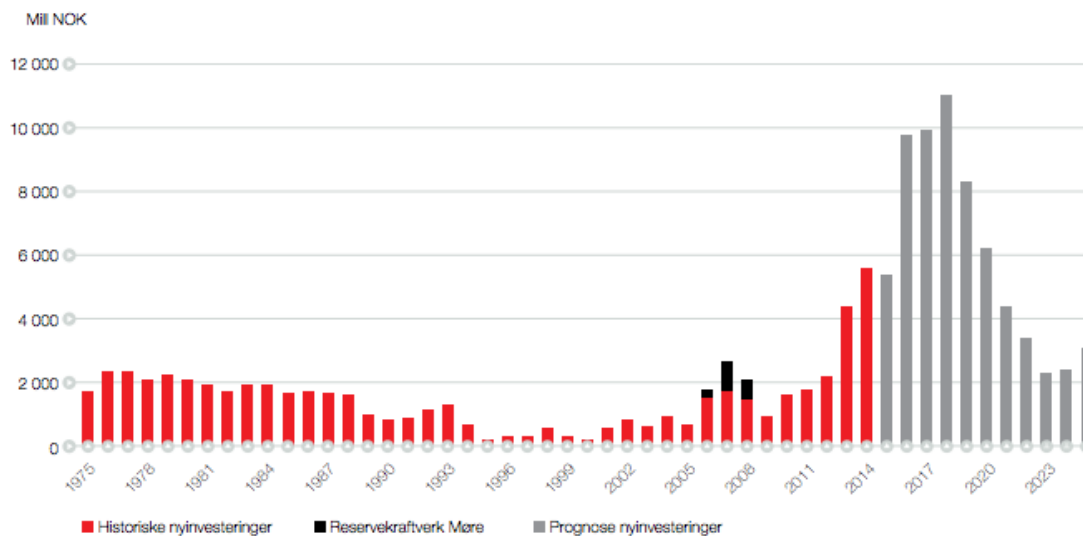
Ut i frå same utviklingsplan estimerer Otovo at kraftprisen vil stige med 4 prosent per år fram mot 2030.

Det norske straumnettet har per dags dato eit stort behov for oppgraderingar, noko som vil koste norske forbrukarar milliardar. Statnett anslår at dei fram mot 2025 skal investere 120-140 milliardar i oppgraderingar av straumnettet.

Delar av denne oppgraderinga omfattar oppgraderingar knytt til transportering av kraft mellom Noreg og andre land. NBS, som gjekk i drift 1. Mai 2017, har som mål å tilrettelegge for ein felles nordisk sluttbrukarmarknad for kraft (Nord Pool Spot). I tillegg skal det byggast kablar frå Noreg til England, Danmark og Tyskland, slik at norsk straum kan eksporterast dit. Rekninga skal takast av norske forbrukarar gjennom auke i nettleige.

[16]

“Gjennomføring av de planlagte investeringene i nettet (inklusive sentralnettet) øker den årlige nettleien med mellom 30 og 50 prosent. Det innebærer at en gjennomsnittlig husholdning opplever at årlig nettleie går opp med 2000 kroner. “ [17]

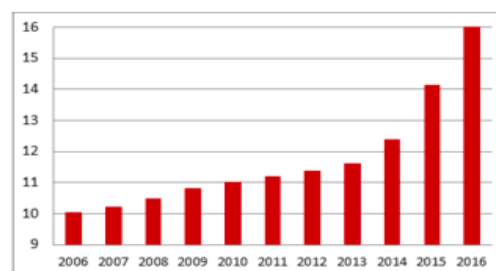


Figur 5

Viser historisk investeringsnivå og prognose for nyinvesteringer i nett og større reinvesteringer. Prognosen (per mars 2015) omfatter prosjekter under planlegging og gjennomføring i Statnetts portefølje. Historiske investeringer er oppgitt i 2015-kroner.

Figur 11 – Investeringskostnader i strømmettet

I tillegg til strømpris og nettleie betaler kunden el-avgift, som mellom 2006 og 2016 auka med 60 prosent, frå 10øre til 16øre per kWh. Historisk har avgiftene på elektrisitet stege med om lag 5 prosent per år.



Elavgift i Norge 2006–2016, øre per kilowatttime

Figur 12 – Prisutvikling elavgift

Ein annan faktor som kan påverke straumprisen er auka volatilitet. Volatilitet er eit økonomisk begrep nytta om usikkerheit i kurs for aksjar og andre finansielle instrument, i dette tilfelle straumpris, i form av kor mykje prisen varierer over tid, der auka volatilitet vil seie at prisen varierar meir. Som resultat av dette oppstår “prishopp”, eit fenomen der straumprisen enkelte dagar eller timer aukar til ei mangedobling av den vanlege prisen. Slike eventuelle prishopp vil auke snittverdien av ei energilagring, då ein kan nytte lagra energi, i staden for å måtte kjøpe straum til ein høg pris. Merk at dette fenomenet kan vere vanskeleg å spå.

Eksempellet under er frå Storbritannia 3. November 2016:



Figur 13 – Prisvolatilitet

Her var straumprisen om lag 9kr/kWh.

[13]

Prishopp oppstår som eit resultat av brå endringar i etterspurnad og/eller straumtilgjenge/produksjon, der auka etterspurnad vil føre til auking av pris, medan nedgang i straumtilgjenge vil føre i auking av pris.

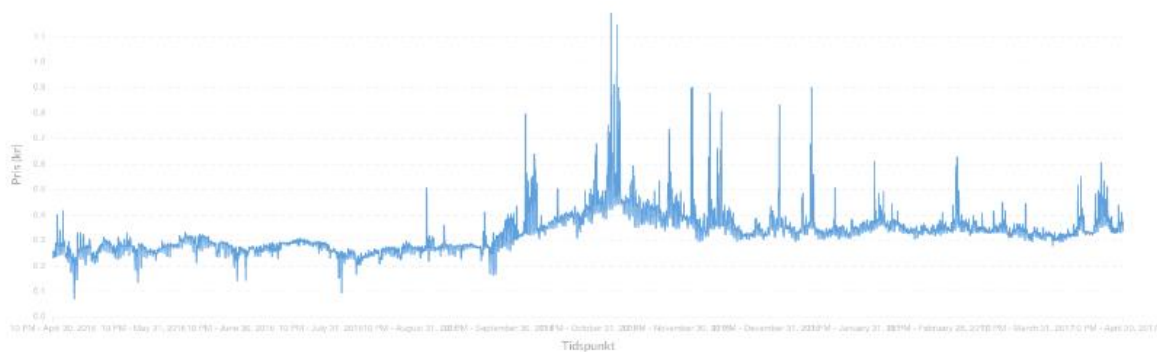
Auke i etterspurnad oppstår som eit resultat av at sluttkundar treng meir energi enn forventa på førehand, til dømes til ekstra oppvarming på kalde vinterdagar, eller til nedkjøling på varme sommardagar i form av air condition.

Nedgang i produksjon kan oppstå som resultat av brå endringar i veret. Den klart største energikjelda i Noreg er vasskraft, og Statnett anslår at om lag 99 prosent av all kraftproduksjon i Noreg kjem frå vasskraft. Vasskraft er i stor grad ei veravhengig energikjelde, og redusert tilgang til vatn hos ein kraftprodusent vil naturleg nok føre til redusert straumproduksjon, uavhengig av kva som er årsaka. Konsekvensen av redusert straumproduksjon aukar i takt med differansen mellom forventa og reell produksjon hjå den aktuelle produsenten.

Ved problem med straumnettet kan ein få ubalanse mellom etterspurnad og tilgjenge, som resultat av at ein kraftprodusent til dømes ikkje får overført den produserte energien sin ut på regionalnettet. Storbritannia hadde til dømes eit scenario i september 2016, der problem med forbindelse, og delvis nedetid på ein straumkabel mellom Frankrike og Storbritannia samla sett førte til stor nedgang i straumtilgjenge. I tillegg førte ein varm september-månad til auke i straumetterspurnad for å drive air condition, noko som totalt førte til eit prishopp der prisen per kWh var opp mot 1 pund.

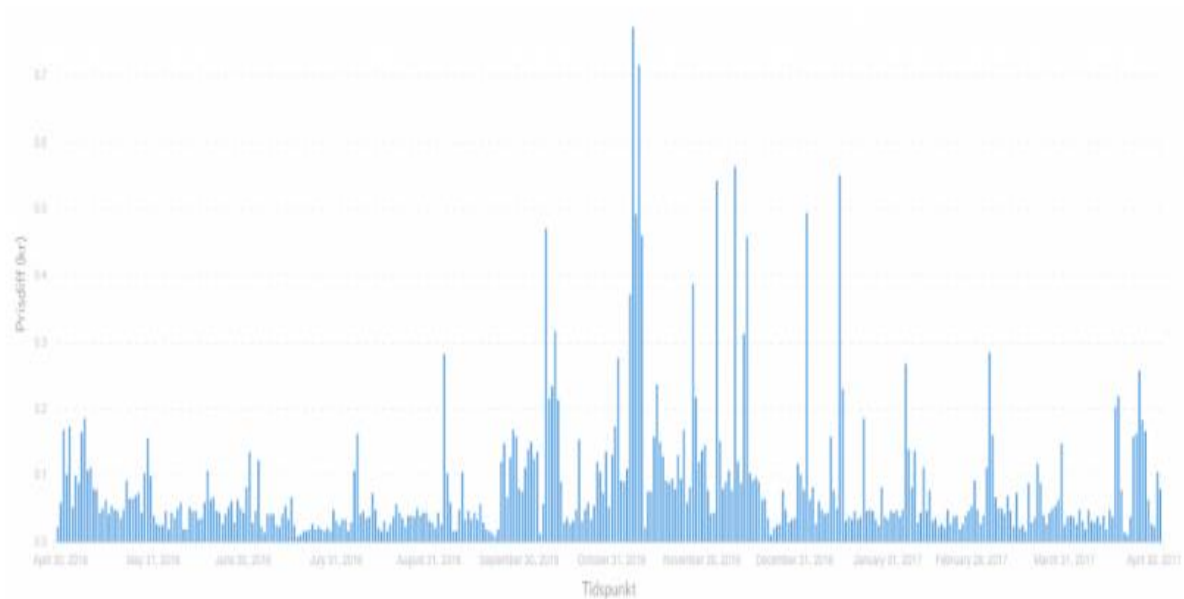
[18]

Det norske firmaet Tibber har utarbeidd ei oversikt over prishopp i Noreg mellom April 2016 og April 2017, basert på straumprisen frå Nord Pool Spot inklusiv MVA. Merk at grafen er basert på prisar frå Oslo.



Figur 14 – Straumpris i Noreg siste året [19]

Grafen under viser differanse i straumpris mellom den høgste og lågaste straumprisen for kvar dag i denne perioden.



Figur 15 – Prissvingingar straum i Noreg siste året [19]

Her ser ein tydeleg at Noreg òg har ein del prishopp i løpet av eit år, med dei største i hovudsak mellom Oktober og Januar, i vintermånadane. Prisdifferansane i desse tilfella ligg om lag på 40-50 øre per kWh, med prisdifferanse på over 50 øre per kWh kun fem dagar i perioden. I tidsrommet Januar-April har ein fleire mindre prishopp, med ein prisdifferanse på mellom 20 og 30 øre per kWh. Gjennomsnittleg over heile året er prisdifferansen 8,3 øre.

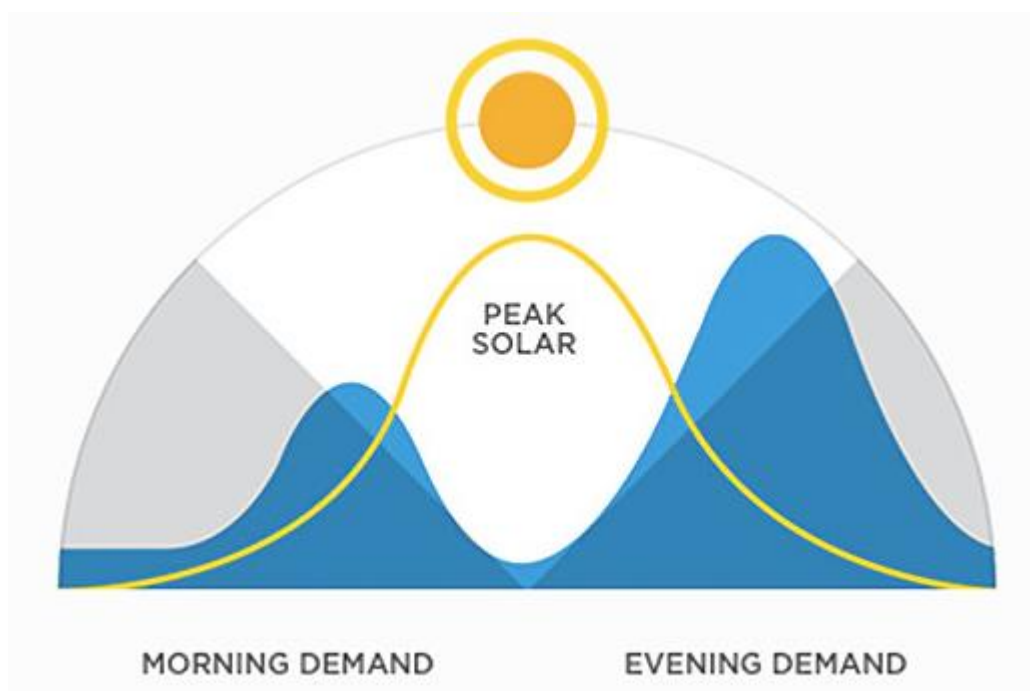
Korleis sluttbrukar vel å nytte ladesyklusane sine vert derfor sentralt for lønnsamheita til batteriet. Ein ladesyklus i gjennomsnitt per dag, der ein ladar batteriet ved låg straumpris, og nyttar straumen ved høg pris, vil dermed føre til ei innsparing på 8,3 øre per kWh, gonge lagringskapasiteten til batteri. Eksempelvis har Tesla sin Powerwall 2 kapasitet på 12,1kWh, som gir $12,1\text{kWh} * 8,3 \text{ øre per kWh} = 1 \text{ krone per ladesyklus}$.

Om ein tek utgangspunkt i ein kostnad på 60000 kr for eit slikt batteri, vil ein med denne bruken av ladesyklusar bruke i overkant av 160 år på å tjene inn batteriet per dags dato, noko som naturlegvis ikkje er forsvarleg reint økonomisk.

Eit alternativ til ein slik bruk av ladesyklusar er å vere sparsam med ladesyklusane, og kun lade batteriet når føresetnadane er betre. Om ein tek utgangspunkt i å kun lade batteriet når prisdifferansen kjem på 20 øre per kWh eller meir, vil ein ha ei nedbetalingstid på om lag 68 år per dags dato, noko som fortsatt er for lang tid. Slik bruk vil òg vere vanskeleg å gjennomføre i praksis, då garantien på batteriet vil utløpe før ein har fått nytta ladesyklusane. I eit slik tilfelle ville det vore naudsynt med ein større lagringskapasitet (på vegne av redusert tal ladesyklusar) for å kunne utnytte prishopp maksimalt.

Dersom ein har eigen straumproduksjon i hushaldninga, til dømes solcellepanel, og nyttar batteriet til lagring av denne, vert scenarioet litt anleis.

Vanlegvis er straumprisen høgst om morgonen og kvelden, med ein topp på kveldstid i samband med aukt straummetterspurnad når sluttkundar kjem heim frå arbeid og skule. Straumproduksjonen frå eit solcelleanlegg vil vere størst midt på dagen, og det er denne produksjonen som truleg er mest aktuell å lagre. Tibber illustrerer samanhengen mellom straumproduksjon frå solceller og straummetterspurnad slik:



Figur 16 – Straumforbruk og solbasert produksjon gjennom døgn [19]

I dette tilfellet vil ein ladesyklus for batteri lagre overskotsproduksjon, så lenge ein faktisk har struamproduksjon i solcelleanlegget. Overskotsproduksjon er straumen som er til overs etter at produksjonen frå solcelleanlegget har dekkja straumforbruket i hushaldninga.

Lagring av straum ein har kjøpt til ein billig straumpris er i dette tilfellet mest aktuelt i periodar solcelleanlegget ikkje har straumproduksjon, som i hovudsak er om vinteren. Den største innsparing ein vil ha med å bruke batteri til å lagre eigenprodusert straum er i praksis nettleiga, då ein ikkje betalar noko for straum ein har produsert sjølv.

I Sogn og Fjordane er nettleiga gjennomsnittleg 62 øre per kWh gjennom året, fordelt på ca 60 øre om sommaren og 64 øre per kWh om vinteren. Om ein då reknar på same batteriet, Tesla Powerwall, med kostnad 60000 og kapasitet 12,1kWh tjenar ein inn 7,5kr per ladesyklus.

Om ein i snitt har ein ladesyklus per dag vil ein då ha ei nedbetalingstid per dato på ca 22 år. Merk at desse reknestykka ikkje tek høgde for auke av straumpris, nettleige og avgifter for kvart år.

[19]

Basert på føresetnadane om auka kraftpris, nettleige, avgifter og prisvolatilitet har Otovo gjort to estimat for lønnsamheita til batteri, med ulike føresetnader. Estimata kan endrast etter behov, til dømes for det første estimatet kan ein kunde utan solceller som kjøper batteri i 2021 trekke frå differansen mellom kolonna “I dag” og “Med Solceller”, slik at reknestykket vert 5720 minus differansen i kolonnene (-7120) = -1400 totalt, dersom resten av føresetnadane (auka nettleige, avgiftsauking og auka volatilitet) gjeld.

Merk at det i hovudsak er prisen ein betalar for batteriutstyret som styrer reknestykket, og ikkje årstalet, slik at dersom kostnaden var 31000 i 2017, vil truleg estimatet for 2018 stemme betre for å rekne på lønnsamheita i tilfellet. Eventuelt kan ein justere reknestykket for kostnad, slik at om ein i 2021 betalar 14000 trekk ein i frå (14000-12000=2000) frå resultatet i siste kolonna.

Tesla Powerwall, tilbakehaldne føresetnader:

Estimatet forutset at prisutviklinga fortset. Startpris 0.17øre/kWh (prisvariasjon). Estimatet har føresetnadane innstallert solcelleanlegg, auka nettleige og avgiftsauking som beskrive over, og økt volatilitet i form av 5 dagar i året med prishopp tilsvarande 6,6 kroner.

ÅR	PRIS	I DAG	MED SOLCELLER	NY NETTLEIE	AVGIFTS- ØKNING	ØKT VOLATILITET
		0.17	0.52	0.73	0.79	0.88
2016	57000	-53550	-46470	-42310	-41100	-39270
2017	42000	-38550	-31470	-27310	-26100	-24270
2018	31000	-27550	-20470	-16310	-15100	-13270
2019	23000	-19550	-12470	-8310	-7100	-5270
2020	17000	-13550	-6470	-2310	-1100	720
2021	12000	-8550	-1470	2680	3890	5720

Figur 17 – Tilbakebetalingsanslag, Tesla Powerwall, dårlege føresetnader [13]

Billegare batteritype, optimistiske føresetnader:

Estimatet forutset at prisutviklinga fortset. Startpris 0.17øre/kWh (prisvariasjon). Estimatet har føresetnadane innstallert solcelleanlegg, 45% auking i den volumbaserte nettleige, ekstra utgifter i avgiftsledet, og hyppigare prisvariasjonar enn estimatet over (10 dagar i året med 6,6 kroner prisforskjell, 120 hendelsar i året med 2,5 kroner i prisforskjell.

ÅR	PRIS	I DAG	MED SOLCELLER	NY NETTLEIE	AVGIFTS- ØKNING	ØKT VOLATILITET
		0.17	0.52	0.89	1.21	2.24
2016	30000	-26550	-19470	-11990	-5510	15450
2017	22000	-18550	-11470	-3990	2480	23450
2018	16000	-12550	-5470	2000	8480	29450
2019	12000	-8550	-1470	6000	12480	33450
2020	9000	-5550	1530	9000	15480	36450
2021	6000	-2550	4530	12000	18480	39450

Figur 18 – Tilbakebetalingsanslag, billeg batteripris, gode føresetnader [13]

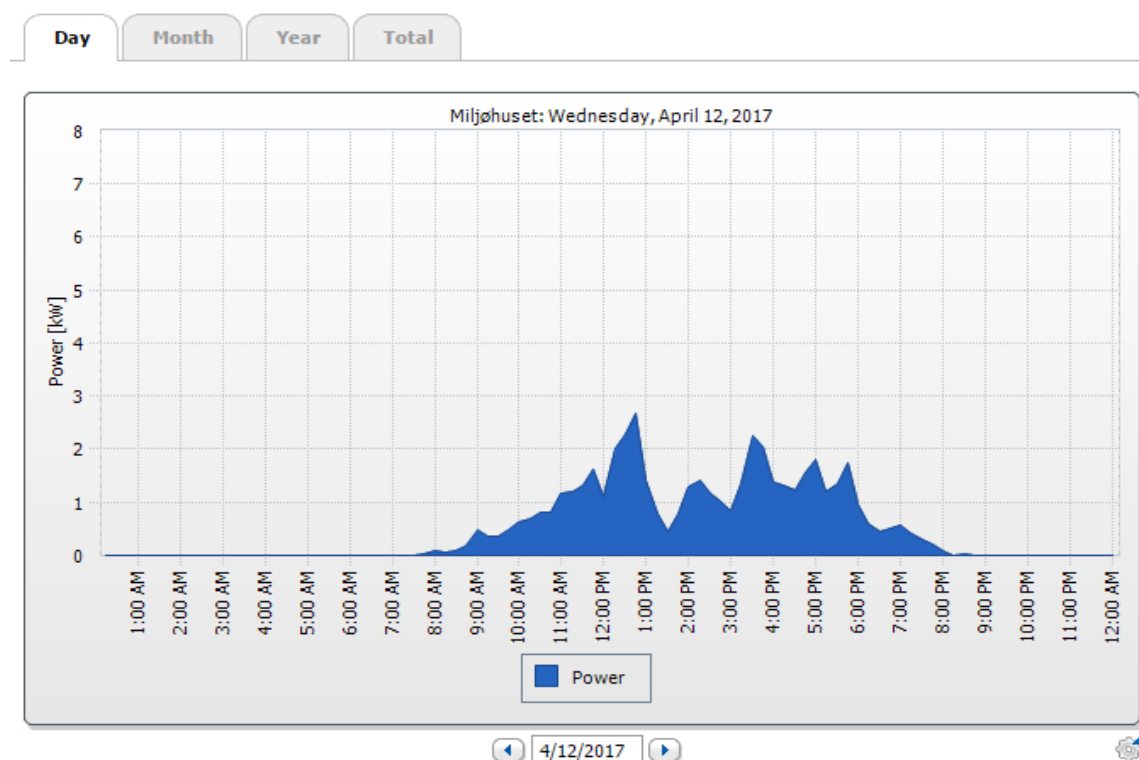
[13]

3.7 Programmering

Som verktøy for å bestemme høveleg batteri er det nyttig å ha måledata for straumforbruk, og eventuelt straumproduksjon, for å fastsetje mengde energi ein kan lagre, og kor mange ladesyklusar ein kan ha. I arbeidet med oppgåva mi har eg henta måledata for straumproduksjon i Bjørvik Miljøhus sitt solcelleanlegg, og lagra den i ein ElWin database til seinare bruk. Måledataen er på timesformat, som dei nye digitale strømmålarane, ofte omtalt som AMS, nyttar.

3.7.1 Hente verdier

Solcelleanlegget til Bjørvik Miljøhus nyttar styringssystemet “Sunny Home Manager”, som vart installert samstundes som solcelleanlegget vart montert. Sunny Home Manager består mellom anna av webløysinga “Sunny Portal”, eit verktøy som i hovudsak er tilpassa at eigar av solcelleanlegget kan overvåke straumproduksjonen. For handtering av denne måledataen er det nyttig å bruke ElWin database, som er basert på oracle SQL, då ein kan nytte programmering til å til dømes velje ut måledata frå bestemte tidsperiodar, eller maksverdi for produksjon i ein bestemt periode, i staden for å fysisk måtte klikke seg rundt frå dag til dag og leite i verdier. Datavisninga i Sunny Portal ser slik ut, på grafform:



Figur 19 – Visning i Sunny Portal, graf

Tilgang til Sunny Portal har eg fått via oppdragsgjevar Håvard Korsvoll, som i lag med familien eig Bjørvik Miljøhus.

Tabellvisning i Sunny Portal ser slik ut:

8:00 AM	0.084
8:15 AM	0.072
8:30 AM	0.080
8:45 AM	0.186
9:00 AM	0.489
9:15 AM	0.351
9:30 AM	0.369
9:45 AM	0.474
10:00 AM	0.627
10:15 AM	0.678
10:30 AM	0.813
10:45 AM	0.797
11:00 AM	1.160
11:15 AM	1.218

Figur 20 – Visning i Sunny Portal, tabell

For å få måledata inn i ElWin database nyttast programmet “SoapUI” til importering av XMLfiler som består av tilhøyrande måledata. XML er standard filformat ElWin nyttar for måledata på timesformat, og i dette tilfellet består ei XML-fil vanlegvis av måledata for eit døgn per fil, med eit verdiinnslag for kvart timesintervall. Å lage desse filene manuelt er tidkrevande, spesielt for større periodar. Eg sette meg derfor mål om å programmere ein automatisk XML-generator for å spare meg for arbeid. Verktøyet eg valde for å programmere XML-generatoren var NetBeans, ei programmeringsplattform basert på programmeringsspråket Java. For å kunne generere XML-filer måtte eg ha ein måte å hente måledataen frå Sunny Portal.

Sunny Home Manager og Sunny Portal er eid av det tyske selskapet SMA.

Ved henvendelse ville ikkje SMA gje ut noko informasjon om korleis ein kunne hente data frå Sunny Portal, til dømes ved hjelp av Application Programming Interface (API), for å bruke dataen vidare. Dette endte ikkje opp med å bli noko problem, då Sunny Portal lagrar historisk måledata i arkiv på filformatet CSV (Comma Separated Values), som kan lastast ned av alle med tilgang til systemet i Sunny Portal.

Døme på CSV fil:

```
;Miljøhuset / Total yield / Meter Change [kWh];
1:00 AM;0.000;
2:00 AM;0.000;
3:00 AM;0.000;
4:00 AM;0.000;
5:00 AM;0.000;
6:00 AM;0.000;
7:00 AM;0.000;
8:00 AM;0.008;
9:00 AM;0.515;
10:00 AM;1.276;
11:00 AM;3.262;
12:00 PM;0.380;
1:00 PM;0.197;
2:00 PM;0.171;
3:00 PM;0.134;
4:00 PM;0.255;
5:00 PM;0.213;
6:00 PM;0.249;
7:00 PM;0.084;
8:00 PM;0.053;
9:00 PM;0.000;
10:00 PM;0.000;
11:00 PM;0.000;
12:00 AM;0.000
```

Figur 21 – Døme CSV fil

3.7.2 XML-generator

For å kunne automatisk generere XML-filer fra CSV-filene til Sunny Portal trengte eg programmering for sjølve strukturen til XML-filene, innlesing av verdier fra csv-filene, funksjonalitet for å legge rett verdi fra csv på rett stad i XML-filene, og funksjonalitet for datohandtering. Ei ferdig XML-fil klar for importering i SoapUI kan delast i to hovuddelar, del som består av info for SoapUI, og del som består av måleverdiane.

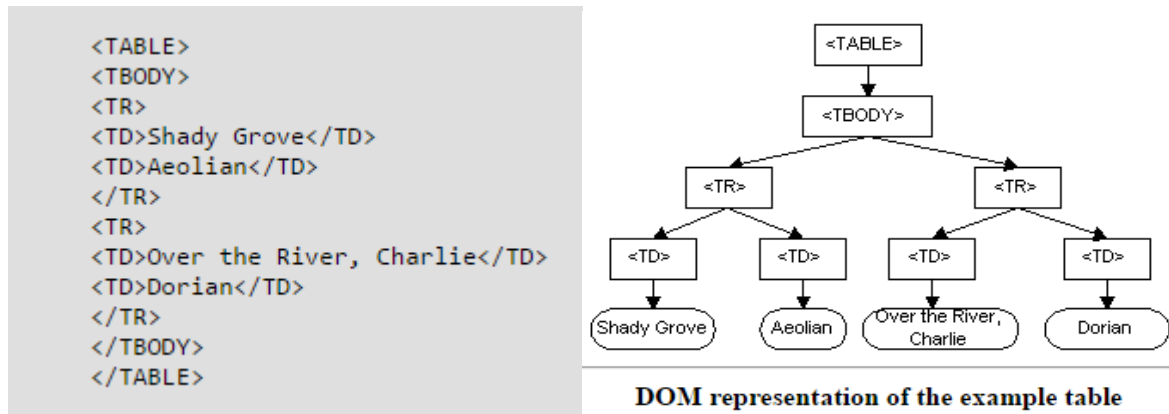
```
- <soapenv:Envelope xmlns:met="urn:no:elis:elwin:metervalue:1:0" xmlns:soapenv="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/">
  <soapenv:Header/>
  <soapenv:Body>
    <met:INSERT_METERVALUES>
      <met:MEASURINGPOINTINFO>
        <!--Optional:-->
      <met:DataList>
        <!--Zero or more repetitions:-->
        <met:Value>
          <!--Optional:-->
          <met:EAN>707057500084151163</met:EAN>
          <!--Optional:-->
          <met:METERNUMBER>123456789</met:METERNUMBER>
          <!--Optional:-->
          <met:METERTYPE>2</met:METERTYPE>
          <met:VALUETYPE>0</met:VALUETYPE>
          <!--Optional:-->
        <met:MAALEVERDIER>
          <!--Optional:-->
        <met:DataList>

- <met:Value>
  <met:FBDATE>2016-11-04T00:00:00</met:FBDATE>
  <met:QTY>0</met:QTY>
  <met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
  <met:QUALITY>2</met:QUALITY>
</met:Value>
- <met:Value>
  <met:FBDATE>2016-11-04T01:00:00</met:FBDATE>
  <met:QTY>0</met:QTY>
  <met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
  <met:QUALITY>2</met:QUALITY>
</met:Value>
- <met:Value>
  <met:FBDATE>2016-11-04T02:00:00</met:FBDATE>
  <met:QTY>0</met:QTY>
  <met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
  <met:QUALITY>2</met:QUALITY>
</met:Value>
```

Figur 22 og 23 – Ulike delar av XML

Programmeringa av strukturen for XML-filene er basert på Document Object Model (DOM) programmering, med utgangspunkt i dømme frå <https://crunchify.com/java-simple-way-to-write-xml-dom-file-in-java/>.

DOM-strukturen baserer seg på å opprette eit hovudelement, som har tilknytta underelement med eigenskapar, liknande ein tre-struktur. Dette gjerast i ei try-catch løkke som ligg inni ei for-løkke.



Figur 24 og 25 – Oppbyggingsstruktur, DOM

DOM-strukturen var i utgangspunktet programmert for å vere tilpassa innhenting av verdier frå Sunny Portal ved hjelp av API. Strukturen fungerer òg for innhenting av verdier frå csv-filer, og eg har såleis valt å behalde denne løysinga i staden for å lage ny.

```

DocumentBuilderFactory icFactory = DocumentBuilderFactory.newInstance();
DocumentBuilder icBuilder;

try {
    icBuilder = icFactory.newDocumentBuilder();
    Document doc = icBuilder.newDocument();
    Element mainRootElement = doc.createElementNS("Test", "DataList");
    doc.appendChild(mainRootElement);

    Element value = doc.createElement("met:Value");

    Element datalist = doc.createElement("met:DataList");
    datalist.appendChild(value);

    Element maaleverdier = doc.createElement("met:MAALEVERDIER");
    maaleverdier.appendChild(datalist);

    Element valuey = doc.createElement("met:Value");

```

Figur 26 – Oppretting av element

```

private static Node getValue(Document doc, String id, String FBDATE, String QTY, String INTERVAL, String QUALITY) {
    Element value = doc.createElement("met:Value");

    value.appendChild(getValueElements(doc, value, "met:FBDATE", FBDATE));
    value.appendChild(getValueElements(doc, value, "met:QTY", QTY));
    value.appendChild(getValueElements(doc, value, "met:INTERVAL", INTERVAL));
    value.appendChild(getValueElements(doc, value, "met:QUALITY", QUALITY));

    return value;
}

```

Figur 27 – Legge eigenskapar til element

```

mainRootElement.appendChild(getValue(doc, "2", (simpleDateFormat1.format(cal.getTime())) + "T00:00:00", (list.get(2)), "60", "2"));
mainRootElement.appendChild(getValue(doc, "3", (simpleDateFormat1.format(cal.getTime())) + "T01:00:00", (list.get(3)), "60", "2"));
mainRootElement.appendChild(getValue(doc, "4", (simpleDateFormat1.format(cal.getTime())) + "T02:00:00", (list.get(4)), "60", "2"));

```

Figur 27 – Legge verdier i eigenskapar i element

For å lese inn verdier fra csv-filene nyttar eg funksjonalitet for innlesing frå mappe.

```
public static void main(String[] args) {  
    List<String> list = new ArrayList<>();  
    String myDirectoryPath = "D:/csvveker/";  
  
    File dir = new File(myDirectoryPath);  
    File[] directoryListing = dir.listFiles();  
  
    if (directoryListing != null) {  
  
        System.out.println(directoryListing.length);  
        for (File child : directoryListing) {  
  
            String csvFile = child.getPath();  
            String line = "";  
            String csvSplitBy = ",";  
  
            try (BufferedReader br = new BufferedReader(new FileReader(csvFile))) {  
  
                while ((line = br.readLine()) != null) {  
  
                    String[] test = line.split(csvSplitBy);  
  
                    String b = test[1];  
  
                    list.add(b);  
  
                }  
  
            }  
  
        }  
  
    }  
}
```

Figur 28 – Innlesing av CSV

XMLgeneratoren scannar ei oppgitt mappe på harddisken for filer, og les inn ei og ei fil. Vidare vert csv-fila splitta ved semikolonteiknet i csv-fila, slik at data for kvar time med straumproduksjon vert lagt i ein string, som leggst i ei liste, som ein vidare i programmet hentar verdiane frå, og legg dei inn på rett time. Csv-filene vert scanna i alfabetisk rekkefølge frå mappa på harddisken, noko som passar godt sidan csv-filene automatisk legg seg i rekkefølgja dei vert lasta ned i, fordi dei i utgangspunktet får same namn med stigande versjonsnummer bak:

 Daily_report_Diagram_2 (1).csv	16.05.2017 11.25	OpenOffice.org X...	1 kB
 Daily_report_Diagram_2 (2).csv	16.05.2017 11.25	OpenOffice.org X...	1 kB
 Daily_report_Diagram_2 (3).csv	16.05.2017 11.25	OpenOffice.org X...	1 kB
 Daily_report_Diagram_2 (4).csv	16.05.2017 11.25	OpenOffice.org X...	1 kB
 Daily_report_Diagram_2 (5).csv	16.05.2017 11.25	OpenOffice.org X...	1 kB
 Daily_report_Diagram_2 (6).csv	16.05.2017 11.25	OpenOffice.org X...	1 kB
 Daily_report_Diagram_2 (7).csv	16.05.2017 11.25	OpenOffice.org X...	1 kB

Figur 29 – CSV-struktur i mappe

Etter at ein XML har blitt generert frå csv-fila nullstiller lista verdiane sine, slik at den kan motta verdier frå neste csv.

Funksjonalitet for datohandtering er programmert ved at ein set kalendardato i programmet til den første datoen ein vil generere XMLfiler for. Dato vert så lagt til i xmlstrukturen ved hjelp av ein get-funksjon. Mellom kvar fil som skal genererast leggst det så til ein dag på datoen, slik at neste xml òg får rett dato.

```
<met:Value>
<met:FBDATE>2017-05-09T09:00:00</met:FBDATE>
<met:QTY>1.075</met:QTY>
<met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
<met:QUALITY>2</met:QUALITY>
</met:Value>
<met:Value>
<met:FBDATE>2017-05-09T10:00:00</met:FBDATE>
<met:QTY>1.397</met:QTY>
<met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
<met:QUALITY>2</met:QUALITY>
</met:Value>
<met:Value>
<met:FBDATE>2017-05-09T11:00:00</met:FBDATE>
<met:QTY>1.346</met:QTY>
<met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
<met:QUALITY>2</met:QUALITY>
</met:Value>
```

Figur 30 – XML, døme verdidel

Heile Netbeans-programmeringa for XMLgeneratoren ligg vedlagt med versjon for sommartid. Skilnad mellom sommar- og vintertid er at XML generert for sommartid har verdiinnslag frå 23:00 (til 24:00) dagen før, til og med 22:00 (til 23:00) same dag, medan XML for vintertid har verdiinnslag frå 00:00 (til 01:00) til og med 23:00 (til 00:00).

XML-generatoren er lett modifisere for personar med kjennskap til programmering, og har alternativ for å anten generere fullstendige XML-filer dag for dag med tilhøyrande

informasjon for SoapUI, eller å generere kun verdidelen, for større periodar. Dette veljast ut i frå om programlinjene 143-162 og 175-181 er kommentert vekk eller ikkje.

```
// output DOM XML to console
//      System.out.println("<soapenv:Envelope xmlns:sopenv=\"http://schemas
//      System.out.println("<soapenv:Header/>");
//      System.out.println("<soapenv:Body>");
//      System.out.println("<met:INSERT_METERVALUES>");
//      System.out.println("<met:MEASURINGPOINTINFO>");
//      System.out.println("<!--Optional:-->");
//      System.out.println("<met:DataList>");
//      System.out.println("<!--Zero or more repetitions:-->");
//      System.out.println("<met:Value>");
//      System.out.println("<!--Optional:-->");
//      System.out.println("<met:EAN>707057500084151163</met:EAN>");
//      System.out.println("<!--Optional:-->");
//      System.out.println("<met:METERNUMBER>123456789</met:METERNUMBER>");
//      System.out.println("<!--Optional:-->");
//      System.out.println("<met:METERTYPE>2</met:METERTYPE>");
//      System.out.println("<met:VALUETYPE>0</met:VALUETYPE>");
//      System.out.println("<!--Optional:-->");
//      System.out.println("<met:MAALEVERDIER>");
//      System.out.println("<!--Optional:-->");
//      System.out.println("<met:DataList>");
```

Figur 31 – Kodelinjer 143-162

```
System.out.println("</met:MAALEVERDIER>");
System.out.println("</met:Value>");
System.out.println("</met:DataList>");
System.out.println("</met:MEASURINGPOINTINFO>");
System.out.println("</met:INSERT_METERVALUES>");
System.out.println("</soapenv:Body>");
System.out.println("</soapenv:Envelope>");
```

Figur 32 – Kodelinjer 175-181

Dersom desse linjene ikkje er kommentert vekk (aktive) genererer programmet XML av den førstnemnde typen, medan køyring av programmet med linjene kommentert (inaktive), genererer XML av den andre typen. Linjene med informasjon for SoapUI var i utgangspunktet innbygd og returnert i DOM-strukturen saman med seksjonen for måleverdiar. Eg valde bevisst å endre dette til å returnere linjene med info for SoapUI ved hjelp av vanleg utskrift i staden, då dette tillet lettare byte mellom kva type XML som kjem inn, enn å endre i den lagdelte DOM-strukturen.

Programmet er utvikla med utgangspunkt i den førstnemnde XML-type (filer dag for dag med SoapUI info), medan alternativet for XML-filer med kun verdiar vart utvikla for raskare

importering. Eg har generert og importert ei veke med måledata om gongen, då dette er raskare enn å ta for seg ei og ei fil. Ei veke om gongen er òg det beste alternativ for kontrollering av at verdiane er komne på rett stad, då ElWin si standardvisning for målehistorikken viser ei veke om gongen. I vedlegg ligg XML-filer av begge typar, generert av programmeringa.

3.7.3 SoapUI

Programmet SoapUI vert nytta til å importere måledata til database i ElWin, ved hjelp av at SoapUI sender ein request (førespurnad) til å ein webservice som er sett opp for den aktuelle databasen. Dersom førespurnaden vert akseptert (filstrukturen og informasjonen er rett i forhold til kva programmet forventar) leggst måledataen inn på tilhøyrande målepunkt og måleserie i ElWin, og ein får ein svarrespons som bekreftar at importeringa.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes" ?>
<soapenv:Envelope xmlns:soapenv="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/" xsi
  <soapenv:Header/>
  <soapenv:Body>
    <met:INSERT_METERVALUES>
      <met:MEASURINGPOINTINFO>
        <!--Optional:-->
        <met:DataList>
          <!--Zero or more repetitions:-->
          <met:Value>
            <!--Optional:-->
            <met:EAN>707057500084151163</met:EAN>
            <!--Optional:-->
            <met:METERNUMBER>123456789</met:METERNUMBER>
            <!--Optional:-->
            <met:METERTYPE>2</met:METERTYPE>
            <met:VALUETYPE>0</met:VALUETYPE>
            <!--Optional:-->
            <met:MAALEVERDIER>
              <!--Optional:-->
              <met:DataList>
                <met:Value>
                  <met:FBDATE>2017-04-09T23:00:00</met:FBDATE>
                  <met:QTY>0.000</met:QTY>
                  <met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
                  <met:QUALITY>2</met:QUALITY>
                </met:Value>
              </met:DataList>
            </met:Value>
          </met:Value>
        </met:DataList>
      </met:MEASURINGPOINTINFO>
    </met:INSERT_METERVALUES>
  </soapenv:Body>
</soapenv:Envelope>
```

Figur 33 – SoapUI request

```

<soap:Envelope xmlns:soap="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/" xmlns
  <soap:Body>
    <INSERT_METERVALUESResponse xmlns="urn:no:elis:elwin:metervalue:1:0">
      <VALUES_RET>
        <DataList>
          <Value>
            <EAN>707057500084151163</EAN>
            <METERNUMBER>123456789</METERNUMBER>
            <FBHIST>
              <DataList>
                <Value>
                  <FBDATE>2017-04-09T23:00:00</FBDATE>
                  <FBHISTID>15137902</FBHISTID>
                </Value>
              </DataList>
              <TotalRecords>1</TotalRecords>
            </FBHIST>
          </Value>
        </DataList>
        <TotalRecords>1</TotalRecords>
      </VALUES_RET>
    </INSERT_METERVALUESResponse>
  </soap:Body>
</soap:Envelope>

```

Figur 34 – SoapUI respons

3.7.4 ElWin Database

Måledata for straumproduksjonen i Bjørvik Miljøhus er lagra i database i ElWin, programvara til Enoro. For å lagre måledata i ElWin måtte eg først opprette eit “målepunkt” for Bjørvik Miljøhus.

The screenshot shows the 'Målepunkt' form in the ElWin system. It is a complex data entry interface with multiple columns and rows of fields. The fields are organized into sections, with some having dropdown menus and others having checkboxes. The form is used to create and manage measurement points in the system.

Figur 35 – ElWin Målepunkt

Funksjonen målepunkt fungerer som eit bindeledd for anna informasjon om kunden, som til dømes måleserie, som forbrukshistorikken vert knytt mot, kontraktinformasjon, med meir. Merk her at sjølv om funksjonen heiter forbrukshistorikk vert den òg nytta til å registrere verdiar for straumproduksjon. Om verdiar er for forbruk eller produksjon vert bestemt av retning på måleserien ein registrerer på målepunktet.

For å registrere forbrukshistorikk må ein opprette ein måleserie knytt til målepunktet. Her vel ein kva type teljeverk som er nytta (t.d timesmålt eller standmålt), retning (inn for straumproduksjon, ut for forbruk). I måleserie ligg det òg registrert anna informasjon, som til dømes nr for målar-ID og når måleserien har vore aktiv.

Måleserie

Målehist-ID	94708	Oppretta	14.10.2016 10.43.10
Målepunktnr	15251	Brukar	OYVIND
Netteigar målar-ID	123456789	Endra	07.11.2016 12.40.17
Avr.status	Ikke lev.avr kat.1	Brukar	ELIS
Teljeverk	kWh timemålt	Måleutstyr-ID	
Retning	Inn	Målar montert dato	
Frå dato	26.09.2016	Målar demontert dato	
Til dato	01.06.2073	Sendemålar	
Konstant	1	Sendekanal	
Antal siffer	6		
Antal desimal	3		
Kanal	1		
Multipliser m/konstant	?		
Med i balanseavregning	☒		

Figur 36 – ElWin Måleserie

Når ein har registrert målepunkt og måleserie kan ein importere verdier. Etter at verdier er importert og lagra kan ein finne dei att i forbrukshistorikk.

Time/Dag	M 08.05.2017	T 09.05.2017	O 10.05.2017	T 11.05.2017	F 12.05.2017	L 13.05.2017	S 14.05.2017
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0
6	0,006	0,024	0	0,002	0	0,008	0
7	0,328	0,104	0,357	0,199	0,02	0,373	0
8	1,673	0,504	0,624	0,651	0,132	1,824	0,103
9	3,727	0,873	1,272	2,111	0,256	3,7	0,621
10	4,394	0,806	3,145	3,744	0,46	4,957	0,797
11	6,322	1,075	4,363	2,453	0,776	5,063	1,356
12	7,027	1,397	1,589	4,021	1,395	2,327	0,821
13	6,962	1,346	2,823	3,635	2,654	2,397	0,552
14	5,464	1,299	1,318	2,662	5,121	3,26	0,735
15	4,752	1,414	1,264	0,893	3,123	5,68	0,623
16	5,445	1,565	1,61	0,792	2,898	2,888	0,424
17	4,479	1,352	1,418	1,513	2,809	1,781	0,277
18	1,847	0,816	1,07	1,252	2,406	1,362	0,176
19	0,886	0,543	0,155	0,859	0,966	1,103	0,076
20	0,442	0,504	0,187	0,514	0,311	0,48	0,064
21	0,197	0,313	0,169	0,35	0,167	0,129	0,023
22	0,029	0,013	0,001	0,043	0,043	0,007	0
23	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0
Sum	53,98	13,948	21,365	25,694	23,537	37,339	6,648
Min	0	0	0	0	0	0	0
Max	7,027	1,565	4,363	4,021	5,121	5,68	1,356

Figur 37 – ElWin forbrukshistorikk

3.8 Resultat

Måledata Bjørvik Miljøhus

Til saman i oppgåva mi har eg måledata for straumproduksjon og straumforbruk i Bjørvik Miljøhus for om lag 7 månadar, frå midten av Oktober 2016 til midten av Mai 2017.

Måledata for straumproduksjon er henta frå Sunny Home Manager og importert til database, medan eg har fått tilgang til data for straumforbruk hjå oppdragsgjevar.

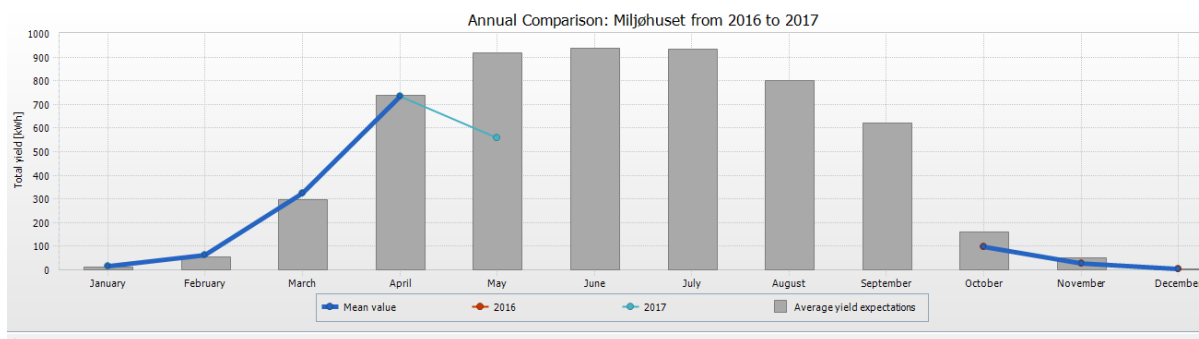
For eit fullstendig bilete over straumproduksjon gjennom eit heilt år har eg nytta “Sunny Portal” si estimering for resten av året. Sunny Portal estimerer ein straumproduksjon frå solcelle på i overkant av 900kWh totalt for kvar av månadane Mai, Juni, Juli, rundt 800kWh totalt for August, og rett i overkant av 600kWh for September.

Basert på diagrammet under kan ein dele straumproduksjon i tre kategoriar:

Vinter: November, Desember, Januar, Februar

Tidleg vår og sein haust: Mars og Oktober

Sein vår, sommar og tidleg haust: April, Mai, Juni, Juli, August, September



Figur 38 – Sunny Portal, estimert årsproduksjon per mnd

Føremålet med måledata er å bruke dei til å sjå på “teoretiske ladesyklusar” for Bjørvik Miljøhus. Dette er med på å bestemme kva som er høveleg batterikapasitet og antal ladesyklusar. Kapasitet saman med spotprisar frå Nord Pool Spot (samt andre avgifter) dannar grunnlag for verdien av ei energilagring. Historiske data for spotprisar kan finnast på nettsida til Nord Pool Spot, der ein både kan laste ned excel-rekneark med historiske spotprisar, og sjå gjennomsnittleg straumpris, til dømes på vekesbasis, for ønska prisområde.

	A	B	C	D
1	<u>Elspot Prices in NOK/MWh</u>			
2				
3	<u>Data was last updated 14-05-2017</u>			
4		<u>Hours</u>	NO5	
5	01-01-2017	00 - 01	257,74	280,71
6	01-01-2017	01 - 02	255,66	
7	01-01-2017	02 - 03	254,39	
8	01-01-2017	03 - 04	254,11	
9	01-01-2017	04 - 05	254,3	

Figur 39 – Nord Pool spotprisar, Excel

Eg har delt ladesyklusane etter årstidene kategorisert over, med eksempel som godt representerer straumproduksjon og forbruk i perioden. For kvar årstid har eg prøvd å finne prishopp med hjelp av Tibber si prishoppoversikt. Desse har eg så funne i Nord Pool Spot sine historiske data for spotprisar.

I staden for å gå gjennom scenario etter årstidsrekkefølge, har eg valgt å byrje med dei to lengste periodane, vinter og sommar, som og er dei to mest ulike. Kvar av desse seksjonane avsluttar med det beste batteriforslaget eg har funne for årstida, medan konklusjon veg dei opp mot kvarandre.

Vinter 1.Januar 2017, tilnærma null produksjon, høgt forbruk

Time/Dag	S 01.01.2017	S 01.01.2017
1	0	0,5
2	0	1,41
3	0	0,4
4	0	1,77
5	0	0,45
6	0	1,64
7	0	0,23
8	0	1,67
9	0	0,24
10	0	1,67
11	0,016	0,39
12	0,107	1,2
13	0,148	0,34
14	0,087	1,03
15	0,111	0,98
16	0	1,19
17	0	1,63
18	0	1,26
19	0	1,32
20	0	1,48
21	0	2,24
22	0	1,89
23	0	0,55
24	0	1,66
Sum	0,469	27,14
Min	0	0,23
Max	0,148	2,24

Figur 40 – Straumproduksjon vs Forbruk 1. Januar

Frå venstre: Time, Produksjon, Forbruk

I vinterperioden November 2016 til til 15. Februar 2017 hadde Bjørvik Miljøhus var døgnsproduksjonen i Bjørvik Miljøhus fordelt slik:

Tabell 1 – Produksjonsfordeling per døgn

Produksjon kWh	Antal
0-1kWh	77
1-3kWh	25
>3 kWh	3

Sidan ein produserer lite straum om vinteren, må lagring av energi denne årstida primært skje ved å kjøpe straumen ein lagrar til billig pris, for så å nytte den når straumen er dyrare.

Spotprisen om morgonen 01. Januar var rundt 255NOK/MWh oppgitt hjå Nord Pool Spot, eller 25,5 øre per kWh. Utover kvelden låg spotprisen rundt 28 øre per kWh, frå og med 16.00 til og med 20.00. Per kWh ville innsparing då kun ha vore 2,5 øre per kWh, sidan ein må betale nettleige og avgifter, sjølv om straumen ein kjøper er billeg. Straumforbruket i perioden 16.00 t.o.m 20.00 var om lag 6kWh, som betyr at for større batterikapasitet enn 6kWh, ville ikkje all lagra straum vorte brukt opp innan tidsrommet med høgst spotpris.

Inntjening vil vere avhengig av forbruk, der ein til dømes kan bruke energien lagra på batteriet til ekstra oppvarming i perioden med høg straumpris, slik at ein slepp å “kjøpe oppvarming” seinare, då Bjørvik Miljøhus har naturleg lågt energiforbruk og varmetap. Ei slik inntjening er derimot minimal. Statistikken til Tibber viser fem prishopp på 50 øre eller meir i tidsrommet 30. April 2016 -30. April 2017. Sjølv ved eit slikt prishopp vert inntjeninga begrensa i øre per kWh.

Dei fleste litiumionbatteri berekna på straumlagring for hushaldningar opererer med ein lagringskapasitet rundt 10kWh. For eit batteri med 10kWh ville såleis inntjeninga i realiteten vore litt lågare, dersom ein lada batteriet med ein full syklus. Ein ladesyklus der ein må kjøpe straumen ein skal lagre har dermed per dags dato ein verdi på i underkant av 25 øre utan prishopp.

Unntaket for dette er batteri med lagringskapasitet 1-3kWh, og høgt antal garanterte ladesyklusar. Eit døme på slike batteri er frå produsenten Moixa, som leverer litiumionbatteri med kapasitet på anten 2 eller 3kWh, med pris på henholdsvis 2000 og 2500 pund, omrekna til om lag 22000 NOK for 2kWh og 28000 NOK for 3kWh (per 3. November 2016). I tillegg kjem installasjonskostnad og moms/meirverdiavgift. Batteria har ein garantert levetid frå produsent på 7 år, medan forventa levetid er oppgitt til å vere 20 år.

[20]

[21]

Batteriet frå Moixa er ikkje med i kostnadssamanlikning frå avsnittet “batterikostnad”, då denne samanlikninga tek utgangspunkt i ein ladesyklus gjennomsnittleg per dag. For Moixa sitt 3kWh batteri får ein garantert 30.000 kWh (10.000 ladesyklusar) for 3125 pund (rekna med ein moms-sats på 25 prosent), eller 34500,- rekna etter dagens kurs (1 pund = 11 NOK). Dette tilsvarar 1,15 kr kostnad/garantert kWh, som er den lågaste prisen eg har funne for batteri i denne kategorien.

Batteria med denne storleiken lagringskapasitet eignar seg best kostnadsmessig for å lagre straumproduksjon om vinteren, då ekstra lagringskapasitet fører til aukt investeringskostnad. For energilagring i periodar med større produksjon vil Moixa sitt batteri vere avhengig av å ha fleire ladesyklusar per døgn. Om ein skal nytte alle ladesyklusane innanfor garantien på 7 år utgjer det i gjennomsnitt 3.91 ladesyklusar per dag. Om dette lar seg gjere kjem an på begrensingar i output (effekt ut) frå batteriet, sidan ein må bruke lagre straum for å kunne lade. I følgje [22] er output på batteriet 430W, noko som gjer eit slikt antal ladesyklusar per dag urealistisk.

Sommar, 7.Mai, høg produksjon, lågt forbruk

Time/Dag	S 07.05.2017	S 07.05.2017
1	0	0,16
2	0	0,42
3	0	0,45
4	0	0,15
5	0	0,15
6	0,003	0,15
7	0,279	0,39
8	1,579	0
9	3,598	0
10	5,174	0
11	6,297	0
12	6,996	0
13	7,234	0
14	7,107	0
15	6,586	0
16	5,607	0
17	4,214	0
18	2,524	0,1
19	0,864	0,03
20	0,579	0,77
21	0,217	1,07
22	0,046	1,68
23	0	1,26
24	0	0,39
Sum	58,904	7,17
Min	0	0
Max	7,234	1,68

Figur 41 – Straumproduksjon vs forbruk, 7. Mai

7. Mai er valt som eksempel då det er det døgnet frå måledataen min med størst straumproduksjon i solcellene til Bjørvik Miljøhus, og såleis er det døgnet som representerer sommarproduksjonen best.

I tidsintervallet 08-17.00 er registrert straumforbruk null, som betyr at for desse timane var straumproduksjonen større enn forbruket. Når registrert straumforbruk er null vert delar av produksjonen i overskot. For timar med null registrert forbruk kan ein ikkje fastsetje nøyaktig kva som var det reelle forbruket, sidan vi ikkje veit mengda som vart ført ut på straumnettet. Ein kan derimot ta utgangspunkt i forbruk frå dagar med lite produksjon i same tidsperiode. Dersom Bjørvik Miljøhus hadde hatt batteri kunne denne overskotsenergien blitt nytta til å lade batteriet. Straumproduksjonen var totalt 58,9kWh dette døgnet, med over 50kWh produsert i perioden 08-17. Her har ein to alternativ for drift av eit batteri:

- 1) Stoppe straumforsyninga frå solcellene til huset i ein bestemt periode for å lade batteri til det er fullada, for så å nytte den resterande straumproduksjonen igjen, før ein til slutt tek frå batteriet når forbruket overstig produksjonen frå klokka 18 og utover. Her vert oppladingshastigheita til batteriet kun bestemt av straumproduksjonen, forutanom eventuelle begrensningar i batteriet.
- 2) La produksjonen frå solcellepanelet forsyne huset, medan overskotet ladar batteriet til det er fullt. For dette alternativet vil batteriet lade seg seinare og mindre kontrollert enn i det første alternativet, og oppladingshastigheita vert bestemt ut frå forbruket, i tillegg til kriteria i alternativ 1. Frå klokka 18 og utover vil ein nytte straum frå batteriet, slik som i alternativ 1.

Eventuelt overskot etter forbruk og energilagring vilførast tilbake på straumnettet, ut frå samanhengen

$\text{Produksjon} - (\text{Forbruk} - \text{Lagring}) = \text{Overskot ført tilbake på nett.}$

Her er det rimeleg å anta at det reelle forbruket i perioden 08-17 var lågt, då dette er ein tidsperiode som gjennomsnittleg har lågt forbruk, sidan det ikkje er naudsynt med forbruk til

oppvarming. Basert på forbruk 29. April, som var eit døgn med låg produksjon (16.5 kWh), kan ein estimere at straumforbruket i Bjørvik Miljøhus 7. Mai 08-17 var omlag 1 kWh i gjennomsnitt per time.

I dette tilfellet får ein då produksjon = 59kWh, Forbruk = 7,17kWh+(9*1)=16,17kWh. For å då forhindre at overskot vart ført tilbake på nettet måtte ein då ha hatt ein lagringskapasitet på om lag 43kWh på batteriet for å kunne utnytte produksjonen maksimalt. Dette er fire gonger så høg kapasitet som 10kWh, ein av dei vanlege kapasitetane for litiumionbatteri berekna for hushaldningar.

Inntjeninga i dette tilfellet kjem an på kva av alternativa, beskrive over, ein nytta for å drifte batteriet. Maksimal inntjening ville ein fått om ein kun lagra i perioden spotprisen var høgst denne dagen, som var i tidsintervallet 10-12. Ei full lading av eit batteri på 10kWh ville vore mogleg på desse to timane, med ei snittinnsparing på om lag 28,7 øre per kWh. For denne straumen slepp ein òg å betale nettleige og avgifter. Gitt ei nettleige på 62 øre per kWh, elavgift på 16 øre/kWh, og pris for lovpålagde elsertifikat, avrunda 2 øre/kWh, ville innsparing per dags dato vore:

$28,7+62+16+2 = 109$ øre/kWh, eller ca 1,1krone/kWh avrunda, eller 11 kroner om kapasiteten var 10kWh. I slike scenario er inntjeninga på veg opp mot det den må vere per ladesyklus for å gå i null med investeringa. Diverre har ein ikkje like god straumproduksjon om hausten, medan produksjonen om vinteren i periodar er tilnærma lik null.

Det mest kostnadseffektive batteriet eg har funne for sommarbruk er Tesla Powerwall 2, med nyttekapasitet 12,2kWh. Tesla oppgir ein kontinuerleg output effekt på 5kWh, den begrensa faktoren for antal ladesyklusar i batteriet på sommarstid vert då straumforbruket. I dette eksempelet er batteriet opplada rundt 10:00. Dersom forbruket hadde vore opp mot 1,5kWh gjennomsnittleg per time, ville den lagra energien vore oppbrukt mellom 10:00 og 17:00, og ein kunne starta på ein syklus nr 2. Ladesyklusar treng ikkje vere heile, og kvar dag talet ladesyklusar overstig ein, er med å kompensere for tap av ladesyklusar på vinterstid.

Tidleg vår og sein haust, 3.Mars, middels produksjon og høgt forbruk

Time/Dag	F 03.03.2017	F 03.03.2017
1	0	3,17
2	0	3,17
3	0	3,2
4	0	3,37
5	0	3,3
6	0	2,75
7	0	2,1
8	0	1,8
9	0,077	1,57
10	0,991	0,55
11	3,069	0
12	4,644	0
13	2,317	0,55
14	2,239	0,07
15	1,57	0,26
16	1,734	0,01
17	0,352	1,07
18	0,037	1,63
19	0	1,54
20	0	1,89
21	0	0,47
22	0	1,19
23	0	0,7
24	0	2,57
Sum	17,03	36,93
Min	0	0
Max	4,644	3,37

Figur 42 – Produksjon vs forbruk

Her er 17kWh produsert i tidsrommet mellom 9-18. Merk at sjølv om forbruket er høgt er verdiane reduserte som følge av høg straumproduksjon. Det reelle forbruket er derfor høgare. Forbruk er vanlegvis lågast midt på dagen, mellom 9-17, som er perioden då produksjon vanlegvis er høgst. Ein vil kunne lade eit batteri med middels (5-7kWh) kapasitet i løpet av dei første 3-4 timane med produksjon. Sidan forbruket er lågt i denne perioden vil ein ikkje kunne bruke opp den lagra energimengda i batteriet tidleg nok til å starte på ladesyklus nummer to.

Ein kan derimot få ein heil ladesyklus for Tesla Powerwall 2 innan 15:00, klar til forbruk frå og med 16:00 og utover, når forbruket tek seg opp utover kvelden. Eventuell lagra energi som ikkje er nytta om kvelden kan nyttast til det høge straumforbruket på natta.

Moixa sitt 3kWh kapasitet batteri er ferdiglada omtrent klokka 11:00. Grunna den tidlegare nemnde begrensinga i effekt ut vil ein ikkje få starta på ladesyklus nummer to, fordi straumproduksjonen føregår over eit kort tidsrom, med nesten 16 av dei totalt 17 produserte kWh er produsert i tidsrommet 10-16.

3.9 Konklusjon

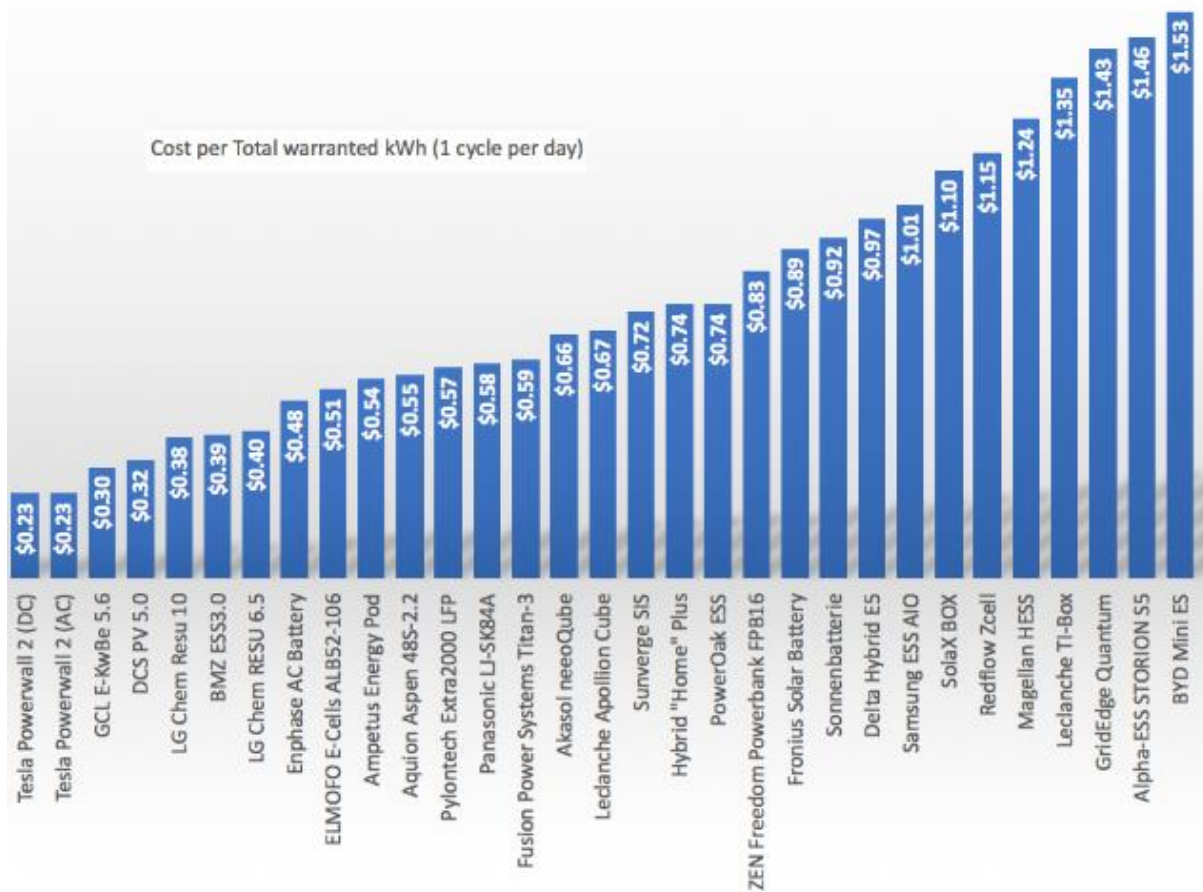
Tesla sitt batteri Powerwall 2 er det mest kostnadseffektive batteriet med batterikapasitet $>10\text{kWh}$. I følge [23] har batteriet uendeleg antal ladesyklusar innanfor garanti på 10 år, gitt visse vilkår for bruken. Sjølv med bruk utanom desse vilkåra kjem det best ut i sin kategori. Garantert levert effekt er då om lag 38MWh .

I perioden Mars-midt/sein Oktober vil Powerwall 2 kunne klare ein heil ladesyklus. På vinterstid vil ikkje batteriet klare ein ladesyklus per dag. Straumproduksjonen om vinteren er mellom $0\text{-}1\text{kWh}$ per dag, med moglegheit for “delvise” ladesyklusar om lag 30 av vinterdagane. For å gjere opp for tapt drift på vinterstid må Tesla Powerwall utnytte vår og sommar maksimalt, og helst ha over ein ladesyklus per dag, spesielt på sommartid. Dette vil la seg gjere, sjølv om ladesyklusar potensielt må vere delvise. Powerwall 2 er eit godt alternativ for å lagre kjøpt straum ved prishopp. Tibber si prishoppoversikt [19] viser at flesteparten at prishoppa oppstår på vinterstid. Powerwall 2 har høg kapasitet med sine $12,2\text{kWh}$, og kjem dermed godt ut dersom ein har auke i prisvolatilitet.

Moixa si batteriløysing er per dags dato den beste innanfor låg kapasitet (3kWh) og høgt antal ladesyklusar (10.000). Grunna høgt antal ladesyklusar og 7 år garanti må dette batteriet helst ha fleire ladesyklusar per dag, om ein skal få nytta ladesyklusane innan garantien. I gjennomsnitt må ein ha opp mot tre ladesyklusar dagleg, medan ein realistisk sett vil slite med å få to heile, sidan batteriet har låg effekt ut, og begrensar hastigheita for utlading av batteriet. I Noreg er tidsrommet for produksjon lågt, spesielt utanom sommaren.

Batteri med mellomstor lagringskapasitet (til dømes $5\text{-}7\text{kWh}$) vil ikkje klare meir enn ein ladesyklus i mars og oktober, men vil klare meir i perioden April-September. Batteri i denne kategorien kjem dårleg ut på prissamanlikningar for garantert kWh levert, ein statistikk som for augneblinken vert dominert av Tesla.

[23]



Figur 43 – Prissamanlikning batteri [23]

Mellom 2010 og 2015 fall gjennomsnittsprisen på litiumionbatteri for energilagring med 80%, frå 1000\$/kWh kapasitet, til om lag 200\$/kWh.

I eit intervju med Greentech Media anslår Ben Kallo frå analysefirmaet RW Baird at batteriprodusenten Tesla sine prisar per kWh kan komme ned i 100\$ i “mellomnær” framtid. [14]

Per dags dato framstår Tesla sin Powerwall 2 som det beste batterialternativet for energilagring, med lågast kostnad av samtlige batteri, for garantert kWh per pris, gitt ein gjennomsnittleg bruk med ein ladesyklus per dag. Kostnaden er om lag 25% lågare enn for nærmaste konkurrent, GCL. Powerwall 2 må riktignok utnytte vår/sommar og prishopp maksimalt.

Tibber si analyse for Powerwall 2 [19] er ei forenkling, då den ikkje tar hensyn til stigande utvikling i pris for straum, nettleige og elavgifter. Dei oppgir at tilbakebetalingstida vil vere 22,7 år, med eit gjennomsnitt på ein ladesyklus per dag. Noko som kan vere tilnærma realistisk gitt ekstra syklusar i sommarperioden, og prishopp i vinterperioden,

Denne tilbakebetalingstida er rekna ut frå nettleiga på gjennomsnittleg 62 øre per kWh, men tek ikkje med kostnad for elavgift (16 øre per kWh). Prisdifferansen er i følge Tibber om lag 8,3 øre per kWh på gjennomsnitt over året. Sjølv om det primært er nettleige ein sparar ved å lagre eigenprodusert straum, må denne differansen med i reknestykket.

Total innsparing per kWh lagra vert då 62 øre per kWh i nettleige, 16 øre per kWh i elavgift, 8,3 øre per kWh gjennomsnittleg differanse i straumpris, og 2 øre i elsertifikatavgift, samla 88 øre avrunda. Dette er ei forenkling, då det ikkje tar hensyn til prishopp, som Powerwall 2 kan utnytte godt. Prishopp i framtida er derimot vanskelege å spå, men er ei av forutsetningane for at Powerwall 2 gjennomsnittleg skal ha ein ladesyklus per dag.

Per dagens vilkår er kostnaden om lag 62000,- for ein Tesla Powerwall, som i verste fall skal garantere leveranse på 38MWh, som tilsvarar om lag 3100 ladesyklusar.

Med dagens prisar er gjennomsnittleg verdi av ei full lading i Powerwall 2 lik $12,2 \text{ kWh} \cdot 0,88 \text{ kr} = 10,736 \text{ NOK}$, som tilsvarar ei nedbetalingstid på 15,8 år ut frå reknestykket. Dette er eit lågt estimat, då ei gjennomsnittleg lading per dag truleg er litt ambisiøst. Om ein reknar 0,85 ladesyklusar i gjennomsnitt per dag (som er det faktisk gjennomsnittet ein kan ha gitt 3100 garanterte ladesyklusar, og garantert levetid 10 år) er tilbakebetalingstida 18,6 år, eller 1,86 så lang som garantien. Ut frå dagens vilkår vil ei halvering i pris, eller ei dobling i lagringskapasitet eller garanti, gitt at ein kan utnytte kapasiteten, gjere batterilagring

lønnsomt for solcelleeigarar. I realiteten vil det vere ein kombinasjon av auke i lagringskapasitet og reduksjon av pris for utstyret som tippa rekneskapen over på plussida

Otovo sine estimat frå avsnittet “tilbakebetalingstid” [16] tilseier ei årleg auke i omlag 4% for straumpris, og 5% for nettleige, eller i overkant av 4,5% totalt. Gitt garantert levetid 10 år for Powerwall 2, vil totalkost for straum om 10 år vere $1,05^9 = 1.55$ gonger kostnaden i dag. Over ein periode på 10 år vil då gjennomsnittet for totaltpis, medrekna utvikling, vere $(1+1.55)/2 = 1,275$ av dagens pris.

$18,6 \text{ år} / 1,275 = 14,6$ års nedbetalingstid, medrekna stigande prisutvikling for straum og nettleige, eller at garantien er 0,69 så lang som nedbetalingstida. Dette betyr òg at dersom prisen fell til under $0.69 \cdot \text{dagens pris}$ vil reknestykket gå i null (omtrentleg). Etter Otovo sine estimat frå [13] vil dette omtrent skje innan eit års tid (merk at ein då flyttar startprisen i år 2016 til 2017).

Energilagring på batteri er per dags dato dermed ikkje lønsamt for hushaldningar med straumproduksjon under norske forhold, sjølv for det mest kostnadseffektive batteriet. Prisen på utstyret er derimot raskt synkande, med 80% nedgang i pris mellom 2010 og 2015, medan lagringskapasiteten er aukande. Om økonomiske tilhøve er viktige vil lønnsamheita auke dess lenger ein ventar med å anskaffe utstyret. Ut frå estimert prisutvikling for batteriutstyr og totalpris for straum vil reknestykket gå i null i løpet av 2018.

Batterilagring for hushaldningar utan straumproduksjon er per dags dato langt frå lønnsamt, då svingingane i straumpris utanom, prishopp, ikkje er store nok til å tjene inn ladesyklusar.

Framgangsmåte med bruk av måledata til å vurdere batteri ut frå teoretiske ladesyklusar etter årstid vil vere gjeldande for alle hushaldningar med eigen straumproduksjon, gitt at dei har data for straumforbruket og produksjonen.

Eventuelt vidare arbeid kan vere å sjå nærare på tekniske spesifikasjonar for batteri, til dømes ideellt straumnivå i ampere og samla effektivitet i heile systemet. Andre oppgåver kan vere å sjå på automatisk drift av batteri etter installasjon i forhold til inn- og utlading, eller løysingar for å tilpasse straumforbruk, med spotpris som utgangspunkt for når ein bør bruke energi.

4 Prosjektadministrasjon

4.1 Organisering

Oppdragsgjevar

Oppdragsgjevar for bacheloroppgåva har vore Enoro ved Håvard Korsvoll, eigar av “Bjørvik Miljøhus”, smarthuset oppgåva tek utgangspunkt i.

Styringsgruppe

Styringsgruppa har bestått av oppdragsgjevar Håvard Korsvoll frå Enoro, intern rettleiar frå HVL Joar Sande, og student Øyvind Sunde, avgangsstudent ved Ingeniørfag Elektro - Automatiseringsteknikk.

Prosjektperiode

Forprosjektperiode varte frå 3. Januar 2017 til 17. februar 2017. Hovudprosjektperioden varte frå 18. februar til 24. mai, dato for presentasjon av oppgåva.

4.2 Gjennomføring i forhold til plan

Oppgåva byggjer vidare på prosjektoppgåva “Solcelle i Smarthus” frå emnet OR2-302 “Ingeniørfagleg Systememne”, og var derfor klar til oppstart av forprosjektperiode 3. Januar, med prosjektbeskrivelse klar til innleveringsfrist 12. Januar. Dette gjorde at eg kom tidleg i gong med arbeidet.

Forprosjektperioden hadde som mål å planlegge gjennomføring av prosjektet, samt konkretisere oppgåva meir med tanke på målsetjing, og innsnevring av problemstilling. I forprosjektperioden vart det konkludert med å ha fokus på batterilagring av energi i det vidare arbeidet i hovudprosjektperioden.

Etter godkjenning av forprosjekt starta eg på sjølve hovudprosjektperioden. Arbeidet har i hovudsak gått etter planen, med ferdigstilling av programmering litt seinare enn planlagt, då framgangsmåte for innhenting av verdiar frå solcelleanlegget måtte endrast undervegs. Dette fekk derimot ikkje noko konsekvensar for resultatet. Sidan prosjektstart 3. Januar har eg jobba jamnt over heile prosjektperioden, med faste dagar sett av til oppgåva.

Tabell 2 - Timebruk

Kl.	Måndag	Tysdag	Onsdag	Torsdag	Fredag
07:30-08:15	Prosjekt	Prosjekt	EL2-300	Valfri	Prosjekt
08:30-09:15	Prosjekt	Prosjekt	EL2-300	Valfri	Prosjekt
09:20-10:10	Prosjekt	Prosjekt	EL2-300	Valfri	Prosjekt
10:20-11:05	Prosjekt	Prosjekt	EL2-300	Valfri	Prosjekt
11:15-12:00	Prosjekt	Prosjekt	Valfri	Valfri	Prosjekt
12:30-13:15	Prosjekt	Prosjekt	Valfri	EL2-300	Prosjekt
13:25-14:10	Prosjekt	Prosjekt	Valfri	EL2-300	Prosjekt
14:20-15:05	Prosjekt	Prosjekt	Valfri	EL2-300	Prosjekt
15:15-1600	Prosjekt	Prosjekt	Valfri	EL2-300	Prosjekt

Arbeidet med oppgåva har fram til veke 13 fulgt timeplan utarbeidd i forprosjektrapporten, med måndag, tysdag og fredag som reine prosjektdagar. På prosjektdagane har eg primært arbeidd med oppgåva frå kontorplassen min hjå Enoro. Onsdagar vart nytta til arbeidet med valfaget EL2-300 “Datamaskiner i Nettverk”, medan torsdagar i denne perioden var nytta til valfaget OR2-301 “Styrt Praksis”. Frå og med veke 13 har torsdagar og fredagar primært vore nytta til å jobbe hjå Enoro, då eg vart tilsett i ei deltidstilling hjå dei under arbeid med oppgåva. For å kompensere for ein tapt dag med prosjektarbeid frå og med veke 13 har eg nytta helgedagar etter behov.

4.3 Generell prosjektevaluering

I arbeid med bacheloroppgåva har eg jobba individuelt, noko som har gått veldig fint. Det krevder derimot at ein er sjølvstendig og har kunnskap til å jobbe med alle delar av prosjektet, i staden for å kunne spesialisere seg på ein bestemt del. Enkelte delar av oppgåva tek òg like lang tid å gjennomføre uavhengig av storleik på gruppa, som til dømes å lage nettstad, pressemelding, plakat og dokument.

Løysinga med å jobbe individuelt fjernar eventuelle problem med kommunikasjon eller ueinigheiter internt i prosjektgruppa. Sidan oppgåva byggjer vidare på prosjekt frå hausten 2016 kjenner eg etter kvart bedrifta godt, noko som har gjort det lettare med tett kommunikasjon med oppdragsgjevar undervegs i prosjektperioden. Eg har òg kjennskap til Enoro via valfaget OR2-301 “Styrt Praksis”. Planlagt framdrift har vore halde godt, med ei lita utsetjing i ferdigstilling av programmering som einaste avvik.

Eg meiner eg har gjennomført og levert eit godt resultat, spesielt gitt gruppestorleiken, og har nytta timane særskild effektivt. Omfanget av oppgåva var tilpassa ein person, og har passa rammene for planlagt arbeidsmengd godt. Tett tilknytning til oppdragsgjevande bedrift har vore med å bidra til å løyse oppgåva innanfor dei gitte rammene

Prosjektet har passa godt til utdanninga mi, og vore ei anledning til å nytte programmering på tvers av fleire plattformer, i samarbeid med teoretisk arbeid, til eit dagsaktuelt formål innanfor fornybar energi. Programmeringsarbeid har òg gjort prosjektet litt mindre teoretisk. Under arbeid med prosjektet har eg fått høve til å setje meg inn i korleis kraftnettet og kraftmarknaden fungerer, noko eg som automasjonsstudent har hatt lite om, men har ønskt å lære meir om.

4.4 Måloppnåing

Hovudmålet for prosjektet, å prosjektere batterilagringalternativ for “Bjørvik Miljøhus” er oppnådd, og alle delmål er oppnådd.

4.5 Arbeidsmetodar

Eg har hatt ubegrensa tilgang til kontorplass hjå Enoro, med tilgang til nødvendig programvare på ein PC eg fekk utlevert ved oppstart i samband med valfaget OR2-301 “Styrt Praksis”. Eg har i hovudsak jobba med oppgåva 3 faste dagar i veka. Arbeidsmetodar har variert mellom teoretisk arbeid, programmering i Netbeans/Java, databasearbeid i Elwin, arbeid i Excel med csv-filer og straumprisar frå NordPool, samt dokumentering av arbeidet undervegs.

4.6 Dokumentstyring

Google Drive vore nytta som lagringsverktøy, med oppretting av ei prosjektmappe, og underliggende mappestruktur for god oversikt, og lett tilgang til dokument på tvers at datamaskiner, noko som har vore nyttig då eg i hovudsak har nytta privat PC til programmeringsarbeid i Netbeans, for å kunne jobbe på to maskiner samstundes, og ha lett tilgang til tidlegare Netbeansprosjekt. Google Drive har òg fungert som ei backuplagring, slik at arbeid ikkje hadde gått tapt ved eventuelle dataproblem.

4.7 Økonomi og Ressursar

Enoro har stilt med alt nødvendig utstyr, og eg har derfor ikkje hatt nokre utgifter. Dette vart fastsett i økonomi i forprosjektrapport.

Veiledande ramme for tidsbruk i prosjektet var sett til 500 timar. Ved innlevering har eg brukt 452 timar før presentasjon.

4.8 Nettstad

Prosjektet har nettstad med adresse <https://oyvsunde.wixsite.com/energilagring>. Nettstaden inneheld informasjon om beskriving av prosjektet, bakgrunnsinformasjon, framgang, dokument og kontaktinformasjon. Nettstaden vart oppretta som ein del av forprosjektperioden, og ferdigstilt ved prosjektslutt i slutten av mai.

Som verktøy for nettstaden har eg nytta wix.com, som er ei skybasert utviklingsplattform for å utvikle nettsider, og som ikkje krev forkunnskapar om programmering. I arbeid med nettstaden er det lagt vekt på oversiktlegheit og innhald.

4.9 Møter

Interne møter i prosjektgruppa fall ut då eg jobba med bacheloroppgåva individuelt. Etter behov har eg kalla inn til møte i styringsgruppa undervegs. Innkalling har skjedd munnleg, og det fins derfor ikkje skriftleg møteinnkalling. I vedlegg finnast det derimot referat frå styringsgruppemøte. Eg har hatt kontinuerleg dialog med oppdragsgjevar og rettleiarar undervegs, med to hovudmøter for styringsgruppa. Eit knytt til forprosjektrapport, i forhold til problemstilling og mål i den, og vidare arbeid. Eit undervegs med status på framgang med hovudrapport.

5 Referansar

- [1] <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/klima/innsiktsartikler-klima/gront-skifte/id2076832/>
- [2] https://snl.no/gr%C3%B8nt_skifte.
- [3] <http://www.fornybar.no/energipolitikk#pol1>
- [4] <https://www.tu.no/artikler/vi-kunne-gjort-ting-mye-enklere-for-oss-selv-men-vi-er-ikke-skrudd-sammen-pa-den-maten/364476>
- [5] <https://www.solarquotes.com.au/battery-storage/how-does-it-work/>
- [6] <http://www.fornybar.no/overforing-og-lagring-av-energi/kraftoverforing>
- [7] <http://www.fornybar.no/kraftmarkedet>
- [8] <https://www.nve.no/elmarkedstilsynet-marked-og-monopol/nettjenester/nettleie/nettleiestatistikk/>
- [9] <http://www.fornybar.no/overforing-og-lagring-av-energi/lagring-av-energi/hvorfor-lagring-av-energi>
- [10] <https://www.solarquotes.com.au/blog/sma-sunny-boy-storage/>
- [11] <http://www.fornybar.no/overforing-og-lagring-av-energi/lagring-av-energi/teknologier-for-lagring-av-energi#ekl>
- [12] <https://www.zcell.com/>
- [13] <https://blog.otovo.no/2016/11/07/miniguide-for-batteri-lonnsomhet/>
- [14] <https://www.greentechmedia.com/articles/read/How-Soon-Can-Tesla-Get-Battery-Cell-Cost-Below-100-per-Kilowatt-Hour>
- [15] <https://www.solarquotes.com.au/battery-storage/comparison-table/>
- [16] <https://blog.otovo.no/2016/05/05/hva-vil-skje-med-stromprisen-fremover/>
- [17] https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/oed/pdf_filer_2/rapport_et_bedre_organisert_stroemnett.pdf
- [18] <http://www.telegraph.co.uk/business/2016/09/14/power-price-surges-to-record-high-on-supply-shortage-fears/>
- [19] <https://blog.tibber.com/no/tesla-batteri-i-norge/>
- [20] <http://www.moixa.com/products/#Tech>
- [21] <http://energystoragereport.info/moixa-wants-install-million-batteries-2020/>
- [22] <https://www.midsummerwholesale.co.uk/pdfs/moixa-datasheet.pdf>
- [23] <https://www.solarquotes.com.au/blog/powerwall-2-warranty/>

Figurliste

- 1 Bjørvik Miljøhus s9
- 2 Samankobling s9
- 3 Samanheng i straumnett s11
- 4 Aktørar i kraftmarknad s12
- 5 Nettleigeområde s14
- 6 Prisområder s15
- 7 Forenkla kopling inverter s20
- 8 Batterikostnad s23
- 9 Prissamanlikning s25
- 10 Utvikling straumpris s27
- 11 Investeringskostnad i straumnett s28
- 12 Prisutvikling elavgift s28
- 13 Prisvolatilitet s29
- 14 Straumpris i Noreg s30
- 15 Prissvingingar i Noreg s31
- 16 Straumforbruk og solbasert produksjon s32
- 17 Tilbakebetaling, Tesla Powerwall, dårlege føresetnadar s34
- 18 Tilbakebetaling, Billeg batteri, gode føresetnadar s35
- 19 Sunny Portal, graf s36
- 20 Sunny Portal, tabell s37
- 21 Døme CSV s38
- 22 XML infodel s39
- 23 XML verdidel s39
- 24 Struktur DOM s40
- 25 Struktur DOM s40
- 26 Oppretting av element s41
- 27 Legge eigenskapar til element s41
- 27 Legge verdiar til eigenskap i element s41
- 28 Innlesing CSV s42
- 29 CSVstruktur i mappe s42
- 30 XML, døme verdidel s43
- 31 Kodelinjer 143-162 s44
- 32 Kodelinjer 175-181 s44
- 33 SoapUI request s45
- 34 SoapUI respons s46
- 35 Elwin målepunkt s47
- 36 Elwin måleserie s48
- 37 Elwin forbrukshistorikk s48
- 38 Sunny Portal, estimert årsproduksjon s49
- 39 Nord Pool spotprisar, excel s50
- 40 Produksjon vs Forbruk 1 Januar s51
- 41 Produksjon vs Forbruk 7. Mai s54
- 42 Produksjon vs Forbruk 3. Mars s57

43 Prissamanlikning batteri s60

Vedleggsliste

- 1 Prosjektavtale
- 2 Gantt-skjema, planlagt framdrift
- 3 Prosjektdagbok
- 4 Risiko
- 5 XML-generator, kode frå Netbeans
- 6 XML verditype
- 7 XML type med verdier
- 8 Utdrag av forbrukshistorikk, Elwin
- 9 Referat styringsgruppemøte

AVTALE OM BACHELOROPPGÅVE VED HVL-AIN, ingeniør Førde

Date: 31.03.2017

Oppgåvetittel: Energilagring i Smarthus

Involverte i oppgåva:

Studentar:	Øyvind Sunde
Samarbeidande verksemd:	Enoro AS w/ Håvard Korsvoll
Prosjektansvarleg:	Øyvind Sunde
Styringsgruppe:	Øyvind Sunde (HVL) Joar Sande (Rettleiar, HVL) Håvard Korsvoll (Oppdragsgjever, Enoro)

Finansiering:

Reglar for gjennomføring og bruk av resultatet:

Mellom studentane, HVL-AIN og Enoro AS er det inngått følgjande avtale:

- 1) Høgskulen kan ikkje, overfor eventuell ekstern samarbeidspartnar, garantere sluttresultatet på eit studentprosjekt.
- 2) Ekstern samarbeidspartnar skal ha kopi av rapporten.
- 3) Oppgåveresultatet, med rapport, teikningar, modell, apparatur, program osv. er Enoro AS sin eigedom. HVL sin bruk av resultatet/rapporten er avgrensa til undervisnings-, rekrutterings- og forskningsformål, og skal utøvast i forståing med Enoro AS.
- 4) Student(ane) og ekstern samarbeidspartnar godkjenner at rapporten kan kopierast til andre. Det skal lagast internettpresentasjon av prosjektet. AIN har høve til å redigere og nytte informasjon frå denne presentasjonen.
- 5) Deler av rapporten som eventuelt skal vere unnateke offentlegheita, blir lagt i lukka vedlegg, og skal ikkje kopierast utan at det er henta inn særskilt avtale frå Enoro AS.
- 6) Rettane til utnytting av resultatet kommersielt eller ved dagleg drift tilfall Enoro AS.

Reglane er aksepterte:

		
HVL-AIN	Samarbeidspartnar	Student(ar)

Vedlegg 1

Tasks	Progress	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Forprosjekt	4 / 4																						
Prosjektidè og prosjektbeskrivelse	1 / 1																						
Forprosjektrapport	1 / 1																						
Oppretting av nettside	1 / 1																						
Rettlese	1 / 1																						
Hovuddel	1 / 1																						
Programmering	2 / 2																						
Programmere filgenerator	1 / 1																						
Import av verdier til database	1 / 1																						
Formidling	6 / 6																						
Skrive rapport	1 / 1																						
Rettlese rapport	1 / 1																						
Nettside	1 / 1																						
Plakat	1 / 1																						
Pressemelding	1 / 1																						
Presentasjon	1 / 1																						
Frist	d																						
Under arbeid	w																						
Ikkje påbegynt	-																						
Ferdig	.																						
Fase	x																						

Vedlegg 2

Vekenummer	Mån	Tirs	Ons	Tors	Fre	Lør	Søn	Totalt	
1			8			8		16	
2		8	8			8		40	
3		8	8			8		64	
4			8			8		80	
5		8	8			8		104	
6		8	8			8		128	
7		8	8			8		152	
8		8	8			8		176	
9		8	8			8		200	
10		8	8			8		224	
11		8	8			8		248	
12		8	8			8		272	
13		8	8				8	296	
14		8	8				3	5	320
15		8	8				2	6	344
16		8	8						360
17		8	8						376
18		8	8						392
19		8	8				2	6	424
20		8	8	8	8	4			452
Totalt	Notat								
16	Oppretting av dokument 2; start prosjektbeskrivelse 5; planlegging 3; teorilesing 6								
40	Opprette nettside 8, møte med oppdragsgjevar, kontakt med Sintef og planlegging ferdigstilling prosjektbeskrivelse; samla 8, teorilesing;8								
64	Start forprosjekt, innsamling og gjennomlesing av teoretisk informasjon; samla 16, nettside, kontakt med Sintef; samla 8								
80	Nettside og Forprosjektrapport;8, Teori;8, Start programmering av filgenerator, filstruktur; 8								
104	Forprosjektrapport og Teori;8, Innhenting av verdier filgenerator;8, Nettside 8								
128	Programmering filstruktur;8, Teori;6, Dokumentoppretting;2, Programmering;8								
152	Ferdigstilling av Forprosjektrapport og Teori;8, Start Hovudrapport;3, Ferdigstilling nettside; 5, Programmering filgenerator;8								
176	Teori;8, Hovudrapport;8, Programmering 8								
200	Hovudrapport og Teori fordelt litt utover, ca 16 totalt, og Programmering 8, filscanning og endmig i struktur								
224	Hovudrapport og Teori fordelt litt utover, ca 16 totalt, og Programmering 8, tidshandtering og struktur								
248	Hovudrapport og Teori, 12 totalt. Databasearbeid, tidshandtering, struktur 8, Nettsideoppdatering 4								
272	Hovudrapport og Teori, 16 totalt. Ferdigstilling av struktur 6 + tidshandtering 2								
296	Hovudrapport 16 og programmering 8, fordelt på forbedring av csvsplit, struktur, datohandtering og start import								
320	Hovudrapport 8+8, Oppdatering nettside 3, midtvegspresentasjon 5								
344	Midtvegspresentasjon og framføring, 8 kvar								
360	Hovudrapport 8, Programmering 8								
376	Hovudrapport 8, Programmering, database, import 8 samla								
392	Hovudrapport 8, Programmeringsdetaljar 8								
424	Hovudrapport 8+6, Pressemelding2, Plakat 2+2, Hovudrapport 4								
452	Feilretting, generering, importering; 8, Hovudrapport8+8+2, Plakat;6, Hovudrapport 4								
	Estimert tidsbruk for presentasjon+opprydding i veke 21 og 22: ca 40-45 timar								

Vedlegg 3 - Prosjektdagbok

Nr	Hending	Sannsyn	Konsekvens	Risiko
1	Dårlig måledata, vanskeleg å konkludere	3	3	9
2	Programmeringsfeil, får ikkje filgenerator til å fungere	3	3	9
3	Langvarig sjukdom, fråvær	1	5	5
4	Generell tidsnaud	3	4	12
5	Tidskonflikt mellom oppgåve og andre fag	3	3	9
6	Utsetting av arbeid som resultat av meir tidbruk andre plassar	3	3	9
7	Aktuelle personar hjå Enoro ikkje tilgjengelege	4	2	8
8	Krevande å jobbe åleine	4	3	12

Tiltak
Byrje med teoretisk research og programmering av generator, slik at sjølv arbeidet med måleverdiar vert gjort på våren, når ein har betre verdiar.
Få hjelp frå tilsette hjå Enoro for å løyse problemet, eventuelt få assistanse frå lærarar. Siste utveg er å programmere filer manuelt.
Lite sannsynleg, men og ekstra stor konsekvens sidan eg jobbar individuelt. Einaste tiltak er å jobbe tapt tid inn att seinare.
Ekstra jobbing utanom vanleg tid 0730-1530, assistanse frå tilsette hjå Enoro / Sintef kan hjelpe om ein står fast ved eit problem.
Jobbe godt med bachelor i periodar med lite å gjere i det andre faget
Same som nr 4
Jobbe med andre oppgåver medan den aktuelle personen er opptatt
Same som nr 4. På førehand klar over situasjonen

Vedlegg 4 - Risiko

Start vedlegg 5, XMLgenerator, sommartidform, verdidel

```
package xmlkunverdiar;

import javax.xml.parsers.DocumentBuilder;
import javax.xml.parsers.DocumentBuilderFactory;
import javax.xml.transform.OutputKeys;
import javax.xml.transform.Transformer;
import javax.xml.transform.TransformerFactory;
import javax.xml.transform.dom.DOMSource;
import javax.xml.transform.stream.StreamResult;
import org.w3c.dom.Document;
import org.w3c.dom.Element;
import org.w3c.dom.Node;

import java.io.BufferedReader;
import java.io.File;
import java.io.FileReader;
import java.io.IOException;
import java.text.SimpleDateFormat;
import java.util.ArrayList;
import java.util.Calendar;
import java.util.List;                                     //importering av biblioteket

public class Xmlkunverdiar {

    public static void main(String[] args) {
        List<String> list = new ArrayList<>();              //oppretting av liste for
innsourcing av CSV-filer
        String myDirectoryPath = "D:/csvveker/";          //String for å lese inn
csv.filer frå mappe
```

```

        Calendar cal = Calendar.getInstance();                //Datohandtering. Set
startdatoen XML-filene skal ha.

        cal.set(2017, Calendar.MAY, 8, 0,0,1);                //Henholdsvis dato, time,
minutt og sekund

                                                                //Dato kunne òg vore handtert automatisk,
men denne løysinga

                                                                //gav ei lett handtering av byte i generator
mellom vinter-

                                                                //og sommartid struktur

File dir = new File(myDirectoryPath);

File[] directoryListing = dir.listFiles();                    //Directory, innlisting av
csvfiler

if (directoryListing != null) {

    //      System.out.println(directoryListing.length);      //Valfri utskrift for å
kontrollere antal filer

    for (File child : directoryListing) {

        String csvFile = child.getPath();

        String line = "";                                     //Funksjonalitet for å splitte csv-filer
        String csvSplitBy = ";";                             //Set teikn for splitting til ;

        try (BufferedReader br = new BufferedReader(new FileReader(csvFile))) {

            while ((line = br.readLine()) != null) {           //les inn frå csv-filer så lenge
det er fleire linjer

                String[] test = line.split(csvSplitBy);

```

```

        String b = test[1];                //Legg verdier frå kolonne 1
(straumproduksjon)

        list.add(b);

    }

} catch (IOException e) {

    e.printStackTrace();

}

DocumentBuilderFactory icFactory = DocumentBuilderFactory.newInstance();
DocumentBuilder icBuilder;

try {
    icBuilder = icFactory.newDocumentBuilder();        //Oppretting av
hovudelement (RootElement)
    Document doc = icBuilder.newDocument();
    Element mainRootElement = doc.createElementNS("Test", "DataList");
    doc.appendChild(mainRootElement);

    Element value = doc.createElement("met:Value");    //Oppretting av
underelement for verdier

    //Dei tre oppretta elementa under nyttast kun ved generering av ei og ei fil
    //Då desse elementa inneheld informasjon for SoapUI

    Element datalist = doc.createElement("met:DataList");    //Oppretting av
underelement DataList

```

```
        datalist.appendChild(value);                //legg inn element value som
"barn" av datalist
```

```
        Element maaleverdier =
doc.createElement("met:MAALEVERDIER");//Oppretting av underelement
MAALEVERDIER
```

```
        maaleverdier.appendChild(datalist);          //legg inn datalist som "barn"
av maaleverdier
```

```
        Element valuey = doc.createElement("met:Value");    //Oppretting av
underelement valueY
```

```
        //(anna element enn value over)
```

```
        valuey.appendChild(maaleverdier);              //legg inn valueY som
"barn" av maaleverdier
```

```
        SimpleDateFormat simpleDateFormat1 = new SimpleDateFormat("yyyy-MM-
dd"); //datohandtering
```

```
        cal.add(Calendar.HOUR,-1);                    //tidsfunksjon for sommartid
//sjå kommentering i linjer 134-136
```

```
        //System.out.println(cal.getTime());          //utskrift nytta for å sjekke kva
dato som
```

```
        //er sett
```

```
        //Under: Innlegging av "barn" element til RootElement
```

```

        mainRootElement.appendChild(getValue(doc, "1",
(simpleDateFormat1.format(cal.getTime())) + "T23:00:00", (list.get(1)), "60", "2"));
        cal.add(Calendar.HOUR,1);                                //tidsfunksjonalitet for
sommartid

        mainRootElement.appendChild(getValue(doc, "2",
(simpleDateFormat1.format(cal.getTime())) + "T00:00:00", (list.get(2)), "60", "2"));
        mainRootElement.appendChild(getValue(doc, "3",
(simpleDateFormat1.format(cal.getTime())) + "T01:00:00", (list.get(3)), "60", "2"));
        mainRootElement.appendChild(getValue(doc, "4",
(simpleDateFormat1.format(cal.getTime())) + "T02:00:00", (list.get(4)), "60", "2"));
        mainRootElement.appendChild(getValue(doc, "5",
(simpleDateFormat1.format(cal.getTime())) + "T03:00:00", (list.get(5)), "60", "2"));
        mainRootElement.appendChild(getValue(doc, "6",
(simpleDateFormat1.format(cal.getTime())) + "T04:00:00", (list.get(6)), "60", "2"));
        mainRootElement.appendChild(getValue(doc, "7",
(simpleDateFormat1.format(cal.getTime())) + "T05:00:00", (list.get(7)), "60", "2"));
        mainRootElement.appendChild(getValue(doc, "8",
(simpleDateFormat1.format(cal.getTime())) + "T06:00:00", (list.get(8)), "60", "2"));
        mainRootElement.appendChild(getValue(doc, "9",
(simpleDateFormat1.format(cal.getTime())) + "T07:00:00", (list.get(9)), "60", "2"));
        mainRootElement.appendChild(getValue(doc, "10",
(simpleDateFormat1.format(cal.getTime())) + "T08:00:00", (list.get(10)), "60", "2"));
        mainRootElement.appendChild(getValue(doc, "11",
(simpleDateFormat1.format(cal.getTime())) + "T09:00:00", (list.get(11)), "60", "2"));
        mainRootElement.appendChild(getValue(doc, "12",
(simpleDateFormat1.format(cal.getTime())) + "T10:00:00", (list.get(12)), "60", "2"));
        mainRootElement.appendChild(getValue(doc, "13",
(simpleDateFormat1.format(cal.getTime())) + "T11:00:00", (list.get(13)), "60", "2"));
        mainRootElement.appendChild(getValue(doc, "14",
(simpleDateFormat1.format(cal.getTime())) + "T12:00:00", (list.get(14)), "60", "2"));
        mainRootElement.appendChild(getValue(doc, "15",
(simpleDateFormat1.format(cal.getTime())) + "T13:00:00", (list.get(15)), "60", "2"));

```

```

        mainRootElement.appendChild(getValue(doc, "16",
(simpleDateFormat1.format(cal.getTime())) + "T14:00:00", (list.get(16)), "60", "2"));
        mainRootElement.appendChild(getValue(doc, "17",
(simpleDateFormat1.format(cal.getTime())) + "T15:00:00", (list.get(17)), "60", "2"));
        mainRootElement.appendChild(getValue(doc, "18",
(simpleDateFormat1.format(cal.getTime())) + "T16:00:00", (list.get(18)), "60", "2"));
        mainRootElement.appendChild(getValue(doc, "19",
(simpleDateFormat1.format(cal.getTime())) + "T17:00:00", (list.get(19)), "60", "2"));
        mainRootElement.appendChild(getValue(doc, "20",
(simpleDateFormat1.format(cal.getTime())) + "T18:00:00", (list.get(20)), "60", "2"));
        mainRootElement.appendChild(getValue(doc, "21",
(simpleDateFormat1.format(cal.getTime())) + "T19:00:00", (list.get(21)), "60", "2"));
        mainRootElement.appendChild(getValue(doc, "22",
(simpleDateFormat1.format(cal.getTime())) + "T20:00:00", (list.get(22)), "60", "2"));
        mainRootElement.appendChild(getValue(doc, "23",
(simpleDateFormat1.format(cal.getTime())) + "T21:00:00", (list.get(23)), "60", "2"));
        mainRootElement.appendChild(getValue(doc, "24",
(simpleDateFormat1.format(cal.getTime())) + "T22:00:00", (list.get(24)), "60", "2"));

```

//Dette kunne òg vore koda i ein loop med teljar <25, men eg har valt å kode den fullstendige lista for å

//tydeleg illustrere kvar av dei 24 timane i døgnet. Fullstendig koding av lista er òg å føretrekke for

//å kunne endre oppsettet mellom vintertid, der XML startar på timen 00, og sommartid, der XML startar på time 23 dagen før

```

cal.add(Calendar.DATE, 1);                                //Legg til ein dag på sett dato,
slik at neste dato vert rett

```

```

// output DOM XML to console

```

```

//          System.out.println("<soapenv:Envelope
xmlns:sopenv=\"http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/\" xmlns:met=urn:no:elis:elwin:
metervalue:1:0\">");
//          System.out.println("<soapenv:Header/>");
//          System.out.println("<soapenv:Body>");
//          System.out.println("<met:INSERT_METERVALUES>");
//          System.out.println("<met:MEASURINGPOINTINFO>");
//          System.out.println("<!--Optional:-->");
//          System.out.println("<met:DataList>");
//          System.out.println("<!--Zero or more repetitions:-->");
//          System.out.println("<met:Value>");
//          System.out.println("<!--Optional:-->");
//
System.out.println("<met:EAN>707057500084151163</met:EAN>");
//          System.out.println("<!--Optional:-->");
//
System.out.println("<met:METERNUMBER>123456789</met:METERNUMBER>");
//          System.out.println("<!--Optional:-->");
//
System.out.println("<met:METERTYPE>2</met:METERTYPE>");
//
System.out.println("<met:VALUETYPE>0</met:VALUETYPE>");
//          System.out.println("<!--Optional:-->");
//          System.out.println("<met:MAALEVERDIER>");
//          System.out.println("<!--Optional:-->");
//          System.out.println("<met:DataList>");

```

//Under: Oppsett for utskrift av DOM-objekt

```

Transformer transformer =
TransformerFactory.newInstance().newTransformer();
transformer.setOutputProperty(OutputKeys.INDENT, "yes");

```

```

DOMSource source = new DOMSource(doc);
StreamResult console = new StreamResult(System.out);
transformer.transform(source, console);

//      System.out.println("</met:MAALEVERDIER>");
//      System.out.println("</met:Value>");
//      System.out.println("</met:DataList>");
//      System.out.println("</met:MEASURINGPOINTINFO>");
//      System.out.println("</met:INSERT_METERVALUES>");
//      System.out.println("</soapenv:Body>");
//      System.out.println("</soapenv:Envelope>");

        } catch (Exception e) {
            e.printStackTrace();
        }
        list.clear();                                //tømmer liste slik at den kan motta nye
verdiar
    }
    } else {

    }

}

```

```

private static Node getValue(Document doc, String id, String FBDATE, String QTY,
String INTERVAL, String QUALITY) {
    Element value = doc.createElement("met:Value");

    value.appendChild(getValueElements(doc, value, "met:FBDATE", FBDATE));
    value.appendChild(getValueElements(doc, value, "met:QTY", QTY));
    value.appendChild(getValueElements(doc, value, "met:INTERVAL", INTERVAL));
    value.appendChild(getValueElements(doc, value, "met:QUALITY", QUALITY));

    return value;
}

```

```

private static Node getValuey(Document doc, String id, String EAN, String
METERNUMBER, String METERTYPE, String VALUETYPE) {
    Element valuey = doc.createElement("Met:Value");
    valuey.appendChild(getValueyElements(doc, valuey, "met:EAN", EAN));
    return valuey;
}

```

//Under: Metodar for å lage tekstnode

```

private static Node getValueElements(Document doc, Element element, String name,
String value) {
    Element node = doc.createElement(name);
    node.appendChild(doc.createTextNode(value));
    return node;
}

```

```
private static Node getValueyElements(Document doc, Element element, String name,  
String valuey) {  
    Element node = doc.createElement(name);  
    node.appendChild(doc.createTextNode(valuey));  
    return node;  
}  
  
}
```

Slutt vedlegg 5

Start vedlegg 6, XML frå generator, verditype

```
<met:Value>
<met:FBDATE>2017-02-27T00:00:00</met:FBDATE>
<met:QTY>0.000</met:QTY>
<met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
<met:QUALITY>2</met:QUALITY>
</met:Value>
<met:Value>
<met:FBDATE>2017-02-27T01:00:00</met:FBDATE>
<met:QTY>0.000</met:QTY>
<met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
<met:QUALITY>2</met:QUALITY>
</met:Value>
<met:Value>
<met:FBDATE>2017-02-27T02:00:00</met:FBDATE>
<met:QTY>0.000</met:QTY>
<met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
<met:QUALITY>2</met:QUALITY>
</met:Value>
<met:Value>
<met:FBDATE>2017-02-27T03:00:00</met:FBDATE>
<met:QTY>0.000</met:QTY>
<met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
<met:QUALITY>2</met:QUALITY>
</met:Value>
<met:Value>
<met:FBDATE>2017-02-27T04:00:00</met:FBDATE>
<met:QTY>0.000</met:QTY>
<met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
<met:QUALITY>2</met:QUALITY>
</met:Value>
<met:Value>
<met:FBDATE>2017-02-27T05:00:00</met:FBDATE>
<met:QTY>0.000</met:QTY>
<met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
<met:QUALITY>2</met:QUALITY>
</met:Value>
<met:Value>
<met:FBDATE>2017-02-27T06:00:00</met:FBDATE>
<met:QTY>0.000</met:QTY>
<met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
```

<met:QUALITY>2</met:QUALITY>
 </met:Value>
 <met:Value>
 <met:FBDATE>2017-02-27T07:00:00</met:FBDATE>
 <met:QTY>0.000</met:QTY>
 <met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
 <met:QUALITY>2</met:QUALITY>
 </met:Value>
 <met:Value>
 <met:FBDATE>2017-02-27T08:00:00</met:FBDATE>
 <met:QTY>0.108</met:QTY>
 <met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
 <met:QUALITY>2</met:QUALITY>
 </met:Value>
 <met:Value>
 <met:FBDATE>2017-02-27T09:00:00</met:FBDATE>
 <met:QTY>0.385</met:QTY>
 <met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
 <met:QUALITY>2</met:QUALITY>
 </met:Value>
 <met:Value>
 <met:FBDATE>2017-02-27T10:00:00</met:FBDATE>
 <met:QTY>0.713</met:QTY>
 <met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
 <met:QUALITY>2</met:QUALITY>
 </met:Value>
 <met:Value>
 <met:FBDATE>2017-02-27T11:00:00</met:FBDATE>
 <met:QTY>1.143</met:QTY>
 <met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
 <met:QUALITY>2</met:QUALITY>
 </met:Value>
 <met:Value>
 <met:FBDATE>2017-02-27T12:00:00</met:FBDATE>
 <met:QTY>0.807</met:QTY>
 <met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
 <met:QUALITY>2</met:QUALITY>
 </met:Value>
 <met:Value>
 <met:FBDATE>2017-02-27T13:00:00</met:FBDATE>
 <met:QTY>0.571</met:QTY>
 <met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>

<met:QUALITY>2</met:QUALITY>
 </met:Value>
 <met:Value>
 <met:FBDATE>2017-02-27T14:00:00</met:FBDATE>
 <met:QTY>0.870</met:QTY>
 <met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
 <met:QUALITY>2</met:QUALITY>
 </met:Value>
 <met:Value>
 <met:FBDATE>2017-02-27T15:00:00</met:FBDATE>
 <met:QTY>0.571</met:QTY>
 <met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
 <met:QUALITY>2</met:QUALITY>
 </met:Value>
 <met:Value>
 <met:FBDATE>2017-02-27T16:00:00</met:FBDATE>
 <met:QTY>0.241</met:QTY>
 <met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
 <met:QUALITY>2</met:QUALITY>
 </met:Value>
 <met:Value>
 <met:FBDATE>2017-02-27T17:00:00</met:FBDATE>
 <met:QTY>0.031</met:QTY>
 <met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
 <met:QUALITY>2</met:QUALITY>
 </met:Value>
 <met:Value>
 <met:FBDATE>2017-02-27T18:00:00</met:FBDATE>
 <met:QTY>0.000</met:QTY>
 <met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
 <met:QUALITY>2</met:QUALITY>
 </met:Value>
 <met:Value>
 <met:FBDATE>2017-02-27T19:00:00</met:FBDATE>
 <met:QTY>0.000</met:QTY>
 <met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
 <met:QUALITY>2</met:QUALITY>
 </met:Value>
 <met:Value>
 <met:FBDATE>2017-02-27T20:00:00</met:FBDATE>
 <met:QTY>0.000</met:QTY>
 <met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>

<met:QUALITY>2</met:QUALITY>
</met:Value>
<met:Value>
<met:FBDATE>2017-02-27T21:00:00</met:FBDATE>
<met:QTY>0.000</met:QTY>
<met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
<met:QUALITY>2</met:QUALITY>
</met:Value>
<met:Value>
<met:FBDATE>2017-02-27T22:00:00</met:FBDATE>
<met:QTY>0.000</met:QTY>
<met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
<met:QUALITY>2</met:QUALITY>
</met:Value>
<met:Value>
<met:FBDATE>2017-02-27T23:00:00</met:FBDATE>
<met:QTY>0.000</met:QTY>
<met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
<met:QUALITY>2</met:QUALITY>
</met:Value>

Slutt vedlegg 6

Start vedlegg 7, XML frå generator, type med informasjon til soap

```
<soapenv:Envelope xmlns:soapenv="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/"
xmlns:met="urn:no:elis:elwin:metervalue:1:0">

<soapenv:Header/>

<soapenv:Body>

<met:INSERT_METERVALUES>

<met:MEASURINGPOINTINFO>

<!--Optional:-->

<met:DataList>

<!--Zero or more repetitions:-->

<met:Value>

<!--Optional:-->

<met:EAN>707057500084151163</met:EAN>

<!--Optional:-->

<met:METERNUMBER>123456789</met:METERNUMBER>

<!--Optional:-->

<met:METERTYPE>2</met:METERTYPE>

<met:VALUETYPE>0</met:VALUETYPE>

<!--Optional:-->

<met:MAALEVERDIER>

<!--Optional:-->

<met:DataList>

<met:Value>

<met:FBDATE>2017-04-09T23:00:00</met:FBDATE>

<met:QTY>0.000</met:QTY>

<met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>

<met:QUALITY>2</met:QUALITY>

</met:Value>

<met:Value>

<met:FBDATE>2017-04-10T00:00:00</met:FBDATE>

<met:QTY>0.000</met:QTY>

<met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>

<met:QUALITY>2</met:QUALITY>
```

</met:Value>
 <met:Value>
 <met:FBDATE>2017-04-10T01:00:00</met:FBDATE>
 <met:QTY>0.000</met:QTY>
 <met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
 <met:QUALITY>2</met:QUALITY>
 </met:Value>
 <met:Value>
 <met:FBDATE>2017-04-10T02:00:00</met:FBDATE>
 <met:QTY>0.000</met:QTY>
 <met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
 <met:QUALITY>2</met:QUALITY>
 </met:Value>
 <met:Value>
 <met:FBDATE>2017-04-10T03:00:00</met:FBDATE>
 <met:QTY>0.000</met:QTY>
 <met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
 <met:QUALITY>2</met:QUALITY>
 </met:Value>
 <met:Value>
 <met:FBDATE>2017-04-10T04:00:00</met:FBDATE>
 <met:QTY>0.000</met:QTY>
 <met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
 <met:QUALITY>2</met:QUALITY>
 </met:Value>
 <met:Value>
 <met:FBDATE>2017-04-10T05:00:00</met:FBDATE>
 <met:QTY>0.000</met:QTY>
 <met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
 <met:QUALITY>2</met:QUALITY>
 </met:Value>
 <met:Value>
 <met:FBDATE>2017-04-10T06:00:00</met:FBDATE>
 <met:QTY>0.035</met:QTY>

<met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
 <met:QUALITY>2</met:QUALITY>
 </met:Value>
 <met:Value>
 <met:FBDATE>2017-04-10T07:00:00</met:FBDATE>
 <met:QTY>0.098</met:QTY>
 <met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
 <met:QUALITY>2</met:QUALITY>
 </met:Value>
 <met:Value>
 <met:FBDATE>2017-04-10T08:00:00</met:FBDATE>
 <met:QTY>0.726</met:QTY>
 <met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
 <met:QUALITY>2</met:QUALITY>
 </met:Value>
 <met:Value>
 <met:FBDATE>2017-04-10T09:00:00</met:FBDATE>
 <met:QTY>0.763</met:QTY>
 <met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
 <met:QUALITY>2</met:QUALITY>
 </met:Value>
 <met:Value>
 <met:FBDATE>2017-04-10T10:00:00</met:FBDATE>
 <met:QTY>1.116</met:QTY>
 <met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
 <met:QUALITY>2</met:QUALITY>
 </met:Value>
 <met:Value>
 <met:FBDATE>2017-04-10T11:00:00</met:FBDATE>
 <met:QTY>2.707</met:QTY>
 <met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
 <met:QUALITY>2</met:QUALITY>
 </met:Value>
 <met:Value>

<met:FBDATE>2017-04-10T12:00:00</met:FBDATE>
<met:QTY>4.012</met:QTY>
<met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
<met:QUALITY>2</met:QUALITY>
</met:Value>
<met:Value>
<met:FBDATE>2017-04-10T13:00:00</met:FBDATE>
<met:QTY>2.368</met:QTY>
<met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
<met:QUALITY>2</met:QUALITY>
</met:Value>
<met:Value>
<met:FBDATE>2017-04-10T14:00:00</met:FBDATE>
<met:QTY>1.278</met:QTY>
<met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
<met:QUALITY>2</met:QUALITY>
</met:Value>
<met:Value>
<met:FBDATE>2017-04-10T15:00:00</met:FBDATE>
<met:QTY>0.598</met:QTY>
<met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
<met:QUALITY>2</met:QUALITY>
</met:Value>
<met:Value>
<met:FBDATE>2017-04-10T16:00:00</met:FBDATE>
<met:QTY>0.640</met:QTY>
<met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
<met:QUALITY>2</met:QUALITY>
</met:Value>
<met:Value>
<met:FBDATE>2017-04-10T17:00:00</met:FBDATE>
<met:QTY>0.316</met:QTY>
<met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
<met:QUALITY>2</met:QUALITY>

```

</met:Value>
<met:Value>
<met:FBDATE>2017-04-10T18:00:00</met:FBDATE>
<met:QTY>0.145</met:QTY>
<met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
<met:QUALITY>2</met:QUALITY>
</met:Value>
<met:Value>
<met:FBDATE>2017-04-10T19:00:00</met:FBDATE>
<met:QTY>0.009</met:QTY>
<met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
<met:QUALITY>2</met:QUALITY>
</met:Value>
<met:Value>
<met:FBDATE>2017-04-10T20:00:00</met:FBDATE>
<met:QTY>0.000</met:QTY>
<met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
<met:QUALITY>2</met:QUALITY>
</met:Value>
<met:Value>
<met:FBDATE>2017-04-10T21:00:00</met:FBDATE>
<met:QTY>0.000</met:QTY>
<met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
<met:QUALITY>2</met:QUALITY>
</met:Value>
<met:Value>
<met:FBDATE>2017-04-10T22:00:00</met:FBDATE>
<met:QTY>0.000</met:QTY>
<met:INTERVAL>60</met:INTERVAL>
<met:QUALITY>2</met:QUALITY>
</met:Value>
</met:DataList>
</met:MAALEVERDIER>
</met:Value>

```

```
</met:DataList>  
</met:MEASURINGPOINTINFO>  
</met:INSERT_METERVALUES>  
</soapenv:Body>  
</soapenv:Envelope>
```

Slutt vedlegg 7

Netteigar málar-ID	Kn	Teljeverk	Dato	Retning	Stand	Kons	Forbruk (kWh/-kW)	Avre	Beh.type	Ársak	Avlesar
123456789	1	2	15.05.2017	Inn	1817,566	1	182,51		Normal		Fjernavlest
123456789	1	2	08.05.2017	Inn	1635,055	1	365,13		Normal		Fjernavlest
123456789	1	2	01.05.2017	Inn	1269,924	1	280,5		Normal		Fjernavlest
123456789	1	2	24.04.2017	Inn	989,425	1	173,1		Normal		Fjernavlest
123456789	1	2	17.04.2017	Inn	816,328	1	180,04		Normal		Fjernavlest
123456789	1	2	10.04.2017	Inn	636,293	1	86,67		Normal		Fjernavlest
123456789	1	2	03.04.2017	Inn	549,621	1	88,98		Normal		Fjernavlest
123456789	1	2	27.03.2017	Inn	460,637	1	64,2		Normal		Everk
123456789	1	2	20.03.2017	Inn	396,435	1	47,6		Normal		Fjernavlest
123456789	1	2	13.03.2017	Inn	348,833	1	69,08		Normal		Fjernavlest
123456789	1	2	06.03.2017	Inn	279,757	1	82,36		Normal		Fjernavlest
123456789	1	2	27.02.2017	Inn	197,398	1	20,82		Normal		Fjernavlest
123456789	1	2	20.02.2017	Inn	176,581	1	12,88		Normal		Fjernavlest
123456789	1	2	13.02.2017	Inn	163,699	1	12,11		Normal		Fjernavlest
123456789	1	2	06.02.2017	Inn	151,59	1	8,49		Normal		Fjernavlest
123456789	1	2	30.01.2017	Inn	143,103	1	5,73		Normal		Fjernavlest
123456789	1	2	23.01.2017	Inn	137,372	1	2,6		Normal		Fjernavlest
123456789	1	2	16.01.2017	Inn	134,768	1	1,46		Normal		Fjernavlest
123456789	1	2	09.01.2017	Inn	133,306	1	2,04		Normal		Fjernavlest
123456789	1	2	02.01.2017	Inn	131,264	1	0,56		Normal		Fjernavlest
123456789	1	2	26.12.2016	Inn	130,702	1	0,69		Normal		Fjernavlest
123456789	1	2	19.12.2016	Inn	130,017	1	0,69		Normal		Fjernavlest
123456789	1	2	12.12.2016	Inn	129,331	1	1,85		Normal		Fjernavlest
123456789	1	2	05.12.2016	Inn	127,477	1	3,01		Normal		Fjernavlest
123456789	1	2	28.11.2016	Inn	124,464	1	3,23		Normal		Fjernavlest
123456789	1	2	21.11.2016	Inn	121,234	1	4,43		Normal		Fjernavlest

Vedlegg 8 Utdrag av forbrukshistorikk, Elwin

Vedlegg 9 Møtereferat Styringsgruppe

24.02 Skypemøte. Tilstade: Øyvind Sunde (Student og Prosjektansvarleg), Håvard Korsvoll (Oppdragsgjevar ved Enoro), Joar Sande (Ansvarleg Rettleiar, HVL).

Tema: Godkjenning av forprosjektrapport, samtale rundt problemstilling og målformulering og godkjenning av desse. Neste milepæl midtvegspresentasjon. Samtale rundt vidare arbeid med hovudrapport og programmering.

09.05 Skypemøte. Tilstade: Øyvind Sunde (Student og Prosjektansvarleg), Håvard Korsvoll (Oppdragsgjevar ved Enoro), Joar Sande (Ansvarleg Rettleiar, HVL):

Tema: Status på hovudrapport og programmeringsarbeid. Litt forseinka ferdigstilling av programmering, men elles i rute.