

Innmating av solkraft i lavspenningsnett

Lasse Fossen

Master i energi og miljø

Innlevert: juni 2016

Hovedveileder: Jan Andor Foosnæs, ELKRAFT

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for elkraftteknikk

Forord:

Denne oppgaven er skrevet i samarbeid med NTE Nett AS og omhandler innmating av solkraft i lavspenningsnettet.

I forkant av denne masteroppgaven har jeg skrevet en fordypningsoppgave. Siden fordypningsoppgaven vil bli referert til, anbefales det å lese denne også for å få full forståelse for temaet. Den gir også en grundig gjennomgang av det økonomiske aspektet med solcellesystemer.

I første del kommer en utdypende teoridel. Denne er kopiert fra fordypningsoppgaven, da det har svært lik nytteverdi i denne rapporten. Det er i tillegg lagt til et avsnitt som går på spenningskvalitet ved distribuert generering.

I masteroppgaven skal jeg se nærmere på hvilken innvirkning distribuert produksjon vil ha på lavspenningsnettet, og hvilke eventuelle regler og krav som må stilles til nettselskap og plusskunden dersom vi skal ha en bærekraftig utvikling. Disse innvirkningene vil være basert på målinger fra et lite anlegg på Myrholt, Steinkjer, og et større anlegg på Overhalla Barne- og Ungdomsskole.

Innvirkningene som vil bli vurdert vil være spenningskvalitet og profil av innmating, med vekt på spenningskvalitet. I tillegg kommer jeg til å se noe på sikkerheten rundt det å ha distribuert produksjon, hvilke sikringsmetoder som finnes, og hva det har og si for energimontører, brannvesen og andre instanser/personell som jobber i forbindelse med kraftnettet.

Jeg vil takke NTE Nett AS for denne muligheten til å jobbe med et interessant tema og samarbeide med en interessant bedrift. Jeg vil også takke mine veiledere Jan A. Foosnæs og Rune Paulsen for gode tilbakemeldinger under prosessen med denne rapporten.

Jeg vil i tillegg takke Overhalla kommune og Johannes Moen fra Myrholt for hjelp vedrørende innsamling av datagrunnlag for rapporten.

*Lasse Bragstad Fossen
Trondheim, 9.6.2016*

Sammendrag

Støtte fra Enova til utbygging av private solcelleanlegg har stimulert til en økning i antall solcelleanlegg i Norge [19]. Med en økning av distribuert generering oppstår det utfordringer forbundet med spenningskvalitet og sikkerhet hos nettselskapene, og det er det som diskuteres i denne oppgaven.

Sikkerheten til instanser som jobber på linjer med høy og lav spenning er viktig. Det er derfor med et kapittel som omhandler personsikkerhet i forbindelse med solcelleanlegg. Det eksisterer løsninger for å sikre avstenging av solceller ved brann og øydrift. Dette er med på å ivareta sikkerheten til brannmenn og energimontører. Det er likevel ikke påbudt med slike løsninger på alle anlegg, og derfor må brannmannskap behandle branner på solcelleanlegg som branner i elektriske anlegg for øvrig. På samme vis har energimontører sine rutiner for å hindre elektriske støt.

Denne rapporten tar for seg to anlegg. Det første anlegget er lokalisert på Myrholt, Steinkjer, og er et anlegg som er typisk for privatboliger (3-5 kWp). Det andre anlegget er bygget på Overhalla Barne- og Ungdomsskole og har en effekt på over 45 kWp. Det som skiller disse anleggene, foruten om størrelsen, er styrken på nettet de er tilknyttet.

Begge anleggene leverer til nettet når produksjonen er større enn forbruket, og begge er derfor definert som plusskunder [19].

Nettstyrken på Myrholt er såpass svak at det oppstår problemer i flere av parameterne i FoL. Hovedsakelig oppstår de fleste bruddene på grunn av laster som slås ut og inn, og ikke på grunn av produksjon i anlegget. Likevel har det oppstått et resonansfenomen som medvirker til å bryte kravet til flimner. Dette resonansfenomenet er et resultat av svakt nett og inverterens kraftelektronikk. Et lignende fenomen har ikke blitt observert i nettet på Overhalla Barne- og Ungdomsskole.

På Overhalla Barne- og Ungdomsskole er det ikke blitt observert noen spesiell påvirkning i spenningskvalitet på grunn av solcelleanlegget. Variasjoner i spenningskvalitet ser ut til å være et resultat av lastendringer i nettet for øvrig. Raske simuleringer i NETBAS har vist at anlegget må mangedobles i størrelse for at stasjonære spenningsnivå skal bli et problem.

Dersom solcelleanlegg settes opp i husstander med omkringliggende sterke nett, vil ikke solceller være betydelig merkbare, så lenge anleggene forholder seg i størrelser som passer til forbruket, typisk 3-5 kWp for en vanlig bolig [19]. Konklusjonen blir derfor at solcelleanlegg ikke byr på større problemer enn en tilsvarende stor last vil gjøre.

Før analysen av anleggene kommer et kapittel som omhandler simulerte situasjoner hvor nettet er svakt, og flere i et nabolag ønsker å bygge ut solcellesystemer. Her oppstår det høye spenninger i lavlastperioden, og noen av nodene i simuleringen bryter grenser satt av FoL. Simuleringen viser at for å unngå for høye stasjonære spenningsnivå når det produseres solkraft fra mange plusskunder samtidig, kan det bli nødvendig med struping av produksjon. Annet mulig tiltak er automatisk trinning av transformator i tilknytning til det utsatte nettet.

Simuleringen viser også at nodenes spenning ligger på nedre spenningsgrense i tunglast. Dersom en hadde hatt måledata fra flere plusskunder med solcellesystem i samme nabolag, hadde det vært

mulig å si noe mer konkret om effektene som oppstår i nettet på grunn av produksjonstopp fra flere anlegg samtidig.

Abstract

Enovas funding of private home owners who wants to build solar power systems, has led to an increase in number of systems in Norway [19]. This expansion of solar power systems brings challenges to the local power and grid companies, especially when considering power quality and safety.

The safety of people working on high and low voltage grids is important. For that reason, there is a chapter in this report considering safety in solar power systems. Systems that make sure that solar power system go offline in the case of fire already exists. These systems contribute to a safer workplace for firemen and power line workers. However these systems are not mandatory to use, therefor firemen must treat fires in houses with solar power systems as fires in electrical equipment.

Two solar power systems are considered and researched in this paper. One is a system located in Myrholt, Steinkjer, and is a typical home owned system with a peak power of 3-5kW. The other system is located at the Overhalla Elementary and Junior high school and has a peak power of 45 kW. The main difference between the two systems, besides the size, is the strength of the power grid they are connected to.

Both systems deliver all surplus power to the power grid, thus making both of them plus costumers [19].

The strength of the grid at Myrholt is so low that several of the parameters in FoL experience violations. Most of the violations occur as a result of loads being turned on and off, and not because of power coming from the solar power system. A phenomena involving resonance occur at Myrholt, and due to this the restrictions of flicker are violated. This phenomenon is a result of a weak grid and the power electronics inside the inverter. A similar phenomenon has not been observed in the grid at Overhalla Elementary and Junior high school.

There has not been observed any impact on the power quality due to the solar power system at Overhalla Elementary and Junior high school. Deviations in the power quality seem to be a result of load changes in the grid. Quick simulations done in NETBAS showed that the solar power system had to be increased tenfold to raise the voltage levels to a critical level.

If solar power systems are built in households that are connected to a fairly strong grid, the impact from the solar power systems will be minimal, as long as the systems are sized to fit the energy consumption in the respective households, typically between 3 kWp and 5 kWp. It has been concluded that solar power systems do not introduce more trouble than similarly sized loads do.

Prior to the analysis of the two solar power systems, there is a chapter discussing simulated situations where the grid is weak, and many household in the same grid installs solar power systems. In these simulations voltage levels reach the critical limit for many of the households in the low load periods. Some of the households are also above the limits set by FoL. These simulations show that in order to avoid too high voltage levels, limiting power productions from the households might become necessary. Another solution might be to install an on load tap changer in the transformer in connection to the exposed grid.

The simulations also show that the households inspected have a voltage level at the lower limit in periods with high load. If measurements from more households were available for this paper, it would have been possible to say something about the accumulated effects that the solar power systems have when placed in the same grid.

Innhold

Forkortelser	IX
Figurliste	X
Tabelliste	XII
1 Teori.....	1
1.1 Litt historie:	1
1.2 Den fotoelektriske effekten:	1
1.3 Halvledermaterialer.....	2
1.4 Virkningsgrad:.....	3
1.5 Doping av halvledere:.....	6
1.6 Forenklet modell av celle:	8
1.7 IV-karakteristikk.....	10
1.8 Total innstråling på en modul/flate:.....	11
1.9 Solens innstråling:	12
1.9.1 Direkte innstråling:	12
1.9.2 Diffus innstråling:	14
1.9.3 Reflektert innstråling:.....	16
1.10 Fra celle til system:	17
1.11 Plusskunder:	19
1.12 Ulike systemtyper PV-anlegg.....	20
1.13 Spenningskvalitet	23
1.13.1 Frekvens.....	23
1.13.2 Langsomme variasjoner i spenningens effektivverdi	23
1.13.3 Kortvarige overspenninger, kortvarige underspenninger og spenningsprang	24
1.13.4 Flimmer og flimmerintensitet	25
1.13.5 Spenningsasymmetri	26
1.13.6 Overharmoniske spenninger	27
1.13.7 Transiente overspenninger	28
2 Personsikkerhet i strømmettet	28
2.1 Mekanismer for å stoppe/reducere produksjonen	28
2.2 Konklusjon	29
3 Simuleringer i NETBAS.....	30

3.1	Utgangspunkt for svakt nett.....	30
3.2	Ulike scenarier	32
3.2.1	Lavlast uten produksjon av solkraft.....	32
3.2.2	Vinterkveld med høy last i svakt nett.....	33
3.2.3	Sommerdag med lite last og delvis produksjon (overskyet – 33 % produksjon)	33
3.2.4	Sommerdag med lite last og høy produksjon i svakt nett.....	34
3.3	Solforholdenes påvirkning.....	34
3.4	Konklusjon av simulering.....	35
4	Analysering av konkrete anlegg	36
4.1	Utstyr benyttet til innsamling og tolkning av data.....	36
4.1.1	G4500 Blackbox	36
4.1.2	G4400 Blackbox	36
4.1.3	Virtual Access GW2028	37
4.1.4	Elspec Investigator.....	37
4.2	Anlegg som inngår i analysedelen	39
4.2.1	Myrholt (privat anlegg).....	39
4.2.2	Overhalla Barne- og Ungdomsskole	41
4.3	Analyse av innsamlede måledata på Myrholt	44
4.3.1	Energiutbytte i løpet av perioden	44
4.3.2	Solkraftens påvirkning av symmetri i fasene.....	46
4.3.3	Frekvens.....	48
4.3.4	Langsomme variasjoner i spenningens effektivverdi	49
4.3.5	Kortvarige over- og underspenninger og spenningsstrang	50
4.3.6	Flimmer.....	51
4.3.7	Overharmoniske spenninger	54
4.3.8	Sammendrag av situasjon i Myrholt og FoL-rapport fra Blackbox.	57
4.4	Analyse av innsamlede data på Overhalla skole	59
4.4.1	Energiutbytte i løpet av perioden	59
4.4.2	Solkraftens påvirkning av symmetri i fasene.....	62
4.4.3	Frekvens.....	63
4.4.4	Langsomme variasjoner i spenningens effektivverdi	63
4.4.5	Kortvarige over- og underspenninger og spenningsstrang	64
4.4.6	Flimmer.....	65
4.4.7	Overharmoniske spenninger THD	66

4.4.8	Sammendrag av situasjon i Overhalla Barne- og Ungdomsskole og FoL-rapport fra Blackbox. 68	
4.5	Sammenligning av de to analyserte anleggene.....	69
5	Konklusjon	71
6	Videre arbeid	73
7	Bibliografi	74

Forkortelser

NTNU	Norges Teknisk- og Naturvitenskapelige Universitet
AM	Air Mass
MPP	Maximum Power Point
MPPT	Maximum Power Point Tracking
PV	Photovoltaic
STC	Standard Test Conditions
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt-hours
kWp	Kilowatt-peak
BIPV	Building Integrated Photo Voltaics
CdTe	Cadmium Telluride
a-Si	Amorfe Silisium
CIGS	Copper indium gallium selenide
THD	Total Harmonic Distortion
FoL	Forskrift om Leveringskvalitet
L1	Elektrisk fase 1
L2	Elektrisk fase 2
L3	Elektrisk fase 3

Figurliste

Figur 1 Den fotoelektriske effekten.....	2
Figur 2 Bånddiagram.	2
Figur 3 Krystallgitteret hos mono- og polykrystallinske solcellewafere.....	3
Figur 4 Shockley-quiesser-grensen for 3 forskjellige temperaturer.....	4
Figur 5 Solenergi som blir utnyttet av solcella, samt tapt energi.....	5
Figur 6 Eksempel på multi-junction solcelle, også kalt tandemceller.	5
Figur 7 Illustrasjon av silisiums kovalente bindinger i et sterkt sammensatt molekyl.	6
Figur 8 Elektron-hull-par. Løse elektroner markert i svart, og hull markert med ring.....	6
Figur 9. n-dopet silisium.	7
Figur 10 p-dopet silisium.....	7
Figur 11 P-N-overgangen.....	8
Figur 12 Solcellen oppkoblet til krets med last.	8
Figur 13 Ekvivalent krets for solcellen.....	9
Figur 14 Kortslutningsstrøm og åpen klemme-spenning.	9
Figur 15 Strøm og spenningskarakteristikk for en solcelle.....	10
Figur 16 Strøm og spenningskarakteristikk.	11
Figur 17: t.v. I/V-kurve for varierende operasjonstemperatur for solcellen.....	11
Figur 18 Innstråling på en flate.....	12
Figur 19 Forholdstall mellom forskjellige enheter for innstråling.....	12
Figur 20 t.v. Innfallsvinkelen θ mellom normalen til modulen 13	13
Figur 21 Modulens asimut-vinkel og vinkel mot horisontalplanet.....	14
Figur 22 Diffus stråling.....	14
Figur 23 Diffus innstråling på modulen 15	15
Figur 24 Bakken antas å reflektere stråling med lik intensitet i alle retninger (isotropisk). 16	16
Figur 25 Illustrasjon som viser plassering av alle vinkler nevnt i ligning (17)..... 17	17
Figur 26 Solcellemodulens innkapsling, 18	18
Figur 27 Fra celle til system. 19	19
Figur 28 Eksempel på distribuert solcellesystem. 21	21
Figur 29 Illustrasjon av et system med distribuert solcelleproduksjon..... 21	21
Figur 30 Topaz Solar Farm I California..... 22	22
Figur 31 Eksempel på brannbryter [22]..... 29	29
Figur 32 Referansefigur til tabeller..... 30	30
Figur 33 Geografisk kart over lavspentnett benyttet i analysen. 31	31
Figur 34 G4500 Blackbox fra Elspec [20] 36	36
Figur 35 G4400 Blackbox fra Elspec [24] 37	37
Figur 36 Virtual Access G2028 [26]..... 37	37
Figur 37 Elspec Investigator og Blackboxs samspill. [27] 38	38
Figur 38 Parametere som fremvises og analyseres i "Investigator" 38	38
Figur 39 Hovedinntak i kjeller av bygget på Myrholt. 39	39
Figur 40 Sikringsskap og inverter plassert..... 40	40
Figur 41 Målesløyvene i sikringsskapet..... 41	41
Figur 42 Overhalla Barne- og Ungdomsskole sitt tak. 42	42

Figur 43 Vekselretterne er lokalisert i skolens tekniske rom.	43
Figur 44 G4420 installert i sikringskap på Overhalla Barne- og Ungdomsskole	43
Figur 45 Produksjonen i hver måned gjennom året på Myrholt.	44
Figur 46 Produksjonen hvert døgn i gjennom året på Myrholt.	45
Figur 47 Produksjon pr døgn og levert energi til nett pr døgn i perioden 22.juni til 8. august.	45
Figur 48 Levert effekts innvirkning på asymmetri.	47
Figur 49 Spenningens frekvens på Myrholt i gjennom perioden juni 2015-mai 2016.	48
Figur 50 Spenningens frekvens i forhold til produksjon.	49
Figur 51 Solkraftens påvirkning på spenningens effektivverdi over 3 døgn på sommeren.	49
Figur 52 Spenningsforløpet gjennom døgnet 19. juli 2015.	50
Figur 53 Spenningskurver ved innslag av resonans.	51
Figur 54 To påfølgende dager med lav og høy produksjon.	52
Figur 55 Eksempel på flimmer samtidig som resonans.	52
Figur 56 Resonans forstyrrer DC-AC konverteren slik at strømmens kurveform forandrer seg.	53
Figur 57 THD-målinger over en uke i august 2015.	54
Figur 58 Oversikt over de 14 første overharmoniske spenningene på Myrholt.	55
Figur 59 Oversikt over de overharmoniske spenningene som oppstår	55
Figur 60 L2 sine 400. og 402. overharmoniske spenninger gitt i 10-minutters gjennomsnitt.	56
Figur 61 Jordfeil forårsaker for lave og for høye spenningsverdier på fasene.	58
Figur 62 Årsproduksjon for anlegget på Overhalla Barne- og Ungdomsskole. [25]	60
Figur 63 Asymmetri i anlegget ved Overhalla	62
Figur 64 Utsnitt av RMS-strømmer og produksjon. Strømmene følger hverandre svært tett.	62
Figur 65 Frekvens i nett på Overhalla Barne- og Ungdomsskole.	63
Figur 66 Fasespenningene ved Overhalla Barne- og Ungdomsskole.	64
Figur 67 Fasespenningene ved Overhalla Barne- og Ungdomsskole over en ukes tid med måling.	64
Figur 68 P_{st} og P_{lt} sammenstilt med produksjon og fasespenningene.	65
Figur 69 Utsnitt av søndag kveld (29. mai) hvor P_{st} har sin toppverdi.	66
Figur 70 Total harmonisk forvrenging (THD) på alle tre faser.	66
Figur 71 Oversikt over individuelle overharmoniske spenninger.	67
Figur 72 Individuelle overharmoniske spenninger.	67

Tabelliste

Tabell 1 Virkningsgrad i labtesting.	3
Tabell 2 restriksjoner for kortvarige over- og underspenninger samt spenningsprang.....	24
Tabell 3 Krav til individuelle overharmoniske spenninger	27
Tabell 4 Oversikt over valgte kabler/luftlinjer som er benyttet i simuleringen.	32
Tabell 5 Spenningene i nettet ved lavlast og ingen produksjon av solkraft.....	32
Tabell 6 Tunglast i opprinnelig nett uten produksjon.	33
Tabell 7 Sommerdag med lite last og delvis produksjon.....	33
Tabell 8 Høy produksjon fører til overspenninger i enden av radialen.....	34
Tabell 9 Forskjellene mellom G44xx og G4500	36
Tabell 10 Produsert, levert og forbrukt energi på Myrholt.....	46
Tabell 11 Resultat av THD-målinger i juli 2015 på Myrholt.....	54
Tabell 12 Sammendrag av FoL-rapport	57
Tabell 13 Produsert, levert og forbrukt energi på Overhalla Barne- og Ungdomsskole.....	60
Tabell 14 Resultat av FoL-rapport kjørt ut for Overhalla Barne- og Ungdomsskole.	68
Tabell 15 Sammenligning av anleggene og deres utnyttelse av energi produsert	69
Tabell 16 Sammenligning av FoL-rapporter fra anleggene.	70

1 Teori

Kapittel 1.1-1.12 er hentet fra min fordypningsoppgave høsten 2015, og er tilnærmet uendret.

1.1 Litt historie:

I 1839 oppdaget Alexandre Edmond Becquerel den fotoelektriske effekten i forbindelse med forsøkene hans om effekten av lys på elektrolyttceller, og i 1905 greide Albert Einstein som første person å beskrive mekanismene til den fotoelektriske effekten, som i 1921 gav han Nobelprisen i fysikk [1]. Frem mot slutten av 1800-tallet ble de første solcellene utviklet, disse var basert på Selenium som halvleder og hadde under 1 % virkningsgrad.

I 1954 annonserte Bell Labs at de hadde funnet opp den første solcellen som kunne brukes til praktiske formål, og den hadde en virkningsgrad på 6 % og var basert på lithium-silisium. Bare noen år senere, i 1958, utvikles en ny solcelle med 9 % virkningsgrad på U.S Signal Corps Laboratories. Samme år ble den første satellitten, drevet av solceller, sendt til verdensrommet utstyrt med et solcellepanel. Dette panelet hadde en effekt på 0,1 W og hadde en størrelse på 100cm².

I 1985 blir silisiumbaserte solceller med hele 20 % effektivitet, presentert av Centre for Photovoltaic Engineering på University of New South Wales.

Innen millenniumskiftet var total kapasitet av PV over 1 GW, og frem mot 2014 har det vokst til hele 178 GW.

[2]

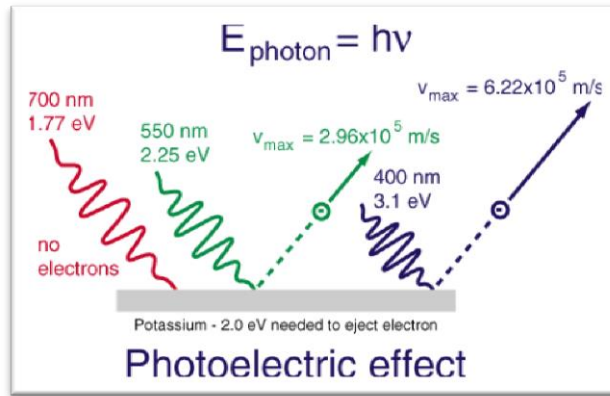
1.2 Den fotoelektriske effekten:

Fotoelektriske materialer har den egenskapen at de kan ta opp energien fra solstråler og skape en strøm av elektroner. Dersom energipakken i solstrålen (fotonet) har høy nok frekvens (som samtidig betyr høy nok energi) kan den få et elektron i materialet til å hoppe ut av sitt tilhørende proton og bli midlertidig fritt. Dette frie elektronet kan flyte i en elektrisk leder, og dette fenomenet kalles «den fotoelektriske effekten». Det er denne effekten som benyttes i solceller. Figur 1 under viser at Kalium krever 2,0 elektronvolt (eV) for å skyte fritt et elektron. Den røde bølgen har ikke høy nok energi til det, men både grønn og blå har. Energien i et foton er avhengig av frekvensen det har (ν) og Plancks konstant (h). Frekvens er gitt av fotonets bølgelengde og lysets hastighet.

$$E = \frac{h * c}{\lambda} \quad (1)$$

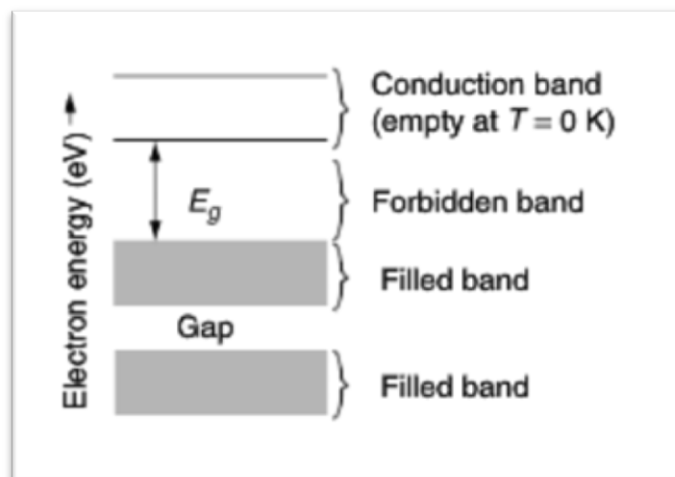
Hvor:

- h = Plancks konstant = $6,626 \cdot 10^{-34}$ [Js]
- c = Lysets hastighet = $3 \cdot 10^8$ [m/s]
- λ = Bølgelengde [m]



Figur 1 Den fotoelektriske effekten. Her ser vi at det røde fotonet ikke har nok energi til å slå ut et elektron, men det har grønn og blå.[29]

Energien som kreves for at et silisiumelektron skal løsrive seg er mindre enn hos kalium, og er på 1,12eV. Denne energien som kreves, kalles båndgapet (E_g) [3], og er den energien som kreves for at elektronet skal komme seg over det forbudte båndet i bånddiagrammet under.



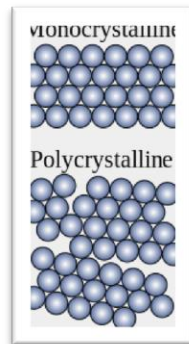
Figur 2 Bånddiagram. [3]

1.3 Halvledermaterialer

Et halvledermateriale er et materiale som har evnen til å lede strøm bedre enn en isolator (for eksempel glass) og dårligere enn en leder (for eksempel kobber). Den kan også ha variabel motstand i forhold til retning på strømmen, og til forskjell fra ledere, vil den få økende ledeevne ved temperaturøkning.

Dagens solceller består hovedsakelig av mono- og polykrystallinsk silisium som halvledere. Pr. 2013 bestod polykrystallinske celler for 54,9 %, og monokrystallinske celler for 36,0 % (totalt over 90 %) av verdens produserte solceller. De resterende var solceller produsert med CdTe, a-Si og CIGS som halvledermateriale. [4]

Krystallinske solceller er bygd opp av tynne skiver av silisium, kalt wafer, og det som skiller poly- og monokrystallinske celler er at den monokrystallinske waferen består av kun én silisiumkrystall med et homogent krystallgitter, mens den polykrystallinske waferen består av mange små silisiumkrystaller [5]. Waferne har en tykkelse på 100-300 μm .



Figur 3 Krystallgitteret hos mono- og polykrystallinske solcellewafer. [4]

Polykrystallinske solceller er billigere i produksjon, men har noe lavere virkningsgrad enn monokrystallinske solceller. Pr. 2013 var rekordene for virkningsgrad i lab-testing følgende [6].

Mono-Si celle	25.0 %
multi-Si celle	20.4 %
CIGS celle	19.8 %
CdTe celle	19.6 %

Tabell 1 Virkningsgrad i labtesting.

I kommersielle solcellepanel vil virkningsgraden til cellene være noe lavere, typisk 15-20 % for monokrystallinske celler og 14-16 % for polykrystallinske celler. [5]

Standard testforhold:

Hvor godt en solcelle presterer, varierer med forholdene den er i. Her vil celletemperaturen og innstrålingen være essensielle, men også vinkelen på innstrålingen vil påvirke prestasjonen. Dette førte til at det ble nødvendig å definere en standard for disse forholdene, slik at alle produsenter kunne beskrive cellenes prestasjon nøyaktig og sammenlignbart med andre celler på markedet. Disse Standard testforholdene er som følger [7]:

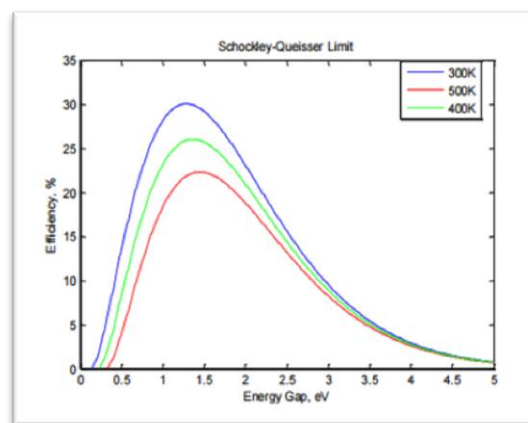
- 1000 W/m^2 innstråling
- 25 °C temperatur i cellen
- 1,5 AM (air mass/tykkelse av atmosfære). Gjelder for Europa, ved ekvator er denne 1.

1.4 Virkningsgrad:

Når vi snakker om virkningsgrader for solcelleanlegg, skiller vi mellom tre forskjellige virkningsgrader. Virkningsgrad i denne betydningen vil være forholdet mellom innstrålt effekt fra sola og elektrisk effekt levert av henholdsvis solcelle, solcellemodulen og sist solcelleanlegget. [5]

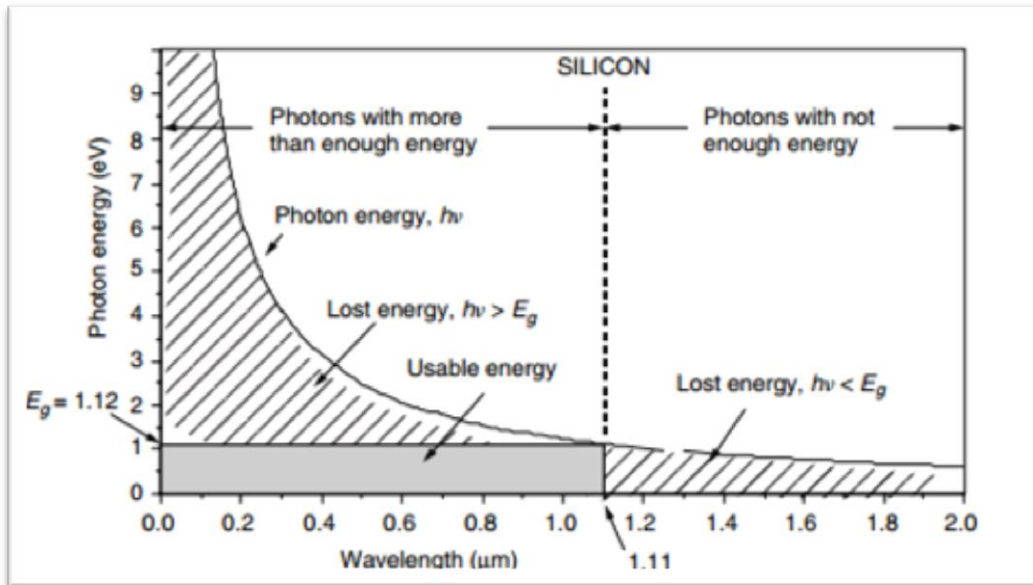
1. Virkningsgrad for solcellen: Den effekten som solcellen produserer avhenger av innstråling, temperatur og alder på cellen. Når produsenter oppgir virkningsgraden er dette under standard testforhold. Dette er de samme forholdene som gjelder når produsentene oppgir maksimal ytelse watt-peak (W_p). For en silisiumcelle er det vanlig å regne en redusert ytelse på 10 % over 25 år.
2. Modulvirkningsgrad: Denne virkningsgraden vil alltid være noe lavere enn virkningsgraden for solcellen. Dette er fordi den blant annet tar hensyn til det u-utnyttede området mellom cellene.
3. Systemvirkningsgraden: Denne virkningsgraden tar hensyn til hele systemet, inkludert tap i ledere mellom modulene, tapet i vekselretteren og tapet for tilkobling til nett i tillegg til modultapene. Den vil derfor alltid være lavere enn modulvirkningsgraden. Det er denne virkningsgraden som er interessant når det skal ses på energikostnaden med et solcelleanlegg.

Selv om 15-20 % kan virke noe lavt, må det tas med i betraktning at alle materialer har en teoretisk maksimal virkningsgrad. Den teoretiske virkningsgraden ble først beregnet av William Shockley og Hans Queisser og er senere kjent som Shockley-Queisser-grensen. [8]



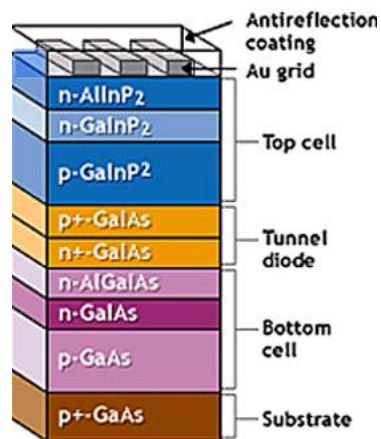
Figur 4 Shockley-queisser-grensen for 3 forskjellige temperaturer. [8]

For silisium vil denne grensen ligge på rundt 29 %. Dette er hovedsakelig på grunn av båndgapet som silisium har. Alt av energipakker (foton) som treffer solcella som er under 1,12 eV vil ikke skape elektrisitet, i tillegg vil alle pakker med mer enn 1,12 eV ha overflødig energi som heller ikke vil bidra til elektrisitet.



Figur 5 Solenergi som blir utnyttet av solcella, samt tapt energi. [3]

Dersom vi hadde en celle som tok opp all den energien vi mottar i lyset, ville den teoretiske virkningsgraden vært 85 %. Det har blitt gjort forsøk på å fange mer av solenergien, ved å sette flere solceller med forskjellige halvledere over hverandre, og i laboratorieforsøk har det blitt nådd over 40 % virkningsgrad. [5]



Figur 6 Eksempel på multi-junction solcelle, også kalt tandemceller. [9]

1.5 Doping av halvledere:



Figur 7 Illustrasjon av silisiums kovalente bindinger i et sterkt sammensatt molekyl.

Halvledermaterialet består av et gitter med silisiumsatomer som er sterkt bundet sammen av kovalente bindinger mellom atomene. Siden silisium har 4 elektroner i sitt ytterste skall (valensbåndet), vil alle atomene bli sterkt bundet sammen med en kovalent binding mellom hver av sine 4 naboer (figur 7).

Når vi snakker om doping av halvledermaterialet i solcellen, er det snakk om å tilføre silisiumet urenheter i form av små mengder andre stoffer. I solcellen er det to lag, et positivt og et negativt, henholdsvis p- og n-laget.

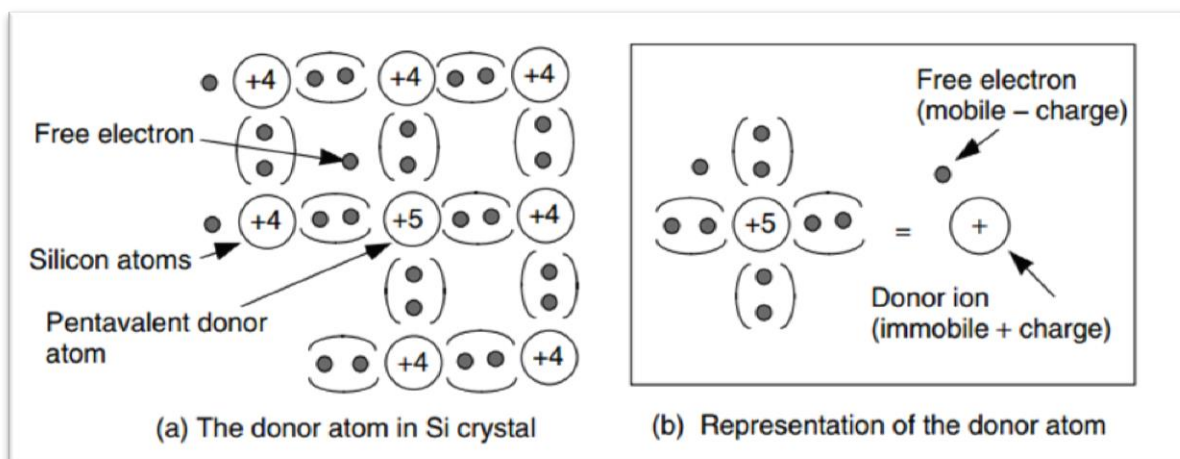
Det negative laget blir dannet ved å legge til en liten andel fosfor, bare 1 av 1000 silisiumsatomer blir byttet med fosfor [3]. Siden fosfor har 5 elektroner i valensbåndet, vil 4 av dem danne sterke bindinger med silisiumets 4 elektroner i valensbåndet. Det siste elektronet til fosfor vil være friere til å vandre, da det ikke har inngått en sterk binding i mellom atomene. Vi sier at fosforatomet kalles donoratom, siden det donerer frie elektroner til materialet det ligger i.

Det positive laget blir til ved å bytte ut 1 silisiumatom pr 10 millioner[3]. Dette silisiumatomet blir byttet ut med et bor-atom, som har 3 elektroner i sitt valensbånd. Dette fører til at det positive laget får atomer som ikke har kovalente bindinger på alle sine elektroner, fordi det mangler et elektron fra bor-atomet. Bor-atomet kalles et akseptoratom, siden det tar imot elektroner i sine «hull».

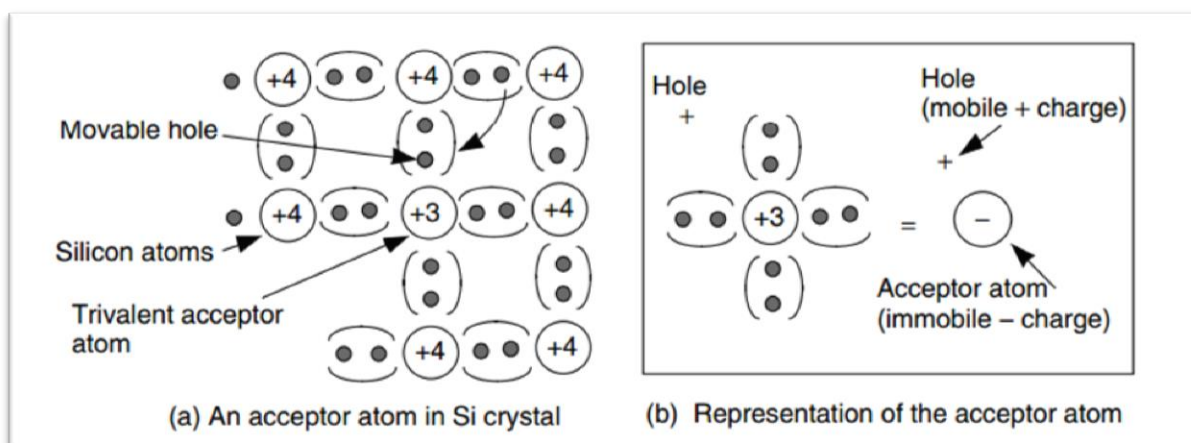
Kombinasjonen av p- og n-lag fører til det som kalles elektron-hull-par. [3]



Figur 8 Elektron-hull-par. Løse elektroner markert i svart, og hull markert med ring.

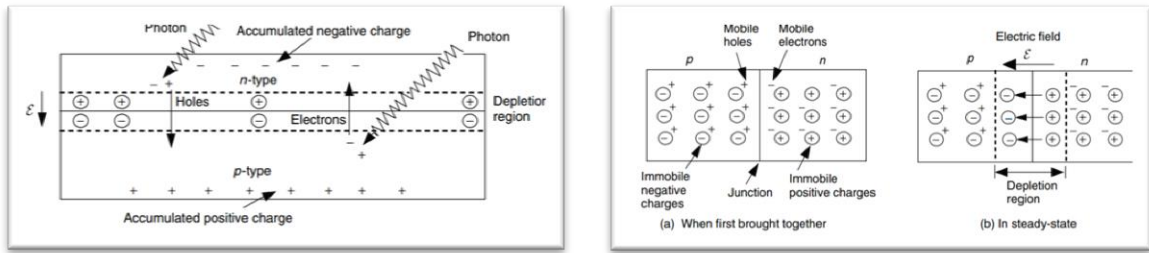


Figur 9. n-dopet silisium. Det frie atomet samt de kovalente bindingene (a). Forenklet representasjonen av donoratomet (b).[3]



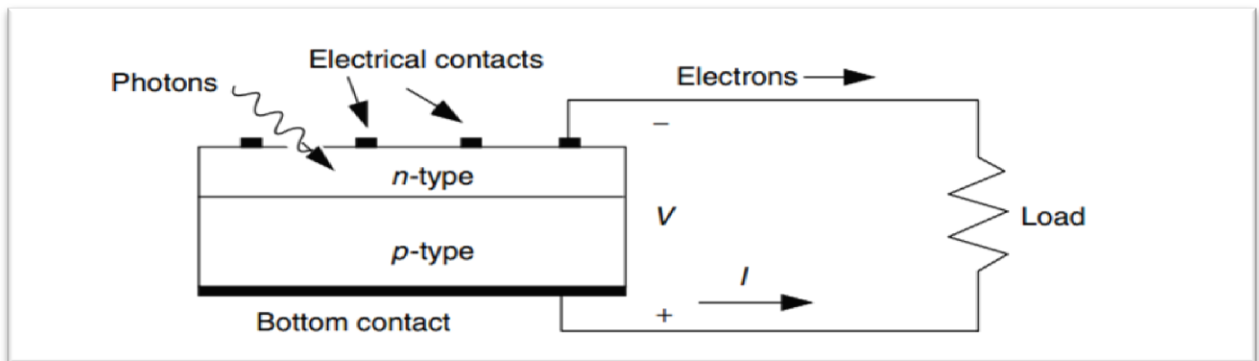
Figur 10 p-dopet silisium. Det frie hullet samt de kovalente bindingene (a). Forenklet representasjonen av akseptoratomet (b). [3]

I overgangen mellom p- og n-laget oppstår det et felt som kalles uttømmingsregionen (depletion region). Dette skjer ved at elektroner på n-laget som ligger nær overgangen mellom p- og n-laget (p-n-overgangen) diffunderer over til p-laget, og hullene over til n-laget. Dermed oppstår det et elektrisk felt mellom lagene. Det er dette fenomenet som utnyttes i solceller.



Figur 11 P-N-overgangen. Venstre fig viser uttømmingsregionen som er et elektrisk felt som dytter elektronene mot n-laget, og hullene mot p-laget. (a) Når p-n-overgangen først settes sammen er det frie hull i p-laget og frie elektroner i n-laget, disse diffunderer over til hverandres lag. (b) Når elektronene og hullene diffunderer over lagene, settes opp et felt, som raskt stopper videre diffusjon. [3]

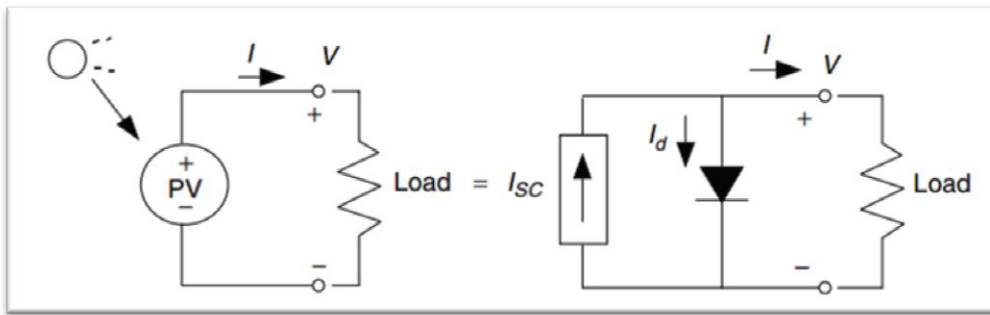
Som det ble forklart litt lengre opp, så vil silisium slå løs elektroner dersom det treffes av fotoner med høy nok energi (1,12 eV) og disse elektronene vil kunne ledes i en leder og i gjennom en last. Det elektriske feltet i overgangen vil hindre elektronene i å vandre direkte ned til p-laget, og elektroner som blir slått løs i p-laget, vil bli påvirket av det elektriske feltet, og sendt over til n-laget. De løse elektronene vil prøve å finne hull å falle tilbake i, og må derfor igjennom lederen med en last tilkoblet, for å komme tilbake til de mange hullene som er ledige på p-siden. Hadde ikke det elektriske feltet vært til stede i lagene, ville elektronene bare falt tilbake i hullene de kom fra, og energien blitt frigitt uten noen utnyttelse.



Figur 12 Solcellen oppkoblet til krets med last. Akkumuleringen av elektroner i n-laget og hull i p-laget setter opp en spenning som driver strømmen igjennom den eksterne kretsen. [3]

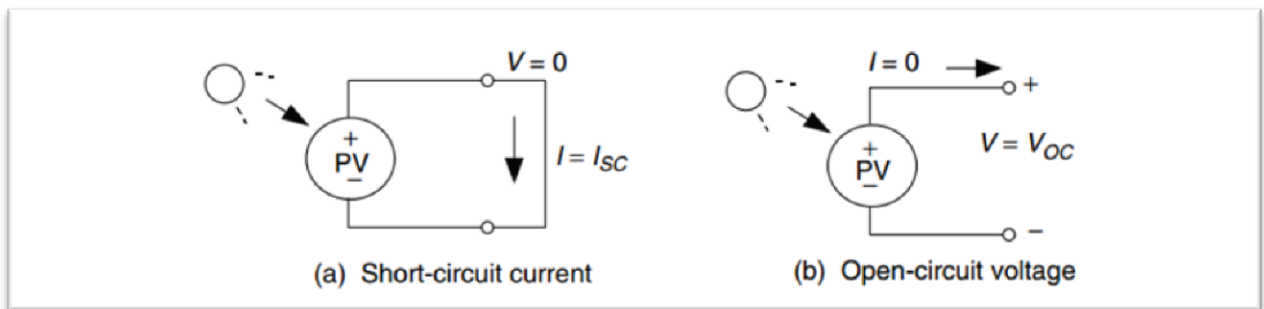
1.6 Forenklet modell av celle:

En forenklet modell av en solcelle består av en diode i parallell med en ideell strømkilde. Strømmen levert av strømkilden er proporsjonal med innstrålingen fra solen.



Figur 13 Ekvivalent krets for solcellen. [3]

Kortslutningsstrømmen er den strømmen som går igjennom strømkilden dersom klemmene kortsluttes (strømmen i dioden er da lik null). Dersom klemmene blir holdt åpne, vil det bli satt en spenning over klemmene lik V_{OC} , samme spenning settes over dioden ($V_d = V_{OC}$), og det føres en strøm igjennom den.



Figur 14 Kortslutningsstrøm og åpen klemme-spenning. To viktige parametere for solcellen er dens kortslutningsstrøm I_{sc} og åpen klemme-spenning V_{oc} . [3]

Når verdiene for I_{sc} og I_0 er kjente, er det mulig å finne strøm og spenningskarakteristikken til solcellen. Disse finnes ved bruk av Shockleys diodeligning:

$$I_d = I_0 * \left(e^{\frac{q \cdot V_d}{k \cdot T}} - 1 \right) \quad (2)$$

- I_d – Diodestrømmen i pilens retning [A]
- V_d – Spenning over diodeklemmene fra p- til n-siden [V]
- I_0 – Revers metningsstrøm til dioden [A]
- q – Elektronladning ($1,602 \cdot 10^{-19}$) [C]
- k – Boltzmanns konstant ($1,381 \cdot 10^{-23}$) [J/K]
- T – Temperatur i grensesjiktet mellom p- og n-laget [K]

Dersom det brukes standard temperatur på 25 grader Celsius i grensesjiktet, forenkles formelen til:

$$I_d = I_0 (e^{38,9 V_d} - 1) \quad (3)$$

Når klemmene på den ekvivalente kretsen kortsluttes, vil det ikke flyte noen strøm i dioden ($V_d = 0$), da all strømmen går igjennom kortslutningen. Strømmen som gis av solcellen kan da uttrykkes slik:

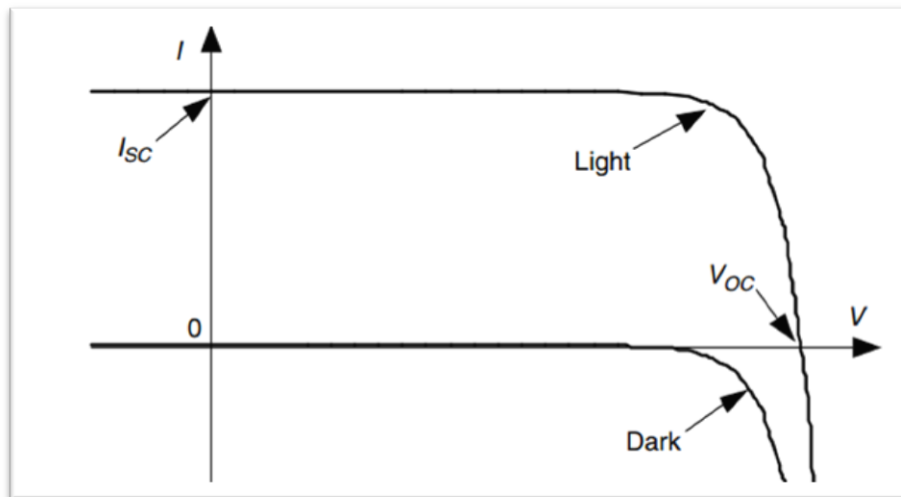
$$I = I_{SC} - I_d \quad (4)$$

Ved å sette inn ligning (3) i (4) gis ligningen for åpen klemme:

$$I = 0 = I_{SC} - I_0(e^{38,9V_{OC}} - 1) \quad (5)$$

$$V_{OC} = 0,0257 \ln\left(\frac{I_{SC}}{I_0} + 1\right) \quad (6)$$

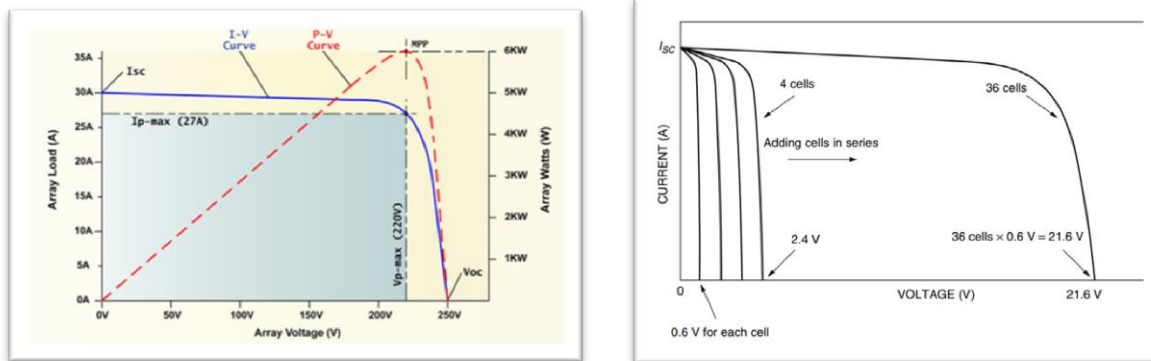
Ved hjelp av ligning (5) og (6) kan vi tegne strøm- og spenningskarakteristikken for solcellen. [3]



Figur 15 Strøm og spenningskarakteristikk for en solcelle. «Light» indikerer opplyst celle, mens «Dark» indikerer celle som står i mørket. [3]

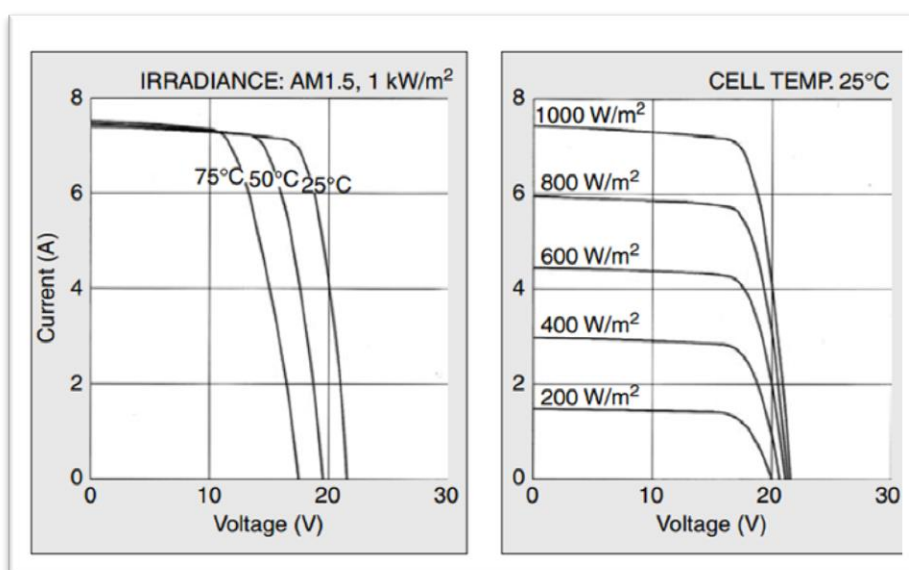
1.7 IV-karakteristikk

Hver solcelle er avhengig av forholdene den er i. Solinnstråling og temperatur vil påvirke strømmen som går i solcellen, og strømmen vil være lik for alle solcellene i seriekoblingen (strengen). Dette betyr at strøm- og spenningskarakteristikkens form vil være lik for en seriekobling av solceller, som en alene. Forskjellen ligger i spenningen, som vil være proporsjonal med antall moduler i serien. Dersom det er flere strenger i parallell, vil strømmen være proporsjonal med antall strenger.



Figur 16 Strøm og spenningskarakteristikk. t.v: Typisk I-V-kurve for et anlegg på 6kWp, t.h: effekten av å seriekoble flere celler i en modul.[10]

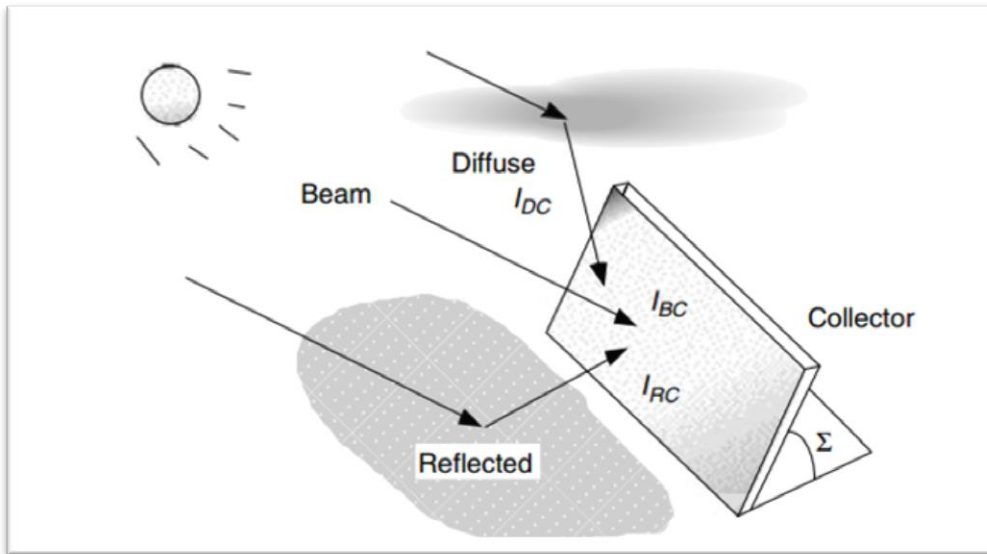
Figur 16 viser effektens toppverdi (MPP). Denne vil variere med varierende innstråling fra solen, og derfor er det vanlig å ha Maximum Power Point tracking (MPPT) innebygd i vekselretterne, slik at mest mulig effekt blir produsert i solcellene. Med MPPT innebygd i inverteren, vil den sørge for å variere spenningen over solcellemodulene slik at maksimal effekt leveres. I tillegg til fallende strøm ved minkende innstråling, vil også solcellene ha spenningsfall som følger av økende temperatur i grensesjiktet til p- og n-laget.



Figur 17: t.v. I/V-kurve for varierende operasjonstemperatur for solcellen.t.h I/V-kurve for forskjellige innstrålinger, lavere innstråling gir lavere I_{sc} . [3]

1.8 Total innstråling på en modul/flate:

Total solinnstråling som treffer en modul vil være en kombinasjon av: direkte stråling som går igjennom atmosfæren og treffer modulen, diffus stråling som skyldes spredning av direkte stråling i atmosfæren, og indirekte stråling som kommer av refleksjon av direkte stråling på bakke og nærliggende objekt. [3]



Figur 18 Innstråling på en flate. Direkte solinnstråling (I_{BC}), diffus innstråling (I_{DC}) og indirekte innstråling (I_{RC}) på en modul med helningsvinkel mot horisontplanet lik Σ . [3]

Vanligvis brukes enheten W/m^2 for innstrålingseffekt, men andre enheter som British Thermal Unit, kilokalorier og langleys kan forekomme i litteraturen. Her finnes direkte forholdstall, gjengitt i figur 19.

1 kW/m^2	=	316.95 $Btu/h-ft^2$
	=	1.433 langley/min
1 kWh/m^2	=	316.95 Btu/ft^2
	=	85.98 langleys
	=	3.60×10^6 joules/ m^2
1 langley	=	1 cal/cm^2
	=	41.856 $kJoules/m^2$
	=	0.01163 kWh/m^2
	=	3.6878 Btu/ft^2

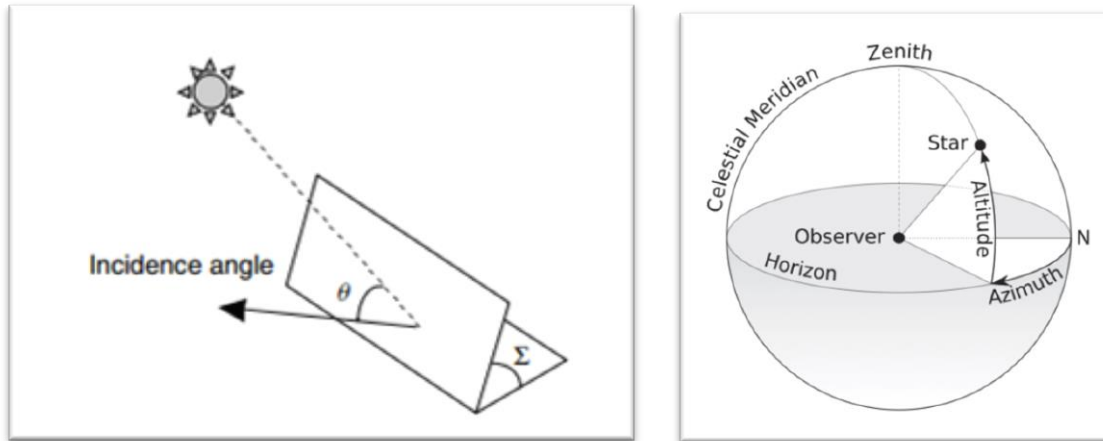
Figur 19 Forholdstall mellom forskjellige enheter for innstråling. [3]

1.9 Solens innstråling:

1.9.1 Direkte innstråling:

I løpet av et år vil gjennomsnittlig 50 % av solas stråling mot toppen av atmosfæren, nå jordas overflate som direkte stråling (I_b). På en klarværsdag med solen hengende høyt på himmelen, vil innstrålingen på jordoverflaten kunne bli over 70 %. Reduksjonen/dempingen fra 100 % oppstår på

grunn av støvpartikler, vanndamp, skyer og luftforurensninger i atmosfæren som hindrer strålingen fra solen å nå igjennom. Ved hjelp av ligning (7) vil det være mulig å regne ut hvor mye av den direkte solinnstrålingen som kommer igjennom atmosfæren som treffer modulen (I_{BC}), dersom modulen står vendt i samme himmelretning (asimut) som solen.



Figur 20 t.v innfallsvinkelen θ mellom normalen til modulen (collector) og innkommende solstråling. t.h figur som viser vinklene asimut og høyde. [3]

$$I_{BC} = I_B \cos(\theta) \quad (7)$$

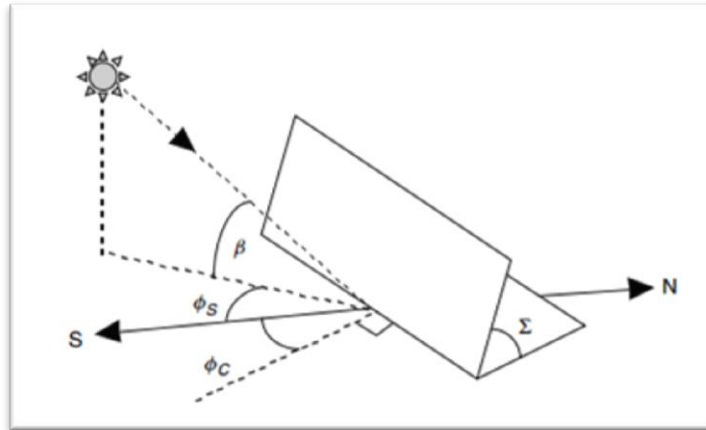
- I_B – Direkte solinnstråling fra klarværs Himmel
- θ – Solstrålenes innfallsvinkel mot modulen

For situasjoner hvor modulen ligger flatt på bakken vil mengden solinnstråling bli:

$$I_{BH} = I_B \sin(\beta) \quad (8)$$

- β – Solens høydevinkel

Dersom solen ikke står i samme himmelretning som solcellemodulen, vil det være nødvendig å regne ut en ny verdi for innfallsvinkelen til solstrålene.



Figur 21 Modulens asimut-vinkel og vinkel mot horisontalplanet , sammen med solas asimut-vinkel og høydevinkel. [3]

$$\cos(\theta) = \cos(\beta) \cos(\phi_S - \phi_C) \sin(\Sigma) + \sin(\beta) \cos(\Sigma) \quad (9)$$

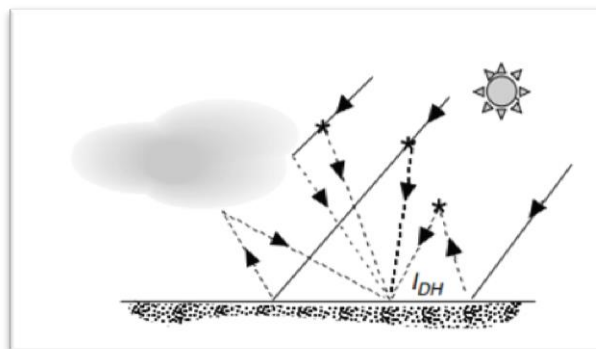
- ϕ_C - Modulens asimut-vinkel
- Σ – Modulens vinkel mot horisontalplanet
- ϕ_S – Solas asimut-vinkel
- β – Solas høydevinkel

Direkte solstråling som treffer solcellemodulen blir da:

$$I_{BC} = I_B(\cos(\beta) \cos(\phi_S - \phi_C) \sin(\Sigma) + \sin(\beta) \cos(\Sigma)) \quad (10)$$

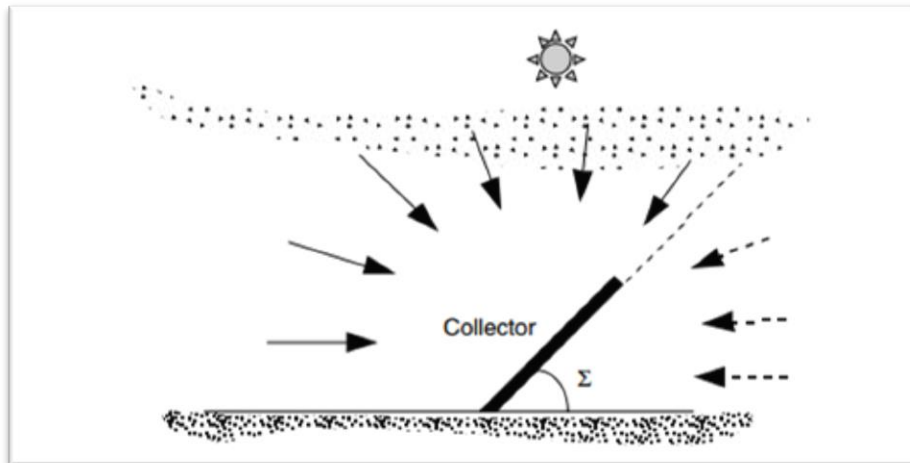
1.9.2 Diffus innstråling:

Selv om den direkte strålingen inn mot jordoverflaten er forholdsvis enkel å regne ut, vil den diffuse og indirekte solstrålingen være mye vanskeligere å regne ut. Hvis en tar utgangspunkt i figur 22 under, ses det at solstrålene som treffer atmosfæren vil kunne spres i mange retninger, og disse solstrålene vil igjen kunne bli reflektert av andre objekter. For eksempel vil en stråle kunne treffe en sky, bli reflektert ned i bakken, for så å bli reflektert mot himmelen. Derfra kan den igjen bli reflektert ned mot bakken igjen, eller bare passere gjennom atmosfæren.



Figur 22 Diffus stråling spres på grunn av atmosfæriske partikler og fukt, eller reflekteres av skyer. Her kan strålene reflekteres flere ganger.

Enkleste antagelse for slike beregninger er å anta at den diffuse innstrålingen er isotropisk, altså lik intensitet i fra alle himmelretninger og høydevinkel. Dette betyr da at modulens diffuse innstråling vil variere i takt med modulens helningsvinkel. Dersom modulen ligger flatt på bakken, vil den «se» hele himmelen, og treffes av all diffus innstråling. Dersom den står loddrett, vil den «se» halve himmelen, og dermed treffes av halvparten av den diffuse innstrålingen.



Figur 23 Diffus innstråling på modulen antas å være proporsjonal med andelen av himmelen som modulen «ser». [3]

Den diffuse innstrålingen mot horisontalplanet (I_{DH}) vil være proporsjonal med den direkte solinnstrålingen (I_B), med en koeffisient som varierer over året. Denne koeffisienten approksimeres med følgende formel:

$$C = 0,095 + 0,04 \sin\left(\frac{360}{365}(n - 100)\right) \quad (11)$$

- n – Dagsnummer i året (1.jan => $n=1$)

Vi får da:

$$I_{DH} = C I_B \quad (12)$$

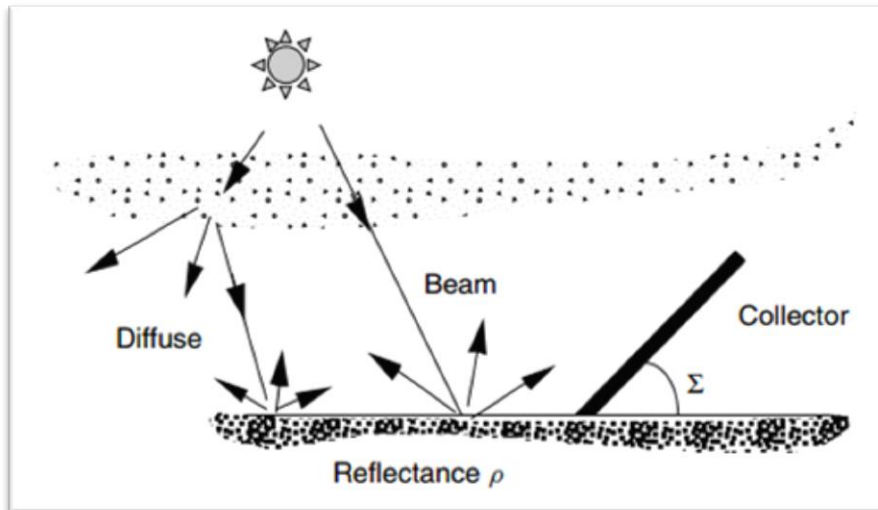
På en typisk klarværsdag vil den diffuse innstrålingen være ca. 15 % [3] av total innstråling mot horisontalplanet, og en del av denne diffuse innstrålingen vil treffe modulen. Hvor mye som treffer modulen, vil avhenge av modulens helningsvinkel:

$$I_{DC} = I_{DH} \left(\frac{1 + \cos(\Sigma)}{2}\right) = C I_B \left(\frac{1 + \cos(\Sigma)}{2}\right) \quad (13)$$

- Σ – Modulens helningsvinkel

1.9.3 Reflektert innstråling:

Den siste delen av total innstråling på solcellemodulen vil være den indirekte/reflekterte strålingen som spretter av nærliggende objekt og underlag. Denne strålingen antas, på lik linje med den diffuse strålingen, å være isotropisk, som sett på figur 24.



Figur 24 Bakken antas å reflektere stråling med lik intensitet i alle retninger (isotropisk). [3]

Denne type stråling vil variere svært mye i forhold til hvilket underlag som omringer modulen. Dersom underlaget er dekket av snø, vil så mye som 80 % av direkte og diffus stråling kunne reflekteres og sendes isotropisk i retur. På den andre siden vil det ved mørk grus som underlag kunne reflektere så lite som 10 % av innstrålingen. En typisk verdi for gress eller annet vanlig underlag ligger på ca. 20 %. Mengden reflektert stråling kan bli beregnet som produktet av total horisontal stråling ($I_{BH} + I_{DH}$) og bakkens refleksjonskoeffisient (ρ). Mengden av reflektert stråling som treffer solcellemodulen vil variere med helningsvinkelen, og kan maksimalt bli så mye som halvparten av all reflektert stråling ($\Sigma = 90^\circ$). Dersom solcellemodulen ligger horisontalt på underlaget, vil ingenting av den reflekterte strålingen nå modulen. Et enkelt uttrykk for reflektert solinnstråling som når modulen vil da bli:

$$I_{RC} = \rho(I_{BH} + I_{DH}) \left(\frac{1 - \cos(\Sigma)}{2} \right) \quad (14)$$

- ρ - Bakkens refleksjonskoeffisient.

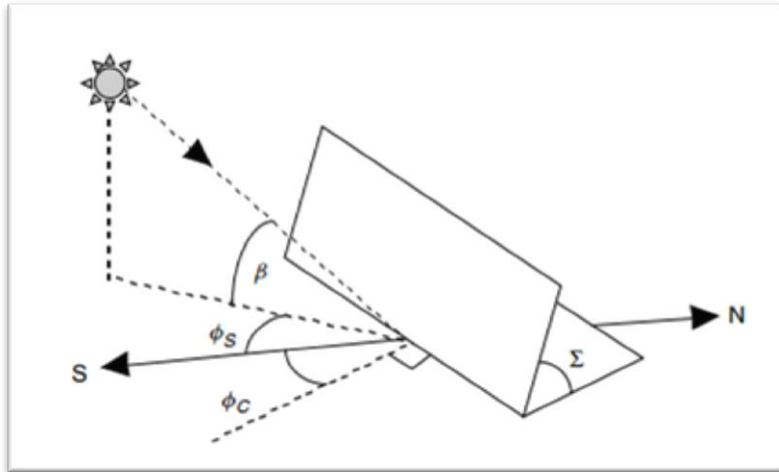
Å sette inn ligning (8) og (12) inn i (14) gir:

$$I_{RC} = \rho I_B (\sin(\beta) + C) \left(\frac{1 - \cos(\Sigma)}{2} \right) \quad (15)$$

Ved å summere ligning (10), (13) og (15), er det mulig å finne total innstråling på en solcellemodul:

$$I_C = I_{RC} + I_{DC} + I_{BC} \quad (16)$$

$$I_C = I_B \left[\rho(\sin(\beta) + C) \left(\frac{1 - \cos(\Sigma)}{2} \right) + C \left(\frac{1 + \cos(\Sigma)}{2} \right) + (\cos(\beta) \cos(\phi_S - \phi_C) \sin(\Sigma) + \sin(\beta) \cos(\Sigma)) \right] \quad (17)$$



Figur 25 Illustrasjon som viser plassering av alle vinkler nevnt i ligning (17). [3]

Fra formelen for innstråling på modulen, er det tydelig at valg av helningsvinkel på modulen vil påvirke mye. For Norge vil det være aktuelt å ha en større helningsvinkel (Σ) enn land lengre sør, mye på grunn av at sola henger lavere på himmelen lengre tid igjennom året (spesielt i vår- og høstmånedene), og at vi får et større bidrag fra refleksjon fra snødekte underlag. Dette fører dog til lavere diffus instråling. Optimal helningsvinkel og asimut på modulen vil uansett variere som følge av faktorer som:

- Solas høydevinkel og asimut
- Tid på året
- Underlag på nærliggende område som skaper refleksjon

På grunn av dette, vil store anlegg ha et nevneverdig utbytte av å bruke trackingsystem.

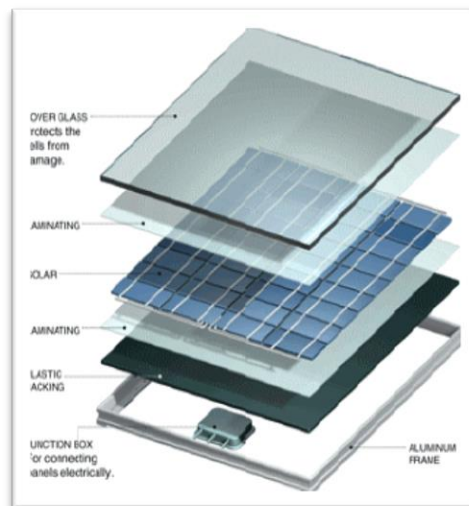
Trackingsystemene vil kunne følge solas asimut, og dersom det er toakslet vil det også kunne følge solas høydevinkel. Dette vil likevel være av lite interesse for denne rapporten, da den hovedsakelig fokuserer på småskala produksjonsanlegg for privat bruk.

1.10 Fra celle til system:

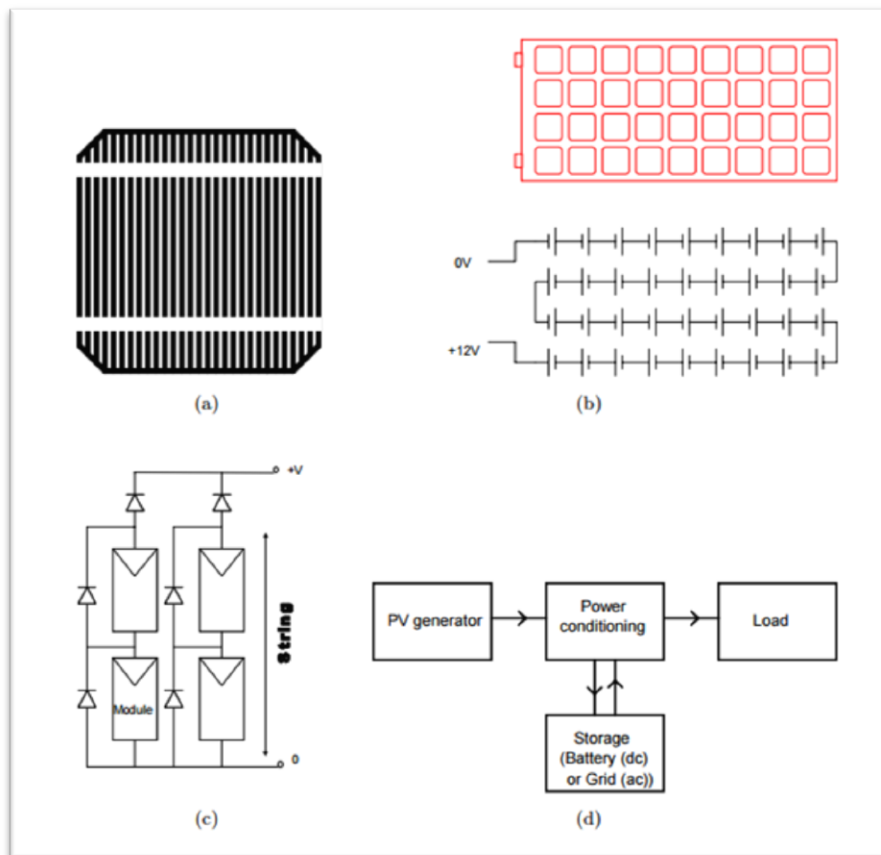
En typisk solcelle er bygd opp som en skive med areal på 100cm^2 , og har en antirefektiv overflate. Når den står i skyggen, leder den strømmen som en diode, og når solen skinner på den, vil den sette opp en spenning. Hver celle gir ikke ut mer enn 0,5- 0,6 volt, derfor settes mange, typisk 60, celler i serie til det som kalles en solcellemodul. Hver solcellemodul kan settes i serie med andre, og danne

det som kalles strenger. Spenningen vil da summeres, og hvor mange moduler som seriekobles er avhengig av vekselretterens krav til spenning inn. Dersom det ønskes mer effekt, kan flere strenger parallellkobles, og effekten levert blir summen av effekt fra hver streng. Her må også vekselretterens krav til effekt tas i betraktning. Ut fra vekselretteren leveres effekt som kan brukes på lokal last, og/eller leveres ut på strømmettet.

Når solcellene skal brukes ute i vær og vind, er det viktig at de beskyttes. Når solcellene settes sammen til det vi kaller moduler, pakkes de inn i et beskyttende skall, for eksempel et herdet glass med ramme i metall. Dette vil beskytte cellene mot mekaniske påkjenninger og fukt.



Figur 26 Solcellemodulens innpakning, her vises de mange lagene som skal til for å skape en robust og brukervennlig solcellemodul. [11]



Figur 27 Fra celle til system. (a) Solcellen med to kontakter. (b) Flere solceller koblet sammen i serie som danner et panel/modul. (c) 4 moduler hvor det er 2 strenger parallellkoblet og 2 moduler seriekoblet i hver streng. (d) Hele systemet med moduler, vekselrettere og oppkobling mot nettet og egen last.[12]

1.11 Plusskunder:

For å få tariffert den energien som leveres inn i strømmettet fra distribuert produksjon, er kunden nødt til å opprette en plusskunde-avtale med nettleverandøren sin. Hvilke regler og retningslinjer som må følges her kan variere fra leverandør til leverandør. Det må i tillegg installeres AMS for å registrere levert energi til nettet.

NVEs definisjon av plusskunde:

«Sluttbruker av elektrisk energi som har en årsproduksjon som normalt ikke overstiger eget forbruk, men som i enkelte driftstimer har overskudd av kraft som kan mates inn i nettet. Produksjonsenheter hvor det kreves omsetningskonsesjon eller sluttbrukere med produksjon som også leverer elektrisk energi til andre sluttbrukere, er ikke omfattet av ordningen for plusskunder.» [13]

NVE er i en arbeidsfase hvor de prøver å definere rettigheter og krav til plusskundene, og skriver på sine nettsider 21.04.2015 [14]:

«Det foreslås endringer i avregningsforskriften som innebærer at en plusskunde ikke trenger å installere en egen måler for å måle brutto produksjon, men at det er tilstrekkelig at plusskundens produksjon og forbruk måles i felles målepunkt. Det foreslås også endringer i kontrollforskriften som innebærer at plusskunder ikke avregnes innmatingstariff for den elektrisiteten som plusskunden leverer ut på nettet.

Endringene forenkler regelverket for plusskunder, nettselskap og kraftleverandører.

Status: I høringen kom det inn flere innspill på de foreslåtte forskriftsendringene, og NVE har kommet til at det er behov for å arbeide mer med forslaget. Det tas sikte på å vedta endringer i løpet av juni 2015 slik at regelverket kan tre i kraft fra 1. januar 2016.»

I en ny melding på deres nettsider skrives det 11.06.2015:

«Avregningsforskriften paragraf 3-4 om måling av produksjon er en ny bestemmelse som ble vedtatt i forbindelse med innføring av nordisk balanseavregning (NBS).

Denne bestemmelsen skulle tre i kraft 1. juli 2015, men NVE har mottatt tilbakemeldinger om at selskapene trenger mer tid for å tilpasse sine systemer og rutiner for å etterleve bestemmelsen. NVE har derfor vedtatt at 1. januar 2016 er ny dato for når avregningsforskriftens paragraf 3-4 om måling av produksjon skal tre i kraft.»

NVE oppdaterte sine sider ang. plusskunder 2. mai 2016:

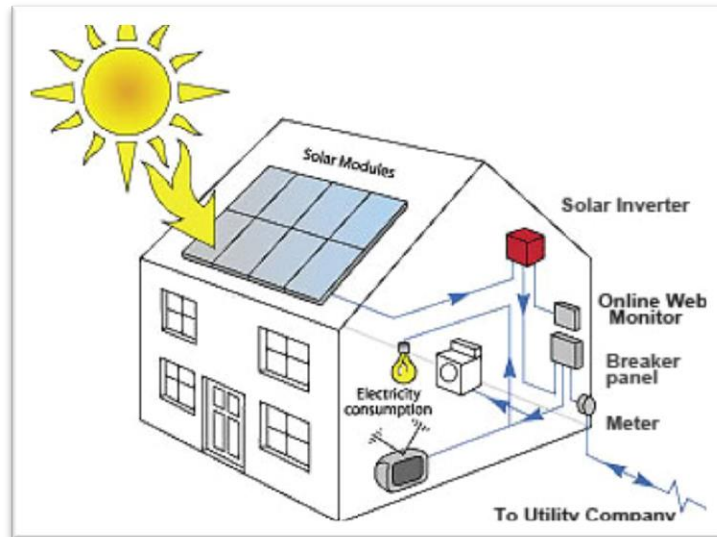
«Fra 1. januar 2017 trer ny definisjon av plusskunder i kraft og fritak fra andre tariffledd for innmating blir en rettighet for alle plusskunder uavhengig av hvilket nettselskap kunden er tilknyttet. Hvis du ønsker å bli plusskunde, må du melde fra til nettselskap ditt som kan fortelle hvilke tekniske krav som gjelder for plusskunder i deres nett.»

Den nye definisjonen av plusskunder blir da fra 1. januar 2017:

«Sluttbruker med forbruk og produksjon bak tilknytningspunkt, hvor inmatet effekt i tilknytningspunktet ikke på noe tidspunkt overstiger 100 kW. En plusskunde kan ikke ha konsesjonspliktig anlegg bak eget tilknytningspunkt eller omsetning bak tilknytningspunktet som krever omsetningskonsesjon.» [13]

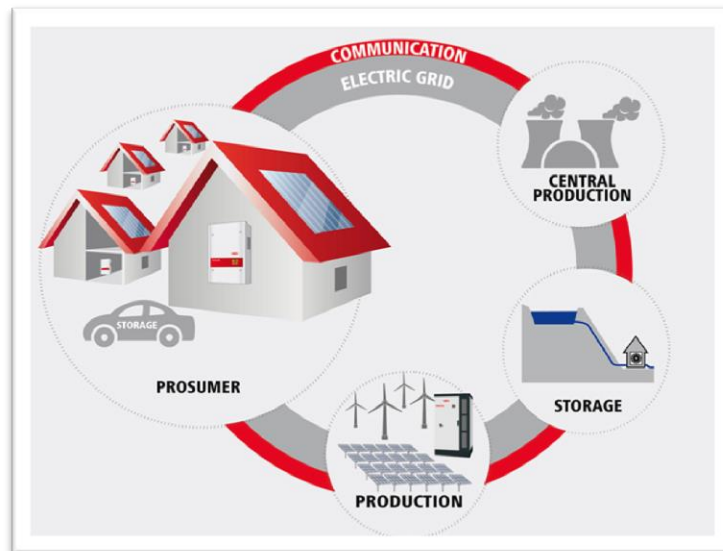
1.12 Ulike systemtyper PV-anlegg

I Norge har, og er det fortsatt, de frittstående systemene som dominerer. Dette er system som ikke er tilkoblet det elektriske nettet, og leverer strøm typisk til nærliggende laster. Her er det enkle paneler som kobles opp mot batterier gjennom en strømregulator. Dette kan for eksempel være på hytter på fjellet, fyrlykter på kysten eller basestasjoner til telekomsektoren. I de siste årene har det blitt bygd ut lite nettilknyttede anlegg i Norge, såkalte distribuerte system, men veksten forventes å øke de kommende årene.



Figur 28 Eksempel på distribuert solcellesystem. [30]

Distribuerte system er system som er tilknyttet lavspennetnettet og forsyner lokale laster, typisk med en effekt på 1-10kW. Dersom produksjonen er tidvis større enn forbruket på stedet, mates effekten inn i nettet, eventuelt lagres den i batteribanker på stedet. Anleggene kan festes på tak og fasade, eventuelt kan den integreres i bygningsmaterialet. Disse systemene må nødvendigvis ha samme frekvens og spenning som det tilkoblede nettet. Dette er systemer som det i Tyskland har vært en ekstrem vekst av de siste årene, på grunn av generøse insentiver fra staten. Det er i disse systemene vi finner plusskundene.



Figur 29 Illustrasjon av et system med distribuert solcelleproduksjon. [30]

De største systemene, de sentraliserte systemene, er system som ofte ligger i MW-klassen. Dette er som regel bakkemonterte anlegg i solfylte områder som fungerer som kraftverk. Disse PV-anleggene kobles til nettet, og leverer effekt ut til større områder, på lik linje som et vannkraftverk i Norge. Pr.

2015 var de 3 største anleggene i verden lokalisert i vestlige deler av USA, to i California (Topaz Solar Farm 550 MW [15], Desert Sunlight Solar Farm 550 MW [16]) og ett i nabostaten Nevada (Copper Mountain Solar Facility 458 MW [17]).



Figur 30 Topaz Solar Farm I California. [31]

1.13 Spenningskvalitet

Forskrift om leveringskvalitet i kraftsystemet (FoL) har som hensikt å ivareta leveringskvaliteten i kraftnettet som helhet når det er operativt. Spenningskvalitet vil kunne deles opp i tre forskjellige kategorier; frekvens, effektivverdi og form. Disse tre kategoriene påvirkes av forskjellige faktorer/parameter som er gjengitt under.

- Spennings frekvens
 - Frekvens
- Spennings effektivverdi
 - Langsomme variasjoner i spennings effektivverdi
 - Spenningsprang
 - Kortvarige overspenninger
 - Kortvarige spenningsfall
 - Flimmer
 - Spenningsusymmetri
- Spennings kurveform
 - Harmoniske spenninger
 - Transienter

1.13.1 Frekvens

Gjengitt fra FoL § 3-2 stilles det følgende krav til frekvens i den grunnharmoniske spenningen:

«Systemansvarlig skal sørge for at spennings frekvens- og tidsavvik normalt holdes innenfor bestemmelser i nordisk systemdriftsavtale.»

Systemansvarlig skal i områder som midlertidig er uten fysisk tilknytning til tilgrensende overføringsnett, sørge for at spennings frekvens normalt holdes innenfor 50 Hz \pm 2 %. [18]

I nordisk systemdriftsavtale er det oppgitt at spennings frekvens normalt skal holdes innenfor 50 Hz \pm 0,2 % (dvs. 49,9 – 50,1 Hz).

1.13.2 Langsomme variasjoner i spennings effektivverdi

FoL beskriver langsomme variasjoner i spennings effektivverdi på følgende måte: *«Endringer i spennings stasjonære effektivverdi, målt over et gitt tidsintervall.»* [18]

Kravet som FoL setter til disse effektivverdiene beskrives slik: *«Nettselskap skal sørge for at langsomme variasjoner i spennings effektivverdi, er innenfor et intervall på \pm 10 % av nominell spenning, målt som gjennomsnitt over ett minutt, i tilknytningspunkt i lavspenningsnettet.»*[18]

Endringer i den stasjonære effektivverdien til spenningen kommer i hovedsak av endringer i last i nettet. Dersom en last som faller ut eller settes inn er tilstrekkelig stor, vil det kunne påvirke spenningen nok til å havne utenfor disse grensene. I tillegg vil distribuert generasjon kunne påvirke spenningen nok til å havne utenfor grenseverdiene. Dette kommer i hovedsak av litt for svakt nett og lav last i øyeblikket hvor produksjonen kobles inn.

Elektrisk utstyr hos sluttbrukeren er oppgitt for å kunne tåle et visst spenningsnivå, og dersom utstyret er veldig følsomt, vil slike variasjoner i spennings effektivverdi kunne få slike komponenter til å slutte å fungere, eventuelt ødelegge komponenten.

1.13.3 Kortvarige overspenninger, kortvarige underspenninger og spenningsstrang

Restriksjoner for kortvarige over- og underspenninger og spenningsstrang er gitt av FoL slik:

Nettselskap skal sørge for at spenningsendringer ved kortvarige overspenninger, kortvarige underspenninger og spenningsstrang ikke overstiger følgende grenseverdier i tilknytningsspunkt med det respektive nominelle spenningsnivå, U_N , for det respektive tidsintervall:

Kortvarige overspenninger, kortvarige underspenninger og spenningsstrang	Maksimalt antall tillatt pr. flytende 24-timersperiode [kV]	
	$0,23 \leq U_N \leq 35$	$35 < U_N$
$\Delta U_{\text{stasjoner}} \geq 3 \%$	24	12
$\Delta U_{\text{maks}} \geq 5 \%$	24	12

Tabell 2 restriksjoner for kortvarige over- og underspenninger samt spenningsstrang

Kortvarige overspenninger, kortvarige underspenninger og spenningsstrang som skyldes jordfeil eller kortslutninger i nettet, innkobling av transformatorer, gjeninnkobling etter feil, samt nødvendige driftskoblinger for å opprettholde en tilfredsstillende leveringskvalitet som helhet, omfattes ikke av grenseverdiene oppstilt i annet ledd.

NVE kan pålegge de som omfattes av denne forskriften, å gjennomføre tiltak for å redusere omfanget eller konsekvensene av kortvarige over- og underspenninger.

Forskrift om leveringskvalitet i kraftsystemet [18]

1.13.3.1 Kortvarige overspenninger

FoL beskriver kortvarige overspenninger slik:

Hurtig økning i spenningens effektivverdi til høyere enn 110 % av avtalt spenningsnivå, med varighet fra 10 millisekunder til 60 sekunder. I et system der et elektrisk anlegg eller elektrisk utstyr forsynes med mer enn én forsyningspenning vil en kortvarig overspenning inntreffe når spenningen på minst én av forsyningspenningene stiger over 110 % av avtalt spenning og opphøre når alle forsyningspenningene faller til 110 % eller mindre av avtalt spenning.

Forskrift om leveringskvalitet i kraftsystemet [18]

1.13.3.2 Kortvarige underspenninger

Kortvarige underspenninger er:

Hurtig reduksjon i spenningens effektivverdi til under 90 %, men større enn 5 % av avtalt spenningsnivå, med varighet fra 10 millisekunder til 60 sekunder. I et system der et elektrisk

anlegg eller elektrisk utstyr forsynes med mer enn én forsyningsspenning vil en kortvarig underspenning inntreffe når minst én av forsyningsspenningene faller under 90 % av avtalt spenning og opphøre når alle forsyningsspenningene stiger til 90 % eller mer av avtalt spenning.

Forskrift om leveringskvalitet i kraftsystemet [18]

1.13.3.3 Spenningsprang

FoL beskriver spenningsprang slik:

En endring av spenningens effektivverdi innenfor $\pm 10\%$ av avtalt spenningsnivå, som skjer hurtigere enn $0,5\%$ av avtalt spenningsnivå pr. sekund. Spenningsprang uttrykkes ved stasjonær og maksimal spenningsendring som er gitt ved henholdsvis:

$$\% U_{stasjonær} = \frac{\Delta U_{stasjonær}}{U_{avtalt}} * 100\%$$

Og

$$\% U_{maks} = \frac{\Delta U_{maks}}{U_{avtalt}} * 100\%$$

der $\Delta U_{stasjonær}$ er stasjonær spenningsendring som følge av en spenningsendningskarakteristikk, ΔU_{maks} er den maksimale spenningsdifferansen i løpet av en spenningsendningskarakteristikk og U_{avtalt} er avtalt spenningsnivå.

Forskrift om leveringskvalitet i kraftsystemet [18]

1.13.4 Flimrer og flimmerintensitet

Flimrer er «den synlige variasjon i lys hvor luminansen eller spektralfordelingen varierer med tiden.» [18]

Flimmerintensitet beskrives av FoL slik: «Intensiteten av flimmerubehaget er definert ved UIE-IEC flimmermålemetode og beregnes ved de følgende størrelser:

- Korttids intensitet (P_{st}) målt over en periode på ti minutter.
- Langtids intensitet (P_{lt}) beregnet ut fra 12 P_{st} -verdier over et to timers intervall, i henhold til følgende uttrykk:

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\sum_{i=1}^{12} \frac{P_{st_i}^3}{12}} \text{ » [18]}$$

§ 3-5 av FoL gir restriksjoner for flimmerintensitet på følgende vis:

Nettselskap skal sørge for at flimmerintensitet ikke overstiger følgende verdier i tilknytningspunkt med det respektive nominelle spenningsnivå, U_N [kV], for det respektive tidsintervall:

	$0,23 \leq U_N \leq 35$	$U_N < 35$	Tidsintervall
Korttidsintensitet av flimmer, P_{st} [pu]	1,2	1,0	95 % av uken
Langtidsintensitet av flimmer P_{lt} [pu]	1,0	0,8	100 % av uken

Flimmerintensitet som skyldes jord- eller kortslutninger i nettet, innkobling av transformatorer eller gjeninnkobling etter feil, omfattes ikke av grenseverdiene oppstilt i første ledd.

Forskrift om leveringskvalitet i kraftsystemet [18]

Flimmer måles i mot verdien 1, hvor over halvparten av mennesker som opplever flimmeret vil føle det som ubehagelig. Flimmer forårsakes av fluktuasjoner i spennings rms-verdi, og merkes best ved frekvenser rundt 25 Hz ned til noen tidelers Hz. I svært svake nett, kan til og med termostatstyrte panelovner være årsak til flimmer.[28]

1.13.5 Spenningsasymmetri

Beskrevet av forskriften slik:

Tilstand i et flerfaset system hvor linjespenningenes effektivverdier (grunnharmonisk komponent), eller fasevinklene mellom etterfølgende linjespenninger, ikke er helt like. Grad av asymmetri beregnes ved forholdet mellom spennings negative og positive sekvenskomponent, og kan uttrykkes ved:

$$\frac{U_-}{U_+} = \sqrt{\frac{1 - \sqrt{3 - 6\beta}}{1 + \sqrt{3 - 6\beta}}}$$

der U_- er spennings negative sekvenskomponent,

U_+ er spennings positive sekvenskomponent,

$$\beta = \frac{(U_{12}^4 + U_{23}^4 + U_{31}^4)}{(U_{12}^2 + U_{23}^2 + U_{31}^2)^2}$$

Og U_{ij} representerer linjespenningens grunnharmoniske komponent mellom de nummererte faser.

Forskrift om leveringskvalitet i kraftsystemet [18]

§3-6 i FoL setter følgende krav til spenningsusymmetri: «Nettselskap skal sørge for at grad av spenningsusymmetri ikke overstiger 2 % i tilknytningspunkt, målt som gjennomsnitt over ti minutter.»

1.13.6 Overharmoniske spenninger

FoL beskriver overharmoniske spenninger slik:

Sinusformede spenninger med frekvens lik et multiplum av forsyningsspenningens grunnharmoniske frekvens. Total harmonisk forvrengning av spenningen uttrykkes ved:

$$\%THD_U = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{40} U_h^2}}{U_1} * 100\%$$

Individuell harmonisk forvrenging for hvert multiplum av den grunnharmoniske frekvensen uttrykkes ved:

$$\%U_h = \frac{U_h}{U_1} * 100\%$$

Der U_1 er spenningens grunnharmoniske komponent, U_h er en gitt harmonisk spenningskomponent, og h er komponentens harmoniske orden.

Forskrift om leveringskvalitet i kraftsystemet [18]

§ 3-7 i FoL setter følgende krav til overharmoniske spenninger:

Nettselskap skal sørge for at total harmonisk forvrengning av spenningens kurveform ikke overstiger 8% og 5%, målt som gjennomsnitt over henholdsvis ti minutter og én uke, i tilknytningspunkt med nominell spenning fra og med 230 V til og med 35 kV.

Nettselskap skal sørge for at individuelle overharmoniske spenninger ikke overstiger følgende verdier, målt som gjennomsnitt over ti minutter, i tilknytningspunkt med nominell spenning fra og med 230 V til og med 35 kV:

Odde harmoniske				Like harmoniske	
Ikke multiplum av 3		Multiplum av 3			
Orden h	U_h	Orden h	U_h	Orden h	U_h
5	6,0 %	3	5,0 %	2	2,0 %
7	5,0 %	9	1,5 %	4	1,0 %
11	3,5 %	>9	0,5 %	>4	0,5 %
13	3,0 %				
17	2,0 %				
19, 23, 25	1,5 %				
>25	1,0 %				

Tabell 3 Krav til individuelle overharmoniske spenninger

Forskrift om leveringskvalitet i kraftsystemet [18]

1.13.7 Transiente overspenninger

Transiente overspenninger blir forklart slik i FoL: «*Høyfrekvente eller overfrekvente overspenninger med varighet normalt innenfor en halvperiode (10 ms). Stigetiden kan variere fra mindre enn ett mikrosekund til noen få millisekunder.*»[18]

Det stilles ingen direkte krav fra FoL om transiente overspenninger, men NVE kan pålegge de som omfattes av FoL, å gjennomføre tiltak for å redusere omfanget eller konsekvensene av transiente overspenninger. [18]

2 Personssikkerhet i strømmettet

Når solceller er montert i en krets, vil cellene produsere spenning så lenge det er lys på dem. Dette byr på utfordringer ved situasjoner hvor det ikke er ønskelig at de er spenningssett. Dette kan for eksempel være ved brann. Selv om hovedsikringen i bygget er slått av, vil ikke dette hindre selve solcellene å produsere spenning, og dermed kan kretsen i huset fortsatt være spenningssett. Mange invertere har innebyggede sikkerhetsfunksjoner som kobler inverteren ut fra nettet dersom frekvensen faller bort (for eksempel ved at hovedsikringen blir slått ut). Dette gjør at kretsene i huset på vekselstrømssiden ikke er spenningssett, men likespenningssiden av systemet vil fortsatt ha spenning da dette kommer rett fra solcellene.

Dette fører til at brannslukking kan være vrient, da dette utsetter mannskapet for støtfare. Selv på natten vil det oppstå utfordringer, da arbeidslys satt opp av redningsmannskap kan føre til at solcellene igjen begynner å produsere.

De største utfordringene er forbundet med at brannskader kan føre til at anleggene får feil, og dermed spenningssetter materialer i bygningen. Dette gjør at alt redningsarbeid må foregå som AUS, noe som koster dyrebar tid under redningen.

Et helt annet faremoment med slike anlegg er forbundet med arbeid på nærliggende nett. For eksempel kan dette være ved utbedring av linjer som skal skje på spenningsløst nett. Her vil energimontører koble ut den aktuelle linjen/transformatorstasjonen, slik at radialen skal ligge spenningsløs. Dersom det da eksisterer en form for distribuert generering (lite solcelleanlegg, vindturbin, etc) et sted i radialen, vil det kunne oppstå situasjoner hvor det like vel ligger spenning på linjene. Dette er situasjoner som kalles øydrift, og er i slike tilfeller uønsket. Øydrift oppstår når produksjonsenhetene ikke registrerer bortfallet av nettet, som regel fordi last og produksjon er tilnærmet like.

2.1 Mekanismer for å stoppe/ redusere produksjonen

En måte å stoppe produksjonen på solcellene er å hindre belysning på dem. Dette kan skje ved å legge en duk/presenning over dem når brannmannskap ankommer stedet. Dette er dog ingen enkel jobb, spesielt ikke hvis det brenner, opplyser Dagfinn Kalheim, administrerende direktør i Norsk Brannvernforening. [21]

Et solcelleanlegg vil kunne ha likespenninger opp mot 1000 volt, noe som utgjør en stor fare ved brannslukking. En måte å minske denne spenningen, er ved å montere såkalte brannbrytere. Disse brannbryterne er utviklet slik at de skiller solcellepanelene fra hverandre (på DC-siden) slik at spenningene i DC-kablene ikke overgår 120 volt (definert som berøringsfarlig spenning). Disse brannbryterne kan opereres manuelt, eller være tilkoblet brannvarslingsanlegget slik at de kobler automatisk ved brann. [22]



Figur 31 Eksempel på brannbryter [22]

I forbindelse med arbeid på nett, og utkobling av nett, er det viktig at det legges til rette for plusskunder og opplyses hvilke sikkerhetsfunksjoner som skal være installert i systemene. I mange nettselskap som oppretter forhold med plusskunder, blir det lagt ned retningslinjer som stiller krav til vern. Her stilles det krav til systemene at dersom utilsiktet øydrift oppstår, skal anlegget kobles fra nett innen 0,5 sek.

Det stilles også krav til deteksjon av øydrift, samt krav til spenningskvalitet. Kravene til spenningskvalitet til kunden vil være noe strengere enn FoL sine krav, da nettselskap må ta hensyn til den samlede effekten flere plusskunder kan forårsake til sammen. Rasjonell Elektrisk Nettvirksomhet (REN) har utviklet «Tekniske funksjonskrav til tilknytnings- og nettleieavtale for innmatingskunder i distribusjonsnettet», som for mange nettselskaper brukes som utgangspunkt når krav settes til plusskundene. [23]

2.2 Konklusjon

Selv om øydrift utgjør en fare ved vedlikehold på linjer, vil det i alle tilfeller bli spenningsprøvd før det gjøres fysisk arbeid på linjene. Slik vil linjemontører bestandig være sikker på at det ikke ligger spenning på linjene før det går i gang med arbeid. Dersom det ligger spenning på linjene selv om det ikke skal være det, vil de begynne å feilsøke hos nærliggende abonnenter. Da vil det i fleste tilfeller være et lite produksjonsanlegg som går selv om nettet har falt bort. Da kan de be abonnenten slå av produksjonen, slik at videre arbeid blir mulig.

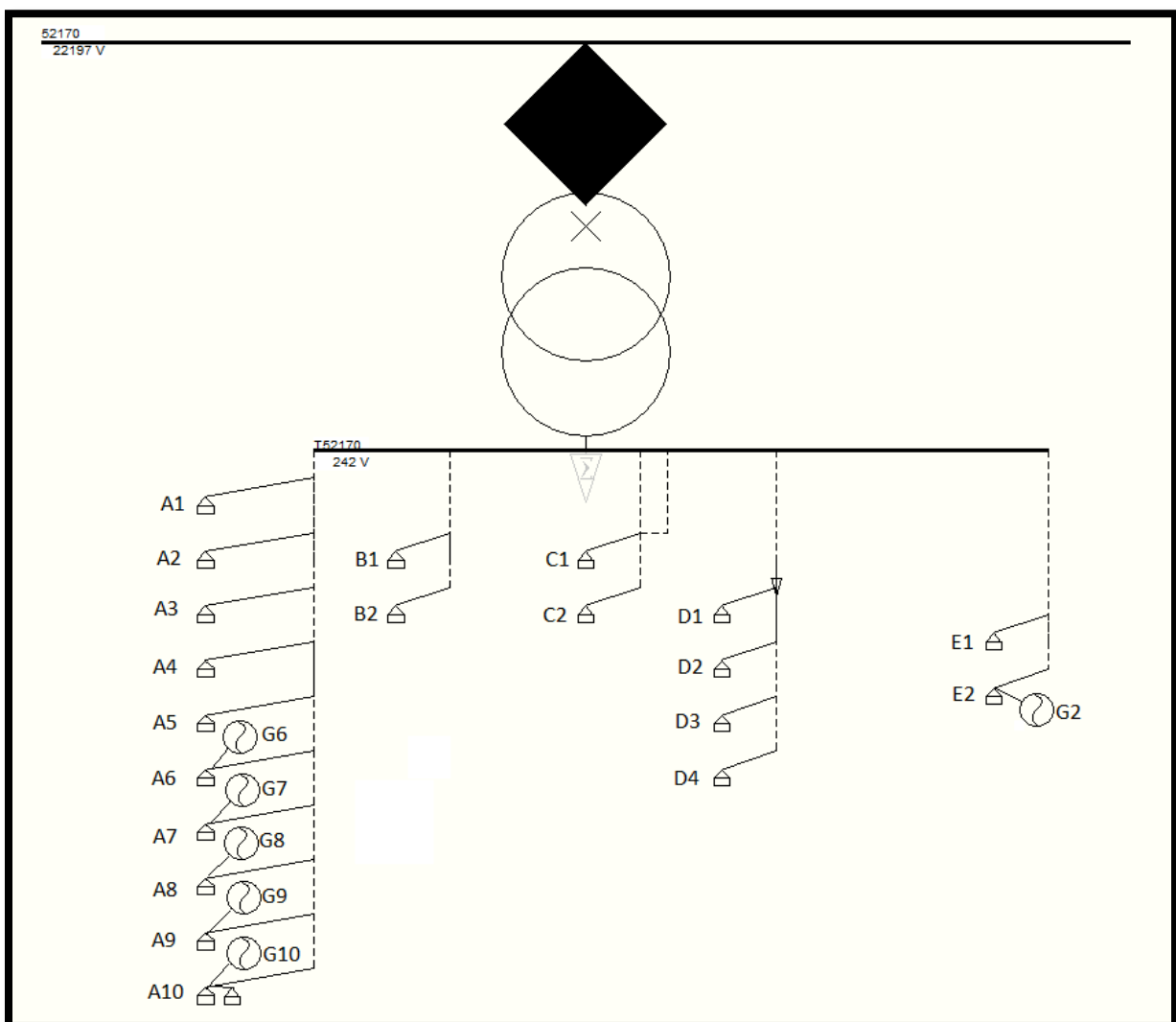
Selv om det ikke foreligger gode retningslinjer rundt slukking av brann hvor det er montert solcelleanlegg, vil brannmannskap bestandig ha kunnskap om hvordan branner skal slukkes i elektriske anlegg. Dette betyr at så lenge brannmannskapet behandler brannen som om den var i et elektrisk anlegg, vil de kunne sikre seg selv mot farlige støt.

3 Simuleringer i NETBAS

NETBAS er utviklet av Powel-Norge og er et analyseverktøy som blir benyttet av mange energiverk i Norge. Programmet blir benyttet til å beregne ting som: lastflyt, kortslutningsrespons, pålitelighet m.m. Ved hjelp av slike parametere kan nettforvalter analysere hvilke påvirkninger eventuelle utbygninger i nettet vil ha, hvilke flaskehalsler som oppstår, og mye mer. I denne analysen er programmet blitt brukt til å finne brudd på FoL ved introdusering av solcellekraft i svake lavspenningsnett.

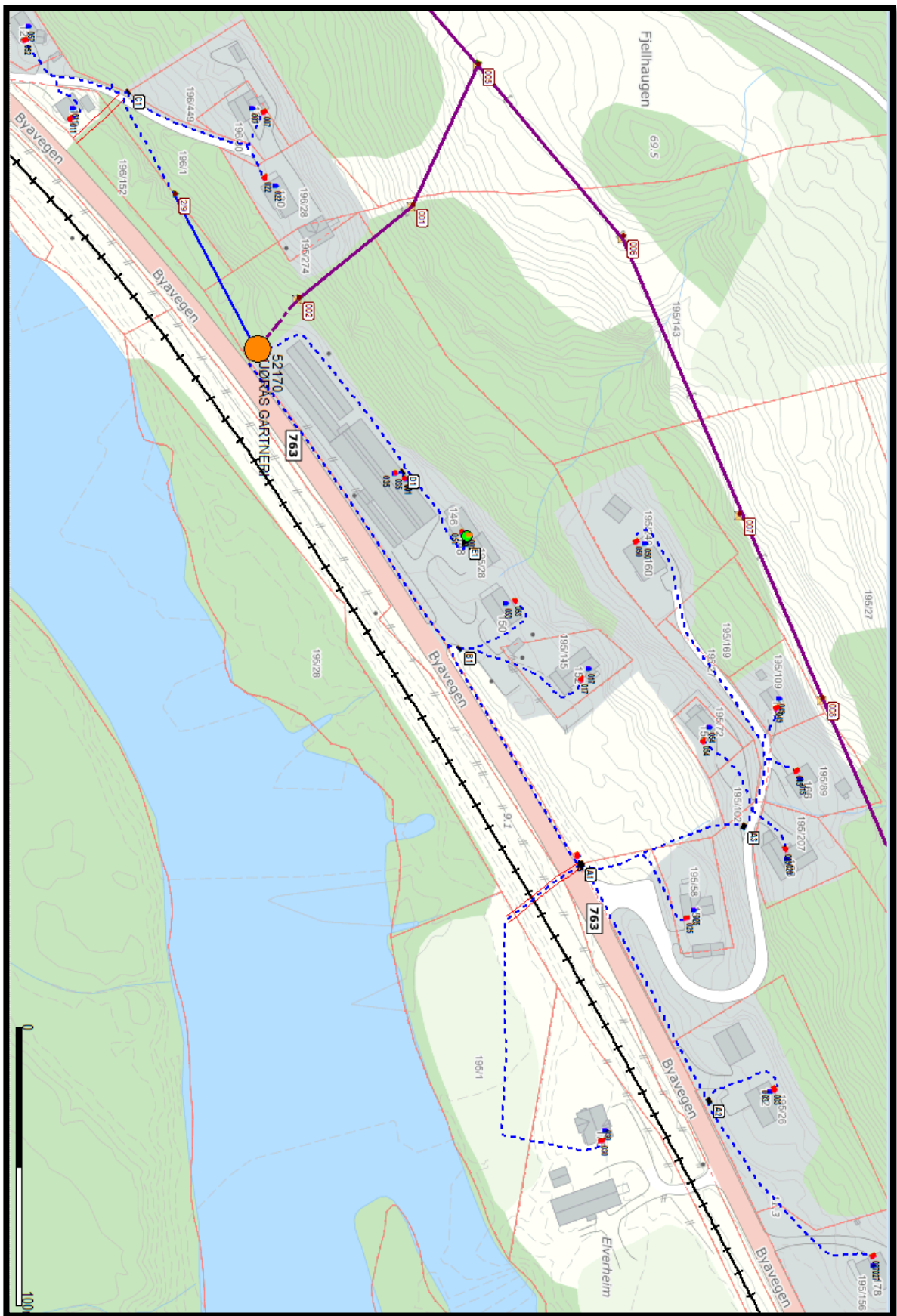
3.1 Utgangspunkt for svakt nett

Før solcelleanleggene ble lagt til i simuleringen, ble det modifisert et lavspenningsnett som var noe svakt. For å oppnå et svakt nett, ble noen av linjene forlenget, samtidig som kvadratet på linjene ble minket. Nettet som er blitt modifisert er hentet fra Steinkjer, Byahalla, i nettstasjon T-52170.



Figur 32 Referansefigur til tabeller.

Figur 32 viser alle abonnenter i nettet. Her vises solcelleanleggene som G2, G6-G10. Disse er henholdsvis koblet opp mot abonnentene E2, A6-A10. Anleggene G2 og A6-A9 er på 5 kWp, mens det siste anlegget, G10, er på 15 kWp. Spesifikasjoner for hver enkelt linje/kabel er oppgitt i tabell 4.



Figur 33 Geografisk kart over lavspenningsnett benyttet i analysen.

Node	Gren 1	Gren2	Gren 3	Gren 4
A1	TFXP 1X4X240 AL - 529m	TFXP 1X4X95 AL – 153m		
A2	TFXP 1X4X240 AL - 529m	TFXP 1X4X50 AL – 58m		
A3	TFXP 1X4X240 AL - 529m	TFXP 1X4X95 AL – 5m		
A4	TFXP 1X4X240 AL - 529m	TFXP 1X4X95 AL – 102m	TFXP 1X4X50 AL – 58m	
A5	TFXP 1X4X240 AL - 529m	TFXP 1X4X95 AL – 102m	TFXP 1X4X50 AL – 91m	
A6	TFXP 1X4X240 AL - 529m	TFXP 1X4X150 AL – 150m	TFXP 1X4X50 AL – 133m	
A7	TFXP 1X4X240 AL - 529m	TFXP 1X4X150 AL – 150m	TFXP 1X4X50 AL – 51m	
A8	TFXP 1X4X240 AL - 529m	TFXP 1X4X150 AL – 150m	TFXP 1X4X50 AL – 44m	
A9	TFXP 1X4X240 AL - 529m	TFXP 1X4X150 AL – 150m	TFXP 1X4X50 AL – 30m	
A10	TFXP 1X4X240 AL - 529m	TFXP 1X4X150 AL – 150m	TFXP 1X4X50 AL – 243m	
B1	TFXP 1X4X150 AL – 140m	TFXP 1X4X50 AL – 39m		
B2	TFXP 1X4X150 AL – 140m	TFXP 1X4X50 AL – 57m		
C1	2x TFXP 1X4X240 AL - 84m	TFXP 1X4X50 AL – 1m		
C2	2x TFXP 1X4X240 AL - 84m	TFXP 1X4X50 AL – 1m		
D1	TFXP 1X4X95 AL – 15m	EX 1X95 – 363m	TFXP 1X4X95 AL – 47m	TFXP 1X4X50 AL – 52m
D2	TFXP 1X4X95 AL – 15m	EX 1X95 – 363m	TFXP 1X4X95 AL – 47m	TFXP 1X4X50 AL – 49m
D3	TFXP 1X4X95 AL – 15m	EX 1X95 – 363m	TFXP 1X4X95 AL – 47m	TFXP 1X4X50 AL – 66m
D4	TFXP 1X4X95 AL – 15m	EX 1X95 – 363m	TFXP 1X4X95 AL – 47m	TFXP 1X4X50 AL – 66m
E1	PFSP 1X3X50 AL – 121m	PFSP 1X3X25 AL – 8m		
E2	PFSP 1X3X50 AL – 121m	PFSP 1X3X25 AL – 207m		

Tabell 4 Oversikt over valgte kabler/luftlinjer som er benyttet i simuleringen.

3.2 Ulike scenarier

3.2.1 Lavlast uten produksjon av solkraft

Nummer	Radial A [V]	Radial B [V]	Radial C [V]	Radial D [V]	Radial E [V]	Generering [kW]
1	234,8	241,0	241,6	238,8	241,2	
2	235,8	240,9	241,6	238,9	240,8	0
3	236,1			238,8		
4	235,6			238,6		
5	235,4					
6	233,8					0
7	234,1					0
8	234,1					0
9	234,1					0
10	232,0					0

Tabell 5 Spenningene i nettet ved lavlast og ingen produksjon av solkraft.

I lavlast uten produksjon ser vi lite forskjell i spenningene mellom start og slutt på en radial, som en naturlig følge av lite kraftoverføring på kablene. Dette tilsvarer en sommerdag hvor solcelleanleggene enda ikke er etablert i nabolaget.

3.2.2 Vinterkveld med høy last i svakt nett

Nummer	Radial A [V]	Radial B [V]	Radial C [V]	Radial D [V]	Radial E [V]	Generering [kW]
1	219,1	238,4	240,3	231,0	239,1	
2	221,6	238,0	240,3	231,2	238,0	0
3	222,7			230,8		0
4	221,0			230,3		0
5	220,2					0
6	214,9					0
7	215,7					0
8	215,7					0
9	216,0					0
10	208,9					0

Tabell 6 Tunglast i opprinnelig nett uten produksjon. Dette er en januarkveld kl. 20.

På en vinterkveld med høy last, ser vi at spenningen i ytterpunktet av radial A ligger i grenselandet for kravet til spenning (207 volt er krevd i FoL). Selv om solcelleanleggene er tilkoblet og operative, vil produksjonen i dette øyeblikket ligge på null på grunn av ingen sol så sent på kvelden. Det at spenningen blir så lav i enden av radialen, tilsier at nettet er noe svakt.

3.2.3 Sommerdag med lite last og delvis produksjon (overskyet – 33 % produksjon)

Nummer	Radial A [V]	Radial B [V]	Radial C [V]	Radial D [V]	Radial E [V]	Generering [kW]
1	239,1	241,1	241,7	238,9	241,9	
2	239,7	241,0	241,7	238,9	243,2	1,67
3	240,0			238,8		
4	239,6			238,7		
5	239,3					
6	241,0					1,67
7	240,9					1,67
8	240,9					1,67
9	240,9					1,67
10	242,0					5

Tabell 7 Sommerdag med lite last og delvis produksjon.

Dette er tiltenkt situasjon hvor det er delvis overskyet, eller et tynt skylag som ligger på himmelen. Dette gir dårligere produksjon, da solcellene treffes hovedsakelig av diffuse solstråler, og ikke direkte solstråler. Vi ser at spenningene i alle noder er godt innenfor kravene.

3.2.4 Sommerdag med lite last og høy produksjon i svakt nett

Nummer	Radial A [V]	Radial B [V]	Radial C [V]	Radial D [V]	Radial E [V]	Generering [kW]
1	244,5	241,3	241,9	239,1	243,1	
2	245,4	241,2	241,9	239,2	247,7	5
3	245,7			239,1		0
4	245,3			238,9		0
5	245,0					0
6	252,8					5
7	252,0					5
8	251,9					5
9	251,8					5
10	258,6					15

Tabell 8 Høy produksjon fører til overspenninger i enden av radialen. Dette utsnittet er simulert med lavlast og samtidig full produksjon (det vil si en hverdag i juli kl. 13).

Her vises effekten av fem solcelleanlegg fordelt på seks naboer (til venstre i bildet). Disse anleggene er på 5kWp hver, utenom det anlegget som 2 naboer deler (G10), som er på 15kWp. Spenningen som oppleves hos kundene er i grenselandet for kravene i FoL, og for ytterste punkt, er de også over grensen. Dette vil være brudd på forskriftens krav til langsomme variasjoner i spennings effektivverdi (ref. kap 1.13.2.) Det er tydelig at det største anlegget hever spenningen mest, og at de andre 5-kWp-anleggene kun løfter spenningene i radialene til øverste grense, men fortsatt er spenningene i disse områdene innenfor kravet i FoL.

Hvis vi sammenligner spenningene i de samme punktene, altså tunglast kontra lettlast med full produksjon, så ser vi at effekten av introdusert solkraft ikke er vesentlig større enn effektene av høylast. Dette kommer som en naturlig følge av at produksjonsanleggene i hvert punkt ikke er vesentlig større en sumlast i hvert punkt. Den økonomiske analysen gjort i prosjektoppgaven [19] tilsier at solcelleanlegg på ca. 3-4 kWp er passelig for vanlige husholdninger. Her er det benyttet noe større anlegg for å fremprovosere høye spenningstopper. Likevel er ikke størrelsene urealistiske.

I tillegg ser vi at solcelleanlegget G2 (i tilknytning med E2), ikke har samme innvirkning på spenningen, da det kun er ett anlegg i denne radialen.

3.3 Solforholdenes påvirkning

Dersom det en fin sommerdag oppleves at skyer kommer og går, vil det ved hver skyggelegging oppleves en drastisk endring i produksjon fra solcellene, som igjen gir en stor endring i spenning. Hvis det sammenlignes spenninger i node A9 fra tabell 7 og 8, ser vi at det er en spenningsforskjell på hele 10,9 volt. Dersom dette skal bryte med FoL sine krav til spenningsprang, betyr det at endringen må skje hurtigere enn 1,15 volt/sek. Dette tilsvarer ca. 9 sekunder, og det er ikke utenkelig at alle 5 solcelleanleggene i dette nabolaget blir skyggelagt i løpet av 9 sekunder. Et slikt spenningsprang kan maksimalt oppstå 24 ganger i døgnet, og siden dette spenningspranget oppstår både når produksjonen kommer, og når den faller bort, er det derfor ikke utenkelig at solforhold alene kan være en utløsende faktor for å bryte Forskriften om Leveringskvalitet. Dette er dog mindre sannsynlig, da værvariasjoner som regel ikke er så drastiske over så kort tid, og samtidig oppstår så mange ganger i løpet av døgnet.

3.4 Konklusjon av simulering

Som simuleringen viser, så er det størst problem knyttet til stasjonære spenninger som blir for høye i lavlast på sommers tid. Dette vises i simuleringen da nettet er modifisert slik at det er svært svakt. Om det er like reelt at slike høye stasjonære spenninger vil oppstå i praksis kan diskuteres. I kapittel 0 vil dette bli undersøkt litt nærmere i konkrete anlegg.

Det som også vises er at for lave spenninger er like stort problem som for høye, da solcelleanleggene ikke nødvendigvis er større enn en sumlast vil være på vinters tid. Det spenningsnivået som utmerker seg mest i simuleringen er det som oppnås hos det største solcelleanlegget ytterst på radialen i lavlast og full produksjon. Her ligger den stasjonære spenningen over 110 % av avtalt spenningsnivå på 230 volt. Dette er ikke så overraskende da anlegget er på hele 15kWp.

I denne simuleringen har det blitt antatt fast spenning på samleskinne i transformator på høyspentsiden. Det vil si ingen aktiv trinning av transformator som følge av introdusert distribuert generasjon. I praksis vil spenningen på lavspentsiden variere proporsjonalt med variasjonen på høyspentsiden. Dette medfører at dersom høyspentsiden får en økning i spenning, vil flere abonnenter i radialen kunne få for høye stasjonære spenninger.

For å unngå slik påvirkning fra høyspentsidens spenningsnivå, kan det være en løsning å investere i en automatisk trinnet distribusjonstransformator. En slik transformator vil måle spenningsnivåene i radialene, og justere trinningen slik at uønsket høye og lave spenninger ikke oppstår. Slike distribusjonstransformatorer er ikke vanlig i dagens nett, men vil kunne fremstå som et mer lønnsomt alternativ enn å forsterke nettet i noen tilfeller.

Fra simuleringen kan man dra konklusjonen at solcelleanlegg vil ikke ha vesentlig større innvirkning på nettet enn en tilsvarende stor last vil ha. I disse simuleringene er det dog kun blitt tatt hensyn til parametere som stasjonære spenningsnivå og spenningsprang. De andre parameterne vil bli diskutert i neste kapittel, hvor konkrete anlegg har blitt monitorert.

4 Analysering av konkrete anlegg

4.1 Utstyr benyttet til innsamling og tolkning av data

Ved innsamling av måledata blir det benyttet måleutstyr av merket Elspec. Disse dataene blir overført til sentral database på Steinkjer via mobilt bredbånd.

4.1.1 G4500 Blackbox

Som et av de mest avanserte måleinstrumentene på markedet, måler og loggfører G4500 Blackbox spenning, strøm, kurveformer, frekvens med mer kontinuerlig. Disse dataene kan lagres i internminnet, eller bli trådløst overført til en server, slik det har blitt gjort i vårt tilfelle.



Figur 34 G4500 Blackbox fra Elspec [20]

G4500 har en samplingsrate på hele 1024 pr. periode på spenning, og 256 pr. periode på strøm. I tillegg har den et backup-batteri som kan holde instrumentet i gang i 2 timer dersom det skulle oppstå et strømbrytning. [20]

Dette måleinstrumentet har blitt benyttet til å samle inn data på Myrholt solcelleanlegg i Steinkjer.

4.1.2 G4400 Blackbox

G4400 gis ut i tre utgaver, hvor forskjellene er gjengitt i tabell 9 under. G4400 er ment som en mer permanent løsning for overvåking av nettet, og er derfor litt mer tidkrevende å sette opp, men igjen mer kompakt og billigere enn G4500.

Modell	G4410	G4420	G4430	G4500
Egenskaper				
Samplingsrate (samplinger pr syklus)	256	512	1024	1024
Lagringskapasitet	128 MB	2GB	8GB	32GB
Harmoniske spenninger opp til	127.	255.	511.	511.
Batteritid	10 sek	25 sek	25 sek	2 timer

Tabell 9 Forskjellene mellom G44xx og G4500

Sett bort fra forskjellene oppgitt i tabell 9 over, så er G4400 og G4500 lik i måten den kan samle inn data. Dette betyr at for analysene gjennomført i denne oppgaven vil det ikke ha noen praktisk betydning at det ikke er benyttet G4500 på begge anleggene.



Figur 35 G4400 Blackbox fra Elspec [24]

Måleinstrumentet som er montert på Overhalla Barne- og Ungdomsskole er G4420.

4.1.3 Virtual Access GW2028

Både på Myrholt og Overhalla Barne- og Ungdomsskole er det benyttet et GW2028 GSM-modem fra Virtual Access [26] til å overføre måledata til server på NTE på Steinkjer. Denne benytter det mobile nettverket, og behøver derfor et simkort med tilhørende mobilabonnement.

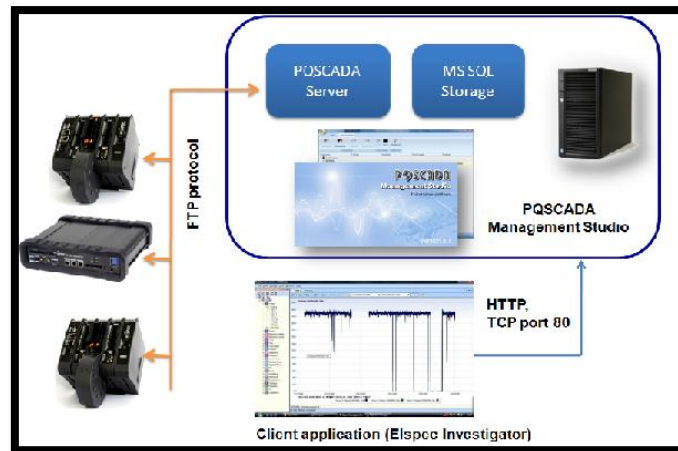


Figur 36 Virtual Access G2028 [26]

4.1.4 Elspec Investigator

«Investigator» er utviklet av Elspec Ltd [27][24], og er et analyseverktøy benyttet til undersøkelser av spenningskvalitet. «Investigator» kommuniserer, mottar og fremviser data som er samlet på en PQSCADA server (data innsamlet av Blackbox-enheter). Kommunikasjonen skjer over standard http protokoll, slik at det er enkelt å sette opp over lokalt nettverk eller internett. Gjennom effektiv

prosessering av en mengde måledata, fremviser «Investigator» data på en brukervennlig og oversiktlig måte, slik at analysering av hendelser enklere kan bli gjennomført.



Figur 37 Elspec Investigator og Blackboxes samspill. [27]

Elspec Investigator er blitt benyttet i hovedsak til all form for analyse av spenningskvalitet i de to anleggene som er undersøkt i denne oppgaven. Flere av skjermdumpene som inngår i kapittel 4.3, 4.4 og 4.5 er hentet rett fra programvaren.

Selection Tree	Parameter
	RMS
	HRMS
	THD
	Crest Factor
	K-Factor
	U1 (Positive Sequence)
	U2 (Negative Sequence) Sequence)
	U0 (Zero Sequence)
	U2/U1 (%)
	PST
	PLT
	Active Power
	Reactive Power
	Apparent Power
	PF
	Energy
	Waveforms
	Harmonics
	Harmonics %
	Active Power Ha.
	Reactive Power .
	Temperature
	Tolerance
	Frequency
	IO
	Compliance

Figur 38 Parametere som fremvises og analyseres i "Investigator"

4.2 Anlegg som inngår i analysedelen

4.2.1 Myrholt (privat anlegg)

Anlegget som i hovedsak blir benyttet i analysedelen av denne rapporten, er et lite privat anlegg som befinner seg i Steinkjer kommune. Dette anlegget er på 3,06 kWp og har en inverter av typen Fronius Galvio 3.1-1. Panelene er av typen REC PE og har en topp effekt på 255 watt pr stykk, og det er montert 12 av dem i en streng. Alle panelene er montert i sørlig retning.

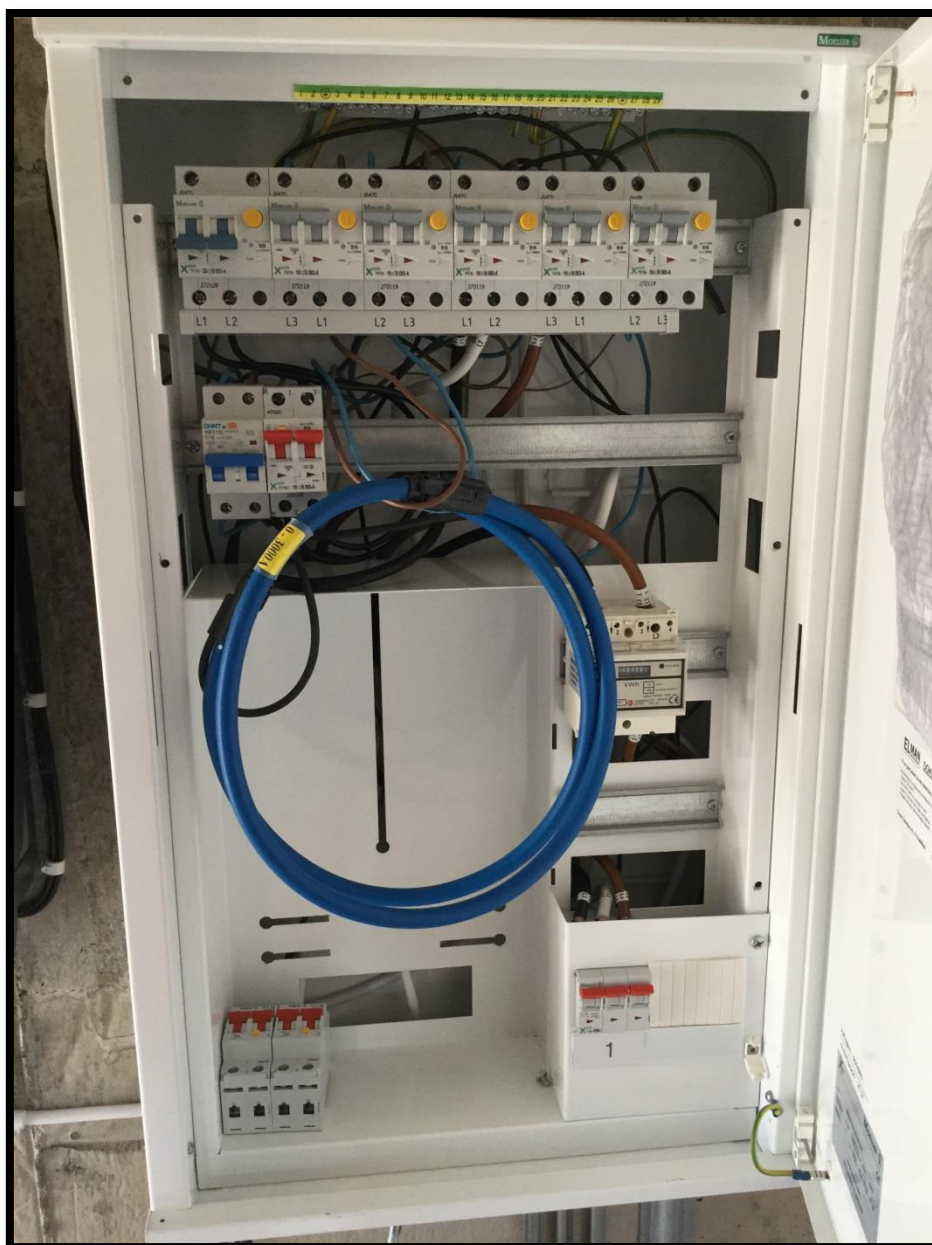
Anlegget befinner seg i et forholdsvis svakt nett, og noen av analysepunktene vil være preget av dette. Anlegget har blitt monitorert siden juli 2015. I tillegg ble utveksling med nettet monitorert frem til 8. august 2015. Denne målingen ble fjernet da måleinstrumentet feilet etter omtrent en halvannen måned.



Figur 39 Hovedinntak i kjeller av bygget på Myrholt. Her står det plassert en smartmåler utlevert av NTE.



Figur 40 Sikringsskap og inverter plassert i andre etasje av bygget. Her ser vi også G4500 Blackbox som er benyttet til innsamling av data. På toppen av sikringsskapet står GSM-ruteren som overfører data til NTEs hovedkontor på Steinkjer.



Figur 41 Målesløyferne i sikringskapet måler strøm i de to fasene som inverter er koblet på. Spenning måles på alle faser.

Inverteren på Myrholt er enfaset, så produksjon og levering til nettet skjer kun over 2 faser, og som figur 41 viser over, er det kun målesløyfer over de to aktuelle fasene fra inverteren. Spenningen er derimot monitort på alle tre faser. Dette er for å kunne få et helhetlig bilde av den elektriske situasjonen i boligen for øvrig.

4.2.2 Overhalla Barne- og Ungdomsskole

Anlegget ble montert mai/juni 2015, og har vært i drift siden 2. juni 2015. Anlegget hadde en total kostnad på 800 000 NOK. Målingene benyttet i denne analysen ble først innhentet i slutten av mai 2016, og har dermed kun noen ukers tid med grunnlag for analyse. Dette vil gjøre at noen analysedeler ikke nødvendigvis er representative for hvordan situasjonen er hele året.

Det ble også gjort en feil i oppkoblingsfasen, slik at strøm målt i de første 4 dagene er feil. Dette medfører at effekt levert fra solcelleanlegget har feil amplitude, men riktig form. Feilen ble rettet opp av elektriker fredag 27. mai kl. 09:00. En annen feil som ble gjort ved oppkobling, var rekkefølge på faser, slik at fase 2 og 3 ble byttet om. Dette fører i praksis ikke til så mye problemer, men verdier for ubalanse vil bli feil. Det er derfor manuelt blitt byttet om på fasene i databasen, slik at figurene som følger er riktige med tanke på ubalanse. Det ble i tillegg rettet i fasene på torsdag 2. juni, slik at fremtidige målinger blir riktige.

Det er montert 176 moduler av typen IBC Solar AG, og forventet brukstid er på ca. 700 kWh/kWp. Modulene ligger med lav vinkel, med halvparten av modulene vendt i nord-vestlig retning, og resten vendt mot sør-øst.



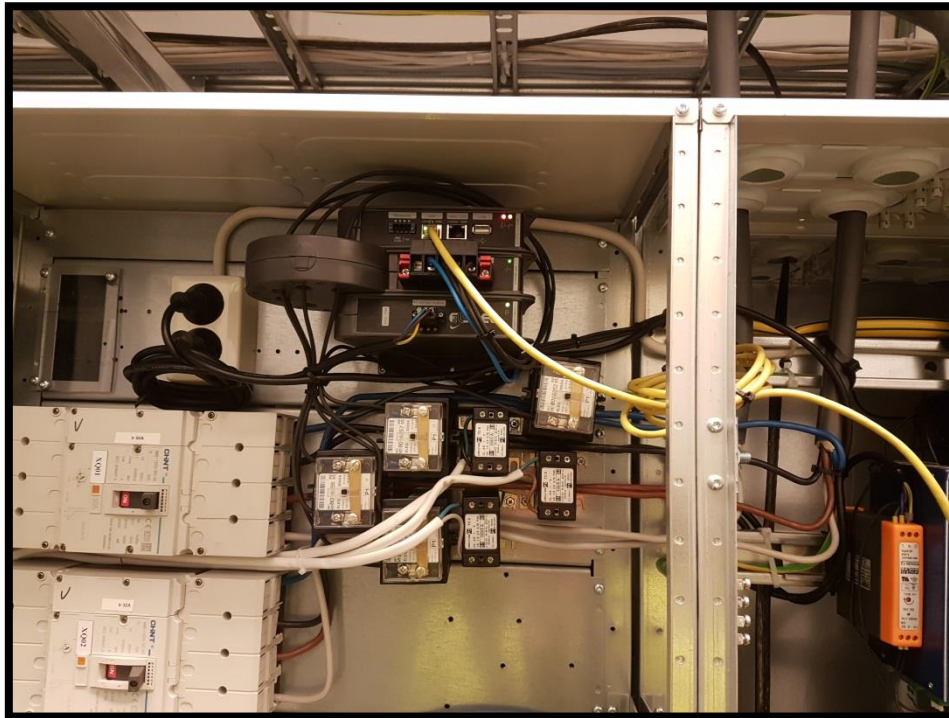
Figur 42 Overhalla Barne- og Ungdomsskole sitt tak. Her er over 45 kWp fordelt over mange panel.

Solcellemodulene på taket har en samlet effekt på 45,7 kWp. Disse er delt opp i 8 strenger, hvor 4 og 4 går til hver sin inverter, på henholdsvis 20 og 25 kWp. Det vil si, 4 av strengene har en effekttopp på 5 kWp fordelt på 21 panel, mens de andre 4 har i overkant av 6 kWp fordelt på 23 panel.

Inverterne er av typen SMA Sunny Tripower (STP 25000TL-30/STP 20000TL-30). Dette er trefaseinvertere, slik at produksjonen balanseres over alle 3 fasene.



Figur 43 Vekselretterne er lokalisert i skolens tekniske rom. Her henger en på 20 kWp og en på 25 kWp



Figur 44 G4420 installert i sikringskap på Overhalla Barne- og Ungdomsskole

Måleinstrumentet ble montert på Overhalla Barne- og Ungdomsskole mandag 23. mai 2016.

Overhalla Barne- og Ungdomsskole er tilkoblet et sterkt lavspent TN-nett. Dette nettet forsynes via en 22kV/400V-transformator som igjen forsynes av Skogmo transformatorstasjon. Der er det en 66/22 kV transformator med automatisk trinning og spenningsregulering på sekundærsiden (22 kV samleskinne). Denne trinningen gjenspeiler seg i målingene av spenningsnivå på Overhalla Barne- og Ungdomsskole.

4.3 Analyse av innsamlede måledata på Myrholt

4.3.1 Energiutbytte i løpet av perioden

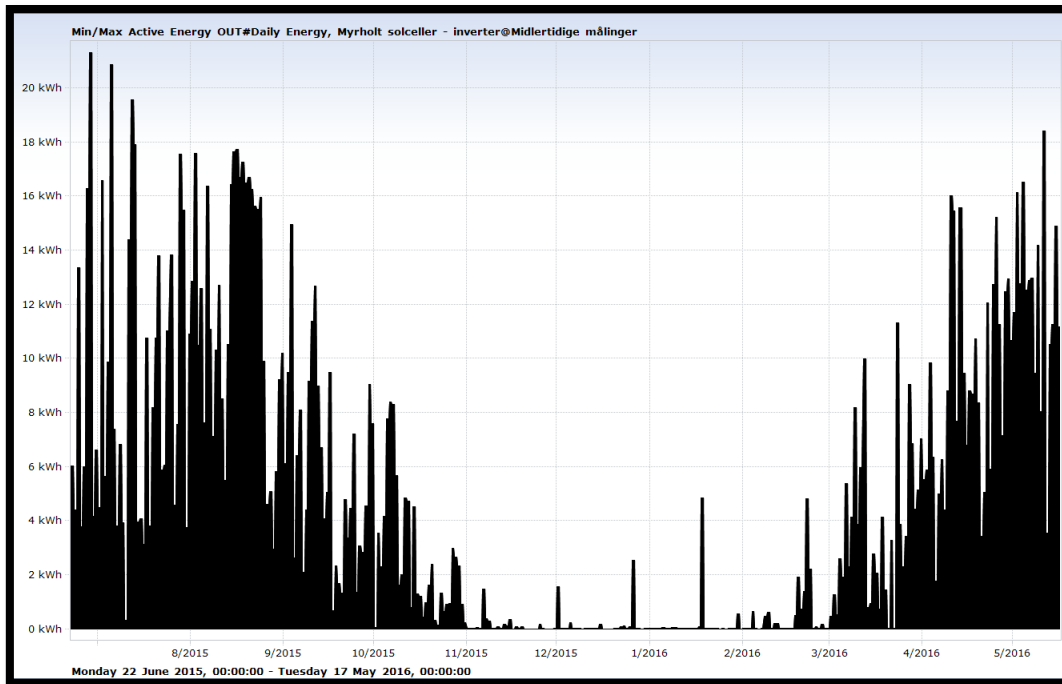
Anlegget på Myrholt har blitt monitorert siden 22. juni 2015. Dette betyr at i denne rapporten er det ikke et helt års data tilgjengelig for analyse. Likevel kan vi si noe om energiutbyttet i de månedene som vi har data på, og spå omtrentlig hvor mye som vil produseres resten av året.

Pr. 18. mai 2016 har det blitt produsert 1682,08 kWh [A]. Dersom en antar en produksjon i perioden 19. mai-22. juni lik produksjonen av 35 gjennomsnittlige juli-dager (ca. 9,2kWh/dag), kommer årsproduksjonen på 2005,56 kWh. Dette tilsvarer en brukstid på 655 kWh/kWp. Dette er tilnærmet forventet produksjon for et anlegg i Midt-Norge, og står i stil med hva som ble skrevet i fordypningsoppgaven [19]

Figur 45 under viser energiproduksjonen i hver måned i løpet av perioden som har blitt monitorert. Søylene for juni 2015 og mai 2016 er lave, men dette kommer av at dette ikke er hele måneder. Dersom en ser på døgnproduksjonen i stedet (figur 46), så viser den at juni 2015 og mai 2016 har hatt gunstig produksjon.

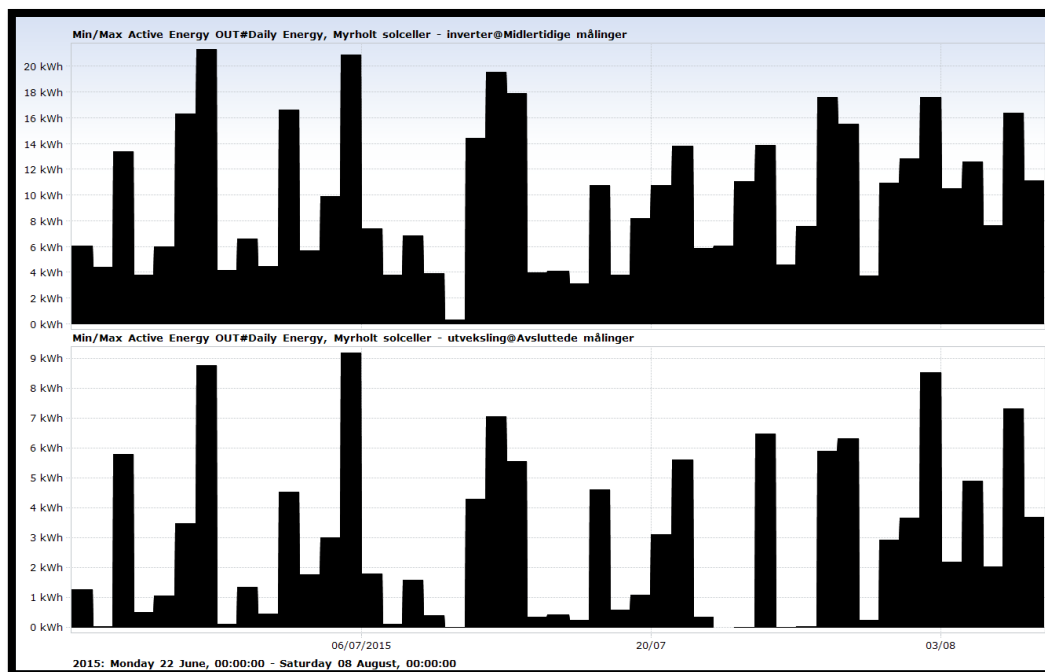


Figur 45 Produksjonen i hver måned gjennom året på Myrholt.



Figur 46 Produksjonen hvert døgn i gjennom året på Myrholt.

Dersom en sammenstiller produksjon fra anlegget, og levert energi ut på nettet, ser en at ikke alt som produseres blir sendt ut på nettet selv om det er sommer og tid for lavlast. I perioden 22. juni – 8. august ble det gjennomsnittlig produsert 9,7 kWh pr døgn. Av disse ble bare 2,8 kWh sendt ut til nettet. Det vil si at hele 6,9 kWh (71 %) av produsert energi ble gjennomsnittlig brukt til å dekke lokale laster i perioden (B).



Figur 47 Produksjon pr døgn og levert energi til nett pr døgn i perioden 22.juni til 8. august. Differansen i produksjon og levert energi tilsvarer forbrukt energi på lokale laster.

Disse dataene er hentet fra perioden hvor det var koblet opp 2 måleinstrument på Myrholt. For resterende tid av året er det nødvendig å bruke data fra smartmåleren for å regne ut andelen av produsert energi som benyttes i lokale laster. Tabell 10 under viser en oversikt over produsert, levert og forbrukt energi pr. måned på Myrholt.

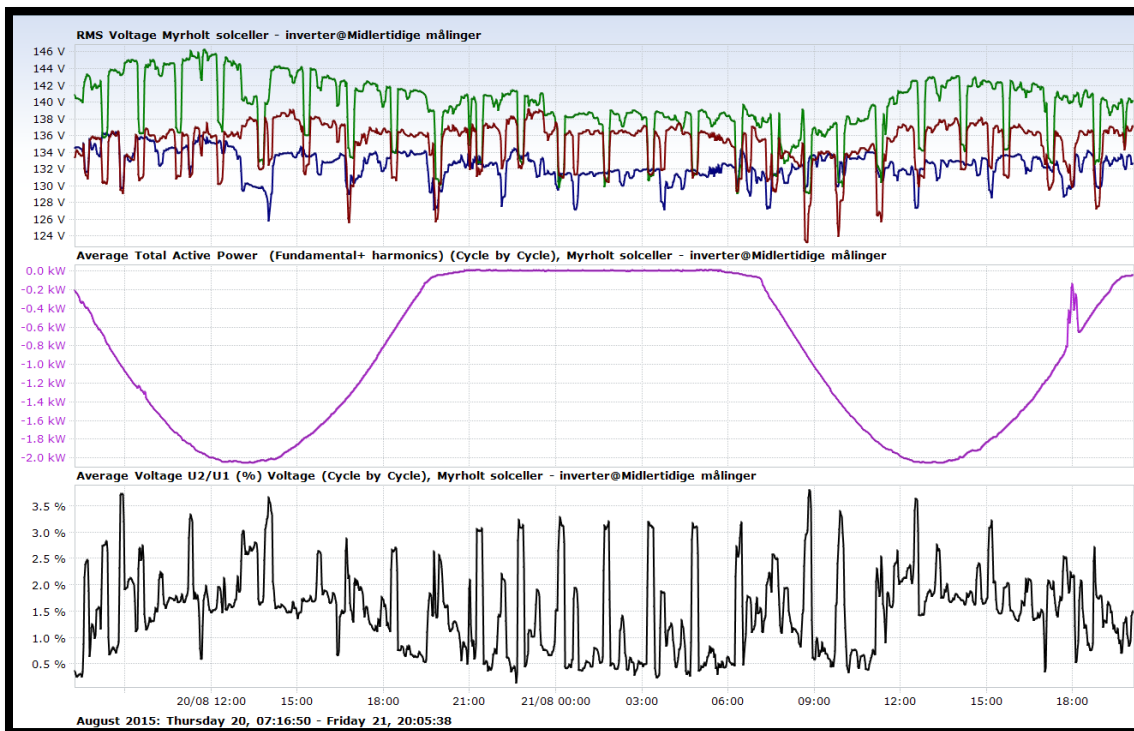
Måned	Produsert [kWh]	Levert til nett [kWh]	Forbrukt lokalt [kwh]	Forbrukt/produsert [%]
jun.15 (23.-30.)	81,9	22,2	59,7	73 %
jul.15	286,5	89,1	197,3	69 %
aug.15	373,2	170,5	202,7	54 %
sep.15	175,8	67,8	108,0	61 %
okt.15	79,9	14,1	65,8	82 %
nov.15	3,3	0,4	2,9	87 %
des.15	4,9	0,0	4,9	100 %
jan.16	5,9	0,0	5,9	100 %
feb.16	14,1	2,4	11,6	83 %
mar.16	116,1	28,0	88,1	76 %
apr.16	270,1	40,1	230,0	85 %
mai.16 (1.-23.)	270,6	92,0	178,6	66 %

Tabell 10 Produsert, levert og forbrukt energi på Myrholt

Tabell 10 over viser at mye av den produserte energien blir brukt på lokale laster hos plusskunden. I perioder med lite produksjon, er det naturlig at det meste brukes lokalt, men også i perioder som er betegnet som lavlastperioder, ser vi at produsert energi hovedsakelig brukes på lokale laster. Dette gir også størst økonomisk gevinst hos plusskunden[19].

4.3.2 Solkraftens påvirkning av symmetri i fasene

Når solkraft introduseres i et nett, vil asymmetrien skapt av dette i hovedsak avhenge av inverteren. Dersom det er en enfaset inverter vil denne øke spenningen på de to fasene den er tilkoblet. Dette gir igjen en grad av asymmetri. Dersom det er en stor inverter, vil denne kunne forskyve to av fasene så mye at det blir en nevneverdig asymmetri. I anlegget på Myrholt er ikke dette tilfellet. Her er inverteren på bare 3,1 kWp, og asymmetrien er dominert av laster hos kunden som slås inn og ut.



Figur 48 Levert effekts innvirkning på asymmetri. Figuren viser at fasespenningene har dipper regelmessig, og disse skaper stor ubalanse/asymmetri i nettet. I tillegg viser den at økt innmating fra inverteren øker også ubalansen noe, men ikke nok til å alene bryte FoL.

Figur 48 viser at asymmetrien i fasene preges mer av de enfasede lastene som slås ut og inn, enn produksjonen fra solcelleanlegget. Fra null produksjon til ca. 2 kW, så endrer spenningen på L1 (grønn) og L2 (rød) seg med ca. 4-5 volt. Dette gir en generell økning i asymmetri, men bare til 1,5-1,8 %. Dersom de enfasede lastene slås inn, oppleves en spenningsdipp på hele 8-9 volt. Disse dippene gjenspeiler seg i symmetrien tydelig og gir utslag i asymmetrien opp til 4 %, noe som bryter kravene i FoL (grenseverdi på 2 % i gjennomsnitt over 10-minutters intervall). En kan se fra figur 48, at forskriftsbruddet på symmetri mest sannsynlig kommer av laster hos kunden på Myrholt som allerede eksisterte før introduksjonen av solanlegget.

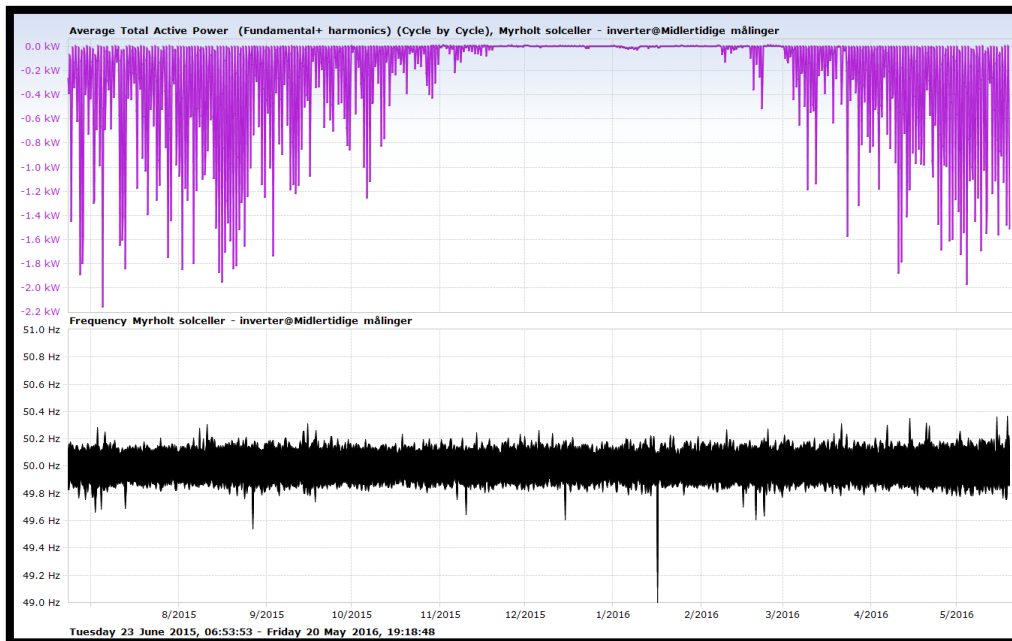
Selv om asymmetrien i hovedsak kommer av lastene lokalt, bør det også legges merke til at solcelleanlegget bidrar negativt. Dersom anlegget hadde vært større, kunne dette alene ført til brudd i FoL. Det er derfor å anbefale trefase invertere i områder hvor nettet er så svakt som det er i Myrholt, dersom det skal installeres større anlegg. På Myrholt er det IT-nett, noe som fører til at det er vanskelig å skaffe trefase invertere, siden de i hovedsak bygges for TN-nett.

Dersom et større anlegg skulle blitt koblet til IT-nettet, og en skulle unngått ubalanse/asymmetri, måtte en enten koble en trefase TN-inverter via en 400/230 volt transformator, eller koble opp 3 stykk enfase-invertere fordelt mellom de 3 fasene.

Om dette er en økonomisk gunstig løsning vil avhenge av kostnadene i forbindelse med utbygging og forsterkning av lavspenningsnettet frem til Myrholt.

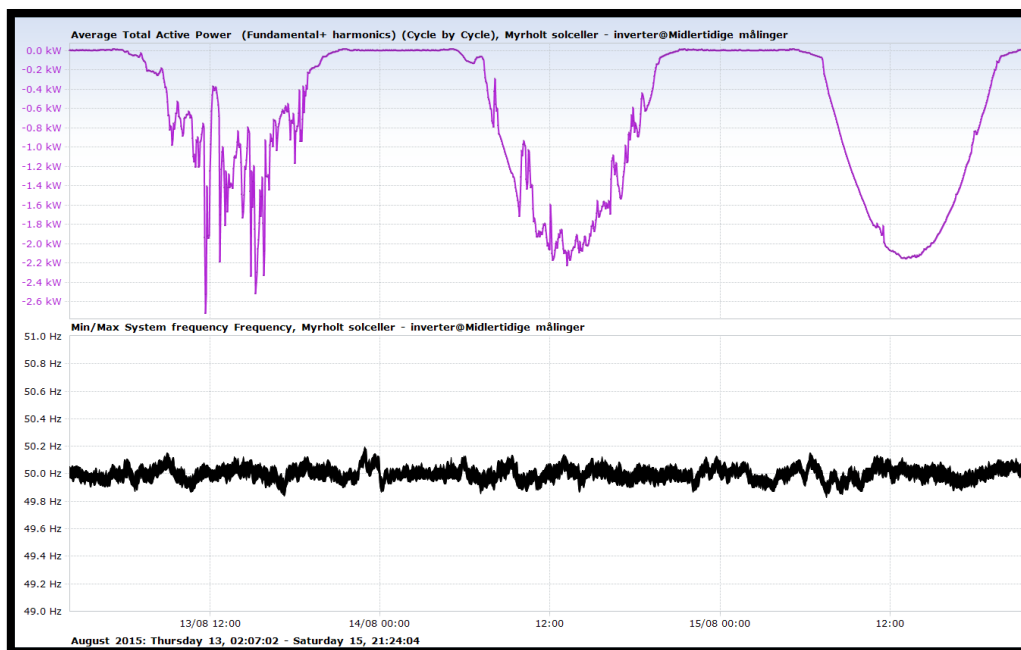
4.3.3 Frekvens

I forbindelse med installasjon av solceller på Myrholt, har det ikke vært observert noen store variasjoner i spenningens frekvens i gjennom perioden som er monitorert. Spenningen holder seg forholdsvis konstant rundt 50 +/- 0,2 Hz (ref figur 49 under).



Figur 49 Spenningens frekvens på Myrholt i gjennom perioden juni 2015-mai 2016. Frekvensen har noen fall, men disse er i hovedsak grunnet bortfall av faser og/eller hele nettet.

I tillegg ser ikke solcelleanlegget ut til å påvirke spenningens frekvens noe nevneverdig. Figur 50 under viser at en produksjon på ca. 2,2-2,6 kW påvirker frekvensen minimalt i forhold til et tidspunkt på døgnet hvor det er null produksjon.

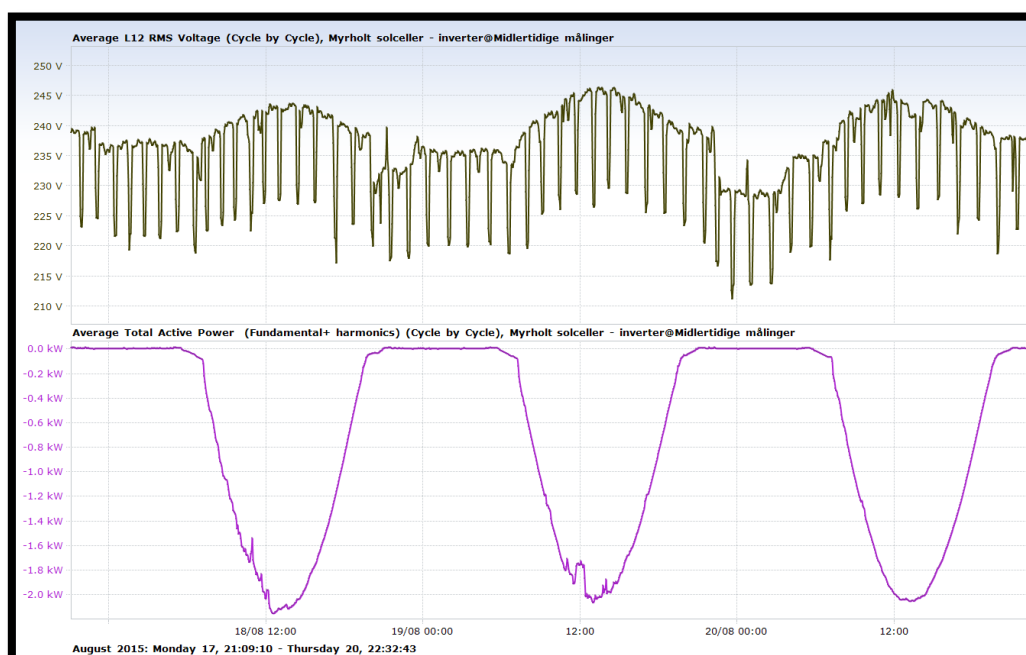


Figur 50 Spenningsens frekvens i forhold til produksjon. Endring i inntatt energi fra solanlegget ser ikke ut til å påvirke frekvensen nevneverdig.

På bakgrunn av disse målingene er det ikke blitt videre analysert solcellesystemenes påvirkning på frekvens.

4.3.4 Langsomme variasjoner i spennings effektivverdi

Når vi i dette tilfellet skal se på påvirkningen solkraft har på spennings effektivverdi, er det kun interessant å se på fasene som inverteren er koblet til, altså L1 og L2. I figur 51 under har vi sett på linjespenningen L12, som gjenspeiler variasjoner i inverterens produksjon.

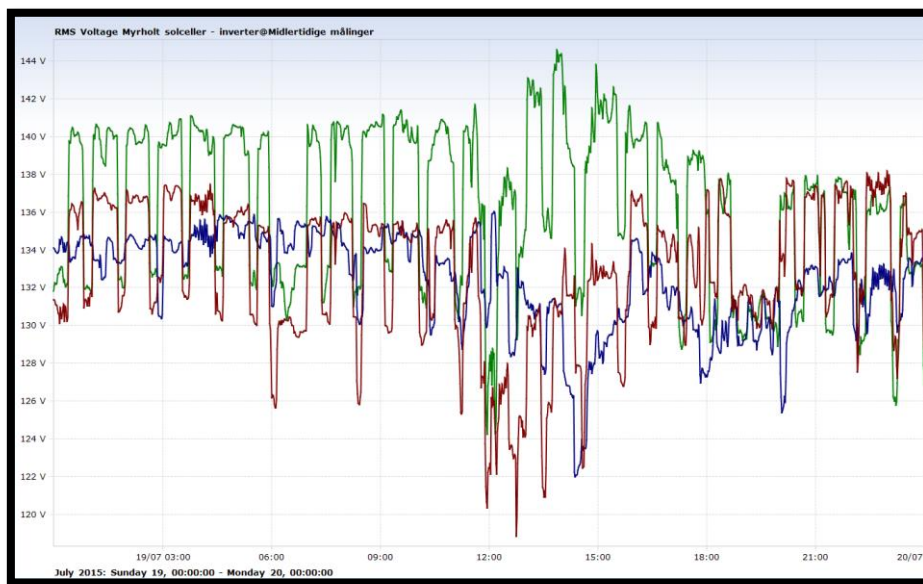


Figur 51 Solkraftens påvirkning på spennings effektivverdi over 3 døgn på sommeren. Økning i inntatt effekt gjenspeiler seg tydelig i linjespenningens verdi. Spenningen domineres dog av store laster som slås inn og ut regelmessig.

Som nevnt tidligere, preges spenningen av at en eller flere store laster slås ut og inn, noe som skaper spenningsprang. Dersom vi ser bort fra disse, ser vi at spenningen varierer i takt med produksjonen. En produksjon på ca. 2 kW øker spenningen med ca. 7-10 volt, noe som tilsier at spenningen forholder seg godt innenfor $\pm 10\%$ av avtalt spenningsnivå på 230 volt (207-253 volt). Dersom anlegget hadde vært større, kunne det skapt problemer da den stasjonære spenningen på sommertid kunne brutt kravene i FoL.

4.3.5 Kortvarige over- og underspenninger og spenningsprang

Mye tyder på at laster som slås inn og ut er årsaken også her, da nesten alle laster forårsaker spenningsprang på over 3 % av stasjonær verdi. Figur 52 under viser spenningsforløpet til alle tre fasespenningene på Myrholt i gjennom et døgn.

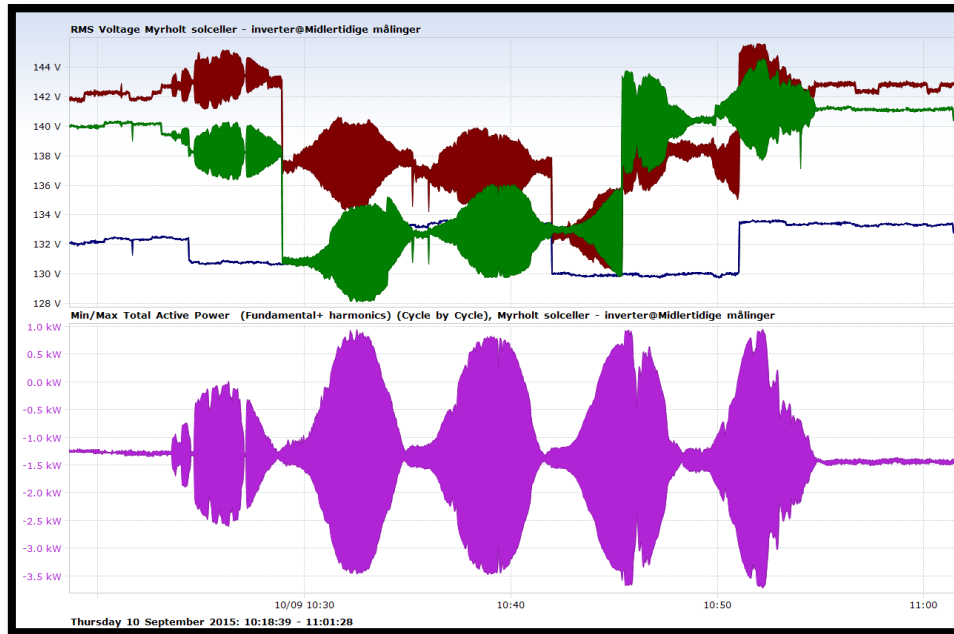


Figur 52 Spenningsforløpet gjennom døgnet 19. juli 2015. Fasespenningene preges av inn- og utslag av laster.

Figur 52 viser at fasespenningene får store fall hver gang en last slås inn eller ut. Spenningsendringene er også så hurtige at de defineres som sprang, og med så mange sprang i løpet av et døgn, brytes FoL med stor margin. Vedlegg [C] oppgir hele 121 hendelser av denne typen i samme tidsrom som figur over.

4.3.6 Flimmer

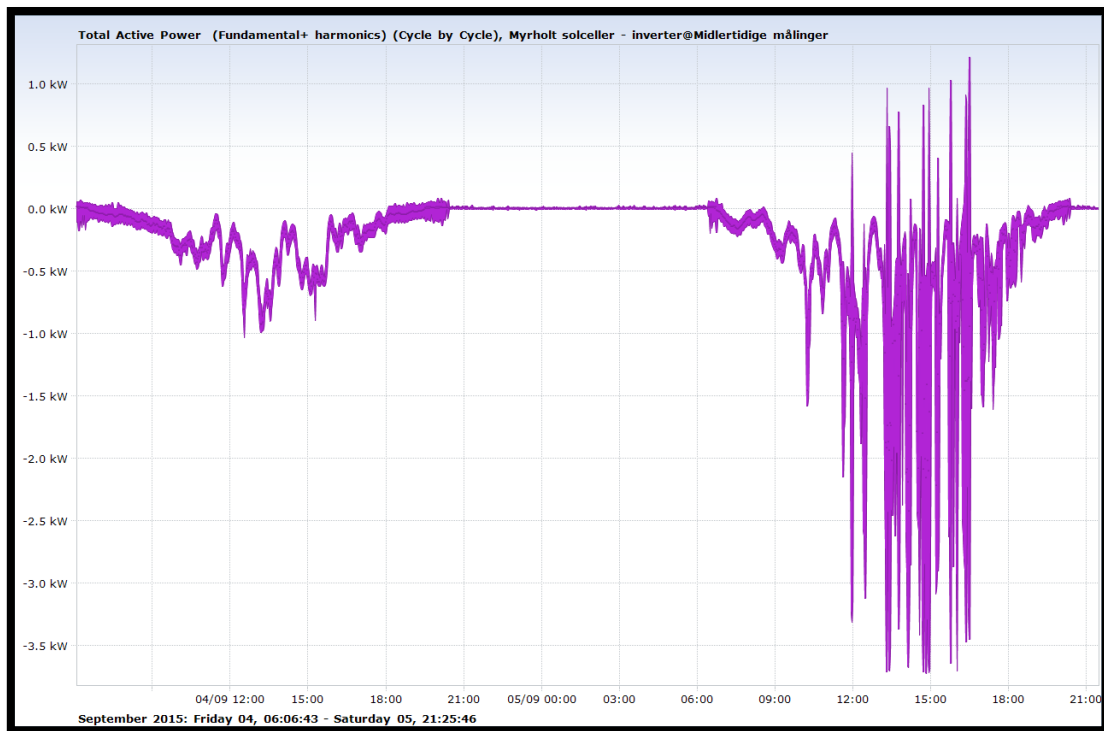
På Myrholt har det blitt observert et resonansfenomen som opptrer med jevne mellomrom. Dette fenomenet forårsaker at effekten ut av inverter varierer fra 3,5 kW til -1 kW, med en frekvens på 26-28 Hz. Denne variasjonen i produksjon gjenspeiler seg i spenningen på L1 og L2 med samme frekvens, og utslag på 5-7 volt.



Figur 53 Spenningskurver ved innslag av resonans. L1 (rød) og L2 (grønn) oscillerer mye, mens L3 (blå), som ikke er tilkoblet inverteren, har en fin rms-verdi.

Dersom disse spenningsvariasjonene hadde vært større i verdi, kunne det vært skadelig for utstyr i boligen. Det at spenningsvariasjonene har såpass høy frekvens (26-28 Hz), gjør dem også vanskelig å oppdage for det menneskelige øye. Dersom frekvensen hadde vært lavere (5-15 Hz er det mest synlige for menneskeøyet[28]), kunne denne resonanseffekten vært synlig på lys i husstanden.

Resonansfenomenet ser ut til å komme ved god produksjon, og er tilnærmet fraværende når solcelleanlegget går på 10-40 % av topp effekt. Likevel finnes det eksempler hvor effekten fra inverter er god, og resonans ikke oppstår eller forsvinner (ref. fig 54).

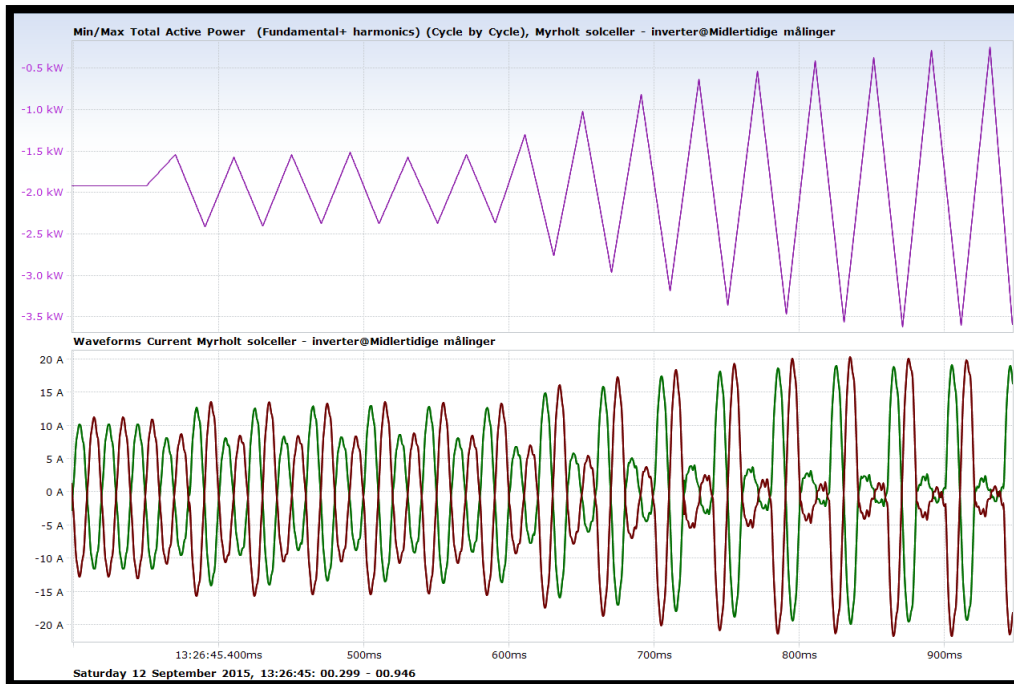


Figur 54 To påfølgende dager med lav og høy produksjon. Til venstre opptrer ikke resonansfenomenet, og solcelleanlegget kjører på ca. 20-40 % av makseffekt gjennom dagen. Til høyre kjører anlegget for full maskin, og resonans slår inn.



Figur 55 Eksempel på flimrer samtidig som resonans. L1 og L2 får P_{st} opp rundt 2,3 -2,7, og P_{lt} stiger gradvis mot 1,5-2. Utenom periodene med resonans, ligger flimmerverdiene innenfor kravene til FoL. Dette er et eksempel på at resonansfenomenet i mellom inverter og øvrig nett skaper flimrer over kravene satt i FoL.

Årsaken til denne resonansen er ikke blitt forsket mye på i denne oppgaven, men kontakt med SINTEF Energi er blitt opprettet i forbindelse med fenomenet. Sivilingeniør Henrik Kirkeby mener at årsaken kan ligge i forholdet mellom impedansen i nærliggende nett, og impedansen i kraftelektronikken i inverteren. Det overharmoniske spekteret til spenningene L1 og L2 (fig. 58) viser at det oppstår innslag av spenninger rundt 400. harmoniske. Dette tilsvarer en frekvens på 20 kHz, noe som ser ut til å være switch-frekvensen til inverteren. Dette kan være forklaringen til at inverteren ikke klarer å gi ut stabil effekt.



Figur 56 Resonans forstyrrer DC-AC konverteren slik at strømmens kurveform forandrer seg drastisk.

Mulige løsninger til dette problemet kan være å endre impedansen i det nærliggende nettet ved å sette inn et kondensatorbatteri. En annen løsning kan være å bytte inverter. Man kan også vurdere å forsterke lavspennettet.

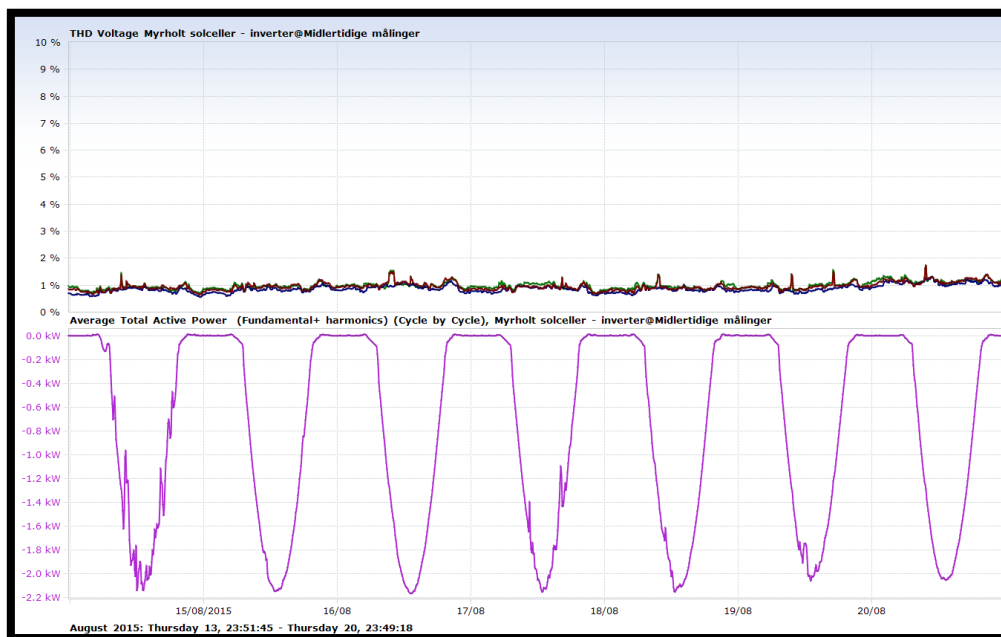
Merk at dette er bare spekulasjoner, og at det kreves nærmere undersøkelser og testing enn det har blitt gjennomført i denne oppgaven.

4.3.7 Overharmoniske spenninger

Hvor mye overharmoniske spenninger som oppstår på grunn av introduisering av solcellekraft bestemmes i hovedsak av hvilken inverter som settes inn og hvilken styrke nettet har. Dersom anlegget skal settes opp et sted hvor det er svakt nett, er det viktig å sette inn en inverter som genererer så lite støy som mulig.

4.3.7.1 Totalt overharmoniske spenninger

I fordypningsoppgaven [19] ble det presentert en test av invertere for bruk i nordiske klima. I denne testen kom Fronius ut bra, noe som gjenspeiler seg i figur 57 under, hvor inverteren ser ut til å gi lite bidrag i forstyrrelser i nettet på Myrholt.



Figur 57 THD-målinger over en uke i august 2015. Variasjoner i solenergi innmatet bidrar lite til ingenting i endring i THD. I tillegg viser figuren at snittverdiene ligger langt under kravene i FoL.

Tabell 11 viser oversikt over verdier som er målt i løpet av juli 2015. Målte verdier ligger godt under kravene fra FoL, og introduisering av solcellekraft ser ikke ut til å ha noen innvirkning på THD i dette tilfellet.

Parameter (snitt over tid)	Prosent av tiden (%)	Maksimalt tillatte verdi (%)	Målt verdi (%)	Resultat
L1 (10 min)	100	8	1,587	Bestått
L1 (1 uke)	100	5	0,939	Bestått
L2 (10 min)	100	8	1,98	Bestått
L2 (1 uke)	100	5	1,042	Bestått
L3 (10 min)	100	8	1,557	Bestått
L3 (1 uke)	100	5	0,904	Bestått

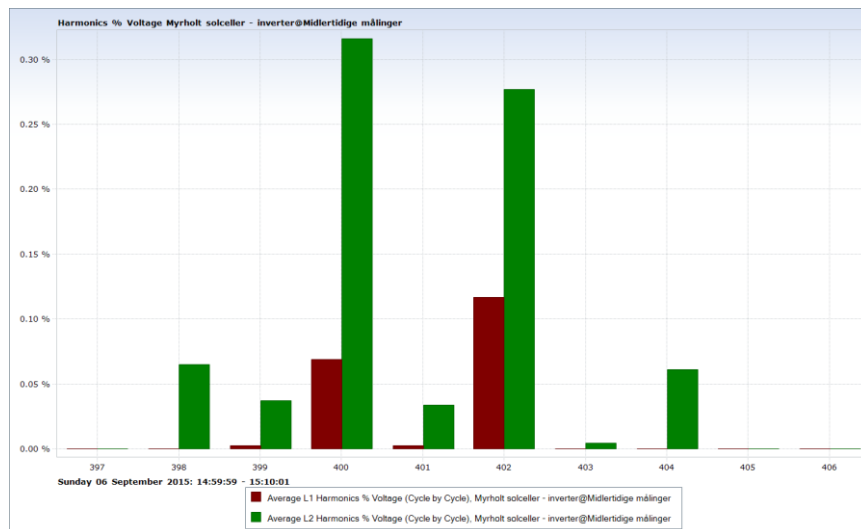
Tabell 11 Resultat av THD-målinger i juli 2015 på Myrholt.

4.3.7.2 Individuelle overharmoniske spenninger

I tillegg til å ha krav for hvor mye totale overharmoniske spenninger som kan være til stede i tilkoblingspunktet, setter FoL også krav til at hver individuelle overharmoniske spenning ikke skal overstige gitte verdier. Anlegget på Myrholt overholdt alle disse kravene i FoL-rapporten, og en fullstendig oversikt over de individuelle overharmoniske spenningene finnes i appendiks [C].



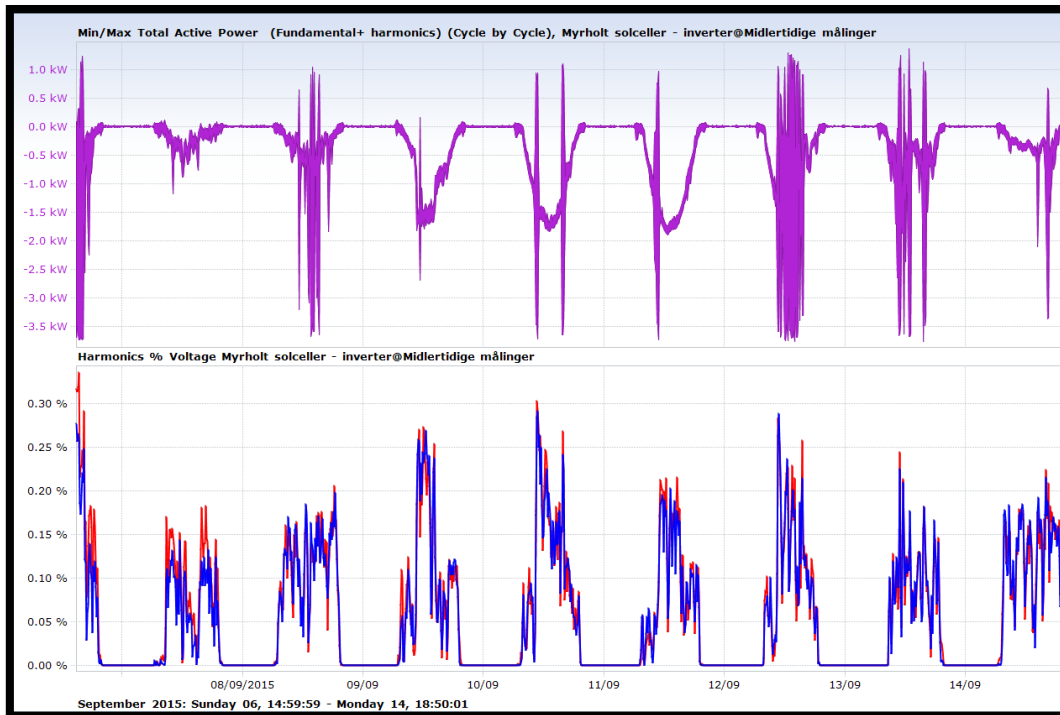
Figur 58 Oversikt over de 14 første overharmoniske spenningene på Myrholt. Dette er snittverdier fra en 10-minutters periode på dagtid hvor det er innslag av resonans.



Figur 59 Oversikt over de overharmoniske spenningene som oppstår når det er produksjon fra solcelleanlegget. Dette er 10 minutters gjennomsnittsverdier fra samme periode som figur 58 over.

Figur 58 og 59 viser fordelingen av overharmoniske spenninger som er til stede i tilkoblingspunktet på Myrholt. Figurene viser at de individuelle verdiene er godt under kravene gitt i FoL.

Figur 59 over viser også at det er L2 som har størst innslag av overharmoniske spenninger i høyere orden.



Figur 60 L2 sine 400. og 402. overharmoniske spenninger gitt i 10-minutters gjennomsnitt.

Figur 60 over viser hvordan innslag av produksjon fra anlegget forårsaker overharmoniske spenninger på L2. Det er tydelig at disse kommer av produksjonen, men de er dog under kravene gitt i FoL, og er ikke alene et brudd på forskriften. Likevel er det mye som tyder på at disse overharmoniske spenningene fører til et resonansfenomen, og det fører igjen til brudd på flimmerparameteren.

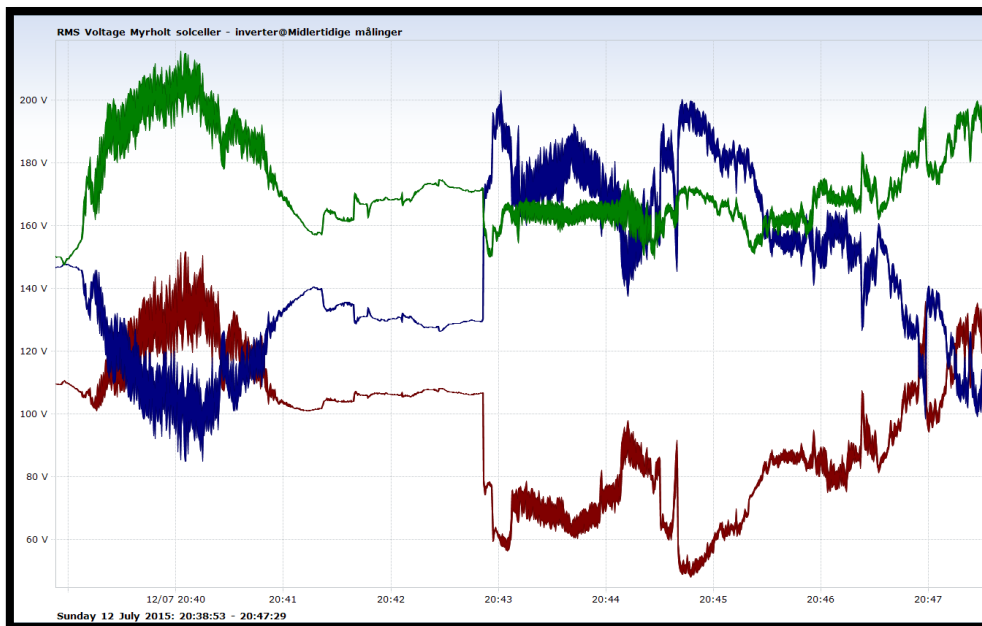
4.3.8 Sammendrag av situasjon i Myrholt og FoL-rapport fra Blackbox.

Blackbox og dens programvare tilbyr muligheten til å kjøre ut en rapport angående alle elementer i FoL. Rapporten for juli 2015 er vedlagt i appendiks [0]. I rapporten feiler tilkoblingspunktet i Myrholt på mange punkter. Dette kommer i mange tilfeller av de store lokale lastene som er tilstede og skaper store og raske endringer i spenningene. Et sammendrag av rapporten er gjengitt i tabell xx under.

Parameter	Bestått/ikke bestått	Årsak
Spenningsasymmetri	Ikke bestått	Jordfeil og lokale laster i samspill med svakt nett. Inverteren bidrar også negativt.
Langsomme endringer i spenningens effektivverdi	Ikke bestått	Jordfeil og lokale laster i samspill med svakt nett.
Flimmer (P_{st})	Ikke bestått	Resonans mellom inverter og nett.
Flimmer (P_{lt})	Ikke bestått	Resonans mellom inverter og nett.
Kortvarige over- og underspenninger og spenningssprang	Ikke bestått	Lokale laster i samspill med svakt nett .
Totale overharmoniske spenninger (THD)	Bestått	Solcellesystemet ser ut til å ha tilnærmet null innvirkning.
Individuelle overharmoniske spenninger	Bestått	Solcellesystemet skaper overharmoniske spenninger rundt den 400. orden. Disse spenningene er dog innenfor kravet.
Frekvens	Bestått	Solcellesystemet ser ut til å ha tilnærmet null innvirkning.

Tabell 12 Sammendrag av FoL-rapport

På kvelden av 12. juli 2015 oppstår det en jordfeil på en av fasene. Dette fører til at en fase faller i verdi, mens de to andre stiger. Denne hendelsen fører til at nettilkoblingen feiler drastisk på parameteren «langsomme endringer i spenningens effektivverdi» i FoL-rapporten [C], men jordfeil skal ikke regnes med i denne parameteren.



Figur 61 Jordfeil forårsaker for lave og for høye spenningsverdier på fasene

Derfor er det blitt kjørt FoL-rapport på en uke før og en uke etter denne hendelsen (appendiks D og E). Her overholder den nesten kravet om spenningsnivå. Eneste brudd er L1 som er 89,5 % av nominell spenning, altså 0,5 % for lav til å være innenfor FoL-kravene. Siden dette handler om for lave spenninger, har det ikke med solcelleanlegget å gjøre, men heller med store lokale laster. En kan derfor konkludere med at solcellene på Myrholt ikke påvirker spenningsnivået i den grad at det bryter kravene i FoL, så lenge anlegget ikke er større enn det er. Det skal dog nevnes at spenningene L1 og L2 (som solcellesystemet er tilkoblet) ligger like oppunder kravet, henholdsvis 107 % og 109,6 % ved lavlast og høyproduksjon (2. juli 2015). Dette betyr at anlegget på Myrholt er på smertegrensen av hva det nærliggende lavspenningsnett tåler.

I mange situasjoner, kan det være aktuelt at flere i et nabolag bygger solceller på taket. Ofte kan det at én person bygger solceller, føre til nysgjerrighet og økt interesse blant naboene. Dersom mange begynner å bygge ut med solceller på steder hvor nettet er svakt, slik som på Myrholt, kan det oppstå situasjoner hvor for høye verdier på spenning oppstår. Dersom dette blir et stort problem, kan det være nødvendig å innføre restriksjoner blant plusskunder på hvor mye effekt de kan levere, spesielt i lavlast/høyproduksjons-perioder. Distribusjonstransformatorer med automatisk trinning vil også kunne være en løsning for nabolag med for høye spenningsnivå i lavlast- og høyproduksjonstider. Dersom batteriprisene synker nok, vil lagring av energi i slike perioder føre til mindre påkjenning på nettet, samtidig som det gir høyere nytteverdi av egenprodusert strøm [19].

Selv om solcelleanlegget ikke alene klarer å bryte asymmetriparameteren, så bidrar den en del i negativ måte. Dette fører til mindre rom for ubalanserte laster på de andre fasene. Det er derfor ønskelig å ha 3-fase inverttere i nett som er så svake som på Myrholt.

Når det gjelder kortvarige over- og underspenninger og spenningsprang, så bidrar solcelleanlegget lite. Det er derfor ingenting som tyder på at solcelleanlegget er årsaken til at Myrholt feiler på dette punktet.

Resonansfenomenet er fortsatt veldig mystisk, og kan være noe å forske videre på i forbindelse med videre arbeid etter masteroppgaven er levert, evt. en ny masteroppgave for neste års avgangskull.

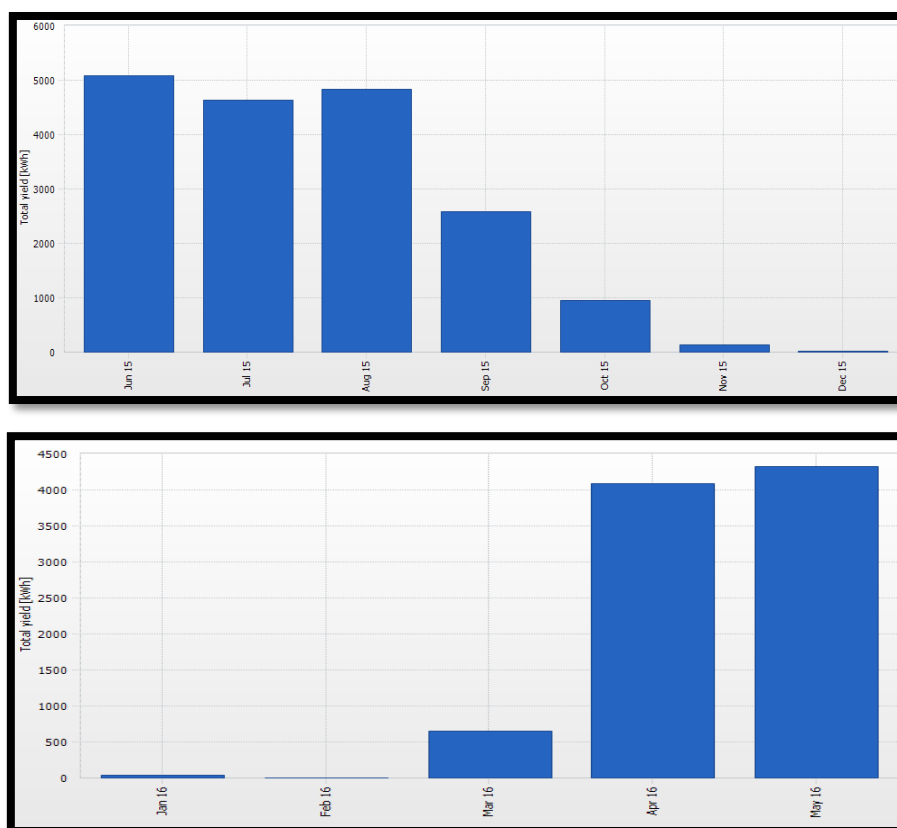
I samtale med plusskunde på Myrholt, er det ikke kommet noen misnøye i forhold til spenningskvaliteten som blir levert. I mange situasjoner vil ikke forhold bli utbedret før det faktisk er til bryderi hos kunde, og derfor vil forskriften i mange tilfeller virke noe streng til sammenligning med krav en kunde måtte ha til spenningskvalitet.

4.4 Analyse av innsamlede data på Overhalla skole

4.4.1 Energiutbytte i løpet av perioden

Anlegget på Overhalla Barne- og Ungdomsskole har ikke blitt monitorert av Blackbox G4420 før 23. mai 2016. Likevel er det mulig å hente noen omtrentlige data som angår produsert energi på anlegget, da inverterene fra SMA har en programvare som gir plusskunden mulighet til å følge med på produksjon. Disse dataene ligger offentlig tilgjengelig på internettsidene til SMA [25]. Anlegget ble satt i drift 2. juni 2016, og det er derfor heller ikke her et helt års datagrunnlag. Dagene som mangler blir antatt å ha samme produksjon som gjennomsnittsdagen i juli på samme anlegg.

Pr. 24. mai 2016, har det blitt produsert 27 315 kWh, og dersom en antar resterende 9 dager frem til 2. juni 2016 har en produksjon lik $(4660 \cdot 9 / 31) = 150,3$ kWh pr døgn, blir årsproduksjonen lik 28 668 kWh. Dette tilsvarer en brukstid på 626,5 kWh/kWp, som er noe lavere enn anlegget på Myrholt og lavere enn en skulle forvente i Norge [19]. I samtale med vaktmester på Overhalla Barne- og Ungdomsskole kom det frem at det hadde ligget bygningsstøv på solcellepanelene store deler av sommeren 2015 på grunn av konstruksjonsarbeid på skolen, og dette kan være noe av årsaken til lavere produksjon enn forventet. En annen årsak kan være vinklingen til modulene. På Myrholt ligger modulene vendt mot sør, mens på Overhalla Barne- og Ungdomsskole ligger modulene annenhver mot nord-vest og sør-øst. Dette betyr at modulene vil produsere over et bredere tidssperspektiv, men ved lavere effekt, siden det aldri vil være et tidspunkt hvor alle modulene produserer for fullt.



Figur 62 Årsproduksjon for anlegget på Overhalla Barne- og Ungdomsskole. [25]

Figur 62 over viser energiproduksjonen i hver måned i løpet av perioden som anlegget har vært i drift. Søylene for juni, juli og august skulle kanskje vært noe høyere dersom det ikke hadde ligget bygningstølv på modulene.

Måned	Produsert [kWh]	Levert til nett [kWh]	Forbrukt lokalt [kWh]	Forbrukt/produsert [%]
jun.15 (2.-30.)	5070	1625	3445	68 %
jul.15	4660	1793	2867	62 %
aug.15	4830	1169	3661	76 %
sep.15	2600	271	2329	90 %
okt.15	940	130	810	86 %
nov.15	120	0	120	100 %
des.15	30	0	30	100 %
jan.16	40	0	40	100 %
feb.16	10	0	10	100 %
mar.16	660	47	613	93 %
apr.16	4075	554	3521	86 %
mai.16 (1.-23.)	4290	877	3413	80 %

Tabell 13 Produsert, levert og forbrukt energi på Overhalla Barne- og Ungdomsskole

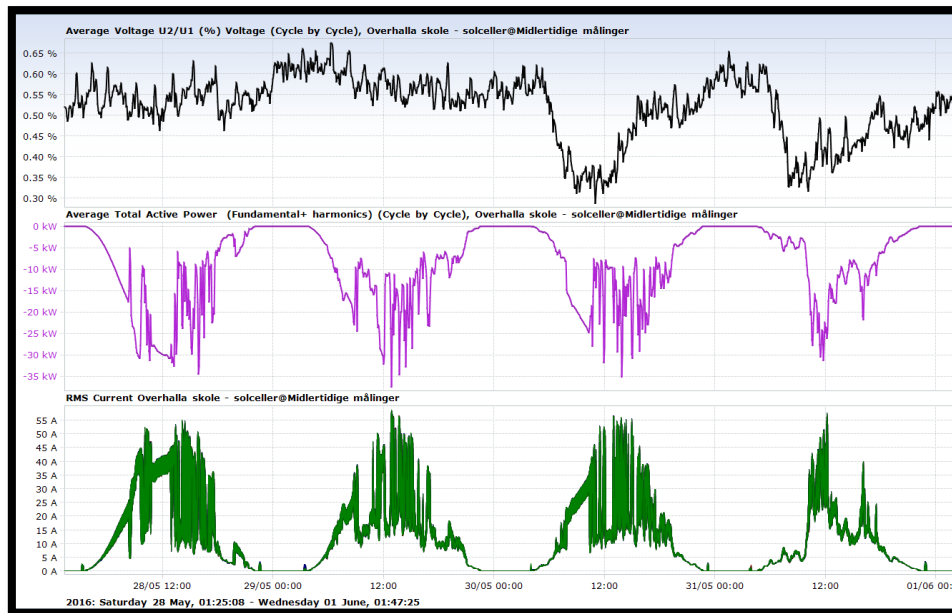
Tabell 13 over viser en oversikt over hvor mye av den produserte energien som brukes på lokale laster, og hvor mye som blir levert ut på nettet. Anlegget på Overhalla Barne- og Ungdomsskole ser ut til å forbruke store deler av den produserte energien lokalt, noe som er gunstig økonomisk, siden salg av kraft til nettet gir bare en brøkdel av gevinsten som en får ved å minke kjøpt kraft fra nettet[19].

Andelen brukt i juni, juli og august er noe lavere, som en naturlig følge av at energiforbruket på en skole er lavere i sommerferien.

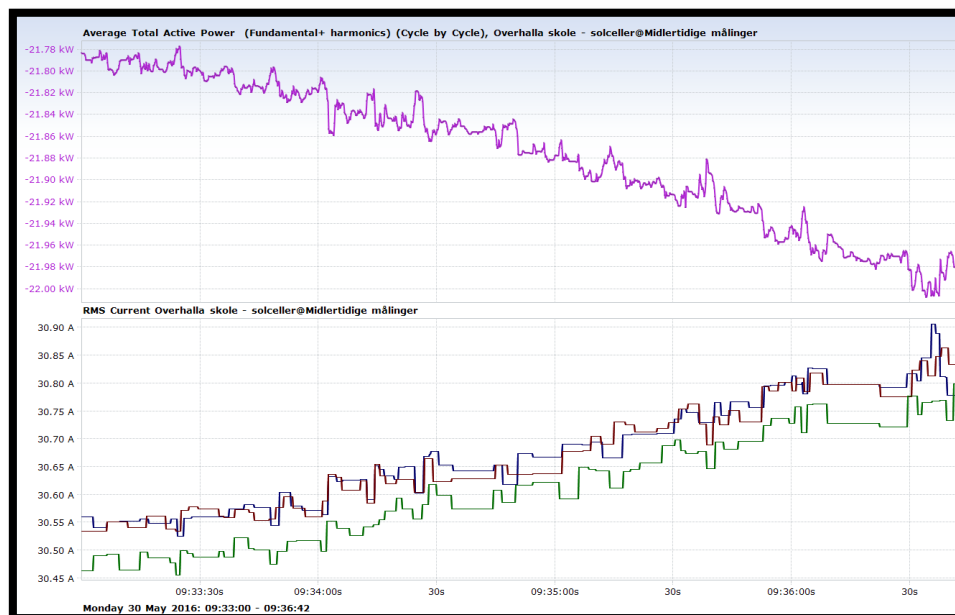
4.4.2 Solkraftens påvirkning av symmetri i fasene

Som figur 63 under viser, så er det lavt innslag av asymmetri, og 10-minutters gjennomsnittsmålinger ligger godt under kravet i FoL på 2 %.

Innslag av produksjon ser ikke ut til å skape ubalanse i fasene. Ubalansen varierer noe igjennom hvert døgn, men lørdag og søndag ser ut til å være noe mer stabil. Siden det er produksjon fra solcelleanlegget uavhengig av ukedag, kan en anslå at variasjoner i ubalanse ikke kommer av produksjon fra solceller.



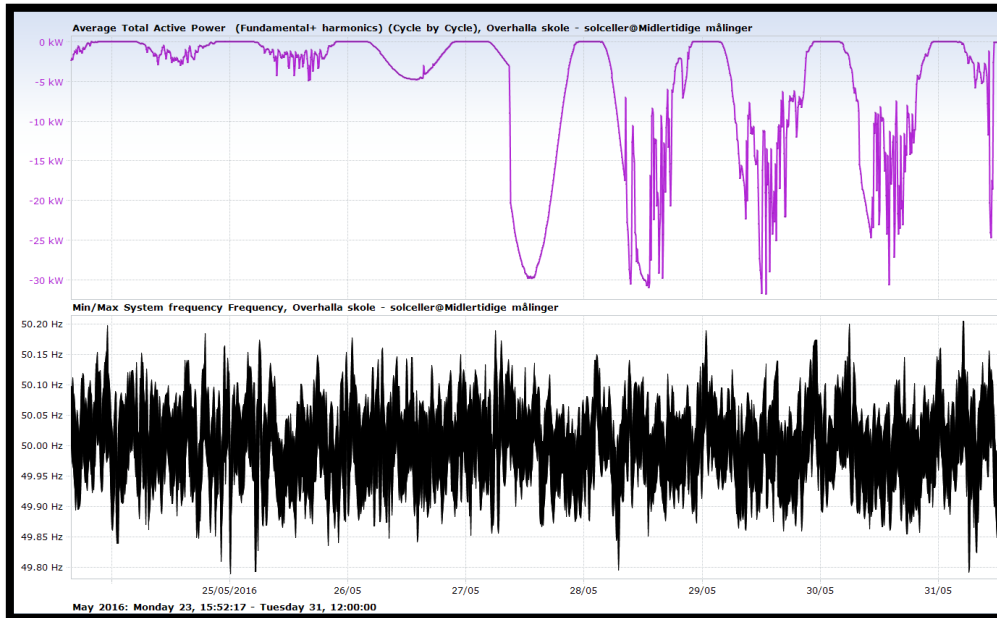
Figur 63 Asymmetri i anlegget ved Overhalla Barne- og Ungdomsskole sammenstilt med produksjon. Nederst er fasestrømmene vist. Vanskelig å se alle tre fasene, da de nesten ligger akkurat på hverandre.



Figur 64 Utsnitt av RMS-strømmer og produksjon. Strømmene følger hverandre svært tett.

Som figur 64 over viser, så følger fasestrømmene fra inverteren hverandre svært tett. Ved 50 % produksjon, så har strømmene et avvik fra hverandre på ca. 0,1 ampere, eller 0,3 %. Det er tydelig at inverteren/solcelleanlegget har svært liten betydning for ubalansen i nettet.

4.4.3 Frekvens

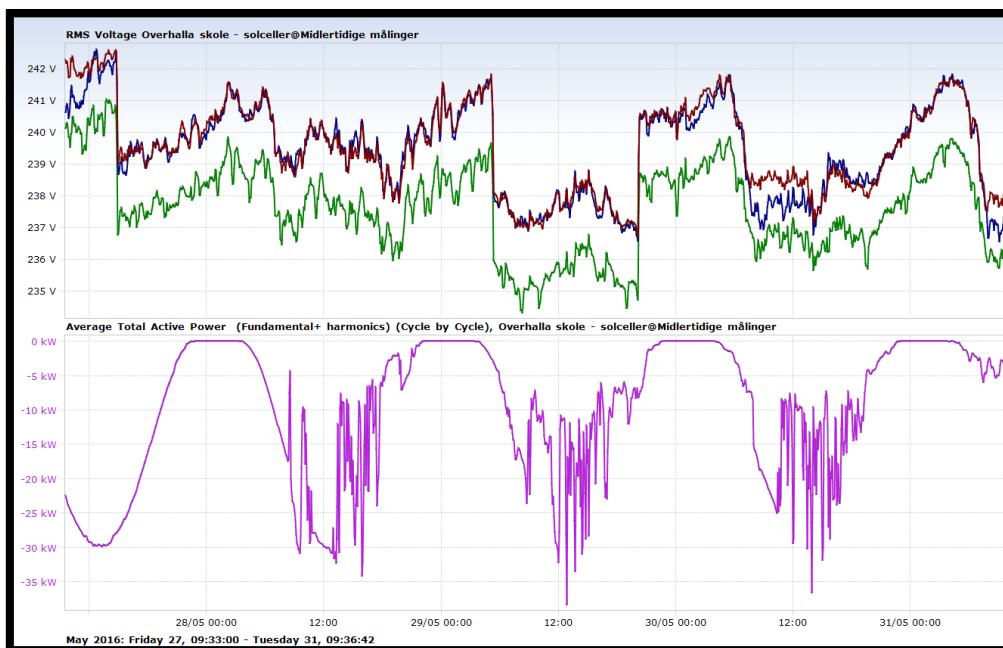


Figur 65 Frekvens i nett på Overhalla Barne- og Ungdomsskole. Frekvensen avviker lite fra 50 Hz, og ser ikke ut til å bli påvirket av produksjon fra solcellene.

Som figur 65 over viser, så holder frekvensen seg godt i rundt 50 Hz \pm 0,2 %, noe som er godt innenfor kravene i FoL. Produksjon fra anlegget ser ikke ut til å ha noen innvirkning på frekvensen, selv om effekter opp mot 30 kW leveres. Merk at amplitude på effekt levert fra solcellesystemet er feil på 24.-26. mai, men at kurveformen er riktig. Effekten skal være ca. 6 ganger større.[25]

4.4.4 Langsomme variasjoner i spennings effektivverdi

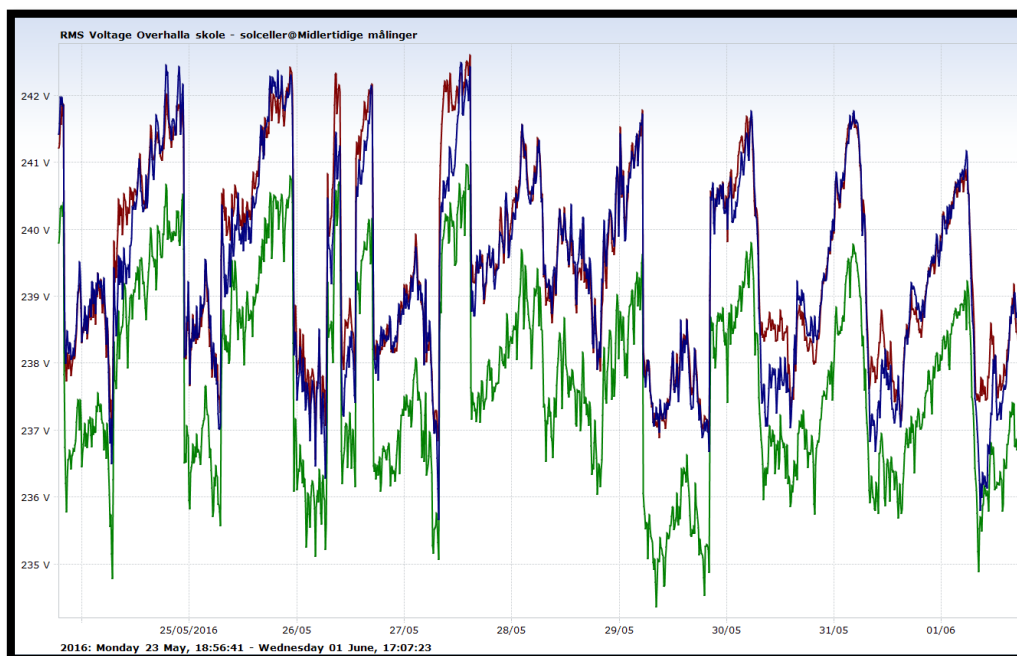
Siden Overhalla Barne- og Ungdomsskole tilhører et mye sterkere nett, vil det ikke bli samme utslag på spenningsnivåene som det var på Myrholt. Figur 66 under viser at spenningsnivåene varierer noe i takt med produksjon, men her er det snakk om 1-3 volt i forskjell på fasespenningene (ca. 1 %). Samtidig viser figur 66 at spenningene har raske hopp i spenningsnivå. Dette er et resultat av at transformatoren som står mellom 66 kV-nettet og 22 kV-nettet som ligger over skolens nett, er automatisk trinnet. Denne transformatoren prøver til en hver tid å holde 22 kV-siden stabil.



Figur 66 Fasespenningene ved Overhalla Barne- og Ungdomsskole. Spenningene ser ut til å variere svakt i takt med produksjon. Raske hopp i spenningsnivå tilsvarer trinng i transformator.

4.4.5 Kortvarige over- og underspenninger og spenningsprang

Fasespenningene på Overhalla Barne- og Ungdomsskole ser ut til å variere svært lite. For å kunne definere variasjonene som kortvarige over- og underspenninger, må de stasjonære spenningene være utenfor $\pm 10\%$ av avtalt fasespenning (utenfor intervallet 207-253 volt). Spenningene målt siden måleapparatet ble montert har ikke vært i nærheten av å bryte disse grensene.

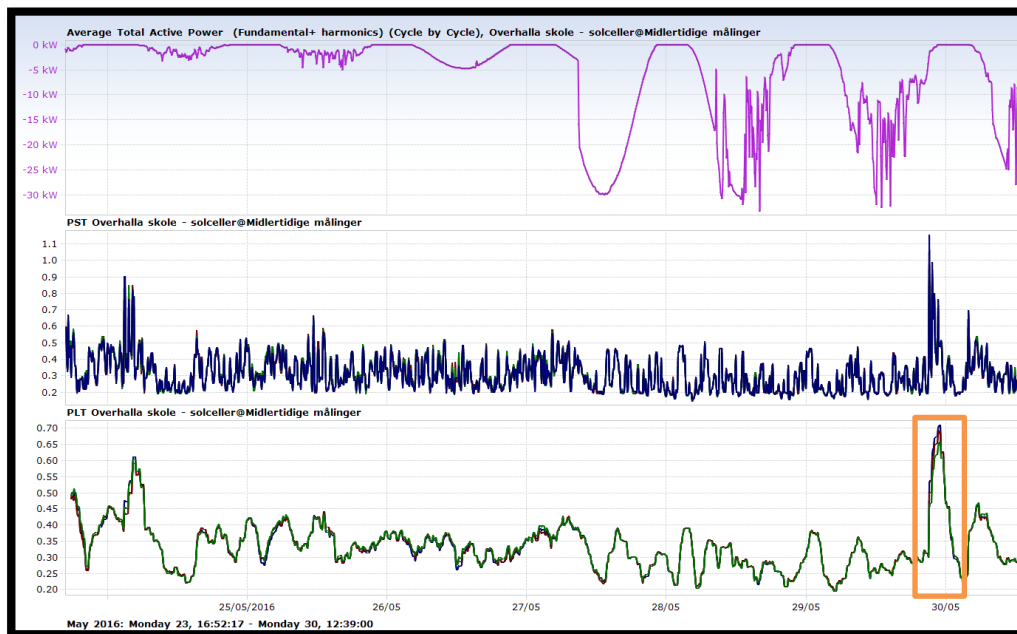


Figur 67 Fasespenningene ved Overhalla Barne- og Ungdomsskole over en ukes tid med måling.

Det er heller ikke blitt observert noen spenningsprang i perioden som er monitorert.

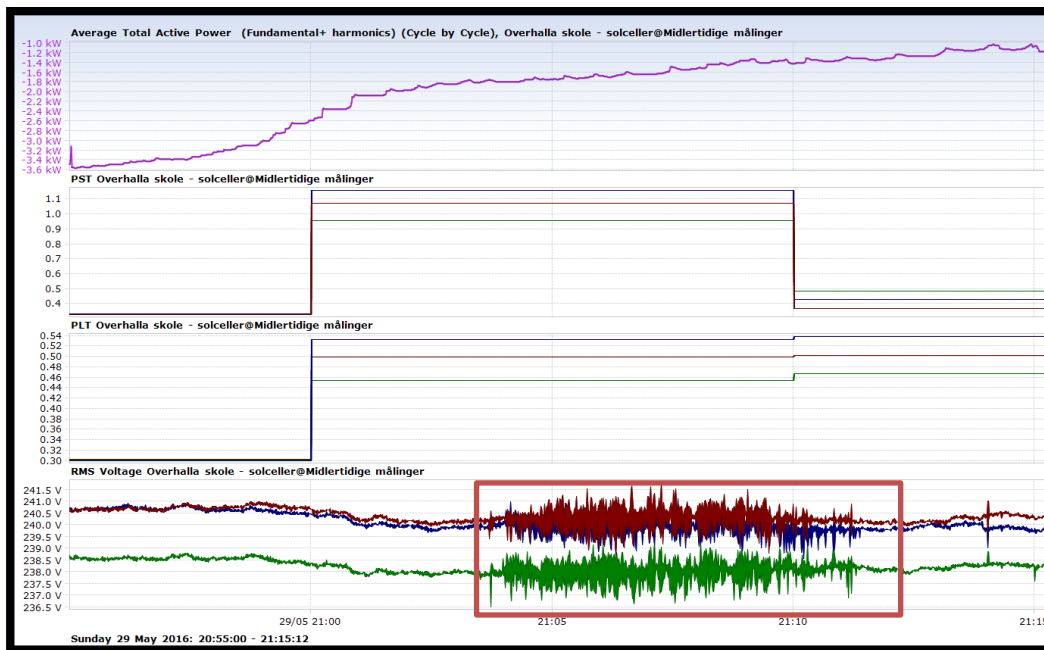
4.4.6 Flimmer

Figur 68 under viser at verdier for P_{st} og P_{lt} ligger innenfor kravene hele uken. P_{st} og P_{lt} ser ikke ut til å bli preget av produksjon fra solcelleanlegget.



Figur 68 P_{st} og P_{lt} sammenstilt med produksjon og fasespenningene. Gode verdier for P_{st} og P_{lt} . P_{st} har noen topper. Merk at produksjon for tirsdag-torsdag (24. -26. mai) er lavere på grunn av feil strømmåling.

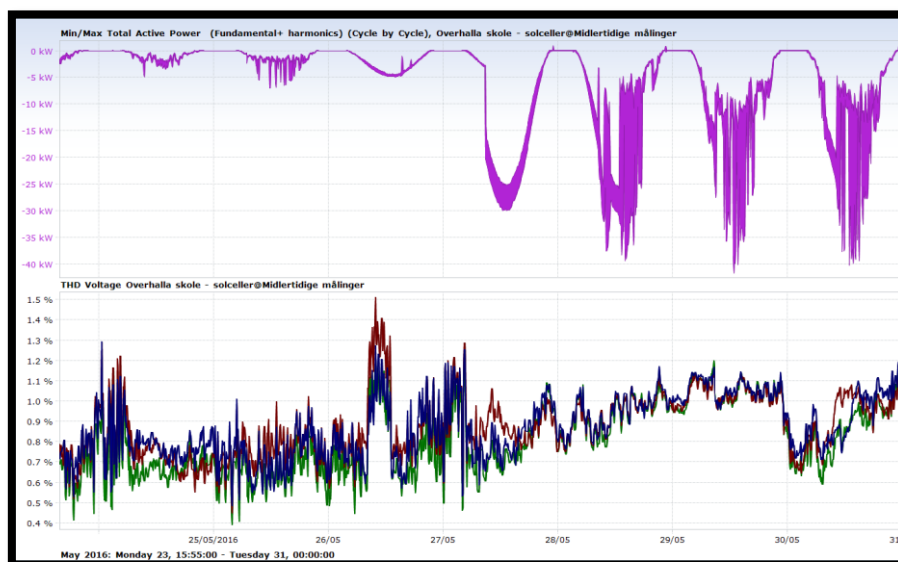
Søndag 29. mai har en topp i P_{st} som er på 1,16 i verdi. Dette er like opp under kravet i FoL på 1,2. Verdier for P_{st} er tillatt å komme over 1,2, men det kreves at dette ikke skjer mer enn 5 % av tiden. Årsaken til denne toppen i P_{st} ser ikke ut til å skyldes solcelleanlegget, da effekt levert fra solcelleanlegget er forholdsvis lav og konstant i det øyeblikket.



Figur 69 Utsnitt av søndag kveld (29. mai) hvor P_{st} har sin toppverdi. Alle tre fasespenningene ser ut til å få raske fluktasjoner i spenning fra klokken 21:04 til 21:09. Årsak til fluktasjoner er ukjent.

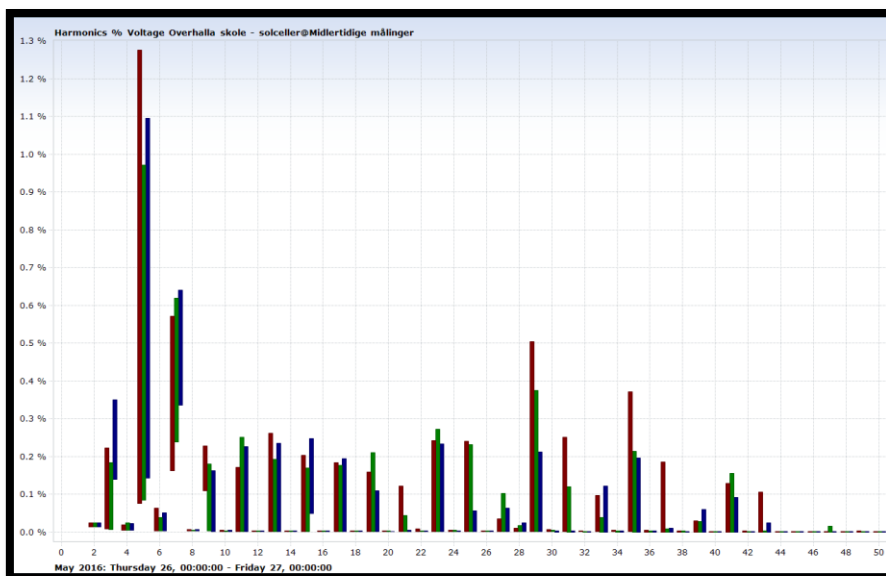
4.4.7 Overharmoniske spenninger THD

Figur 70 under viser den totale harmoniske forvrengingen. Figuren viser 10 minutters gjennomsnittsmålinger, og verdiene holder seg godt under kravet på 8 %. Dersom vi tar ukens gjennomsnitt, kommer verdiene på under 0,9 % for alle faser, noe som er langt under kravet på 5 %.



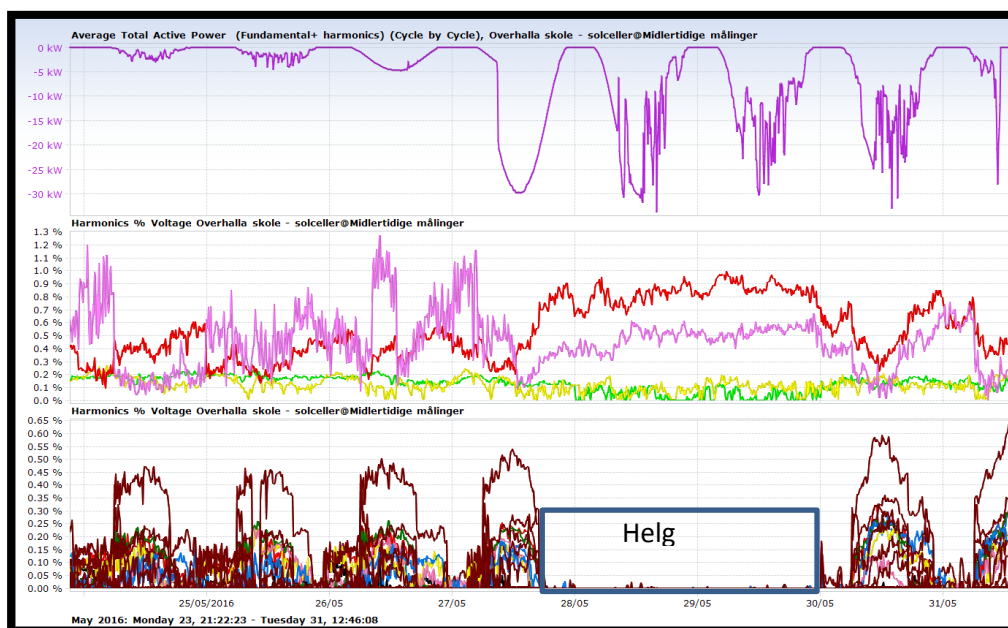
Figur 70 Total harmonisk forvrenging (THD) på alle tre faser. Variasjonene ser ut til å være uavhengig av produksjonen fra solcellene.

26. mai 2016 var det en topp i THD i tilknytningspunktet til Overhalla Barne- og Ungdomsskole. Figur 71 under viser høyeste og laveste verdi av de individuelle overharmoniske spenningene som er til stede i et 10-minutters gjennomsnitt det døgnet.



Figur 71 Oversikt over individuelle overharmoniske spenninger som er til stede 26. mai. Dette er ti-minutters gjennomsnittsmålinger.

Som figur 70 viser, så er det ingen av de individuelle overharmoniske spenningene som bryter FoL. I tillegg er det heller ingen individuelle overharmoniske spenninger av rundt 400. orden, slik som det var på Myrholt.



Figur 72 Individuelle overharmoniske spenninger. Øverst: levert effekt. Midten: harmoniske opp til 9. Nederst: harmoniske opp til 40.

Figur 72 over viser individuelle overharmoniske spenninger. I midten er det overharmoniske spenninger opp til 9. orden. Disse ser ut til å variere uavhengig av ukedag/helg. Nederst i figuren er overspenninger fra 10. orden opp til 40. orden. Disse har et mer tydelig skille mellom dagtid/natt, og hverdag/helg (28. mai er en lørdag).

Siden produksjonen fra solcellene er uavhengig av hvilken dag det er i uken, så kan man trygt si at inverterene bidrar i liten til ingen grad av overharmoniske spenninger av orden høyere enn 9. Samtidig er det vanskelig å se noen trend i de overharmoniske spenningene av lavere orden som følger produksjonsprofilen til solcellene. Derfor ser det ut som at inverterene i dette systemet byr på lite bidrag av overharmoniske spenninger, sammenlignet med hva som er til stede av andre grunner.

4.4.8 Sammendrag av situasjon i Overhalla Barne- og Ungdomsskole og FoL-rapport fra Blackbox.

På lik linje som med Myrholt, har det blitt kjørt ut en FoL-rapport for en ukes målinger på tilkoblingspunktet ved Overhalla Barne- og Ungdomsskole. Denne rapporten er vedlagt i sin helhet i appendiks [F]

Parameter	Bestått/ikke bestått	Årsak
Spenningsasymmetri	Bestått	Sterkt nett, trefase invertere
Langsomme endringer i spenningens effektivverdi	Bestått	Sterkt nett
Flimmer (P_{st})	Bestått	Sterkt nett
Flimmer (P_{lt})	Bestått	Sterkt nett
Kortvarige over- og underspenninger og spenningsprang	Bestått	Sterkt nett
Totale overharmoniske spenninger (THD)	Bestått	Sterkt nett
Individuelle overharmoniske spenninger	Bestått	Sterkt nett
Frekvens	Bestått	Sterkt nett

Tabell 14 Resultat av FoL-rapport kjørt ut for Overhalla Barne- og Ungdomsskole.

Som tabell 14 over viser, så består tilkoblingspunktet alle krav til parameterne satt av FoL.

I de fleste parametre som er diskutert, ser også bidragene fra anlegget på Overhalla Barne- og Ungdomsskole ut til å være svært små. Mye tyder på at flere av parameterne preges av store laster som enten ligger lokalt på skolen, eller i nærområdet av skolen. For eksempel så er tilstedeværelsen av individuelle overharmoniske spenninger svært preget av en syklus som varierer avhengig av om det er hverdag eller helg, noe som ikke vil være tilfellet for et solcelleanlegg.

Dette er da et eksempel på et stort anlegg, men også et veldig sterkt nett, noe som resulterer i svært få utfordringer forbundet med solkraftproduksjon.

4.5 Sammenligning av de to analyserte anleggene

Selv om anlegget som er på Overhalla Barne- og Ungdomsskole er mye større enn det på Myrholt, så er andel energi som brukes på lokale laster ganske like for de to anleggene. På mange måter sier dette at anleggene er forholdsvis like dimensjonert ut i fra sine respektive behov. En sammenligning er gitt i tabell 15 under.

Overhalla Barne- og Ungdomsskole	Totalt produsert: 28 668kW (626,5 kWh/kWp)	Myrholt	Totalt produsert: 2 005,56 kW (655 kWh/kWp)
Måned	Forbrukt/produsert [%]	Måned	Forbrukt/produsert [%]
jun.15 (2.-30.)	68 %	jun.15 (23.-30.)	73 %
jul.15	62 %	jul.15	69 %
aug.15	76 %	aug.15	54 %
sep.15	90 %	sep.15	61 %
okt.15	86 %	okt.15	82 %
nov.15	100 %	nov.15	87 %
des.15	100 %	des.15	100 %
jan.16	100 %	jan.16	100 %
feb.16	100 %	feb.16	83 %
mar.16	93 %	mar.16	76 %
apr.16	86 %	apr.16	85 %
mai.16 (1.-23.)	80 %	mai.16 (1.-23.)	66 %

Tabell 15 Sammenligning av anleggene og deres utnyttelse av energi produsert

Tabell 15 viser at Overhalla Barne- og Ungdomsskole forbruker større andel av produsert energi enn Myrholt gjør nesten hele året. Unntaksmånedene er juni og juli. Dette kan ha en sammenheng med at skolen er stengt i denne perioden, slik at mindre energi kreves i byggene og mer energi blir derfor sendt ut på nettet.

En annen ting å legge merke til er at anlegget på Overhalla Barne- og Ungdomsskole har en lavere brukstid enn anlegget på Myrholt. Dette kan komme av at anlegget på skolen har annen orientering i forhold til himmelretning, som gir en produksjon som varer lengre over døgnet og årstid, men med lavere amplitude i maksproduksjon. Det kan også komme av bygningsstøvet som lå på panelene deler av sommeren 2015 (ref. kap. 4.4.1).

Begge anleggene har lavere brukstid enn forventet (ref. fordypningsoppgave kapittel om solforhold i Norge [19]). I fordypningsoppgaven ble det skrevet at et anlegg ville typisk få ut 700-800 kWh/kWp, men det var på østlandet. I Midt-Norge må man forvente 10-20 % mindre utbytte, noe som stemmer godt med energiutbyttene funnet i målingene.

Parameter	Overhalla Barne- og Ungdomsskole	Myrholt
Spenningsasymmetri	Bestått	Ikke bestått
Langsomme endringer i spenningens effektivverdi	Bestått	Ikke bestått
Flimmer (P_{st})	Bestått	Ikke bestått
Flimmer (P_{lt})	Bestått	Ikke bestått
Kortvarige over- og underspenninger og spenningssprang	Bestått	Ikke bestått
Totale overharmoniske spenninger (THD)	Bestått	Bestått
Individuelle overharmoniske spenninger	Bestått	Bestått
Frekvens	Bestått	Bestått

Tabell 16 Sammenligning av FoL-rapporter fra anleggene.

Tabell 16 viser resultatet fra FoL-rapport fra begge anleggene. Som tabellen viser så består Overhalla Barne- og Ungdomsskole alle punktene, mens Myrholt stryker på de fleste.

Hovedsakelig så kommer strykpunktene til Myrholt av at nettet er usedvanlig svakt, slik at store lokale laster skaper mye variasjon i stasjonær spenning gjennom hyppige spenningssprang. Det som derimot ser ut til å komme som et resultat av installert anlegg, er bruddet på flimmer. Flimmerverdiane øker betraktelig når det oppstår resonans mellom inverteren og øvrig nett. Dersom nettet hadde vært sterkere, ville mest trolig resonansfenomenet vært vesentlig dempet, om ikke fjernet.

5 Konklusjon

Målinger samlet inn over periodene som anleggene har vært monitorert har avdekket forskjellige resultat. På Overhalla Barne- og Ungdomsskole ble det ikke avduket noen form for påvirkning fra solcelleanlegget, mens på Myrholt hadde det innvirkning på de fleste av parameterne gitt i FoL.

Nettet på Overhalla og Myrholt er henholdsvis topp 5 % og bunn 3 % av NTEs nett, hva angår nettstyrke. Det betyr at denne rapporten tar for seg de ekstreme tilfellene av nettstyrke, og det vil med andre ord være mindre vanlig at anleggene står i forbindelse med så svake nett som tilfellet er på Myrholt. Likevel ser en i begge anleggene at påvirkningen av solcelleanlegg ikke er større enn en tilsvarende stor last, og i mange tilfeller vil solcellene være mindre utfordrende, da de ikke har et bruksmønster som går fra null til full effekt, og motsatt, men heller med en gradvis overgang som et resultat av døgnet lysvariasjon.

Dersom vi ser for oss at det blir veldig vanlig for abonnenter å installere solcelleanlegg på sine hustak, er det viktig at vi skiller mellom anlegg som bygges for selvforsyning, og anlegg som bygges for å produsere mer enn eget forbruk slik at det selges i hovedsak til nettet. Slik kraftprisen ligger i dag, vil ikke solcelleanlegg lønne seg dersom en bygger for å selge til nettet [19], og derfor ser det ikke ut til å være en stor utfordring enda. Det vi likevel kommer til å se mer av, er anlegg i størrelse 3-5 kWp, som bygges for å kunne senke behovet til abonnenter for kjøp av kraft fra nettet.

Nettselskapene bygger i dag ut nett for å håndtere effekttopper, og slike solcelleanlegg vil trolig bidra minimalt til ingenting for å dempe effekttoppene. Solcellene produserer kraft i tider på døgnet og året med minst behov, slik at tunglast på vinters tid vil fremdeles være dimensjonerende når det er snakk om krav til nettet. Det vi i midlertid vil kunne oppleve, er at store mengder solcellesystem samlet i et nabolag vil kunne heve spenningen i nettet, ved lettlast og høy produksjon, så mye at det kan være skadelig for komponenter i bygningene. Dersom dette oppstår, vil et naturlig valg være å installere distribusjonstransformatorer med automatisk trinning, slik at spenningsnivåene dempes ved høy produksjon fra solcellesystemene. Det kan også være en løsning å forsterke nettet i det aktuelle området, eller å pålegge plusskundene en grense for maks innmating i visse perioder av året og døgnet. Hvilken løsning som passer best vil trolig være et spørsmål om lønnsomheten blant alternativene.

Målingene viser at energiutbyttet ligger rundt forventet for anlegg lokalisert i Midt-Norge.

Resonansfenomenet som er oppdaget på Myrholt er noe som skulle vært undersøkt mer. Dersom dette er et fenomen som kan oppstå flere steder, kan det skape utfordringer for nettselskapene dersom mange opplever det samme i et nabolag. Det kan også være at dette fenomenet er en tilfeldighet som har oppstått på grunn av akkurat hvordan den inverteren som står på Myrholt er oppbygd og nettets impedans i tilkoblingspunktet.

Selv om anlegget på Myrholt har forholdsvis høye flimmerverdier hele tiden, så er det tydelig at resonansfenomenet tilknyttet inverteren skaper store utslag utover grenseverdiene satt av FoL.

Sett bort fra resonansfenomenet på Myrholt, er det ingen ting som tyder på at solceller kommer til å by på mer utfordringer enn tradisjonelle laster byr på, med bakgrunn i den perioden som har blitt monitorert, både på Myrholt og Overhalla Barne- og Ungdomsskole.

Når det kommer til sikkerheten til instanser som jobber i forbindelse med slike anlegg, har Norsk brannvernforening ønsket seg bedre løsninger og retningslinjer når det kommer til håndtering av branner i bygninger med solcelleanlegg tilknyttet. Foreløpig eksisterer det ikke krav til slike brannbrytere som er nevnt i kapittel 2.1, men at det kommer senere, er ikke utenkelig.

Energimontører tar alltid spenningsprøver før de berører utkoblede nett, for å forsikre seg om at nettet er spenningsløst. Slike spenningsprøver vil kunne avdekke om det ligger noen form for øydrift ute i nettet, og de kan dermed undersøke det nærmere før de utfører nødvendig arbeid på linjene. Likevel vil det være ønskelig at det opprettes informasjon om hvor slike anlegg ligger, slik at energimontører kan være forberedt på det, og at de lettere kan finne aktuell abonnent før de begynner arbeidet.

6 Videre arbeid

Dersom det skulle vært jobbet videre med dette temaet, kunne det vært aktuelt og funnet et solcelleanlegg som står på privatbolig, men i et sterkere nett enn det er på Myrholt.

Det ville også vært interessant og sett på effekten av flere anlegg i samme lavspenningsnett, for å avdekke utfordringer forbundet med samtidig produksjon fra flere solcelleanlegg.

En annen masteroppgave kunne vært å undersøke forplantningen av uønskede effekter som har oppstått på Myrholt, for å si noe om det kan være til bryderi for andre kunder i samme lavspenningsnett. Samtidig kunne det vært interessant å kjøre en periode hvor solcellesystemet på Myrholt var frakoblet, slik at en kunne sammenligne situasjonen i nettet med og uten solkraft til stede.

Batterier har blitt nevnt i denne oppgaven, men ikke undersøkt i stor grad. I fordypningsoppgaven [19] ble det forklart at batterier per dags dato ikke er lønnsomme med dagens energitariffing og kraftpris. Det kunne vært interessant å koble til en batteripakke på Myrholt for å se hvordan dette kunne dempet spenningsvariasjonene der, og om det kunne økt spenningskvaliteten for øvrig.

7 Bibliografi

- [1] NVE, Enova, Norges forskningsråd og Innovasjon Norge, <http://www.fornybar.no/solenergi/teknologi> [Funnet 12.6.2015]
- [2] Bjørn Thorud ,«Solkraft skaper muligheter», <http://www.oreec.no/userfiles/files/Thorud%20-%20Solkraft%20skaper%20muligheter.pdf> [lastet ned 12.7.2015]
- [3] «Renewable and Efficient Electric Power Systems», Gilbert M. Masters Stanford University. http://www.a-ghadimi.com/files/Courses/Renewable%20Energy/REN_Book.pdf
- [4] Wikipedia.org, https://en.wikipedia.org/wiki/Crystalline_silicon#Market_share [Funnet 13.6.2015]
- [5] NVE, Enova, Norges forskningsråd og Innovasjon Norge, <http://www.fornybar.no/solenergi/elektrisk-energi-fra-solen/solceller> [Funnet 13.6.2015]
- [6] Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, ISE with support of PSE AG , “PHOTOVOLTAICS REPORT “<https://www.ise.fraunhofer.de/en/downloads-englisch/pdf-files-englisch/photovoltaics-report-slides.pdf> [Nedlastet 13.6.2015]
- [7] Energetica-pv.com, <http://www.energetica-pv.com/index.php?id=447> [Funnet 15.6.2015]
- [8] Bolin Liao, Wei-Chun Hsu,» An Investigation of Shockley-Queisser Limit of Single p-n Junction Solar Cells”, <http://web.mit.edu/bolin/www/Shockley-Quisser-limit.pdf> [Funnet 13.6.2015]
- [9] Solarcellcentral.com, http://solarcellcentral.com/limits_page.html [Funnet 16.6.2015]
- [10] Chromausa.com, <http://www.chromausa.com/application/pv-inverter-test-solutions/> [Funnet 18.6.2015]
- [11] Dave Buemi, <http://davebuemi.com/> [Funnet 22.6.2015]
- [12] «The physics of solar cells» www.uccs.edu/~rtirado/PES_1600_SolarEnergy/fotovoltaic_effect.pdf [Funnet 24.6.2015]
- [13] NVE, <https://www.nve.no/elmarkedstilsynet-marked-og-monopol/nettjenester/nettleie/tariffer-for-produksjon/plusskunder/> [Funnet 31.6.2015]
- [14] NVE, www.nve.no
- [15] First Solar, <http://www.firstsolar.com/About-Us/Projects.aspx> [Funnet 25.6.2015]
- [16] First Solar <http://www.firstsolar.com/en/about-us/projects/desert-sunlight-solar-farm> [Funnet 25.6.2015]
- [17] Sempra U.S. Gas & Power, LLC, <http://www.semprausgp.com/energy-solutions/solar/solar-projects/> [Funnet 25.6.2015]
- [18] Lovdata, Forskrift om leveringskvalitet i kraftsystem, <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-11-30-1557> [Funnet 09.03.2016]
- [19] Lasse B. Fossen, Fordypningsoppgave: «Innmating av solkraft i lavspenningsnett» [Oppdatert desember 2015]
- [20] Elspec, <http://www.elspec.in/products/power-quality-analysis-products/g4500-blackbox-portable-power-quality-analyser-power-quality-in-high-definition/> [Funnet 27.04.2016]
- [21] ITBAktuelt.no <http://www.itbaktuelt.no/artikkel/123/solenergiforeningen-vil-dempe-frykten.html#.VyMmofmLTq4> [Funnet 29.04.2016]
- [22] Eaton.com, Firemans switch; <http://www.eaton.com/SEAsia/ProductsSolutions/Electrical/ProductsServices/PowerDistributionComponents/SolarSwitchesInverters/PVfiremansswitchSOL30-SAFETY/index.htm> [Funnet 29.04.2016]

- [23]REN.no, «Tekniske funksjonskrav til tilknytnings- og nettleieavtale for innmatingskunder i distribusjonsnettet» http://www.ren.no/c/document_library/get_file?uuid=e8ff3e44-17d1-47cc-9bea-fba3c8ee8f30&groupId=10206 [Funnet 29.04.2016]
- [24] Elspec, <http://www.elspec.in/products/power-quality-analysis-products/g4400-blackbox-fixed-power-quality-analyser/> [Funnet 24.05.2016]
- [25]Sunny portal fra SMA, <https://www.sunnyportal.com/Templates/PublicPagesPlantList.aspx> , anlegg 7863. [Hentet 25.05.2016]
- [26]Virtual access, <http://www.virtualaccess.com/GW2000-3G-Wireless-Router.php> [Hentet 25.05.2016]
- [27]Elspec investigator, <http://www.elspec.in/products/software/investigator/> [Hentet 26.05.2016]
- [28]Kjell sand, Spenningskvalitet – fenomen for fenomen. <http://dok.ebl-kompetanse.no/Foredrag/2008/Grunnlegg%20innforing%20spkv/02%20Fenomenbeskrivelse.pdf> [Hentet 30.05.16]
- [29]«Photoelectric effect», <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/mod1.html> [Funnet 30.6.2015]
- [30]«Photovoltaic cell», <http://photovoltaiccell.com/free-solar-photovoltaic-system/> [Funnet 29.9.2015]
- [31]Fronius, “Fully equipped for the grid of tomorrow with Fronius inverters”, http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/fronius_international/hs.xsl/83_28607_ENG_HTML.htm#.VnK0-HYvdD8 [Funnet 2.10.2015]
- [32]Jonathan O`Callaghan, “watch the world ‘s largest solar power plant being built”, <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2853208/Watch-world-s-largest-solar-power-plant-built-Huge-farm-generates-energy-160-000-homes-using-nine-MILLION-panels.html> [Lastet ned 27.11.2015]

8 Appendiks

A. Produksjon av Myrholt solcelleanlegg i perioden 22.juni 2015- 18. mai 2016

Period Start	Period End	Active Energy OUT [Wh]
22.06.2015	23.06.2015	6015,347
23.06.2015	24.06.2015	13343,41
24.06.2015	25.06.2015	13343,41
25.06.2015	26.06.2015	6001,074
26.06.2015	27.06.2015	16291,75
27.06.2015	28.06.2015	21295,21
28.06.2015	29.06.2015	21295,21
29.06.2015	30.06.2015	6600,701
30.06.2015	01.07.2015	6600,701
01.07.2015	02.07.2015	16576,24
02.07.2015	03.07.2015	16576,24
03.07.2015	04.07.2015	9873,887
04.07.2015	05.07.2015	20868,28
05.07.2015	06.07.2015	20868,28
06.07.2015	07.07.2015	7384,382
07.07.2015	08.07.2015	6808,591
08.07.2015	09.07.2015	6808,591
09.07.2015	10.07.2015	3913,896
10.07.2015	11.07.2015	14381,64
11.07.2015	12.07.2015	19550,44
12.07.2015	13.07.2015	19550,44
13.07.2015	14.07.2015	17901,78
14.07.2015	15.07.2015	4065,113
15.07.2015	16.07.2015	4065,113
16.07.2015	17.07.2015	10749,12
17.07.2015	18.07.2015	10749,12
18.07.2015	19.07.2015	8167,943
19.07.2015	20.07.2015	10746,1
20.07.2015	21.07.2015	13806,93
21.07.2015	22.07.2015	13806,93
22.07.2015	23.07.2015	6057,521
23.07.2015	24.07.2015	11025,03
24.07.2015	25.07.2015	13835,77
25.07.2015	26.07.2015	13835,77
26.07.2015	27.07.2015	7545,697
27.07.2015	28.07.2015	17544,09
28.07.2015	29.07.2015	17544,09
29.07.2015	30.07.2015	15484,44
30.07.2015	31.07.2015	10909,25
31.07.2015	01.08.2015	12842,01
01.08.2015	02.08.2015	17572,25

02.08.2015	03.08.2015	17572,25
03.08.2015	04.08.2015	12587,64
04.08.2015	05.08.2015	12587,64
05.08.2015	06.08.2015	16362,73
06.08.2015	07.08.2015	16362,73
07.08.2015	08.08.2015	11090,21
08.08.2015	09.08.2015	10321,43
09.08.2015	10.08.2015	12706,83
10.08.2015	11.08.2015	12706,83
11.08.2015	12.08.2015	8499,948
12.08.2015	13.08.2015	10506,96
13.08.2015	14.08.2015	16438,04
14.08.2015	15.08.2015	17627,72
15.08.2015	16.08.2015	17727,31
16.08.2015	17.08.2015	17727,31
17.08.2015	18.08.2015	17256,91
18.08.2015	19.08.2015	17256,91
19.08.2015	20.08.2015	16697,97
20.08.2015	21.08.2015	16697,97
21.08.2015	22.08.2015	16241,42
22.08.2015	23.08.2015	15626,11
23.08.2015	24.08.2015	15964,84
24.08.2015	25.08.2015	15964,84
25.08.2015	26.08.2015	9883,066
26.08.2015	27.08.2015	5071,407
27.08.2015	28.08.2015	5071,407
28.08.2015	29.08.2015	5806,263
29.08.2015	30.08.2015	9221,558
30.08.2015	31.08.2015	10185,96
31.08.2015	01.09.2015	10185,96
01.09.2015	02.09.2015	9489,546
02.09.2015	03.09.2015	14955,74
03.09.2015	04.09.2015	14955,74
04.09.2015	05.09.2015	6394,779
05.09.2015	06.09.2015	8093,195
06.09.2015	07.09.2015	8093,195
07.09.2015	08.09.2015	4392,696
08.09.2015	09.09.2015	9149,188
09.09.2015	10.09.2015	11385,46
10.09.2015	11.09.2015	12661,47
11.09.2015	12.09.2015	12661,47
12.09.2015	13.09.2015	8974,686
13.09.2015	14.09.2015	6697,592
14.09.2015	15.09.2015	5038,868
15.09.2015	16.09.2015	9478,105
16.09.2015	17.09.2015	9478,105

17.09.2015	18.09.2015	2314,107
18.09.2015	19.09.2015	2314,107
19.09.2015	20.09.2015	1675,921
20.09.2015	21.09.2015	4787,643
21.09.2015	22.09.2015	4787,643
22.09.2015	23.09.2015	4445,091
23.09.2015	24.09.2015	7198,425
24.09.2015	25.09.2015	7198,425
25.09.2015	26.09.2015	3050,56
26.09.2015	27.09.2015	3050,56
27.09.2015	28.09.2015	4527,855
28.09.2015	29.09.2015	9044,037
29.09.2015	30.09.2015	9044,037
30.09.2015	01.10.2015	7580,489
01.10.2015	02.10.2015	3546,394
02.10.2015	03.10.2015	3546,394
03.10.2015	04.10.2015	4151,01
04.10.2015	05.10.2015	7760,118
05.10.2015	06.10.2015	8379,789
06.10.2015	07.10.2015	8379,789
07.10.2015	08.10.2015	8306,622
08.10.2015	09.10.2015	5662,128
09.10.2015	10.10.2015	1991,625
10.10.2015	11.10.2015	4846,822
11.10.2015	12.10.2015	4846,822
12.10.2015	13.10.2015	4733,648
13.10.2015	14.10.2015	4502,744
14.10.2015	15.10.2015	4502,744
15.10.2015	16.10.2015	1301,115
16.10.2015	17.10.2015	1195,007
17.10.2015	18.10.2015	949,9323
18.10.2015	19.10.2015	1623,08
19.10.2015	20.10.2015	2393,671
20.10.2015	21.10.2015	2393,671
21.10.2015	22.10.2015	305,8717
22.10.2015	23.10.2015	1304,355
23.10.2015	24.10.2015	1304,355
24.10.2015	25.10.2015	918,4658
25.10.2015	25.10.2015	943,3454
25.10.2015	26.10.2015	2974,01
26.10.2015	27.10.2015	2974,01
27.10.2015	28.10.2015	2640,383
28.10.2015	29.10.2015	2323,879
29.10.2015	30.10.2015	912,3262
30.10.2015	31.10.2015	234,3944
31.10.2015	01.11.2015	5,478136

01.11.2015	02.11.2015	5,639681
02.11.2015	03.11.2015	57,27887
03.11.2015	04.11.2015	57,27887
04.11.2015	05.11.2015	1476,614
05.11.2015	06.11.2015	1476,614
06.11.2015	07.11.2015	378,9931
07.11.2015	08.11.2015	284,4413
08.11.2015	09.11.2015	16,0839
09.11.2015	10.11.2015	76,88425
10.11.2015	11.11.2015	76,88425
11.11.2015	12.11.2015	178,037
12.11.2015	13.11.2015	178,037
13.11.2015	14.11.2015	341,9511
14.11.2015	15.11.2015	341,9511
15.11.2015	16.11.2015	91,29395
16.11.2015	17.11.2015	91,29395
17.11.2015	18.11.2015	75,98963
18.11.2015	19.11.2015	75,98963
19.11.2015	20.11.2015	0
20.11.2015	21.11.2015	0,2448003
21.11.2015	22.11.2015	1,102095
22.11.2015	23.11.2015	1,102095
23.11.2015	24.11.2015	176,3842
24.11.2015	25.11.2015	176,3842
25.11.2015	26.11.2015	5,687112
26.11.2015	27.11.2015	0,3792352
27.11.2015	28.11.2015	2,563104
28.11.2015	29.11.2015	21,10112
29.11.2015	30.11.2015	1560,654
30.11.2015	01.12.2015	1560,654
01.12.2015	02.12.2015	8,703849
02.12.2015	03.12.2015	15,27259
03.12.2015	04.12.2015	221,2903
04.12.2015	05.12.2015	221,2903
05.12.2015	06.12.2015	32,06134
06.12.2015	07.12.2015	10,7304
07.12.2015	08.12.2015	4,182498
08.12.2015	09.12.2015	6,861696
09.12.2015	10.12.2015	9,244767
10.12.2015	11.12.2015	9,244767
11.12.2015	12.12.2015	7,063899
12.12.2015	13.12.2015	5,551924
13.12.2015	14.12.2015	155,2388
14.12.2015	15.12.2015	155,2388
15.12.2015	16.12.2015	2,830481
16.12.2015	17.12.2015	2,817032

17.12.2015	18.12.2015	2,817032
18.12.2015	19.12.2015	3,635759
19.12.2015	20.12.2015	3,635759
20.12.2015	21.12.2015	79,5845
21.12.2015	22.12.2015	92,4776
22.12.2015	23.12.2015	92,4776
23.12.2015	24.12.2015	84,42559
24.12.2015	25.12.2015	2538,499
25.12.2015	26.12.2015	2538,499
26.12.2015	27.12.2015	12,25232
27.12.2015	28.12.2015	8,335101
28.12.2015	29.12.2015	4,864493
29.12.2015	30.12.2015	11,82321
30.12.2015	31.12.2015	20,4634
31.12.2015	01.01.2016	20,4634
01.01.2016	02.01.2016	16,69497
02.01.2016	03.01.2016	13,4413
03.01.2016	04.01.2016	36,68467
04.01.2016	05.01.2016	36,68467
05.01.2016	06.01.2016	28,81078
06.01.2016	07.01.2016	44,69591
07.01.2016	08.01.2016	44,69591
08.01.2016	09.01.2016	38,94663
09.01.2016	10.01.2016	28,56677
10.01.2016	11.01.2016	12,59716
11.01.2016	12.01.2016	12,66918
12.01.2016	13.01.2016	13,93011
13.01.2016	14.01.2016	19,33213
14.01.2016	15.01.2016	19,33213
15.01.2016	16.01.2016	73,24977
16.01.2016	17.01.2016	4844,114
17.01.2016	18.01.2016	4844,114
18.01.2016	19.01.2016	5,35702
19.01.2016	20.01.2016	5,35702
20.01.2016	21.01.2016	4,942078
21.01.2016	22.01.2016	6,097253
22.01.2016	23.01.2016	6,097253
23.01.2016	24.01.2016	14,74851
24.01.2016	25.01.2016	14,74851
25.01.2016	26.01.2016	3,468299
26.01.2016	27.01.2016	4,075581
27.01.2016	28.01.2016	6,515779
28.01.2016	29.01.2016	544,3873
29.01.2016	30.01.2016	544,3873
30.01.2016	31.01.2016	5,044891
31.01.2016	01.02.2016	5,044891

01.02.2016	02.02.2016	18,43051
02.02.2016	03.02.2016	639,0565
03.02.2016	04.02.2016	639,0565
04.02.2016	05.02.2016	5,486403
05.02.2016	06.02.2016	13,14417
06.02.2016	07.02.2016	450,4687
07.02.2016	08.02.2016	617,9832
08.02.2016	09.02.2016	617,9832
09.02.2016	10.02.2016	205,007
10.02.2016	11.02.2016	205,007
11.02.2016	12.02.2016	180,7728
12.02.2016	13.02.2016	22,52689
13.02.2016	14.02.2016	15,07061
14.02.2016	15.02.2016	13,72228
15.02.2016	16.02.2016	18,71531
16.02.2016	17.02.2016	503,6861
17.02.2016	18.02.2016	1917,691
18.02.2016	19.02.2016	1917,691
19.02.2016	20.02.2016	1375,813
20.02.2016	21.02.2016	4812,822
21.02.2016	22.02.2016	4812,822
22.02.2016	23.02.2016	2201,294
23.02.2016	24.02.2016	84,7167
24.02.2016	25.02.2016	84,7167
25.02.2016	26.02.2016	151,7481
26.02.2016	27.02.2016	151,7481
27.02.2016	28.02.2016	30,73774
28.02.2016	29.02.2016	455,2031
29.02.2016	01.03.2016	1251,964
01.03.2016	02.03.2016	1251,964
02.03.2016	03.03.2016	2603,864
03.03.2016	04.03.2016	2603,864
04.03.2016	05.03.2016	5384,009
05.03.2016	06.03.2016	5384,009
06.03.2016	07.03.2016	4135,319
07.03.2016	08.03.2016	8169,805
08.03.2016	09.03.2016	8169,805
09.03.2016	10.03.2016	5947,209
10.03.2016	11.03.2016	9980,851
11.03.2016	12.03.2016	9980,851
12.03.2016	13.03.2016	920,7611
13.03.2016	14.03.2016	2780,916
14.03.2016	15.03.2016	2780,916
15.03.2016	16.03.2016	2070,895
16.03.2016	17.03.2016	4115,766
17.03.2016	18.03.2016	4115,766

18.03.2016	19.03.2016	1441,253
19.03.2016	20.03.2016	3280,588
20.03.2016	21.03.2016	3280,588
21.03.2016	22.03.2016	11312,89
22.03.2016	23.03.2016	11312,89
23.03.2016	24.03.2016	3872,045
24.03.2016	25.03.2016	3406,814
25.03.2016	26.03.2016	9048,544
26.03.2016	28.03.2016	9048,544
28.03.2016	29.03.2016	6861,953
29.03.2016	30.03.2016	5137,963
30.03.2016	31.03.2016	7031,694
31.03.2016	01.04.2016	7031,694
01.04.2016	02.04.2016	5860,069
02.04.2016	03.04.2016	9845,521
03.04.2016	04.04.2016	9845,521
04.04.2016	05.04.2016	6334,274
05.04.2016	06.04.2016	4975,51
06.04.2016	07.04.2016	6255,493
07.04.2016	08.04.2016	6255,493
08.04.2016	09.04.2016	8791,154
09.04.2016	10.04.2016	16006,41
10.04.2016	11.04.2016	16006,41
11.04.2016	12.04.2016	15462,45
12.04.2016	13.04.2016	15567,9
13.04.2016	14.04.2016	15567,9
14.04.2016	15.04.2016	9464,578
15.04.2016	16.04.2016	8793,031
16.04.2016	17.04.2016	8793,031
17.04.2016	18.04.2016	10708,77
18.04.2016	19.04.2016	10708,77
19.04.2016	20.04.2016	8360,459
20.04.2016	21.04.2016	5047,647
21.04.2016	22.04.2016	12042,58
22.04.2016	23.04.2016	12042,58
23.04.2016	24.04.2016	12746,27
24.04.2016	25.04.2016	15220,01
25.04.2016	26.04.2016	15220,01
26.04.2016	27.04.2016	11240,65
27.04.2016	28.04.2016	12464,75
28.04.2016	29.04.2016	12935,44
29.04.2016	30.04.2016	12935,44
30.04.2016	01.05.2016	11691,25
01.05.2016	02.05.2016	16133,54
02.05.2016	03.05.2016	16133,54
03.05.2016	04.05.2016	16513,12

04.05.2016	05.05.2016	16513,12
05.05.2016	06.05.2016	12881,77
06.05.2016	07.05.2016	12958,31
07.05.2016	08.05.2016	12958,31
08.05.2016	09.05.2016	14195,06
09.05.2016	10.05.2016	14195,06
10.05.2016	11.05.2016	18421,14
11.05.2016	12.05.2016	18421,14
12.05.2016	13.05.2016	10512,91
13.05.2016	14.05.2016	11244,61
14.05.2016	15.05.2016	14878,28
15.05.2016	16.05.2016	14878,28
16.05.2016	17.05.2016	11169,98
	Sum [kWh]	2006,477566

B. Gjennomsnittlig produsert energi og levert energi pr døgn

Period Start	Period End	Active Energy OUT utveksling [Wh]	Active Energy OUT inverter [Wh]	Energy consumed locally [Wh]
22.06.2015	23.06.2015	1277,269	6015,347	4738,078
23.06.2015	24.06.2015	5806,987	13343,41	7536,423
24.06.2015	25.06.2015	5806,987	13343,41	7536,423
25.06.2015	26.06.2015	1050,926	6001,074	4950,148
26.06.2015	27.06.2015	3472,314	16291,75	12819,436
27.06.2015	28.06.2015	8762,416	21295,21	12532,794
28.06.2015	29.06.2015	8762,416	21295,21	12532,794
29.06.2015	30.06.2015	1346,58	6600,701	5254,121
30.06.2015	01.07.2015	1346,58	6600,701	5254,121
01.07.2015	02.07.2015	4521,375	16576,24	12054,865
02.07.2015	03.07.2015	4521,375	16576,24	12054,865
03.07.2015	04.07.2015	2999,859	9873,887	6874,028
04.07.2015	05.07.2015	9191,391	20868,28	11676,889
05.07.2015	06.07.2015	9191,391	20868,28	11676,889
06.07.2015	07.07.2015	1782,984	7384,382	5601,398
07.07.2015	08.07.2015	1570,862	6808,591	5237,729
08.07.2015	09.07.2015	1570,862	6808,591	5237,729
09.07.2015	10.07.2015	399,5876	3913,896	3514,3084
10.07.2015	11.07.2015	4303,426	14381,64	10078,214
11.07.2015	12.07.2015	7046,279	19550,44	12504,161
12.07.2015	13.07.2015	7046,279	19550,44	12504,161
13.07.2015	14.07.2015	5550,336	17901,78	12351,444
14.07.2015	15.07.2015	413,8694	4065,113	3651,2436
15.07.2015	16.07.2015	413,8694	4065,113	3651,2436
16.07.2015	17.07.2015	4611,077	10749,12	6138,043

17.07.2015	18.07.2015	4611,077	10749,12	6138,043
18.07.2015	19.07.2015	1081,809	8167,943	7086,134
19.07.2015	20.07.2015	3103,233	10746,1	7642,867
20.07.2015	21.07.2015	5606,245	13806,93	8200,685
21.07.2015	22.07.2015	5606,245	13806,93	8200,685
22.07.2015	23.07.2015	336,1866	6057,521	5721,3344
23.07.2015	24.07.2015	0	11025,03	11025,03
24.07.2015	25.07.2015	6468,856	13835,77	7366,914
25.07.2015	26.07.2015	6468,856	13835,77	7366,914
26.07.2015	27.07.2015	28,52363	7545,697	7517,17337
27.07.2015	28.07.2015	5886,734	17544,09	11657,356
28.07.2015	29.07.2015	6320,041	17544,09	11224,049
29.07.2015	30.07.2015	6320,041	15484,44	9164,399
30.07.2015	31.07.2015	2929,083	10909,25	7980,167
31.07.2015	01.08.2015	3653,147	12842,01	9188,863
01.08.2015	02.08.2015	8535,413	17572,25	9036,837
02.08.2015	03.08.2015	8535,413	17572,25	9036,837
03.08.2015	04.08.2015	4893,726	12587,64	7693,914
04.08.2015	05.08.2015	4893,726	12587,64	7693,914
05.08.2015	06.08.2015	7321,297	16362,73	9041,433
06.08.2015	07.08.2015	7321,297	16362,73	9041,433
07.08.2015	08.08.2015	3698,37	11090,21	7391,84
Gjennomsnittlig pr døgn [Wh]:		4391,204609	12739,68057	8348,475965

C. FoL-rapport for juli 2015 på Myrholt

Norwegian Regulation FOL_230V_35KV

Configuration

Node:	Myrholt solceller - inverter
Voltage level:	230V ÷ 35kV
Network topology:	Wye
Declared supply voltage (Un)	230V(LL)
Device type:	G4k BLACKBOX

Report information

Start time:	2015-07-01 00:00:00	End time:	2015-08-01 00:00:00
GMT:	1:00	Produced time:	2015-10-30 16:09:16
Compliance configuration:	Norwegian Regulation FOL_230V_35KV		

Node:

Continuous phenomena

Parameter	Result
Power frequency	Pass
Supply voltage unbalance	Fail
Supply voltage variations	Fail
Voltage variation (flicker 2 hr)	Fail
Voltage variation (flicker 10 minutes)	Fail
Single rapid voltage change	Fail
Total harmonic distortion	Pass
Harmonic voltage	Pass

Voltage events

Event type	Number of events
Short Interruptions of the supply voltage	0
Long Interruptions of the supply voltage	0
Supply voltage dip	37
Supply voltage swell	772
Transient overvoltages	59

Power frequency

The nominal power frequency shall be 50Hz. Under normal conditions, the average of Voltage frequency over 10 sec. shall be in the interval 50 Hz \pm 2% (that is 49 Hz –51 Hz) under 100% of the time.

(The observation window is 1 week)

Percentage of time (%)	Regulation min (Hz)	Measured min (Hz)	Regulation max (Hz)	Measured max (Hz)	Result
100	49	49,75	51	50,237	Pass

Supply voltage unbalance

The network company shall ensure that the degree of supply voltage unbalance does not exceed 2 % in points of connection, measured as a mean value over 10 minutes.

Percentage of time (%)	Regulation max (%)	Measured max (%)	Result
100	2	5,754	Fail

Supply voltage variations

The network company shall ensure that the degree of supply voltage variations should be in interval \pm 10% in points of connection, measured as a mean value over 1 minutes.

Phase	Percentage of time (%)	Regulation min (V)	Measured min(V)	Regulation max(V)	Measured max(V)	Result
L1	100	119,512	67,795	146,07	142,043	Fail
L2	100	119,512	122,375	146,07	191,257	Pass
L3	100	119,512	112,056	146,07	176,658	Fail

Flicker severity

The network company shall ensure that Pst does not exceed 1,2 during 95% of a week , and that Plt values does not exceed 1 during 100% of a week.

Parameter	Phase	Percentage of time (%)	Regulation max	Measured max	Result
Pst	L1	95	1,2	1,74	Fail
Plt	L1	100	1	16,484	Fail
Pst	L2	95	1,2	1,766	Fail
Plt	L2	100	1	16,723	Fail
Pst	L3	95	1,2	1,101	Pass
Plt	L3	100	1	17,974	Fail

Rapid voltage changes

The network company shall ensure that rapid voltage changes do not exceed the following values pr.24 hours.

Rapid voltage change	Events allowed each 24 hours
ΔU stationary $\geq 3\%$	24
$\Delta U_{max} \geq 5\%$	24

Compliance table (ΔU stationary $\geq 3\%$)

Start time	End time	Number of events
01.07.2015 00:00:00.000000	02.07.2015 00:00:00.000000	174
01.07.2015 02:00:00.000000	02.07.2015 02:00:00.000000	170
01.07.2015 04:00:00.000000	02.07.2015 04:00:00.000000	171
01.07.2015 06:00:00.000000	02.07.2015 06:00:00.000000	173
01.07.2015 08:00:00.000000	02.07.2015 08:00:00.000000	172
01.07.2015 10:00:00.000000	02.07.2015 10:00:00.000000	170
01.07.2015 12:00:00.000000	02.07.2015 12:00:00.000000	171
01.07.2015 14:00:00.000000	02.07.2015 14:00:00.000000	166
01.07.2015 16:00:00.000000	02.07.2015 16:00:00.000000	165
01.07.2015 18:00:00.000000	02.07.2015 18:00:00.000000	156
01.07.2015 20:00:00.000000	02.07.2015 20:00:00.000000	159
01.07.2015 22:00:00.000000	02.07.2015 22:00:00.000000	158
02.07.2015 00:00:00.000000	03.07.2015 00:00:00.000000	153
02.07.2015 02:00:00.000000	03.07.2015 02:00:00.000000	151
02.07.2015 04:00:00.000000	03.07.2015 04:00:00.000000	148
02.07.2015 06:00:00.000000	03.07.2015 06:00:00.000000	142
02.07.2015 08:00:00.000000	03.07.2015 08:00:00.000000	137
02.07.2015 10:00:00.000000	03.07.2015 10:00:00.000000	134
02.07.2015 12:00:00.000000	03.07.2015 12:00:00.000000	130
02.07.2015 14:00:00.000000	03.07.2015 14:00:00.000000	132
02.07.2015 16:00:00.000000	03.07.2015 16:00:00.000000	133
02.07.2015 18:00:00.000000	03.07.2015 18:00:00.000000	140
02.07.2015 20:00:00.000000	03.07.2015 20:00:00.000000	134
02.07.2015 22:00:00.000000	03.07.2015 22:00:00.000000	137
03.07.2015 00:00:00.000000	04.07.2015 00:00:00.000000	141
03.07.2015 02:00:00.000000	04.07.2015 02:00:00.000000	143
03.07.2015 04:00:00.000000	04.07.2015 04:00:00.000000	145
03.07.2015 06:00:00.000000	04.07.2015 06:00:00.000000	146
03.07.2015 08:00:00.000000	04.07.2015 08:00:00.000000	151
03.07.2015 10:00:00.000000	04.07.2015 10:00:00.000000	154

03.07.2015 12:00:00.000000	04.07.2015 12:00:00.000000	155
03.07.2015 14:00:00.000000	04.07.2015 14:00:00.000000	160
03.07.2015 16:00:00.000000	04.07.2015 16:00:00.000000	161
03.07.2015 18:00:00.000000	04.07.2015 18:00:00.000000	158
03.07.2015 20:00:00.000000	04.07.2015 20:00:00.000000	162
03.07.2015 22:00:00.000000	04.07.2015 22:00:00.000000	156
04.07.2015 00:00:00.000000	05.07.2015 00:00:00.000000	155
04.07.2015 02:00:00.000000	05.07.2015 02:00:00.000000	152
04.07.2015 04:00:00.000000	05.07.2015 04:00:00.000000	154
04.07.2015 06:00:00.000000	05.07.2015 06:00:00.000000	156
04.07.2015 08:00:00.000000	05.07.2015 08:00:00.000000	154
04.07.2015 10:00:00.000000	05.07.2015 10:00:00.000000	152
04.07.2015 12:00:00.000000	05.07.2015 12:00:00.000000	151
04.07.2015 14:00:00.000000	05.07.2015 14:00:00.000000	145
04.07.2015 16:00:00.000000	05.07.2015 16:00:00.000000	140
04.07.2015 18:00:00.000000	05.07.2015 18:00:00.000000	137
04.07.2015 20:00:00.000000	05.07.2015 20:00:00.000000	135
04.07.2015 22:00:00.000000	05.07.2015 22:00:00.000000	137
05.07.2015 00:00:00.000000	06.07.2015 00:00:00.000000	138
05.07.2015 02:00:00.000000	06.07.2015 02:00:00.000000	137
05.07.2015 04:00:00.000000	06.07.2015 04:00:00.000000	135
05.07.2015 06:00:00.000000	06.07.2015 06:00:00.000000	137
05.07.2015 08:00:00.000000	06.07.2015 08:00:00.000000	136
05.07.2015 10:00:00.000000	06.07.2015 10:00:00.000000	137
05.07.2015 12:00:00.000000	06.07.2015 12:00:00.000000	138
05.07.2015 14:00:00.000000	06.07.2015 14:00:00.000000	141
05.07.2015 16:00:00.000000	06.07.2015 16:00:00.000000	144
05.07.2015 18:00:00.000000	06.07.2015 18:00:00.000000	152
05.07.2015 20:00:00.000000	06.07.2015 20:00:00.000000	153
05.07.2015 22:00:00.000000	06.07.2015 22:00:00.000000	151
06.07.2015 00:00:00.000000	07.07.2015 00:00:00.000000	149
06.07.2015 02:00:00.000000	07.07.2015 02:00:00.000000	151
06.07.2015 04:00:00.000000	07.07.2015 04:00:00.000000	150
06.07.2015 06:00:00.000000	07.07.2015 06:00:00.000000	146
06.07.2015 08:00:00.000000	07.07.2015 08:00:00.000000	145
06.07.2015 10:00:00.000000	07.07.2015 10:00:00.000000	147
06.07.2015 12:00:00.000000	07.07.2015 12:00:00.000000	151
06.07.2015 14:00:00.000000	07.07.2015 14:00:00.000000	147

06.07.2015 16:00:00.000000	07.07.2015 16:00:00.000000	151
06.07.2015 18:00:00.000000	07.07.2015 18:00:00.000000	148
06.07.2015 20:00:00.000000	07.07.2015 20:00:00.000000	146
06.07.2015 22:00:00.000000	07.07.2015 22:00:00.000000	148
07.07.2015 00:00:00.000000	08.07.2015 00:00:00.000000	151
07.07.2015 02:00:00.000000	08.07.2015 02:00:00.000000	152
07.07.2015 04:00:00.000000	08.07.2015 04:00:00.000000	153
07.07.2015 06:00:00.000000	08.07.2015 06:00:00.000000	156
07.07.2015 08:00:00.000000	08.07.2015 08:00:00.000000	157
07.07.2015 10:00:00.000000	08.07.2015 10:00:00.000000	158
07.07.2015 12:00:00.000000	08.07.2015 12:00:00.000000	162
07.07.2015 14:00:00.000000	08.07.2015 14:00:00.000000	166
07.07.2015 16:00:00.000000	08.07.2015 16:00:00.000000	163
07.07.2015 18:00:00.000000	08.07.2015 18:00:00.000000	165
07.07.2015 20:00:00.000000	08.07.2015 20:00:00.000000	171
07.07.2015 22:00:00.000000	08.07.2015 22:00:00.000000	173
08.07.2015 00:00:00.000000	09.07.2015 00:00:00.000000	172
08.07.2015 02:00:00.000000	09.07.2015 02:00:00.000000	169
08.07.2015 04:00:00.000000	09.07.2015 04:00:00.000000	171
08.07.2015 06:00:00.000000	09.07.2015 06:00:00.000000	172
08.07.2015 08:00:00.000000	09.07.2015 08:00:00.000000	178
08.07.2015 10:00:00.000000	09.07.2015 10:00:00.000000	174
08.07.2015 12:00:00.000000	09.07.2015 12:00:00.000000	171
08.07.2015 14:00:00.000000	09.07.2015 14:00:00.000000	176
08.07.2015 16:00:00.000000	09.07.2015 16:00:00.000000	178
08.07.2015 18:00:00.000000	09.07.2015 18:00:00.000000	176
08.07.2015 20:00:00.000000	09.07.2015 20:00:00.000000	173
08.07.2015 22:00:00.000000	09.07.2015 22:00:00.000000	169
09.07.2015 00:00:00.000000	10.07.2015 00:00:00.000000	171
09.07.2015 02:00:00.000000	10.07.2015 02:00:00.000000	175
09.07.2015 04:00:00.000000	10.07.2015 04:00:00.000000	175
09.07.2015 06:00:00.000000	10.07.2015 06:00:00.000000	174
09.07.2015 08:00:00.000000	10.07.2015 08:00:00.000000	170
09.07.2015 10:00:00.000000	10.07.2015 10:00:00.000000	173
09.07.2015 12:00:00.000000	10.07.2015 12:00:00.000000	172
09.07.2015 14:00:00.000000	10.07.2015 14:00:00.000000	165
09.07.2015 16:00:00.000000	10.07.2015 16:00:00.000000	165
09.07.2015 18:00:00.000000	10.07.2015 18:00:00.000000	165

09.07.2015 20:00:00.000000	10.07.2015 20:00:00.000000	166
09.07.2015 22:00:00.000000	10.07.2015 22:00:00.000000	170
10.07.2015 00:00:00.000000	11.07.2015 00:00:00.000000	170
10.07.2015 02:00:00.000000	11.07.2015 02:00:00.000000	170
10.07.2015 04:00:00.000000	11.07.2015 04:00:00.000000	169
10.07.2015 06:00:00.000000	11.07.2015 06:00:00.000000	168
10.07.2015 08:00:00.000000	11.07.2015 08:00:00.000000	171
10.07.2015 10:00:00.000000	11.07.2015 10:00:00.000000	171
10.07.2015 12:00:00.000000	11.07.2015 12:00:00.000000	172
10.07.2015 14:00:00.000000	11.07.2015 14:00:00.000000	169
10.07.2015 16:00:00.000000	11.07.2015 16:00:00.000000	161
10.07.2015 18:00:00.000000	11.07.2015 18:00:00.000000	158
10.07.2015 20:00:00.000000	11.07.2015 20:00:00.000000	152
10.07.2015 22:00:00.000000	11.07.2015 22:00:00.000000	154
11.07.2015 00:00:00.000000	12.07.2015 00:00:00.000000	152
11.07.2015 02:00:00.000000	12.07.2015 02:00:00.000000	142
11.07.2015 04:00:00.000000	12.07.2015 04:00:00.000000	141
11.07.2015 06:00:00.000000	12.07.2015 06:00:00.000000	139
11.07.2015 08:00:00.000000	12.07.2015 08:00:00.000000	132
11.07.2015 10:00:00.000000	12.07.2015 10:00:00.000000	128
11.07.2015 12:00:00.000000	12.07.2015 12:00:00.000000	120
11.07.2015 14:00:00.000000	12.07.2015 14:00:00.000000	122
11.07.2015 16:00:00.000000	12.07.2015 16:00:00.000000	126
11.07.2015 18:00:00.000000	12.07.2015 18:00:00.000000	126
11.07.2015 20:00:00.000000	12.07.2015 20:00:00.000000	151
11.07.2015 22:00:00.000000	12.07.2015 22:00:00.000000	143
12.07.2015 00:00:00.000000	13.07.2015 00:00:00.000000	139
12.07.2015 02:00:00.000000	13.07.2015 02:00:00.000000	141
12.07.2015 04:00:00.000000	13.07.2015 04:00:00.000000	137
12.07.2015 06:00:00.000000	13.07.2015 06:00:00.000000	135
12.07.2015 08:00:00.000000	13.07.2015 08:00:00.000000	134
12.07.2015 10:00:00.000000	13.07.2015 10:00:00.000000	136
12.07.2015 12:00:00.000000	13.07.2015 12:00:00.000000	140
12.07.2015 14:00:00.000000	13.07.2015 14:00:00.000000	138
12.07.2015 16:00:00.000000	13.07.2015 16:00:00.000000	136
12.07.2015 18:00:00.000000	13.07.2015 18:00:00.000000	133
12.07.2015 20:00:00.000000	13.07.2015 20:00:00.000000	110
12.07.2015 22:00:00.000000	13.07.2015 22:00:00.000000	109

13.07.2015 00:00:00.000000	14.07.2015 00:00:00.000000	109
13.07.2015 02:00:00.000000	14.07.2015 02:00:00.000000	110
13.07.2015 04:00:00.000000	14.07.2015 04:00:00.000000	110
13.07.2015 06:00:00.000000	14.07.2015 06:00:00.000000	110
13.07.2015 08:00:00.000000	14.07.2015 08:00:00.000000	108
13.07.2015 10:00:00.000000	14.07.2015 10:00:00.000000	111
13.07.2015 12:00:00.000000	14.07.2015 12:00:00.000000	109
13.07.2015 14:00:00.000000	14.07.2015 14:00:00.000000	109
13.07.2015 16:00:00.000000	14.07.2015 16:00:00.000000	110
13.07.2015 18:00:00.000000	14.07.2015 18:00:00.000000	115
13.07.2015 20:00:00.000000	14.07.2015 20:00:00.000000	117
13.07.2015 22:00:00.000000	14.07.2015 22:00:00.000000	120
14.07.2015 00:00:00.000000	15.07.2015 00:00:00.000000	122
14.07.2015 02:00:00.000000	15.07.2015 02:00:00.000000	121
14.07.2015 04:00:00.000000	15.07.2015 04:00:00.000000	121
14.07.2015 06:00:00.000000	15.07.2015 06:00:00.000000	119
14.07.2015 08:00:00.000000	15.07.2015 08:00:00.000000	126
14.07.2015 10:00:00.000000	15.07.2015 10:00:00.000000	123
14.07.2015 12:00:00.000000	15.07.2015 12:00:00.000000	123
14.07.2015 14:00:00.000000	15.07.2015 14:00:00.000000	124
14.07.2015 16:00:00.000000	15.07.2015 16:00:00.000000	121
14.07.2015 18:00:00.000000	15.07.2015 18:00:00.000000	121
14.07.2015 20:00:00.000000	15.07.2015 20:00:00.000000	121
14.07.2015 22:00:00.000000	15.07.2015 22:00:00.000000	121
15.07.2015 00:00:00.000000	16.07.2015 00:00:00.000000	119
15.07.2015 02:00:00.000000	16.07.2015 02:00:00.000000	123
15.07.2015 04:00:00.000000	16.07.2015 04:00:00.000000	125
15.07.2015 06:00:00.000000	16.07.2015 06:00:00.000000	127
15.07.2015 08:00:00.000000	16.07.2015 08:00:00.000000	125
15.07.2015 10:00:00.000000	16.07.2015 10:00:00.000000	122
15.07.2015 12:00:00.000000	16.07.2015 12:00:00.000000	120
15.07.2015 14:00:00.000000	16.07.2015 14:00:00.000000	120
15.07.2015 16:00:00.000000	16.07.2015 16:00:00.000000	124
15.07.2015 18:00:00.000000	16.07.2015 18:00:00.000000	121
15.07.2015 20:00:00.000000	16.07.2015 20:00:00.000000	114
15.07.2015 22:00:00.000000	16.07.2015 22:00:00.000000	114
16.07.2015 00:00:00.000000	17.07.2015 00:00:00.000000	116
16.07.2015 02:00:00.000000	17.07.2015 02:00:00.000000	114

16.07.2015 04:00:00.000000	17.07.2015 04:00:00.000000	116
16.07.2015 06:00:00.000000	17.07.2015 06:00:00.000000	116
16.07.2015 08:00:00.000000	17.07.2015 08:00:00.000000	117
16.07.2015 10:00:00.000000	17.07.2015 10:00:00.000000	118
16.07.2015 12:00:00.000000	17.07.2015 12:00:00.000000	118
16.07.2015 14:00:00.000000	17.07.2015 14:00:00.000000	115
16.07.2015 16:00:00.000000	17.07.2015 16:00:00.000000	113
16.07.2015 18:00:00.000000	17.07.2015 18:00:00.000000	118
16.07.2015 20:00:00.000000	17.07.2015 20:00:00.000000	123
16.07.2015 22:00:00.000000	17.07.2015 22:00:00.000000	121
17.07.2015 00:00:00.000000	18.07.2015 00:00:00.000000	117
17.07.2015 02:00:00.000000	18.07.2015 02:00:00.000000	121
17.07.2015 04:00:00.000000	18.07.2015 04:00:00.000000	119
17.07.2015 06:00:00.000000	18.07.2015 06:00:00.000000	119
17.07.2015 08:00:00.000000	18.07.2015 08:00:00.000000	116
17.07.2015 10:00:00.000000	18.07.2015 10:00:00.000000	114
17.07.2015 12:00:00.000000	18.07.2015 12:00:00.000000	122
17.07.2015 14:00:00.000000	18.07.2015 14:00:00.000000	120
17.07.2015 16:00:00.000000	18.07.2015 16:00:00.000000	120
17.07.2015 18:00:00.000000	18.07.2015 18:00:00.000000	116
17.07.2015 20:00:00.000000	18.07.2015 20:00:00.000000	119
17.07.2015 22:00:00.000000	18.07.2015 22:00:00.000000	122
18.07.2015 00:00:00.000000	19.07.2015 00:00:00.000000	124
18.07.2015 02:00:00.000000	19.07.2015 02:00:00.000000	123
18.07.2015 04:00:00.000000	19.07.2015 04:00:00.000000	122
18.07.2015 06:00:00.000000	19.07.2015 06:00:00.000000	124
18.07.2015 08:00:00.000000	19.07.2015 08:00:00.000000	124
18.07.2015 10:00:00.000000	19.07.2015 10:00:00.000000	126
18.07.2015 12:00:00.000000	19.07.2015 12:00:00.000000	121
18.07.2015 14:00:00.000000	19.07.2015 14:00:00.000000	129
18.07.2015 16:00:00.000000	19.07.2015 16:00:00.000000	125
18.07.2015 18:00:00.000000	19.07.2015 18:00:00.000000	127
18.07.2015 20:00:00.000000	19.07.2015 20:00:00.000000	122
18.07.2015 22:00:00.000000	19.07.2015 22:00:00.000000	119
19.07.2015 00:00:00.000000	20.07.2015 00:00:00.000000	121
19.07.2015 02:00:00.000000	20.07.2015 02:00:00.000000	120
19.07.2015 04:00:00.000000	20.07.2015 04:00:00.000000	119
19.07.2015 06:00:00.000000	20.07.2015 06:00:00.000000	119

19.07.2015 08:00:00.000000	20.07.2015 08:00:00.000000	121
19.07.2015 10:00:00.000000	20.07.2015 10:00:00.000000	119
19.07.2015 12:00:00.000000	20.07.2015 12:00:00.000000	113
19.07.2015 14:00:00.000000	20.07.2015 14:00:00.000000	112
19.07.2015 16:00:00.000000	20.07.2015 16:00:00.000000	119
19.07.2015 18:00:00.000000	20.07.2015 18:00:00.000000	115
19.07.2015 20:00:00.000000	20.07.2015 20:00:00.000000	119
19.07.2015 22:00:00.000000	20.07.2015 22:00:00.000000	118
20.07.2015 00:00:00.000000	21.07.2015 00:00:00.000000	115
20.07.2015 02:00:00.000000	21.07.2015 02:00:00.000000	117
20.07.2015 04:00:00.000000	21.07.2015 04:00:00.000000	118
20.07.2015 06:00:00.000000	21.07.2015 06:00:00.000000	121
20.07.2015 08:00:00.000000	21.07.2015 08:00:00.000000	119
20.07.2015 10:00:00.000000	21.07.2015 10:00:00.000000	118
20.07.2015 12:00:00.000000	21.07.2015 12:00:00.000000	115
20.07.2015 14:00:00.000000	21.07.2015 14:00:00.000000	112
20.07.2015 16:00:00.000000	21.07.2015 16:00:00.000000	109
20.07.2015 18:00:00.000000	21.07.2015 18:00:00.000000	112
20.07.2015 20:00:00.000000	21.07.2015 20:00:00.000000	115
20.07.2015 22:00:00.000000	21.07.2015 22:00:00.000000	115
21.07.2015 00:00:00.000000	22.07.2015 00:00:00.000000	120
21.07.2015 02:00:00.000000	22.07.2015 02:00:00.000000	118
21.07.2015 04:00:00.000000	22.07.2015 04:00:00.000000	119
21.07.2015 06:00:00.000000	22.07.2015 06:00:00.000000	116
21.07.2015 08:00:00.000000	22.07.2015 08:00:00.000000	118
21.07.2015 10:00:00.000000	22.07.2015 10:00:00.000000	121
21.07.2015 12:00:00.000000	22.07.2015 12:00:00.000000	129
21.07.2015 14:00:00.000000	22.07.2015 14:00:00.000000	131
21.07.2015 16:00:00.000000	22.07.2015 16:00:00.000000	134
21.07.2015 18:00:00.000000	22.07.2015 18:00:00.000000	134
21.07.2015 20:00:00.000000	22.07.2015 20:00:00.000000	127
21.07.2015 22:00:00.000000	22.07.2015 22:00:00.000000	132
22.07.2015 00:00:00.000000	23.07.2015 00:00:00.000000	130
22.07.2015 02:00:00.000000	23.07.2015 02:00:00.000000	125
22.07.2015 04:00:00.000000	23.07.2015 04:00:00.000000	124
22.07.2015 06:00:00.000000	23.07.2015 06:00:00.000000	124
22.07.2015 08:00:00.000000	23.07.2015 08:00:00.000000	124
22.07.2015 10:00:00.000000	23.07.2015 10:00:00.000000	122

22.07.2015 12:00:00.000000	23.07.2015 12:00:00.000000	128
22.07.2015 14:00:00.000000	23.07.2015 14:00:00.000000	124
22.07.2015 16:00:00.000000	23.07.2015 16:00:00.000000	125
22.07.2015 18:00:00.000000	23.07.2015 18:00:00.000000	122
22.07.2015 20:00:00.000000	23.07.2015 20:00:00.000000	122
22.07.2015 22:00:00.000000	23.07.2015 22:00:00.000000	116
23.07.2015 00:00:00.000000	24.07.2015 00:00:00.000000	116
23.07.2015 02:00:00.000000	24.07.2015 02:00:00.000000	121
23.07.2015 04:00:00.000000	24.07.2015 04:00:00.000000	120
23.07.2015 06:00:00.000000	24.07.2015 06:00:00.000000	118
23.07.2015 08:00:00.000000	24.07.2015 08:00:00.000000	118
23.07.2015 10:00:00.000000	24.07.2015 10:00:00.000000	120
23.07.2015 12:00:00.000000	24.07.2015 12:00:00.000000	112
23.07.2015 14:00:00.000000	24.07.2015 14:00:00.000000	112
23.07.2015 16:00:00.000000	24.07.2015 16:00:00.000000	112
23.07.2015 18:00:00.000000	24.07.2015 18:00:00.000000	110
23.07.2015 20:00:00.000000	24.07.2015 20:00:00.000000	112
23.07.2015 22:00:00.000000	24.07.2015 22:00:00.000000	110
24.07.2015 00:00:00.000000	25.07.2015 00:00:00.000000	110
24.07.2015 02:00:00.000000	25.07.2015 02:00:00.000000	109
24.07.2015 04:00:00.000000	25.07.2015 04:00:00.000000	106
24.07.2015 06:00:00.000000	25.07.2015 06:00:00.000000	106
24.07.2015 08:00:00.000000	25.07.2015 08:00:00.000000	102
24.07.2015 10:00:00.000000	25.07.2015 10:00:00.000000	96
24.07.2015 12:00:00.000000	25.07.2015 12:00:00.000000	96
24.07.2015 14:00:00.000000	25.07.2015 14:00:00.000000	98
24.07.2015 16:00:00.000000	25.07.2015 16:00:00.000000	92
24.07.2015 18:00:00.000000	25.07.2015 18:00:00.000000	96
24.07.2015 20:00:00.000000	25.07.2015 20:00:00.000000	96
24.07.2015 22:00:00.000000	25.07.2015 22:00:00.000000	100
25.07.2015 00:00:00.000000	26.07.2015 00:00:00.000000	100
25.07.2015 02:00:00.000000	26.07.2015 02:00:00.000000	99
25.07.2015 04:00:00.000000	26.07.2015 04:00:00.000000	102
25.07.2015 06:00:00.000000	26.07.2015 06:00:00.000000	104
25.07.2015 08:00:00.000000	26.07.2015 08:00:00.000000	106
25.07.2015 10:00:00.000000	26.07.2015 10:00:00.000000	112
25.07.2015 12:00:00.000000	26.07.2015 12:00:00.000000	116
25.07.2015 14:00:00.000000	26.07.2015 14:00:00.000000	114

25.07.2015 16:00:00.000000	26.07.2015 16:00:00.000000	118
25.07.2015 18:00:00.000000	26.07.2015 18:00:00.000000	117
25.07.2015 20:00:00.000000	26.07.2015 20:00:00.000000	118
25.07.2015 22:00:00.000000	26.07.2015 22:00:00.000000	116
26.07.2015 00:00:00.000000	27.07.2015 00:00:00.000000	114
26.07.2015 02:00:00.000000	27.07.2015 02:00:00.000000	116
26.07.2015 04:00:00.000000	27.07.2015 04:00:00.000000	116
26.07.2015 06:00:00.000000	27.07.2015 06:00:00.000000	116
26.07.2015 08:00:00.000000	27.07.2015 08:00:00.000000	118
26.07.2015 10:00:00.000000	27.07.2015 10:00:00.000000	120
26.07.2015 12:00:00.000000	27.07.2015 12:00:00.000000	114
26.07.2015 14:00:00.000000	27.07.2015 14:00:00.000000	115
26.07.2015 16:00:00.000000	27.07.2015 16:00:00.000000	108
26.07.2015 18:00:00.000000	27.07.2015 18:00:00.000000	109
26.07.2015 20:00:00.000000	27.07.2015 20:00:00.000000	107
26.07.2015 22:00:00.000000	27.07.2015 22:00:00.000000	110
27.07.2015 00:00:00.000000	28.07.2015 00:00:00.000000	110
27.07.2015 02:00:00.000000	28.07.2015 02:00:00.000000	110
27.07.2015 04:00:00.000000	28.07.2015 04:00:00.000000	110
27.07.2015 06:00:00.000000	28.07.2015 06:00:00.000000	106
27.07.2015 08:00:00.000000	28.07.2015 08:00:00.000000	104
27.07.2015 10:00:00.000000	28.07.2015 10:00:00.000000	101
27.07.2015 12:00:00.000000	28.07.2015 12:00:00.000000	103
27.07.2015 14:00:00.000000	28.07.2015 14:00:00.000000	94
27.07.2015 16:00:00.000000	28.07.2015 16:00:00.000000	97
27.07.2015 18:00:00.000000	28.07.2015 18:00:00.000000	93
27.07.2015 20:00:00.000000	28.07.2015 20:00:00.000000	92
27.07.2015 22:00:00.000000	28.07.2015 22:00:00.000000	91
28.07.2015 00:00:00.000000	29.07.2015 00:00:00.000000	89
28.07.2015 02:00:00.000000	29.07.2015 02:00:00.000000	89
28.07.2015 04:00:00.000000	29.07.2015 04:00:00.000000	89
28.07.2015 06:00:00.000000	29.07.2015 06:00:00.000000	91
28.07.2015 08:00:00.000000	29.07.2015 08:00:00.000000	91
28.07.2015 10:00:00.000000	29.07.2015 10:00:00.000000	92
28.07.2015 12:00:00.000000	29.07.2015 12:00:00.000000	91
28.07.2015 14:00:00.000000	29.07.2015 14:00:00.000000	97
28.07.2015 16:00:00.000000	29.07.2015 16:00:00.000000	99
28.07.2015 18:00:00.000000	29.07.2015 18:00:00.000000	99

28.07.2015 20:00:00.000000	29.07.2015 20:00:00.000000	102
28.07.2015 22:00:00.000000	29.07.2015 22:00:00.000000	101
29.07.2015 00:00:00.000000	30.07.2015 00:00:00.000000	105
29.07.2015 02:00:00.000000	30.07.2015 02:00:00.000000	104
29.07.2015 04:00:00.000000	30.07.2015 04:00:00.000000	105
29.07.2015 06:00:00.000000	30.07.2015 06:00:00.000000	107
29.07.2015 08:00:00.000000	30.07.2015 08:00:00.000000	107
29.07.2015 10:00:00.000000	30.07.2015 10:00:00.000000	105
29.07.2015 12:00:00.000000	30.07.2015 12:00:00.000000	108
29.07.2015 14:00:00.000000	30.07.2015 14:00:00.000000	112
29.07.2015 16:00:00.000000	30.07.2015 16:00:00.000000	112
29.07.2015 18:00:00.000000	30.07.2015 18:00:00.000000	118
29.07.2015 20:00:00.000000	30.07.2015 20:00:00.000000	113
29.07.2015 22:00:00.000000	30.07.2015 22:00:00.000000	113
30.07.2015 00:00:00.000000	31.07.2015 00:00:00.000000	113
30.07.2015 02:00:00.000000	31.07.2015 02:00:00.000000	114
30.07.2015 04:00:00.000000	31.07.2015 04:00:00.000000	113
30.07.2015 06:00:00.000000	31.07.2015 06:00:00.000000	113
30.07.2015 08:00:00.000000	31.07.2015 08:00:00.000000	109
30.07.2015 10:00:00.000000	31.07.2015 10:00:00.000000	111
30.07.2015 12:00:00.000000	31.07.2015 12:00:00.000000	113
30.07.2015 14:00:00.000000	31.07.2015 14:00:00.000000	116
30.07.2015 16:00:00.000000	31.07.2015 16:00:00.000000	118
30.07.2015 18:00:00.000000	31.07.2015 18:00:00.000000	118
30.07.2015 20:00:00.000000	31.07.2015 20:00:00.000000	124
30.07.2015 22:00:00.000000	31.07.2015 22:00:00.000000	123

Compliance table ($\Delta U_{max} \geq 5\%$)

Start time	End time	Number of events
01.07.2015 00:00:00.000000	02.07.2015 00:00:00.000000	77
01.07.2015 02:00:00.000000	02.07.2015 02:00:00.000000	76
01.07.2015 04:00:00.000000	02.07.2015 04:00:00.000000	76
01.07.2015 06:00:00.000000	02.07.2015 06:00:00.000000	77
01.07.2015 08:00:00.000000	02.07.2015 08:00:00.000000	76
01.07.2015 10:00:00.000000	02.07.2015 10:00:00.000000	73
01.07.2015 12:00:00.000000	02.07.2015 12:00:00.000000	74
01.07.2015 14:00:00.000000	02.07.2015 14:00:00.000000	76
01.07.2015 16:00:00.000000	02.07.2015 16:00:00.000000	75

01.07.2015 18:00:00.000000	02.07.2015 18:00:00.000000	70
01.07.2015 20:00:00.000000	02.07.2015 20:00:00.000000	71
01.07.2015 22:00:00.000000	02.07.2015 22:00:00.000000	71
02.07.2015 00:00:00.000000	03.07.2015 00:00:00.000000	69
02.07.2015 02:00:00.000000	03.07.2015 02:00:00.000000	68
02.07.2015 04:00:00.000000	03.07.2015 04:00:00.000000	67
02.07.2015 06:00:00.000000	03.07.2015 06:00:00.000000	64
02.07.2015 08:00:00.000000	03.07.2015 08:00:00.000000	62
02.07.2015 10:00:00.000000	03.07.2015 10:00:00.000000	62
02.07.2015 12:00:00.000000	03.07.2015 12:00:00.000000	59
02.07.2015 14:00:00.000000	03.07.2015 14:00:00.000000	56
02.07.2015 16:00:00.000000	03.07.2015 16:00:00.000000	57
02.07.2015 18:00:00.000000	03.07.2015 18:00:00.000000	61
02.07.2015 20:00:00.000000	03.07.2015 20:00:00.000000	58
02.07.2015 22:00:00.000000	03.07.2015 22:00:00.000000	60
03.07.2015 00:00:00.000000	04.07.2015 00:00:00.000000	62
03.07.2015 02:00:00.000000	04.07.2015 02:00:00.000000	63
03.07.2015 04:00:00.000000	04.07.2015 04:00:00.000000	63
03.07.2015 06:00:00.000000	04.07.2015 06:00:00.000000	64
03.07.2015 08:00:00.000000	04.07.2015 08:00:00.000000	66
03.07.2015 10:00:00.000000	04.07.2015 10:00:00.000000	68
03.07.2015 12:00:00.000000	04.07.2015 12:00:00.000000	68
03.07.2015 14:00:00.000000	04.07.2015 14:00:00.000000	71
03.07.2015 16:00:00.000000	04.07.2015 16:00:00.000000	73
03.07.2015 18:00:00.000000	04.07.2015 18:00:00.000000	72
03.07.2015 20:00:00.000000	04.07.2015 20:00:00.000000	74
03.07.2015 22:00:00.000000	04.07.2015 22:00:00.000000	70
04.07.2015 00:00:00.000000	05.07.2015 00:00:00.000000	69
04.07.2015 02:00:00.000000	05.07.2015 02:00:00.000000	68
04.07.2015 04:00:00.000000	05.07.2015 04:00:00.000000	69
04.07.2015 06:00:00.000000	05.07.2015 06:00:00.000000	72
04.07.2015 08:00:00.000000	05.07.2015 08:00:00.000000	72
04.07.2015 10:00:00.000000	05.07.2015 10:00:00.000000	70
04.07.2015 12:00:00.000000	05.07.2015 12:00:00.000000	71
04.07.2015 14:00:00.000000	05.07.2015 14:00:00.000000	68
04.07.2015 16:00:00.000000	05.07.2015 16:00:00.000000	64
04.07.2015 18:00:00.000000	05.07.2015 18:00:00.000000	62
04.07.2015 20:00:00.000000	05.07.2015 20:00:00.000000	60

04.07.2015 22:00:00.000000	05.07.2015 22:00:00.000000	61
05.07.2015 00:00:00.000000	06.07.2015 00:00:00.000000	61
05.07.2015 02:00:00.000000	06.07.2015 02:00:00.000000	61
05.07.2015 04:00:00.000000	06.07.2015 04:00:00.000000	60
05.07.2015 06:00:00.000000	06.07.2015 06:00:00.000000	57
05.07.2015 08:00:00.000000	06.07.2015 08:00:00.000000	57
05.07.2015 10:00:00.000000	06.07.2015 10:00:00.000000	57
05.07.2015 12:00:00.000000	06.07.2015 12:00:00.000000	57
05.07.2015 14:00:00.000000	06.07.2015 14:00:00.000000	58
05.07.2015 16:00:00.000000	06.07.2015 16:00:00.000000	60
05.07.2015 18:00:00.000000	06.07.2015 18:00:00.000000	63
05.07.2015 20:00:00.000000	06.07.2015 20:00:00.000000	65
05.07.2015 22:00:00.000000	06.07.2015 22:00:00.000000	64
06.07.2015 00:00:00.000000	07.07.2015 00:00:00.000000	64
06.07.2015 02:00:00.000000	07.07.2015 02:00:00.000000	64
06.07.2015 04:00:00.000000	07.07.2015 04:00:00.000000	64
06.07.2015 06:00:00.000000	07.07.2015 06:00:00.000000	64
06.07.2015 08:00:00.000000	07.07.2015 08:00:00.000000	63
06.07.2015 10:00:00.000000	07.07.2015 10:00:00.000000	65
06.07.2015 12:00:00.000000	07.07.2015 12:00:00.000000	68
06.07.2015 14:00:00.000000	07.07.2015 14:00:00.000000	66
06.07.2015 16:00:00.000000	07.07.2015 16:00:00.000000	67
06.07.2015 18:00:00.000000	07.07.2015 18:00:00.000000	67
06.07.2015 20:00:00.000000	07.07.2015 20:00:00.000000	65
06.07.2015 22:00:00.000000	07.07.2015 22:00:00.000000	66
07.07.2015 00:00:00.000000	08.07.2015 00:00:00.000000	67
07.07.2015 02:00:00.000000	08.07.2015 02:00:00.000000	68
07.07.2015 04:00:00.000000	08.07.2015 04:00:00.000000	69
07.07.2015 06:00:00.000000	08.07.2015 06:00:00.000000	69
07.07.2015 08:00:00.000000	08.07.2015 08:00:00.000000	69
07.07.2015 10:00:00.000000	08.07.2015 10:00:00.000000	69
07.07.2015 12:00:00.000000	08.07.2015 12:00:00.000000	70
07.07.2015 14:00:00.000000	08.07.2015 14:00:00.000000	73
07.07.2015 16:00:00.000000	08.07.2015 16:00:00.000000	73
07.07.2015 18:00:00.000000	08.07.2015 18:00:00.000000	74
07.07.2015 20:00:00.000000	08.07.2015 20:00:00.000000	77
07.07.2015 22:00:00.000000	08.07.2015 22:00:00.000000	77
08.07.2015 00:00:00.000000	09.07.2015 00:00:00.000000	76

08.07.2015 02:00:00.000000	09.07.2015 02:00:00.000000	76
08.07.2015 04:00:00.000000	09.07.2015 04:00:00.000000	76
08.07.2015 06:00:00.000000	09.07.2015 06:00:00.000000	77
08.07.2015 08:00:00.000000	09.07.2015 08:00:00.000000	80
08.07.2015 10:00:00.000000	09.07.2015 10:00:00.000000	78
08.07.2015 12:00:00.000000	09.07.2015 12:00:00.000000	76
08.07.2015 14:00:00.000000	09.07.2015 14:00:00.000000	77
08.07.2015 16:00:00.000000	09.07.2015 16:00:00.000000	77
08.07.2015 18:00:00.000000	09.07.2015 18:00:00.000000	76
08.07.2015 20:00:00.000000	09.07.2015 20:00:00.000000	75
08.07.2015 22:00:00.000000	09.07.2015 22:00:00.000000	75
09.07.2015 00:00:00.000000	10.07.2015 00:00:00.000000	76
09.07.2015 02:00:00.000000	10.07.2015 02:00:00.000000	76
09.07.2015 04:00:00.000000	10.07.2015 04:00:00.000000	76
09.07.2015 06:00:00.000000	10.07.2015 06:00:00.000000	77
09.07.2015 08:00:00.000000	10.07.2015 08:00:00.000000	75
09.07.2015 10:00:00.000000	10.07.2015 10:00:00.000000	84
09.07.2015 12:00:00.000000	10.07.2015 12:00:00.000000	97
09.07.2015 14:00:00.000000	10.07.2015 14:00:00.000000	94
09.07.2015 16:00:00.000000	10.07.2015 16:00:00.000000	94
09.07.2015 18:00:00.000000	10.07.2015 18:00:00.000000	98
09.07.2015 20:00:00.000000	10.07.2015 20:00:00.000000	98
09.07.2015 22:00:00.000000	10.07.2015 22:00:00.000000	98
10.07.2015 00:00:00.000000	11.07.2015 00:00:00.000000	99
10.07.2015 02:00:00.000000	11.07.2015 02:00:00.000000	99
10.07.2015 04:00:00.000000	11.07.2015 04:00:00.000000	99
10.07.2015 06:00:00.000000	11.07.2015 06:00:00.000000	98
10.07.2015 08:00:00.000000	11.07.2015 08:00:00.000000	99
10.07.2015 10:00:00.000000	11.07.2015 10:00:00.000000	92
10.07.2015 12:00:00.000000	11.07.2015 12:00:00.000000	77
10.07.2015 14:00:00.000000	11.07.2015 14:00:00.000000	76
10.07.2015 16:00:00.000000	11.07.2015 16:00:00.000000	83
10.07.2015 18:00:00.000000	11.07.2015 18:00:00.000000	79
10.07.2015 20:00:00.000000	11.07.2015 20:00:00.000000	78
10.07.2015 22:00:00.000000	11.07.2015 22:00:00.000000	79
11.07.2015 00:00:00.000000	12.07.2015 00:00:00.000000	77
11.07.2015 02:00:00.000000	12.07.2015 02:00:00.000000	73
11.07.2015 04:00:00.000000	12.07.2015 04:00:00.000000	72

11.07.2015 06:00:00.000000	12.07.2015 06:00:00.000000	70
11.07.2015 08:00:00.000000	12.07.2015 08:00:00.000000	67
11.07.2015 10:00:00.000000	12.07.2015 10:00:00.000000	67
11.07.2015 12:00:00.000000	12.07.2015 12:00:00.000000	65
11.07.2015 14:00:00.000000	12.07.2015 14:00:00.000000	66
11.07.2015 16:00:00.000000	12.07.2015 16:00:00.000000	56
11.07.2015 18:00:00.000000	12.07.2015 18:00:00.000000	54
11.07.2015 20:00:00.000000	12.07.2015 20:00:00.000000	73
11.07.2015 22:00:00.000000	12.07.2015 22:00:00.000000	69
12.07.2015 00:00:00.000000	13.07.2015 00:00:00.000000	67
12.07.2015 02:00:00.000000	13.07.2015 02:00:00.000000	68
12.07.2015 04:00:00.000000	13.07.2015 04:00:00.000000	66
12.07.2015 06:00:00.000000	13.07.2015 06:00:00.000000	66
12.07.2015 08:00:00.000000	13.07.2015 08:00:00.000000	65
12.07.2015 10:00:00.000000	13.07.2015 10:00:00.000000	63
12.07.2015 12:00:00.000000	13.07.2015 12:00:00.000000	64
12.07.2015 14:00:00.000000	13.07.2015 14:00:00.000000	62
12.07.2015 16:00:00.000000	13.07.2015 16:00:00.000000	62
12.07.2015 18:00:00.000000	13.07.2015 18:00:00.000000	60
12.07.2015 20:00:00.000000	13.07.2015 20:00:00.000000	40
12.07.2015 22:00:00.000000	13.07.2015 22:00:00.000000	41
13.07.2015 00:00:00.000000	14.07.2015 00:00:00.000000	41
13.07.2015 02:00:00.000000	14.07.2015 02:00:00.000000	44
13.07.2015 04:00:00.000000	14.07.2015 04:00:00.000000	44
13.07.2015 06:00:00.000000	14.07.2015 06:00:00.000000	44
13.07.2015 08:00:00.000000	14.07.2015 08:00:00.000000	43
13.07.2015 10:00:00.000000	14.07.2015 10:00:00.000000	44
13.07.2015 12:00:00.000000	14.07.2015 12:00:00.000000	43
13.07.2015 14:00:00.000000	14.07.2015 14:00:00.000000	44
13.07.2015 16:00:00.000000	14.07.2015 16:00:00.000000	43
13.07.2015 18:00:00.000000	14.07.2015 18:00:00.000000	45
13.07.2015 20:00:00.000000	14.07.2015 20:00:00.000000	46
13.07.2015 22:00:00.000000	14.07.2015 22:00:00.000000	46
14.07.2015 00:00:00.000000	15.07.2015 00:00:00.000000	47
14.07.2015 02:00:00.000000	15.07.2015 02:00:00.000000	43
14.07.2015 04:00:00.000000	15.07.2015 04:00:00.000000	44
14.07.2015 06:00:00.000000	15.07.2015 06:00:00.000000	43
14.07.2015 08:00:00.000000	15.07.2015 08:00:00.000000	49

14.07.2015 10:00:00.000000	15.07.2015 10:00:00.000000	48
14.07.2015 12:00:00.000000	15.07.2015 12:00:00.000000	49
14.07.2015 14:00:00.000000	15.07.2015 14:00:00.000000	49
14.07.2015 16:00:00.000000	15.07.2015 16:00:00.000000	53
14.07.2015 18:00:00.000000	15.07.2015 18:00:00.000000	54
14.07.2015 20:00:00.000000	15.07.2015 20:00:00.000000	54
14.07.2015 22:00:00.000000	15.07.2015 22:00:00.000000	55
15.07.2015 00:00:00.000000	16.07.2015 00:00:00.000000	54
15.07.2015 02:00:00.000000	16.07.2015 02:00:00.000000	56
15.07.2015 04:00:00.000000	16.07.2015 04:00:00.000000	57
15.07.2015 06:00:00.000000	16.07.2015 06:00:00.000000	58
15.07.2015 08:00:00.000000	16.07.2015 08:00:00.000000	54
15.07.2015 10:00:00.000000	16.07.2015 10:00:00.000000	66
15.07.2015 12:00:00.000000	16.07.2015 12:00:00.000000	66
15.07.2015 14:00:00.000000	16.07.2015 14:00:00.000000	66
15.07.2015 16:00:00.000000	16.07.2015 16:00:00.000000	64
15.07.2015 18:00:00.000000	16.07.2015 18:00:00.000000	63
15.07.2015 20:00:00.000000	16.07.2015 20:00:00.000000	60
15.07.2015 22:00:00.000000	16.07.2015 22:00:00.000000	61
16.07.2015 00:00:00.000000	17.07.2015 00:00:00.000000	63
16.07.2015 02:00:00.000000	17.07.2015 02:00:00.000000	62
16.07.2015 04:00:00.000000	17.07.2015 04:00:00.000000	62
16.07.2015 06:00:00.000000	17.07.2015 06:00:00.000000	63
16.07.2015 08:00:00.000000	17.07.2015 08:00:00.000000	64
16.07.2015 10:00:00.000000	17.07.2015 10:00:00.000000	51
16.07.2015 12:00:00.000000	17.07.2015 12:00:00.000000	51
16.07.2015 14:00:00.000000	17.07.2015 14:00:00.000000	51
16.07.2015 16:00:00.000000	17.07.2015 16:00:00.000000	52
16.07.2015 18:00:00.000000	17.07.2015 18:00:00.000000	55
16.07.2015 20:00:00.000000	17.07.2015 20:00:00.000000	58
16.07.2015 22:00:00.000000	17.07.2015 22:00:00.000000	58
17.07.2015 00:00:00.000000	18.07.2015 00:00:00.000000	56
17.07.2015 02:00:00.000000	18.07.2015 02:00:00.000000	58
17.07.2015 04:00:00.000000	18.07.2015 04:00:00.000000	57
17.07.2015 06:00:00.000000	18.07.2015 06:00:00.000000	57
17.07.2015 08:00:00.000000	18.07.2015 08:00:00.000000	57
17.07.2015 10:00:00.000000	18.07.2015 10:00:00.000000	59
17.07.2015 12:00:00.000000	18.07.2015 12:00:00.000000	60

17.07.2015 14:00:00.000000	18.07.2015 14:00:00.000000	60
17.07.2015 16:00:00.000000	18.07.2015 16:00:00.000000	60
17.07.2015 18:00:00.000000	18.07.2015 18:00:00.000000	57
17.07.2015 20:00:00.000000	18.07.2015 20:00:00.000000	57
17.07.2015 22:00:00.000000	18.07.2015 22:00:00.000000	56
18.07.2015 00:00:00.000000	19.07.2015 00:00:00.000000	56
18.07.2015 02:00:00.000000	19.07.2015 02:00:00.000000	57
18.07.2015 04:00:00.000000	19.07.2015 04:00:00.000000	57
18.07.2015 06:00:00.000000	19.07.2015 06:00:00.000000	56
18.07.2015 08:00:00.000000	19.07.2015 08:00:00.000000	55
18.07.2015 10:00:00.000000	19.07.2015 10:00:00.000000	54
18.07.2015 12:00:00.000000	19.07.2015 12:00:00.000000	57
18.07.2015 14:00:00.000000	19.07.2015 14:00:00.000000	58
18.07.2015 16:00:00.000000	19.07.2015 16:00:00.000000	55
18.07.2015 18:00:00.000000	19.07.2015 18:00:00.000000	60
18.07.2015 20:00:00.000000	19.07.2015 20:00:00.000000	61
18.07.2015 22:00:00.000000	19.07.2015 22:00:00.000000	60
19.07.2015 00:00:00.000000	20.07.2015 00:00:00.000000	61
19.07.2015 02:00:00.000000	20.07.2015 02:00:00.000000	60
19.07.2015 04:00:00.000000	20.07.2015 04:00:00.000000	59
19.07.2015 06:00:00.000000	20.07.2015 06:00:00.000000	59
19.07.2015 08:00:00.000000	20.07.2015 08:00:00.000000	60
19.07.2015 10:00:00.000000	20.07.2015 10:00:00.000000	59
19.07.2015 12:00:00.000000	20.07.2015 12:00:00.000000	53
19.07.2015 14:00:00.000000	20.07.2015 14:00:00.000000	53
19.07.2015 16:00:00.000000	20.07.2015 16:00:00.000000	56
19.07.2015 18:00:00.000000	20.07.2015 18:00:00.000000	50
19.07.2015 20:00:00.000000	20.07.2015 20:00:00.000000	49
19.07.2015 22:00:00.000000	20.07.2015 22:00:00.000000	49
20.07.2015 00:00:00.000000	21.07.2015 00:00:00.000000	48
20.07.2015 02:00:00.000000	21.07.2015 02:00:00.000000	48
20.07.2015 04:00:00.000000	21.07.2015 04:00:00.000000	49
20.07.2015 06:00:00.000000	21.07.2015 06:00:00.000000	51
20.07.2015 08:00:00.000000	21.07.2015 08:00:00.000000	51
20.07.2015 10:00:00.000000	21.07.2015 10:00:00.000000	52
20.07.2015 12:00:00.000000	21.07.2015 12:00:00.000000	51
20.07.2015 14:00:00.000000	21.07.2015 14:00:00.000000	50
20.07.2015 16:00:00.000000	21.07.2015 16:00:00.000000	48

20.07.2015 18:00:00.000000	21.07.2015 18:00:00.000000	50
20.07.2015 20:00:00.000000	21.07.2015 20:00:00.000000	50
20.07.2015 22:00:00.000000	21.07.2015 22:00:00.000000	53
21.07.2015 00:00:00.000000	22.07.2015 00:00:00.000000	56
21.07.2015 02:00:00.000000	22.07.2015 02:00:00.000000	56
21.07.2015 04:00:00.000000	22.07.2015 04:00:00.000000	56
21.07.2015 06:00:00.000000	22.07.2015 06:00:00.000000	54
21.07.2015 08:00:00.000000	22.07.2015 08:00:00.000000	55
21.07.2015 10:00:00.000000	22.07.2015 10:00:00.000000	55
21.07.2015 12:00:00.000000	22.07.2015 12:00:00.000000	58
21.07.2015 14:00:00.000000	22.07.2015 14:00:00.000000	59
21.07.2015 16:00:00.000000	22.07.2015 16:00:00.000000	61
21.07.2015 18:00:00.000000	22.07.2015 18:00:00.000000	72
21.07.2015 20:00:00.000000	22.07.2015 20:00:00.000000	84
21.07.2015 22:00:00.000000	22.07.2015 22:00:00.000000	94
22.07.2015 00:00:00.000000	23.07.2015 00:00:00.000000	106
22.07.2015 02:00:00.000000	23.07.2015 02:00:00.000000	116
22.07.2015 04:00:00.000000	23.07.2015 04:00:00.000000	129
22.07.2015 06:00:00.000000	23.07.2015 06:00:00.000000	145
22.07.2015 08:00:00.000000	23.07.2015 08:00:00.000000	157
22.07.2015 10:00:00.000000	23.07.2015 10:00:00.000000	168
22.07.2015 12:00:00.000000	23.07.2015 12:00:00.000000	187
22.07.2015 14:00:00.000000	23.07.2015 14:00:00.000000	200
22.07.2015 16:00:00.000000	23.07.2015 16:00:00.000000	210
22.07.2015 18:00:00.000000	23.07.2015 18:00:00.000000	211
22.07.2015 20:00:00.000000	23.07.2015 20:00:00.000000	212
22.07.2015 22:00:00.000000	23.07.2015 22:00:00.000000	210
23.07.2015 00:00:00.000000	24.07.2015 00:00:00.000000	208
23.07.2015 02:00:00.000000	24.07.2015 02:00:00.000000	212
23.07.2015 04:00:00.000000	24.07.2015 04:00:00.000000	213
23.07.2015 06:00:00.000000	24.07.2015 06:00:00.000000	209
23.07.2015 08:00:00.000000	24.07.2015 08:00:00.000000	205
23.07.2015 10:00:00.000000	24.07.2015 10:00:00.000000	207
23.07.2015 12:00:00.000000	24.07.2015 12:00:00.000000	200
23.07.2015 14:00:00.000000	24.07.2015 14:00:00.000000	197
23.07.2015 16:00:00.000000	24.07.2015 16:00:00.000000	198
23.07.2015 18:00:00.000000	24.07.2015 18:00:00.000000	197
23.07.2015 20:00:00.000000	24.07.2015 20:00:00.000000	194

23.07.2015 22:00:00.000000	24.07.2015 22:00:00.000000	196
24.07.2015 00:00:00.000000	25.07.2015 00:00:00.000000	192
24.07.2015 02:00:00.000000	25.07.2015 02:00:00.000000	188
24.07.2015 04:00:00.000000	25.07.2015 04:00:00.000000	185
24.07.2015 06:00:00.000000	25.07.2015 06:00:00.000000	186
24.07.2015 08:00:00.000000	25.07.2015 08:00:00.000000	183
24.07.2015 10:00:00.000000	25.07.2015 10:00:00.000000	167
24.07.2015 12:00:00.000000	25.07.2015 12:00:00.000000	154
24.07.2015 14:00:00.000000	25.07.2015 14:00:00.000000	144
24.07.2015 16:00:00.000000	25.07.2015 16:00:00.000000	130
24.07.2015 18:00:00.000000	25.07.2015 18:00:00.000000	118
24.07.2015 20:00:00.000000	25.07.2015 20:00:00.000000	107
24.07.2015 22:00:00.000000	25.07.2015 22:00:00.000000	95
25.07.2015 00:00:00.000000	26.07.2015 00:00:00.000000	88
25.07.2015 02:00:00.000000	26.07.2015 02:00:00.000000	76
25.07.2015 04:00:00.000000	26.07.2015 04:00:00.000000	65
25.07.2015 06:00:00.000000	26.07.2015 06:00:00.000000	52
25.07.2015 08:00:00.000000	26.07.2015 08:00:00.000000	45
25.07.2015 10:00:00.000000	26.07.2015 10:00:00.000000	49
25.07.2015 12:00:00.000000	26.07.2015 12:00:00.000000	52
25.07.2015 14:00:00.000000	26.07.2015 14:00:00.000000	54
25.07.2015 16:00:00.000000	26.07.2015 16:00:00.000000	63
25.07.2015 18:00:00.000000	26.07.2015 18:00:00.000000	63
25.07.2015 20:00:00.000000	26.07.2015 20:00:00.000000	63
25.07.2015 22:00:00.000000	26.07.2015 22:00:00.000000	61
26.07.2015 00:00:00.000000	27.07.2015 00:00:00.000000	60
26.07.2015 02:00:00.000000	27.07.2015 02:00:00.000000	61
26.07.2015 04:00:00.000000	27.07.2015 04:00:00.000000	60
26.07.2015 06:00:00.000000	27.07.2015 06:00:00.000000	61
26.07.2015 08:00:00.000000	27.07.2015 08:00:00.000000	61
26.07.2015 10:00:00.000000	27.07.2015 10:00:00.000000	61
26.07.2015 12:00:00.000000	27.07.2015 12:00:00.000000	58
26.07.2015 14:00:00.000000	27.07.2015 14:00:00.000000	55
26.07.2015 16:00:00.000000	27.07.2015 16:00:00.000000	49
26.07.2015 18:00:00.000000	27.07.2015 18:00:00.000000	49
26.07.2015 20:00:00.000000	27.07.2015 20:00:00.000000	49
26.07.2015 22:00:00.000000	27.07.2015 22:00:00.000000	51
27.07.2015 00:00:00.000000	28.07.2015 00:00:00.000000	50

27.07.2015 02:00:00.000000	28.07.2015 02:00:00.000000	50
27.07.2015 04:00:00.000000	28.07.2015 04:00:00.000000	51
27.07.2015 06:00:00.000000	28.07.2015 06:00:00.000000	48
27.07.2015 08:00:00.000000	28.07.2015 08:00:00.000000	49
27.07.2015 10:00:00.000000	28.07.2015 10:00:00.000000	48
27.07.2015 12:00:00.000000	28.07.2015 12:00:00.000000	49
27.07.2015 14:00:00.000000	28.07.2015 14:00:00.000000	49
27.07.2015 16:00:00.000000	28.07.2015 16:00:00.000000	46
27.07.2015 18:00:00.000000	28.07.2015 18:00:00.000000	44
27.07.2015 20:00:00.000000	28.07.2015 20:00:00.000000	43
27.07.2015 22:00:00.000000	28.07.2015 22:00:00.000000	42
28.07.2015 00:00:00.000000	29.07.2015 00:00:00.000000	42
28.07.2015 02:00:00.000000	29.07.2015 02:00:00.000000	42
28.07.2015 04:00:00.000000	29.07.2015 04:00:00.000000	42
28.07.2015 06:00:00.000000	29.07.2015 06:00:00.000000	43
28.07.2015 08:00:00.000000	29.07.2015 08:00:00.000000	46
28.07.2015 10:00:00.000000	29.07.2015 10:00:00.000000	57
28.07.2015 12:00:00.000000	29.07.2015 12:00:00.000000	56
28.07.2015 14:00:00.000000	29.07.2015 14:00:00.000000	56
28.07.2015 16:00:00.000000	29.07.2015 16:00:00.000000	57
28.07.2015 18:00:00.000000	29.07.2015 18:00:00.000000	57
28.07.2015 20:00:00.000000	29.07.2015 20:00:00.000000	58
28.07.2015 22:00:00.000000	29.07.2015 22:00:00.000000	58
29.07.2015 00:00:00.000000	30.07.2015 00:00:00.000000	59
29.07.2015 02:00:00.000000	30.07.2015 02:00:00.000000	59
29.07.2015 04:00:00.000000	30.07.2015 04:00:00.000000	59
29.07.2015 06:00:00.000000	30.07.2015 06:00:00.000000	60
29.07.2015 08:00:00.000000	30.07.2015 08:00:00.000000	56
29.07.2015 10:00:00.000000	30.07.2015 10:00:00.000000	45
29.07.2015 12:00:00.000000	30.07.2015 12:00:00.000000	46
29.07.2015 14:00:00.000000	30.07.2015 14:00:00.000000	46
29.07.2015 16:00:00.000000	30.07.2015 16:00:00.000000	57
29.07.2015 18:00:00.000000	30.07.2015 18:00:00.000000	60
29.07.2015 20:00:00.000000	30.07.2015 20:00:00.000000	59
29.07.2015 22:00:00.000000	30.07.2015 22:00:00.000000	59
30.07.2015 00:00:00.000000	31.07.2015 00:00:00.000000	59
30.07.2015 02:00:00.000000	31.07.2015 02:00:00.000000	59
30.07.2015 04:00:00.000000	31.07.2015 04:00:00.000000	59

30.07.2015 06:00:00.000000	31.07.2015 06:00:00.000000	59
30.07.2015 08:00:00.000000	31.07.2015 08:00:00.000000	57
30.07.2015 10:00:00.000000	31.07.2015 10:00:00.000000	58
30.07.2015 12:00:00.000000	31.07.2015 12:00:00.000000	59
30.07.2015 14:00:00.000000	31.07.2015 14:00:00.000000	61
30.07.2015 16:00:00.000000	31.07.2015 16:00:00.000000	52
30.07.2015 18:00:00.000000	31.07.2015 18:00:00.000000	52
30.07.2015 20:00:00.000000	31.07.2015 20:00:00.000000	55
30.07.2015 22:00:00.000000	31.07.2015 22:00:00.000000	55

Measured rapid voltage changes each day during the measured time

Day	ΔU stationary $\geq 3\%$	$\Delta U_{max} \geq 5\%$	Result
01.07.2015	174	77	Fail
02.07.2015	153	69	Fail
03.07.2015	141	62	Fail
04.07.2015	155	69	Fail
05.07.2015	138	61	Fail
06.07.2015	149	64	Fail
07.07.2015	151	67	Fail
08.07.2015	172	76	Fail
09.07.2015	171	76	Fail
10.07.2015	170	99	Fail
11.07.2015	152	77	Fail
12.07.2015	139	67	Fail
13.07.2015	109	41	Fail
14.07.2015	122	47	Fail
15.07.2015	119	54	Fail
16.07.2015	116	63	Fail
17.07.2015	117	56	Fail
18.07.2015	124	56	Fail
19.07.2015	121	61	Fail
20.07.2015	115	48	Fail
21.07.2015	120	56	Fail
22.07.2015	130	106	Fail
23.07.2015	116	208	Fail
24.07.2015	110	192	Fail
25.07.2015	100	88	Fail
26.07.2015	114	60	Fail
27.07.2015	110	50	Fail

28.07.2015	89	42	Fail
29.07.2015	105	59	Fail
30.07.2015	113	59	Fail
31.07.2015	123	55	Fail
01.08.2015	0	0	Pass

Harmonic voltage (THD)

The network company shall ensure that the THD value shall not exceed 8% for 10 minutes average value and 5% for one week average value

Parameter	Percentage of time (%)	Regulation max (%)	Measured max (%)	Result
L1 (10 min)	100	8	1,587	Pass
L1(1 week)	100	5	0,939	Pass
L2 (10 min)	100	8	1,98	Pass
L2(1 week)	100	5	1,042	Pass
L3 (10 min)	100	8	1,557	Pass
L3(1 week)	100	5	0,904	Pass

Harmonic voltage

The network company shall ensure that the individual harmonic voltages do not exceed following values in the table, measured as 10 minutes average values.

Harmonic voltage	Percentage of time (%)	Regulation max (%)	Measured max (%)			Result		
			L1	L2	L3	L1	L2	L3
2	100	2	0,36	0,38	0,4	Pass	Pass	Pass
3	100	5	0,65	0,65	0,52	Pass	Pass	Pass
4	100	1	0,14	0,13	0,24	Pass	Pass	Pass
5	100	6	1,24	1,69	1,36	Pass	Pass	Pass
6	100	1	0,13	0,08	0,17	Pass	Pass	Pass
7	100	5	1,38	1,49	1,23	Pass	Pass	Pass
8	100	0,5	0,25	0,39	0,37	Pass	Pass	Pass
9	100	1,5	0,21	0,17	0,15	Pass	Pass	Pass
10	100	0,5	0,02	0,02	0,04	Pass	Pass	Pass
11	100	3,5	0,65	0,68	0,53	Pass	Pass	Pass
12	100	0,5	0,01	0,01	0,01	Pass	Pass	Pass
13	100	3	0,14	0,12	0,15	Pass	Pass	Pass
14	100	0,5	0,01	0,01	0,01	Pass	Pass	Pass
15	100	0,5	0,08	0,05	0,16	Pass	Pass	Pass
16	100	0,5	0	0,01	0	Pass	Pass	Pass
17	100	2	0,07	0,05	0,07	Pass	Pass	Pass
18	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
19	100	1,5	0,01	0,05	0,05	Pass	Pass	Pass
20	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
21	100	0,5	0,03	0,05	0,03	Pass	Pass	Pass
22	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass

Harmonic voltage	Percentage of time (%)	Regulation max (%)	Measured max (%)			Result		
			L1	L2	L3	L1	L2	L3
23	100	1,5	0,05	0,05	0,08	Pass	Pass	Pass
24	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
25	100	1,5	0,05	0,06	0,05	Pass	Pass	Pass
26	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
27	100	0,5	0,05	0,01	0,01	Pass	Pass	Pass
28	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
29	100	1	0,1	0,05	0,03	Pass	Pass	Pass
30	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
31	100	1	0,07	0	0,09	Pass	Pass	Pass
32	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
33	100	0,5	0	0	0,02	Pass	Pass	Pass
34	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
35	100	1	0,05	0,05	0,06	Pass	Pass	Pass
36	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
37	100	1	0,1	0,05	0,06	Pass	Pass	Pass
38	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
39	100	0,5	0,1	0,05	0,05	Pass	Pass	Pass
40	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
41	100	1	0,01	0,05	0,07	Pass	Pass	Pass
42	100	0,5	0,01	0	0	Pass	Pass	Pass
43	100	1	0,05	0	0,08	Pass	Pass	Pass
44	100	0,5	0,01	0	0,01	Pass	Pass	Pass
45	100	0,5	0,02	0	0,06	Pass	Pass	Pass
46	100	0,5	0,02	0	0,01	Pass	Pass	Pass
47	100	1	0,04	0,05	0,05	Pass	Pass	Pass
48	100	0,5	0,03	0,01	0,02	Pass	Pass	Pass
49	100	1	0,01	0,05	0,03	Pass	Pass	Pass
50	100	0,5	0,01	0,01	0	Pass	Pass	Pass

Events

Dips, short and long interruptions of supply voltage

Res. voltage u(%)	Duration (ms)				
	$10 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1000$	$1000 < t \leq 5000$	$5000 < t \leq 60000$
$80 < u \leq 90$	19	3	1	1	9
$70 < u \leq 80$	0	0	0	0	0
$40 < u \leq 70$	0	0	0	0	0
$1 < u \leq 40$	0	0	0	0	0
$u < 1$	0	0	0	0	0

Supply voltage swells

Voltage u(%)	Duration (ms)		
	$10 \leq t \leq 500$	$500 < t \leq 5000$	$5000 < t \leq 60000$
$u \geq 120$	0	0	0
$120 > u \geq 110$	557	2	2

D. FoL-rapport for 1.-8. juli 2015 på Myrholt

Norwegian Regulation FOL_230V_35KV

Configuration

Node:	Myrholt solceller - inverter
Voltage level:	230V ÷ 35kV
Network topology:	Wye
Declared supply voltage (Un)	230V(LL)
Device type:	G4k BLACKBOX

Report information

Start time:	2015-06-30 23:00:00	End time:	2015-07-07 23:00:00
GMT:	1:00	Produced time:	2016-05-25 18:29:16
Compliance configuration:	Norwegian Regulation FOL_230V_35KV		

Node:

Continuous phenomena

Parameter	Result
Power frequency	Pass
Supply voltage unbalance	Fail
Supply voltage variations	Fail
Voltage variation (flicker 2 hr)	Fail
Voltage variation (flicker 10 minutes)	Fail
Single rapid voltage change	Fail
Total harmonic distortion	Pass
Harmonic voltage	Pass

Voltage events

Event type	Number of events
Short Interruptions of the supply voltage	0
Long Interruptions of the supply voltage	0
Supply voltage dip	14
Supply voltage swell	664
Transient overvoltages	21

Power frequency

The nominal power frequency shall be 50Hz. Under normal conditions, the average of Voltage frequency over 10 sec. shall be in the interval 50 Hz \pm 2% (that is 49 Hz –51 Hz) under 100% of the time.

(The observation window is 1 week)

Percentage of time (%)	Regulation min (Hz)	Measured min (Hz)	Regulation max (Hz)	Measured max (Hz)	Result
100	49	49,76	51	50,237	Pass

Supply voltage unbalance

The network company shall ensure that the degree of supply voltage unbalance does not exceed 2 % in points of connection, measured as a mean value over 10 minutes.

Percentage of time (%)	Regulation max (%)	Measured max (%)	Result
100	2	5,313	Fail

Supply voltage variations

The network company shall ensure that the degree of supply voltage variations should be in interval \pm 10% in points of connection, measured as a mean value over 1 minutes.

Phase	Percentage of time (%)	Regulation min (V)	Measured min(V)	Regulation max(V)	Measured max(V)	Result
L1	100	119,512	121,432	146,07	141,822	Pass
L2	100	119,512	132,207	146,07	145,62	Pass
L3	100	119,512	118,888	146,07	134,74	Fail

Flicker severity

The network company shall ensure that Pst does not exceed 1,2 during 95% of a week , and that Plt values does not exceed 1 during 100% of a week.

Parameter	Phase	Percentage of time (%)	Regulation max	Measured max	Result
Pst	L1	95	1,2	1,394	Fail
Plt	L1	100	1	15,483	Fail
Pst	L2	95	1,2	0,981	Pass
Plt	L2	100	1	2,404	Fail
Pst	L3	95	1,2	17,204	Fail
Plt	L3	100	1	17,259	Fail

Rapid voltage changes

The network company shall ensure that rapid voltage changes do not exceed the following values pr.24 hours.

Rapid voltage change	Events allowed each 24 hours
ΔU stationary $\geq 3\%$	24
$\Delta U_{max} \geq 5\%$	24

Compliance table (ΔU stationary $\geq 3\%$)

Start time	End time	Number of events
30.06.2015 23:00:00.000000	01.07.2015 23:00:00.000000	174
01.07.2015 01:00:00.000000	02.07.2015 01:00:00.000000	176
01.07.2015 03:00:00.000000	02.07.2015 03:00:00.000000	174
01.07.2015 05:00:00.000000	02.07.2015 05:00:00.000000	174
01.07.2015 07:00:00.000000	02.07.2015 07:00:00.000000	170
01.07.2015 09:00:00.000000	02.07.2015 09:00:00.000000	170
01.07.2015 11:00:00.000000	02.07.2015 11:00:00.000000	173
01.07.2015 13:00:00.000000	02.07.2015 13:00:00.000000	171
01.07.2015 15:00:00.000000	02.07.2015 15:00:00.000000	168
01.07.2015 17:00:00.000000	02.07.2015 17:00:00.000000	160
01.07.2015 19:00:00.000000	02.07.2015 19:00:00.000000	161
01.07.2015 21:00:00.000000	02.07.2015 21:00:00.000000	158
01.07.2015 23:00:00.000000	02.07.2015 23:00:00.000000	155
02.07.2015 01:00:00.000000	03.07.2015 01:00:00.000000	148
02.07.2015 03:00:00.000000	03.07.2015 03:00:00.000000	147
02.07.2015 05:00:00.000000	03.07.2015 05:00:00.000000	145
02.07.2015 07:00:00.000000	03.07.2015 07:00:00.000000	141
02.07.2015 09:00:00.000000	03.07.2015 09:00:00.000000	138
02.07.2015 11:00:00.000000	03.07.2015 11:00:00.000000	132
02.07.2015 13:00:00.000000	03.07.2015 13:00:00.000000	130
02.07.2015 15:00:00.000000	03.07.2015 15:00:00.000000	130
02.07.2015 17:00:00.000000	03.07.2015 17:00:00.000000	135
02.07.2015 19:00:00.000000	03.07.2015 19:00:00.000000	133
02.07.2015 21:00:00.000000	03.07.2015 21:00:00.000000	135
02.07.2015 23:00:00.000000	03.07.2015 23:00:00.000000	139
03.07.2015 01:00:00.000000	04.07.2015 01:00:00.000000	142
03.07.2015 03:00:00.000000	04.07.2015 03:00:00.000000	143
03.07.2015 05:00:00.000000	04.07.2015 05:00:00.000000	146
03.07.2015 07:00:00.000000	04.07.2015 07:00:00.000000	150
03.07.2015 09:00:00.000000	04.07.2015 09:00:00.000000	152

03.07.2015 11:00:00.000000	04.07.2015 11:00:00.000000	152
03.07.2015 13:00:00.000000	04.07.2015 13:00:00.000000	163
03.07.2015 15:00:00.000000	04.07.2015 15:00:00.000000	163
03.07.2015 17:00:00.000000	04.07.2015 17:00:00.000000	163
03.07.2015 19:00:00.000000	04.07.2015 19:00:00.000000	159
03.07.2015 21:00:00.000000	04.07.2015 21:00:00.000000	158
03.07.2015 23:00:00.000000	04.07.2015 23:00:00.000000	155
04.07.2015 01:00:00.000000	05.07.2015 01:00:00.000000	156
04.07.2015 03:00:00.000000	05.07.2015 03:00:00.000000	156
04.07.2015 05:00:00.000000	05.07.2015 05:00:00.000000	154
04.07.2015 07:00:00.000000	05.07.2015 07:00:00.000000	153
04.07.2015 09:00:00.000000	05.07.2015 09:00:00.000000	149
04.07.2015 11:00:00.000000	05.07.2015 11:00:00.000000	152
04.07.2015 13:00:00.000000	05.07.2015 13:00:00.000000	145
04.07.2015 15:00:00.000000	05.07.2015 15:00:00.000000	140
04.07.2015 17:00:00.000000	05.07.2015 17:00:00.000000	136
04.07.2015 19:00:00.000000	05.07.2015 19:00:00.000000	137
04.07.2015 21:00:00.000000	05.07.2015 21:00:00.000000	137
04.07.2015 23:00:00.000000	05.07.2015 23:00:00.000000	136
05.07.2015 01:00:00.000000	06.07.2015 01:00:00.000000	137
05.07.2015 03:00:00.000000	06.07.2015 03:00:00.000000	137
05.07.2015 05:00:00.000000	06.07.2015 05:00:00.000000	137
05.07.2015 07:00:00.000000	06.07.2015 07:00:00.000000	136
05.07.2015 09:00:00.000000	06.07.2015 09:00:00.000000	140
05.07.2015 11:00:00.000000	06.07.2015 11:00:00.000000	138
05.07.2015 13:00:00.000000	06.07.2015 13:00:00.000000	137
05.07.2015 15:00:00.000000	06.07.2015 15:00:00.000000	141
05.07.2015 17:00:00.000000	06.07.2015 17:00:00.000000	149
05.07.2015 19:00:00.000000	06.07.2015 19:00:00.000000	153
05.07.2015 21:00:00.000000	06.07.2015 21:00:00.000000	152
05.07.2015 23:00:00.000000	06.07.2015 23:00:00.000000	153
06.07.2015 01:00:00.000000	07.07.2015 01:00:00.000000	149
06.07.2015 03:00:00.000000	07.07.2015 03:00:00.000000	149
06.07.2015 05:00:00.000000	07.07.2015 05:00:00.000000	146
06.07.2015 07:00:00.000000	07.07.2015 07:00:00.000000	147
06.07.2015 09:00:00.000000	07.07.2015 09:00:00.000000	146
06.07.2015 11:00:00.000000	07.07.2015 11:00:00.000000	151
06.07.2015 13:00:00.000000	07.07.2015 13:00:00.000000	149

06.07.2015 15:00:00.000000	07.07.2015 15:00:00.000000	152
06.07.2015 17:00:00.000000	07.07.2015 17:00:00.000000	148
06.07.2015 19:00:00.000000	07.07.2015 19:00:00.000000	148
06.07.2015 21:00:00.000000	07.07.2015 21:00:00.000000	151

Compliance table ($\Delta U_{max} \geq 5\%$)

Start time	End time	Number of events
30.06.2015 23:00:00.000000	01.07.2015 23:00:00.000000	77
01.07.2015 01:00:00.000000	02.07.2015 01:00:00.000000	78
01.07.2015 03:00:00.000000	02.07.2015 03:00:00.000000	78
01.07.2015 05:00:00.000000	02.07.2015 05:00:00.000000	78
01.07.2015 07:00:00.000000	02.07.2015 07:00:00.000000	76
01.07.2015 09:00:00.000000	02.07.2015 09:00:00.000000	75
01.07.2015 11:00:00.000000	02.07.2015 11:00:00.000000	76
01.07.2015 13:00:00.000000	02.07.2015 13:00:00.000000	75
01.07.2015 15:00:00.000000	02.07.2015 15:00:00.000000	76
01.07.2015 17:00:00.000000	02.07.2015 17:00:00.000000	72
01.07.2015 19:00:00.000000	02.07.2015 19:00:00.000000	72
01.07.2015 21:00:00.000000	02.07.2015 21:00:00.000000	72
01.07.2015 23:00:00.000000	02.07.2015 23:00:00.000000	70
02.07.2015 01:00:00.000000	03.07.2015 01:00:00.000000	67
02.07.2015 03:00:00.000000	03.07.2015 03:00:00.000000	66
02.07.2015 05:00:00.000000	03.07.2015 05:00:00.000000	65
02.07.2015 07:00:00.000000	03.07.2015 07:00:00.000000	63
02.07.2015 09:00:00.000000	03.07.2015 09:00:00.000000	62
02.07.2015 11:00:00.000000	03.07.2015 11:00:00.000000	59
02.07.2015 13:00:00.000000	03.07.2015 13:00:00.000000	58
02.07.2015 15:00:00.000000	03.07.2015 15:00:00.000000	56
02.07.2015 17:00:00.000000	03.07.2015 17:00:00.000000	58
02.07.2015 19:00:00.000000	03.07.2015 19:00:00.000000	58
02.07.2015 21:00:00.000000	03.07.2015 21:00:00.000000	59
02.07.2015 23:00:00.000000	03.07.2015 23:00:00.000000	61
03.07.2015 01:00:00.000000	04.07.2015 01:00:00.000000	62
03.07.2015 03:00:00.000000	04.07.2015 03:00:00.000000	63
03.07.2015 05:00:00.000000	04.07.2015 05:00:00.000000	64
03.07.2015 07:00:00.000000	04.07.2015 07:00:00.000000	66
03.07.2015 09:00:00.000000	04.07.2015 09:00:00.000000	67
03.07.2015 11:00:00.000000	04.07.2015 11:00:00.000000	67

03.07.2015 13:00:00.000000	04.07.2015 13:00:00.000000	72
03.07.2015 15:00:00.000000	04.07.2015 15:00:00.000000	72
03.07.2015 17:00:00.000000	04.07.2015 17:00:00.000000	74
03.07.2015 19:00:00.000000	04.07.2015 19:00:00.000000	73
03.07.2015 21:00:00.000000	04.07.2015 21:00:00.000000	71
03.07.2015 23:00:00.000000	04.07.2015 23:00:00.000000	69
04.07.2015 01:00:00.000000	05.07.2015 01:00:00.000000	70
04.07.2015 03:00:00.000000	05.07.2015 03:00:00.000000	70
04.07.2015 05:00:00.000000	05.07.2015 05:00:00.000000	71
04.07.2015 07:00:00.000000	05.07.2015 07:00:00.000000	71
04.07.2015 09:00:00.000000	05.07.2015 09:00:00.000000	69
04.07.2015 11:00:00.000000	05.07.2015 11:00:00.000000	71
04.07.2015 13:00:00.000000	05.07.2015 13:00:00.000000	68
04.07.2015 15:00:00.000000	05.07.2015 15:00:00.000000	66
04.07.2015 17:00:00.000000	05.07.2015 17:00:00.000000	62
04.07.2015 19:00:00.000000	05.07.2015 19:00:00.000000	61
04.07.2015 21:00:00.000000	05.07.2015 21:00:00.000000	60
04.07.2015 23:00:00.000000	05.07.2015 23:00:00.000000	61
05.07.2015 01:00:00.000000	06.07.2015 01:00:00.000000	61
05.07.2015 03:00:00.000000	06.07.2015 03:00:00.000000	60
05.07.2015 05:00:00.000000	06.07.2015 05:00:00.000000	58
05.07.2015 07:00:00.000000	06.07.2015 07:00:00.000000	57
05.07.2015 09:00:00.000000	06.07.2015 09:00:00.000000	59
05.07.2015 11:00:00.000000	06.07.2015 11:00:00.000000	57
05.07.2015 13:00:00.000000	06.07.2015 13:00:00.000000	57
05.07.2015 15:00:00.000000	06.07.2015 15:00:00.000000	58
05.07.2015 17:00:00.000000	06.07.2015 17:00:00.000000	62
05.07.2015 19:00:00.000000	06.07.2015 19:00:00.000000	64
05.07.2015 21:00:00.000000	06.07.2015 21:00:00.000000	65
05.07.2015 23:00:00.000000	06.07.2015 23:00:00.000000	65
06.07.2015 01:00:00.000000	07.07.2015 01:00:00.000000	63
06.07.2015 03:00:00.000000	07.07.2015 03:00:00.000000	64
06.07.2015 05:00:00.000000	07.07.2015 05:00:00.000000	63
06.07.2015 07:00:00.000000	07.07.2015 07:00:00.000000	64
06.07.2015 09:00:00.000000	07.07.2015 09:00:00.000000	64
06.07.2015 11:00:00.000000	07.07.2015 11:00:00.000000	68
06.07.2015 13:00:00.000000	07.07.2015 13:00:00.000000	67
06.07.2015 15:00:00.000000	07.07.2015 15:00:00.000000	67

06.07.2015 17:00:00.000000	07.07.2015 17:00:00.000000	66
06.07.2015 19:00:00.000000	07.07.2015 19:00:00.000000	66
06.07.2015 21:00:00.000000	07.07.2015 21:00:00.000000	67

Measured rapid voltage changes each day during the measured time

Day	ΔU stationary $\geq 3\%$	$\Delta U_{max} \geq 5\%$	Result
30.06.2015	6	3	Pass
01.07.2015	174	77	Fail
02.07.2015	153	69	Fail
03.07.2015	141	62	Fail
04.07.2015	155	69	Fail
05.07.2015	138	61	Fail
06.07.2015	149	64	Fail
07.07.2015	147	65	Fail

Harmonic voltage (THD)

The network company shall ensure that the THD value shall not exceed 8% for 10 minutes average value and 5% for one week average value

Parameter	Percentage of time (%)	Regulation max (%)	Measured max (%)	Result
L1 (10 min)	100	8	1,587	Pass
L1(1 week)	100	5	0,96	Pass
L2 (10 min)	100	8	1,947	Pass
L2(1 week)	100	5	1,075	Pass
L3 (10 min)	100	8	1,463	Pass
L3(1 week)	100	5	0,916	Pass

Harmonic voltage

The network company shall ensure that the individual harmonic voltages do not exceed following values in the table, measured as 10 minutes average values.

Harmonic voltage	Percentage of time (%)	Regulation max (%)	Measured max (%)			Result		
			L1	L2	L3	L1	L2	L3
2	100	2	0,33	0,32	0,35	Pass	Pass	Pass
3	100	5	0,56	0,65	0,52	Pass	Pass	Pass
4	100	1	0,1	0,1	0,14	Pass	Pass	Pass
5	100	6	1,24	1,66	1,36	Pass	Pass	Pass
6	100	1	0,1	0,08	0,11	Pass	Pass	Pass
7	100	5	1,38	1,49	1,23	Pass	Pass	Pass
8	100	0,5	0,09	0,2	0,19	Pass	Pass	Pass
9	100	1,5	0,17	0,14	0,15	Pass	Pass	Pass
10	100	0,5	0,02	0,02	0,04	Pass	Pass	Pass
11	100	3,5	0,65	0,68	0,51	Pass	Pass	Pass
12	100	0,5	0,01	0,01	0,01	Pass	Pass	Pass
13	100	3	0,13	0,1	0,14	Pass	Pass	Pass
14	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
15	100	0,5	0,02	0,05	0,03	Pass	Pass	Pass
16	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
17	100	2	0,07	0,01	0,01	Pass	Pass	Pass
18	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
19	100	1,5	0,01	0	0,01	Pass	Pass	Pass
20	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
21	100	0,5	0,03	0	0,01	Pass	Pass	Pass
22	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass

Harmonic voltage	Percentage of time (%)	Regulation max (%)	Measured max (%)			Result		
			L1	L2	L3	L1	L2	L3
23	100	1,5	0,03	0	0,05	Pass	Pass	Pass
24	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
25	100	1,5	0,05	0	0,01	Pass	Pass	Pass
26	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
27	100	0,5	0,02	0	0	Pass	Pass	Pass
28	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
29	100	1	0,1	0	0,02	Pass	Pass	Pass
30	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
31	100	1	0,07	0	0,09	Pass	Pass	Pass
32	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
33	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
34	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
35	100	1	0,03	0,01	0,03	Pass	Pass	Pass
36	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
37	100	1	0,06	0	0,06	Pass	Pass	Pass
38	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
39	100	0,5	0,06	0	0,04	Pass	Pass	Pass
40	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
41	100	1	0,01	0	0,07	Pass	Pass	Pass
42	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
43	100	1	0,03	0	0,04	Pass	Pass	Pass
44	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
45	100	0,5	0,02	0	0,04	Pass	Pass	Pass
46	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
47	100	1	0,04	0,01	0,04	Pass	Pass	Pass
48	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
49	100	1	0	0	0	Pass	Pass	Pass
50	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass

Events

Dips, short and long interruptions of supply voltage

Res. voltage u(%)	Duration (ms)				
	$10 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1000$	$1000 < t \leq 5000$	$5000 < t \leq 60000$
$80 < u \leq 90$	8	0	0	0	3
$70 < u \leq 80$	0	0	0	0	0
$40 < u \leq 70$	0	0	0	0	0
$1 < u \leq 40$	0	0	0	0	0
$u < 1$	0	0	0	0	0

Supply voltage swells

Voltage u(%)	Duration (ms)		
	$10 \leq t \leq 500$	$500 < t \leq 5000$	$5000 < t \leq 60000$
$u \geq 120$	0	0	0
$120 > u \geq 110$	485	0	1

E. FoL-rapport for 14.-21. juli 2015 på Myrholt

Norwegian Regulation FOL_230V_35KV

Configuration

Node:	Myrholt solceller - inverter
Voltage level:	230V ÷ 35kV
Network topology:	Wye
Declared supply voltage (Un)	230V(LL)
Device type:	G4k BLACKBOX

Report information

Start time:	2015-07-13 23:00:00	End time:	2015-07-20 23:00:00
GMT:	1:00	Produced time:	2016-05-26 13:21:46
Compliance configuration:	Norwegian Regulation FOL_230V_35KV		

Node:

Continuous phenomena

Parameter	Result
Power frequency	Pass
Supply voltage unbalance	Fail
Supply voltage variations	Fail
Voltage variation (flicker 2 hr)	Fail
Voltage variation (flicker 10 minutes)	Fail
Single rapid voltage change	Fail
Total harmonic distortion	Pass
Harmonic voltage	Pass

Voltage events

Event type	Number of events
Short Interruptions of the supply voltage	0
Long Interruptions of the supply voltage	0
Supply voltage dip	11
Supply voltage swell	21
Transient overvoltages	3

Power frequency

The nominal power frequency shall be 50Hz. Under normal conditions, the average of Voltage frequency over 10 sec. shall be in the interval 50 Hz \pm 2% (that is 49 Hz –51 Hz) under 100% of the time.

(The observation window is 1 week)

Percentage of time (%)	Regulation min (Hz)	Measured min (Hz)	Regulation max (Hz)	Measured max (Hz)	Result
100	49	49,846	51	50,165	Pass

Supply voltage unbalance

The network company shall ensure that the degree of supply voltage unbalance does not exceed 2 % in points of connection, measured as a mean value over 10 minutes.

Percentage of time (%)	Regulation max (%)	Measured max (%)	Result
100	2	5,754	Fail

Supply voltage variations

The network company shall ensure that the degree of supply voltage variations should be in interval \pm 10% in points of connection, measured as a mean value over 1 minutes.

Phase	Percentage of time (%)	Regulation min (V)	Measured min(V)	Regulation max(V)	Measured max(V)	Result
L1	100	119,512	118,833	146,07	140,615	Fail
L2	100	119,512	122,385	146,07	144,594	Pass
L3	100	119,512	121,953	146,07	137,197	Pass

Flicker severity

The network company shall ensure that Pst does not exceed 1,2 during 95% of a week , and that Plt values does not exceed 1 during 100% of a week.

Parameter	Phase	Percentage of time (%)	Regulation max	Measured max	Result
Pst	L1	95	1,2	1,655	Fail
Plt	L1	100	1	16,484	Fail
Pst	L2	95	1,2	1,19	Pass
Plt	L2	100	1	16,723	Fail
Pst	L3	95	1,2	1,036	Pass
Plt	L3	100	1	16,292	Fail

Rapid voltage changes

The network company shall ensure that rapid voltage changes do not exceed the following values pr.24 hours.

Rapid voltage change	Events allowed each 24 hours
ΔU stationary $\geq 3\%$	24
$\Delta U_{max} \geq 5\%$	24

Compliance table (ΔU stationary $\geq 3\%$)

Start time	End time	Number of events
13.07.2015 23:00:00.000000	14.07.2015 23:00:00.000000	121
14.07.2015 01:00:00.000000	15.07.2015 01:00:00.000000	120
14.07.2015 03:00:00.000000	15.07.2015 03:00:00.000000	121
14.07.2015 05:00:00.000000	15.07.2015 05:00:00.000000	123
14.07.2015 07:00:00.000000	15.07.2015 07:00:00.000000	123
14.07.2015 09:00:00.000000	15.07.2015 09:00:00.000000	122
14.07.2015 11:00:00.000000	15.07.2015 11:00:00.000000	122
14.07.2015 13:00:00.000000	15.07.2015 13:00:00.000000	123
14.07.2015 15:00:00.000000	15.07.2015 15:00:00.000000	120
14.07.2015 17:00:00.000000	15.07.2015 17:00:00.000000	126
14.07.2015 19:00:00.000000	15.07.2015 19:00:00.000000	125
14.07.2015 21:00:00.000000	15.07.2015 21:00:00.000000	125
14.07.2015 23:00:00.000000	15.07.2015 23:00:00.000000	119
15.07.2015 01:00:00.000000	16.07.2015 01:00:00.000000	120
15.07.2015 03:00:00.000000	16.07.2015 03:00:00.000000	125
15.07.2015 05:00:00.000000	16.07.2015 05:00:00.000000	125
15.07.2015 07:00:00.000000	16.07.2015 07:00:00.000000	123
15.07.2015 09:00:00.000000	16.07.2015 09:00:00.000000	123
15.07.2015 11:00:00.000000	16.07.2015 11:00:00.000000	121
15.07.2015 13:00:00.000000	16.07.2015 13:00:00.000000	119
15.07.2015 15:00:00.000000	16.07.2015 15:00:00.000000	124
15.07.2015 17:00:00.000000	16.07.2015 17:00:00.000000	119
15.07.2015 19:00:00.000000	16.07.2015 19:00:00.000000	115
15.07.2015 21:00:00.000000	16.07.2015 21:00:00.000000	112
15.07.2015 23:00:00.000000	16.07.2015 23:00:00.000000	116
16.07.2015 01:00:00.000000	17.07.2015 01:00:00.000000	118
16.07.2015 03:00:00.000000	17.07.2015 03:00:00.000000	112
16.07.2015 05:00:00.000000	17.07.2015 05:00:00.000000	114
16.07.2015 07:00:00.000000	17.07.2015 07:00:00.000000	120
16.07.2015 09:00:00.000000	17.07.2015 09:00:00.000000	117

16.07.2015 11:00:00.000000	17.07.2015 11:00:00.000000	118
16.07.2015 13:00:00.000000	17.07.2015 13:00:00.000000	119
16.07.2015 15:00:00.000000	17.07.2015 15:00:00.000000	111
16.07.2015 17:00:00.000000	17.07.2015 17:00:00.000000	115
16.07.2015 19:00:00.000000	17.07.2015 19:00:00.000000	124
16.07.2015 21:00:00.000000	17.07.2015 21:00:00.000000	123
16.07.2015 23:00:00.000000	17.07.2015 23:00:00.000000	119
17.07.2015 01:00:00.000000	18.07.2015 01:00:00.000000	117
17.07.2015 03:00:00.000000	18.07.2015 03:00:00.000000	121
17.07.2015 05:00:00.000000	18.07.2015 05:00:00.000000	119
17.07.2015 07:00:00.000000	18.07.2015 07:00:00.000000	115
17.07.2015 09:00:00.000000	18.07.2015 09:00:00.000000	116
17.07.2015 11:00:00.000000	18.07.2015 11:00:00.000000	118
17.07.2015 13:00:00.000000	18.07.2015 13:00:00.000000	116
17.07.2015 15:00:00.000000	18.07.2015 15:00:00.000000	122
17.07.2015 17:00:00.000000	18.07.2015 17:00:00.000000	118
17.07.2015 19:00:00.000000	18.07.2015 19:00:00.000000	112
17.07.2015 21:00:00.000000	18.07.2015 21:00:00.000000	119
17.07.2015 23:00:00.000000	18.07.2015 23:00:00.000000	122
18.07.2015 01:00:00.000000	19.07.2015 01:00:00.000000	124
18.07.2015 03:00:00.000000	19.07.2015 03:00:00.000000	124
18.07.2015 05:00:00.000000	19.07.2015 05:00:00.000000	125
18.07.2015 07:00:00.000000	19.07.2015 07:00:00.000000	124
18.07.2015 09:00:00.000000	19.07.2015 09:00:00.000000	124
18.07.2015 11:00:00.000000	19.07.2015 11:00:00.000000	124
18.07.2015 13:00:00.000000	19.07.2015 13:00:00.000000	129
18.07.2015 15:00:00.000000	19.07.2015 15:00:00.000000	125
18.07.2015 17:00:00.000000	19.07.2015 17:00:00.000000	127
18.07.2015 19:00:00.000000	19.07.2015 19:00:00.000000	125
18.07.2015 21:00:00.000000	19.07.2015 21:00:00.000000	120
18.07.2015 23:00:00.000000	19.07.2015 23:00:00.000000	121
19.07.2015 01:00:00.000000	20.07.2015 01:00:00.000000	119
19.07.2015 03:00:00.000000	20.07.2015 03:00:00.000000	119
19.07.2015 05:00:00.000000	20.07.2015 05:00:00.000000	116
19.07.2015 07:00:00.000000	20.07.2015 07:00:00.000000	119
19.07.2015 09:00:00.000000	20.07.2015 09:00:00.000000	118
19.07.2015 11:00:00.000000	20.07.2015 11:00:00.000000	118
19.07.2015 13:00:00.000000	20.07.2015 13:00:00.000000	111

19.07.2015 15:00:00.000000	20.07.2015 15:00:00.000000	116
19.07.2015 17:00:00.000000	20.07.2015 17:00:00.000000	117
19.07.2015 19:00:00.000000	20.07.2015 19:00:00.000000	117
19.07.2015 21:00:00.000000	20.07.2015 21:00:00.000000	119

Compliance table ($\Delta U_{max} \geq 5\%$)

Start time	End time	Number of events
13.07.2015 23:00:00.000000	14.07.2015 23:00:00.000000	46
14.07.2015 01:00:00.000000	15.07.2015 01:00:00.000000	46
14.07.2015 03:00:00.000000	15.07.2015 03:00:00.000000	43
14.07.2015 05:00:00.000000	15.07.2015 05:00:00.000000	45
14.07.2015 07:00:00.000000	15.07.2015 07:00:00.000000	47
14.07.2015 09:00:00.000000	15.07.2015 09:00:00.000000	48
14.07.2015 11:00:00.000000	15.07.2015 11:00:00.000000	48
14.07.2015 13:00:00.000000	15.07.2015 13:00:00.000000	49
14.07.2015 15:00:00.000000	15.07.2015 15:00:00.000000	52
14.07.2015 17:00:00.000000	15.07.2015 17:00:00.000000	54
14.07.2015 19:00:00.000000	15.07.2015 19:00:00.000000	55
14.07.2015 21:00:00.000000	15.07.2015 21:00:00.000000	55
14.07.2015 23:00:00.000000	15.07.2015 23:00:00.000000	54
15.07.2015 01:00:00.000000	16.07.2015 01:00:00.000000	55
15.07.2015 03:00:00.000000	16.07.2015 03:00:00.000000	57
15.07.2015 05:00:00.000000	16.07.2015 05:00:00.000000	57
15.07.2015 07:00:00.000000	16.07.2015 07:00:00.000000	54
15.07.2015 09:00:00.000000	16.07.2015 09:00:00.000000	54
15.07.2015 11:00:00.000000	16.07.2015 11:00:00.000000	66
15.07.2015 13:00:00.000000	16.07.2015 13:00:00.000000	66
15.07.2015 15:00:00.000000	16.07.2015 15:00:00.000000	64
15.07.2015 17:00:00.000000	16.07.2015 17:00:00.000000	63
15.07.2015 19:00:00.000000	16.07.2015 19:00:00.000000	61
15.07.2015 21:00:00.000000	16.07.2015 21:00:00.000000	61
15.07.2015 23:00:00.000000	16.07.2015 23:00:00.000000	63
16.07.2015 01:00:00.000000	17.07.2015 01:00:00.000000	63
16.07.2015 03:00:00.000000	17.07.2015 03:00:00.000000	61
16.07.2015 05:00:00.000000	17.07.2015 05:00:00.000000	61
16.07.2015 07:00:00.000000	17.07.2015 07:00:00.000000	65
16.07.2015 09:00:00.000000	17.07.2015 09:00:00.000000	63
16.07.2015 11:00:00.000000	17.07.2015 11:00:00.000000	51

16.07.2015 13:00:00.000000	17.07.2015 13:00:00.000000	52
16.07.2015 15:00:00.000000	17.07.2015 15:00:00.000000	51
16.07.2015 17:00:00.000000	17.07.2015 17:00:00.000000	53
16.07.2015 19:00:00.000000	17.07.2015 19:00:00.000000	58
16.07.2015 21:00:00.000000	17.07.2015 21:00:00.000000	59
16.07.2015 23:00:00.000000	17.07.2015 23:00:00.000000	57
17.07.2015 01:00:00.000000	18.07.2015 01:00:00.000000	56
17.07.2015 03:00:00.000000	18.07.2015 03:00:00.000000	58
17.07.2015 05:00:00.000000	18.07.2015 05:00:00.000000	58
17.07.2015 07:00:00.000000	18.07.2015 07:00:00.000000	55
17.07.2015 09:00:00.000000	18.07.2015 09:00:00.000000	59
17.07.2015 11:00:00.000000	18.07.2015 11:00:00.000000	60
17.07.2015 13:00:00.000000	18.07.2015 13:00:00.000000	57
17.07.2015 15:00:00.000000	18.07.2015 15:00:00.000000	60
17.07.2015 17:00:00.000000	18.07.2015 17:00:00.000000	59
17.07.2015 19:00:00.000000	18.07.2015 19:00:00.000000	55
17.07.2015 21:00:00.000000	18.07.2015 21:00:00.000000	54
17.07.2015 23:00:00.000000	18.07.2015 23:00:00.000000	55
18.07.2015 01:00:00.000000	19.07.2015 01:00:00.000000	57
18.07.2015 03:00:00.000000	19.07.2015 03:00:00.000000	57
18.07.2015 05:00:00.000000	19.07.2015 05:00:00.000000	57
18.07.2015 07:00:00.000000	19.07.2015 07:00:00.000000	57
18.07.2015 09:00:00.000000	19.07.2015 09:00:00.000000	54
18.07.2015 11:00:00.000000	19.07.2015 11:00:00.000000	57
18.07.2015 13:00:00.000000	19.07.2015 13:00:00.000000	60
18.07.2015 15:00:00.000000	19.07.2015 15:00:00.000000	56
18.07.2015 17:00:00.000000	19.07.2015 17:00:00.000000	57
18.07.2015 19:00:00.000000	19.07.2015 19:00:00.000000	60
18.07.2015 21:00:00.000000	19.07.2015 21:00:00.000000	61
18.07.2015 23:00:00.000000	19.07.2015 23:00:00.000000	62
19.07.2015 01:00:00.000000	20.07.2015 01:00:00.000000	60
19.07.2015 03:00:00.000000	20.07.2015 03:00:00.000000	59
19.07.2015 05:00:00.000000	20.07.2015 05:00:00.000000	58
19.07.2015 07:00:00.000000	20.07.2015 07:00:00.000000	59
19.07.2015 09:00:00.000000	20.07.2015 09:00:00.000000	58
19.07.2015 11:00:00.000000	20.07.2015 11:00:00.000000	55
19.07.2015 13:00:00.000000	20.07.2015 13:00:00.000000	52
19.07.2015 15:00:00.000000	20.07.2015 15:00:00.000000	55

19.07.2015 17:00:00.000000	20.07.2015 17:00:00.000000	53
19.07.2015 19:00:00.000000	20.07.2015 19:00:00.000000	50
19.07.2015 21:00:00.000000	20.07.2015 21:00:00.000000	49

Measured rapid voltage changes each day during the measured time

Day	ΔU stationary $\geq 3\%$	$\Delta U_{max} \geq 5\%$	Result
13.07.2015	3	1	Pass
14.07.2015	122	47	Fail
15.07.2015	119	54	Fail
16.07.2015	116	63	Fail
17.07.2015	117	56	Fail
18.07.2015	124	56	Fail
19.07.2015	121	61	Fail
20.07.2015	113	47	Fail

Harmonic voltage (THD)

The network company shall ensure that the THD value shall not exceed 8% for 10 minutes average value and 5% for one week average value

Parameter	Percentage of time (%)	Regulation max (%)	Measured max (%)	Result
L1 (10 min)	100	8	1,251	Pass
L1(1 week)	100	5	0,88	Pass
L2 (10 min)	100	8	1,373	Pass
L2(1 week)	100	5	0,98	Pass
L3 (10 min)	100	8	1,21	Pass
L3(1 week)	100	5	0,861	Pass

Harmonic voltage

The network company shall ensure that the individual harmonic voltages do not exceed following values in the table, measured as 10 minutes average values.

Harmonic voltage	Percentage of time (%)	Regulation max (%)	Measured max (%)			Result		
			L1	L2	L3	L1	L2	L3
2	100	2	0,36	0,35	0,35	Pass	Pass	Pass
3	100	5	0,44	0,34	0,5	Pass	Pass	Pass
4	100	1	0,05	0,05	0,07	Pass	Pass	Pass
5	100	6	0,89	1,07	1,06	Pass	Pass	Pass
6	100	1	0,02	0,02	0,01	Pass	Pass	Pass
7	100	5	0,99	0,92	0,8	Pass	Pass	Pass
8	100	0,5	0,02	0,08	0,04	Pass	Pass	Pass
9	100	1,5	0,13	0,14	0,11	Pass	Pass	Pass
10	100	0,5	0,01	0,01	0,01	Pass	Pass	Pass
11	100	3,5	0,55	0,62	0,53	Pass	Pass	Pass
12	100	0,5	0,01	0,01	0	Pass	Pass	Pass
13	100	3	0,11	0,08	0,14	Pass	Pass	Pass
14	100	0,5	0,01	0	0,01	Pass	Pass	Pass
15	100	0,5	0,08	0,05	0,16	Pass	Pass	Pass
16	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
17	100	2	0,05	0,05	0,07	Pass	Pass	Pass
18	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
19	100	1,5	0,01	0,05	0,05	Pass	Pass	Pass
20	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
21	100	0,5	0,01	0,05	0,03	Pass	Pass	Pass
22	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass

Harmonic voltage	Percentage of time (%)	Regulation max (%)	Measured max (%)			Result		
			L1	L2	L3	L1	L2	L3
23	100	1,5	0,05	0,01	0,08	Pass	Pass	Pass
24	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
25	100	1,5	0,05	0,06	0,02	Pass	Pass	Pass
26	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
27	100	0,5	0,05	0	0,01	Pass	Pass	Pass
28	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
29	100	1	0,05	0,05	0,03	Pass	Pass	Pass
30	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
31	100	1	0	0	0,01	Pass	Pass	Pass
32	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
33	100	0,5	0	0	0,01	Pass	Pass	Pass
34	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
35	100	1	0	0,05	0,06	Pass	Pass	Pass
36	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
37	100	1	0,06	0	0,01	Pass	Pass	Pass
38	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
39	100	0,5	0,06	0,05	0,03	Pass	Pass	Pass
40	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
41	100	1	0	0,05	0,05	Pass	Pass	Pass
42	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
43	100	1	0,05	0	0,01	Pass	Pass	Pass
44	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
45	100	0,5	0,02	0	0,01	Pass	Pass	Pass
46	100	0,5	0,02	0	0,01	Pass	Pass	Pass
47	100	1	0,03	0,05	0,05	Pass	Pass	Pass
48	100	0,5	0,03	0	0,02	Pass	Pass	Pass
49	100	1	0,01	0	0,01	Pass	Pass	Pass
50	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass

Events

Dips, short and long interruptions of supply voltage

Res. voltage $u(\%)$	Duration (ms)				
	$10 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1000$	$1000 < t \leq 5000$	$5000 < t \leq 60000$
$80 < u \leq 90$	4	2	0	1	3
$70 < u \leq 80$	0	0	0	0	0
$40 < u \leq 70$	0	0	0	0	0
$1 < u \leq 40$	0	0	0	0	0
$u < 1$	0	0	0	0	0

Supply voltage swells

Voltage $u(\%)$	Duration (ms)		
	$10 \leq t \leq 500$	$500 < t \leq 5000$	$5000 < t \leq 60000$
$u \geq 120$	0	0	0
$120 > u \geq 110$	13	0	0

F. FoL-rapport for 24.-31 mai 2016 på Overhalla Barne- og Ungdomsskole

Norwegian Regulation FOL_230V_35KV

Configuration

Node:	Overhalla skole - solceller
Voltage level:	230V ÷ 35kV
Network topology:	Wye
Declared supply voltage (Un)	400V(LL)
Device type:	G4k BLACKBOX

Report information

Start time:	2016-05-23 23:00:00	End time:	2016-05-30 23:00:00
GMT:	1:00	Produced time:	2016-06-02 13:50:59
Compliance configuration:	Norwegian Regulation FOL_230V_35KV		

Node:

Continuous phenomena

Parameter	Result
Power frequency	Pass
Supply voltage unbalance	Pass
Supply voltage variations	Pass
Voltage variation (flicker 2 hr)	Pass
Voltage variation (flicker 10 minutes)	Pass
Single rapid voltage change	Pass
Total harmonic distortion	Pass
Harmonic voltage	Pass

Voltage events

Event type	Number of events
Short Interruptions of the supply voltage	0
Long Interruptions of the supply voltage	0
Supply voltage dip	0
Supply voltage swell	0
Transient overvoltages	2

Power frequency

The nominal power frequency shall be 50Hz. Under normal conditions, the average of Voltage frequency over 10 sec. shall be in the interval 50 Hz \pm 2% (that is 49 Hz –51 Hz) under 100% of the time.

(The observation window is 1 week)

Percentage of time (%)	Regulation min (Hz)	Measured min (Hz)	Regulation max (Hz)	Measured max (Hz)	Result
100	49	49,803	51	50,188	Pass

Supply voltage unbalance

The network company shall ensure that the degree of supply voltage unbalance does not exceed 2 % in points of connection, measured as a mean value over 10 minutes.

Percentage of time (%)	Regulation max (%)	Measured max (%)	Result
100	2	0,67	Pass

Supply voltage variations

The network company shall ensure that the degree of supply voltage variations should be in interval \pm 10% in points of connection, measured as a mean value over 1 minutes.

Phase	Percentage of time (%)	Regulation min (V)	Measured min(V)	Regulation max(V)	Measured max(V)	Result
L1	100	207,846	236,243	254,034	242,948	Pass
L2	100	207,846	234,23	254,034	241,12	Pass
L3	100	207,846	235,035	254,034	242,861	Pass

Flicker severity

The network company shall ensure that Pst does not exceed 1,2 during 95% of a week , and that Plt values does not exceed 1 during 100% of a week.

Parameter	Phase	Percentage of time (%)	Regulation max	Measured max	Result
Pst	L1	95	1,2	0,48	Pass
Plt	L1	100	1	0,692	Pass
Pst	L2	95	1,2	0,482	Pass
Plt	L2	100	1	0,657	Pass
Pst	L3	95	1,2	0,481	Pass
Plt	L3	100	1	0,711	Pass

Rapid voltage changes

The network company shall ensure that rapid voltage changes do not exceed the following values pr.24 hours.

Rapid voltage change	Events allowed each 24 hours
ΔU stationary $\geq 3\%$	24
$\Delta U_{max} \geq 5\%$	24

Compliance table (ΔU stationary $\geq 3\%$)

Start time	End time	Number of events

Compliance table ($\Delta U_{max} \geq 5\%$)

Start time	End time	Number of events

Measured rapid voltage changes each day during the measured time

Day	ΔU stationary $\geq 3\%$	$\Delta U_{max} \geq 5\%$	Result
23.05.2016	0	0	Pass
24.05.2016	0	0	Pass
25.05.2016	0	0	Pass
26.05.2016	0	0	Pass
27.05.2016	0	0	Pass
28.05.2016	0	0	Pass
29.05.2016	0	0	Pass
30.05.2016	0	0	Pass

Harmonic voltage (THD)

The network company shall ensure that the THD value shall not exceed 8% for 10 minutes average value and 5% for one week average value

Parameter	Percentage of time (%)	Regulation max (%)	Measured max (%)	Result
L1 (10 min)	100	8	1,51	Pass
L1(1 week)	100	5	0,884	Pass
L2 (10 min)	100	8	1,21	Pass
L2(1 week)	100	5	0,817	Pass
L3 (10 min)	100	8	1,292	Pass
L3(1 week)	100	5	0,877	Pass

Harmonic voltage

The network company shall ensure that the individual harmonic voltages do not exceed following values in the table, measured as 10 minutes average values.

Harmonic voltage	Percentage of time (%)	Regulation max (%)	Measured max (%)			Result		
			L1	L2	L3	L1	L2	L3
2	100	2	0,03	0,04	0,05	Pass	Pass	Pass
3	100	5	0,27	0,18	0,38	Pass	Pass	Pass
4	100	1	0,05	0,09	0,06	Pass	Pass	Pass
5	100	6	1,28	1,15	1,2	Pass	Pass	Pass
6	100	1	0,07	0,09	0,08	Pass	Pass	Pass
7	100	5	1	1,06	1,03	Pass	Pass	Pass
8	100	0,5	0,01	0,01	0,01	Pass	Pass	Pass
9	100	1,5	0,23	0,18	0,17	Pass	Pass	Pass
10	100	0,5	0,01	0,01	0,01	Pass	Pass	Pass
11	100	3,5	0,28	0,34	0,36	Pass	Pass	Pass
12	100	0,5	0	0,01	0,01	Pass	Pass	Pass
13	100	3	0,27	0,19	0,33	Pass	Pass	Pass
14	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
15	100	0,5	0,23	0,18	0,33	Pass	Pass	Pass
16	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
17	100	2	0,25	0,25	0,28	Pass	Pass	Pass
18	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
19	100	1,5	0,29	0,3	0,21	Pass	Pass	Pass
20	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
21	100	0,5	0,12	0,09	0,02	Pass	Pass	Pass
22	100	0,5	0,01	0	0	Pass	Pass	Pass

Harmonic voltage	Percentage of time (%)	Regulation max (%)	Measured max (%)			Result		
			L1	L2	L3	L1	L2	L3
23	100	1,5	0,32	0,28	0,3	Pass	Pass	Pass
24	100	0,5	0,01	0,01	0	Pass	Pass	Pass
25	100	1,5	0,32	0,28	0,19	Pass	Pass	Pass
26	100	0,5	0,01	0	0	Pass	Pass	Pass
27	100	0,5	0,15	0,13	0,08	Pass	Pass	Pass
28	100	0,5	0,01	0,02	0,03	Pass	Pass	Pass
29	100	1	0,59	0,38	0,53	Pass	Pass	Pass
30	100	0,5	0,01	0,01	0,01	Pass	Pass	Pass
31	100	1	0,36	0,21	0,22	Pass	Pass	Pass
32	100	0,5	0,01	0	0	Pass	Pass	Pass
33	100	0,5	0,1	0,05	0,17	Pass	Pass	Pass
34	100	0,5	0,01	0	0,01	Pass	Pass	Pass
35	100	1	0,37	0,21	0,38	Pass	Pass	Pass
36	100	0,5	0,01	0	0,01	Pass	Pass	Pass
37	100	1	0,2	0,02	0,18	Pass	Pass	Pass
38	100	0,5	0	0	0,01	Pass	Pass	Pass
39	100	0,5	0,04	0,07	0,09	Pass	Pass	Pass
40	100	0,5	0	0	0,01	Pass	Pass	Pass
41	100	1	0,15	0,19	0,2	Pass	Pass	Pass
42	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
43	100	1	0,11	0,02	0,11	Pass	Pass	Pass
44	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
45	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
46	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
47	100	1	0,01	0,02	0	Pass	Pass	Pass
48	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass
49	100	1	0,01	0	0	Pass	Pass	Pass
50	100	0,5	0	0	0	Pass	Pass	Pass

Events

Dips, short and long interruptions of supply voltage

Res. voltage u(%)	Duration (ms)				
	$10 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1000$	$1000 < t \leq 5000$	$5000 < t \leq 60000$
$80 < u \leq 90$	0	0	0	0	0
$70 < u \leq 80$	0	0	0	0	0
$40 < u \leq 70$	0	0	0	0	0
$1 < u \leq 40$	0	0	0	0	0
$u < 1$	0	0	0	0	0

Supply voltage swells

Voltage u(%)	Duration (ms)		
	$10 \leq t \leq 500$	$500 < t \leq 5000$	$5000 < t \leq 60000$
$u \geq 120$	0	0	0
$120 > u \geq 110$	0	0	0