

# En mulighetsstudie for fornybare løsninger på Sandhaug turisthytte

Mathias Hellandsvik Stana  
Geir Rune Kjærstad Berge

Bacheloroppgave i Energiteknologi  
Bergen, Norge 2019





# En mulighetsstudie for fornybare løsninger på Sandhaug turisthytte

Mathias Hellandsvik Stana  
Geir Rune Kjærstad Berge

Institutt for Maskin- og Marinfag  
Høgskulen på Vestlandet  
NO-5063 Bergen, Norge

Høgskulen på Vestlandet  
Fakultet for Ingeniør- og Naturvitskap  
Institutt for maskin- og marinfag  
Inndalsveien 28  
NO-5063 Bergen, Norge

Omslag fotografi © Norbert Lümmer

*English title:*

A feasibility study for renewable solutions at Sandhaug  
tourist cabin

Forfatter(e), studentnummer: Mathias Hellandsvik Stana h150025  
Geir Rune Kjærstad Berge h182410

Studieprogram: Energiteknologi  
Dato: Mai 2019  
Rapportnummer: IMM 2019-M74  
Veileder ved HVL: Nils Ottar Antonsen, HVL ansatt  
Oppdragsgiver: -  
Oppdragsgivers referanse: -

Antall filer levert digitalt: 2

## **Forord**

Denne oppgaven er skrevet ved institutt for Maskin- og Marinfag (IMM) ved Høgskolen på Vestlandet (HVL). Tema for oppgaven er fornybar energiproduksjon. Vi synes dette er et spennende tema, og ønsket derfor å skrive en oppgave innen dette temaet.

Vi vil takke veilederen vår ved HVL, Nils Ottar Antonsen, som har hjulpet oss med spørsmål vi har rundt oppgaven, og selve skrivingen av rapporten. Vi vil også takke de ansatte i DNT for all informasjon og hjelp vi har fått til denne oppgaven.



## Sammendrag

I denne oppgaven er det sett på muligheter for å gjøre Sandhaug turisthytte minst mulig avhengig av diesellaggregatet som forsyner hytten med all strøm og deler av varmen som brukes. Det er vurdert alternative løsninger med solcellepaneler, vindturbiner og kombinasjoner av begge alternativene. For å finne de beste løsningene har vi undersøkt ulike faktorer, deriblant strømproduksjon, utslipp og pris. For sammenligning av priser er spesifikk energipris benyttet. Forholdene på Sandhaug er gunstige for strømproduksjon med solcellepanel, men fører til lavere strømproduksjon med vindturbiner.

Pelletsovnene som er på Sandhaug har nok kapasitet til dekke varmebehovet som aggregatet i dag dekker. For å finne løsninger for å redusere det totale pelletsforbruket, er varmetapet til hytten vurdert. Beregninger viser at om hytten blir bedre isolert enn hva den er i dag, vil varmetapet i form av pellets kunne reduseres med ca. 57,3 kg daglig.

Analysen antyder at vindturbiner ikke er et godt alternativ på Sandhaug turisthytte. Dette er grunnet at den lave nyttige strømproduksjonen gjør at den spesifikke energiprisen blir betraktelig høyere enn for solcellepanel.

Solcellepanel på vegger og tak gir den laveste spesifikke energiprisen for hele anlegget med 2,15 NOK/kWh. Denne løsningen vil dekke 92 % av forbruket, koste Sandhaug turisthytte ca. 200 NOK årlig og redusere utslippet med ca. 28 000 kg CO<sub>2</sub> årlig.





## **Abstract**

In this thesis it is looked at possibilities on how to make Sandhaug tourist cabin as independent from their diesel generator as possible, which the cabin depends on today for all electricity demands as well as parts of the heat demand. It is evaluated alternative solutions with solar panels, wind turbines and combinations of these two. To find the best solutions several factors have been evaluated, including electricity production, carbon footprint and price. When comparing prices specific energy prices are used. Conditions at Sandhaug are favorable when it comes to electricity production with solar panels, but it leads to lower electricity production with wind turbines.

The pellets burner used at Sandhaug has enough capacity to cover the heat demand that the generator covers today. To reduce the total pellets consumption the it has been looked at the heat loss at Sandhaug. Calculations show that if the cottage is further isolated that what is already planned, the heat loss will be reduced by 220 kWh each day which equalates to about 57 kg of pellets each day.

Wind turbines are not a good alternative at Sandhaug because of the low amount of usable energy, that leads to a very high specific energy price compared to solar panels.

Solar panels on the walls and roofs gives the lowest specific energy price for the whole system at 2,15 NOK/kWh. This solution will yearly cover about 92% of the diesel consumption, cost Sandhaug approximately 200 NOK yearly and reduce carbon footprint by approximately 28 000 kg CO<sub>2</sub> yearly.



## Innholdsfortegnelse

Forord.....	1
Sammendrag.....	3
Abstract .....	5
1. Innledning.....	9
1.1. Den Norske Turistforeningen .....	10
1.2. Sandhaug turisthytte .....	10
1.2.1. Plassering og framkommelighet .....	12
2. Problemstilling .....	13
3. Metode.....	14
3.1. Arealberegninger .....	15
3.2. Solproduksjonsberegninger .....	15
3.3. Varmetapsberegninger.....	17
3.4. Forbruksberegninger .....	17
3.5. Vindproduksjonsberegninger .....	18
3.6. Systemtap .....	19
3.7. Befaring .....	19
3.8. Intervju .....	20
3.9. Feilkilder .....	20
3.9.1. Data fra meteorologisk institutt .....	20
3.9.2. Arealet på byggene .....	21
3.9.3. Turbinutregninger.....	21
3.9.4. Solcelleberegninger .....	21
3.10. Teori .....	21
3.10.1. Solcellepanel .....	21
3.10.2. Vindkraft .....	21
4. Resultat.....	22
4.1. Forbruket i dag .....	22
4.1.1. Utslipp .....	24
4.2. Varmetap .....	24
4.3. Elektriske apparater .....	27
4.4. Utnytte solenergien.....	27
4.4.1. Solceller.....	27

4.4.2.	Solfangere.....	30
4.4.3.	Vindturbiner .....	31
4.5.	Energilagring.....	33
4.6.	Vis og reguler energiforbruket .....	35
4.7.	Velg varmekilde .....	35
4.8.	Andre momenter.....	35
4.8.1.	Overproduksjon.....	35
4.8.2.	Overvåking av anlegg.....	36
5.	Diskusjon.....	36
5.1.	Utbedringer for å redusere varmetapet .....	36
5.2.	Sol eller vind?.....	37
5.3.	Alternative løsninger .....	37
5.3.1.	Alternativ 1 .....	39
5.3.2.	Alternativ 2.....	39
5.3.3.	Alternativ 3.....	40
5.3.4.	Alternativ 4.....	41
6.	Konklusjon .....	41
	Referanser.....	42
	Figurliste.....	45
	Tabelliste .....	45
	Vedlegg .....	46



Bilde 1 Sandhaug turisthytte, hovedbygg

## 1. Innledning

Den norske turistforeningens hytter på Hardangervidda er populære reisemål for turgåere. I ferienesongen på sommeren og påske holder disse hyttene åpent og besøkende strømmer til. Alle disse besøkende gjør at energibruken på hyttene øker, og når elektrisitet og varmen i all hovedsak kommer fra fossilt brensel medfører dette store utslipp. Turistforeningen har uttalt at de ønsker å minske sitt fotavtrykk på miljøet [1]. Rauhelleren turisthytte er allerede kommet langt i planleggingen av et anlegg med solceller for å dekke store deler av sitt strømforbruk og er et godt eksempel på at turistforeningen faktisk har planer om å redusere forurensing. Det er fortsatt mange hytter som får dekket sitt energiforbruk fra fossile energikilder. I denne oppgaven ønsker vi å finne løsninger som kan gjøre Sandhaug turisthytte på Hardangervidda mindre avhengig av fossilt brensel gjennom flere fornybare løsninger og mer effektiv energibruk.

### **1.1. Den Norske Turistforeningen**

Den norske turistforeningen (DNT) er organisasjonen som eier og drifter Sandhaug og nesten alle andre turisthytter i Norge. DNT er den største friluftsjorganisasjonen i Norge, og deres visjon er «Naturopplevelser for livet», og skal være noe som går igjen i tilbudene som foreningen tilbyr [2]. Foreningen har et formål om å gi den norske befolkningen muligheten til å nyte den norske naturen, både nå og lengst mulig frem i tid.

DNT engasjerer seg i tema innen folkehelse og naturforvaltning. Naturforvaltning er et tema som kommer frem i denne oppgaven, ettersom en del av naturforvaltningen er å bevare naturen på en måte som gjør at de menneskelige påvirkningene av naturen skal minskes, og den globale oppvarmingen er da et særdeles viktig tema. På bakgrunn av dette er det viktig for turistforeningen å ha et så lite som mulig utslipp. Det er allerede satt i gang en del prosjekt som skal minske forurensingen fra deres hytter, men det er fortsatt mye igjen som kan gjøres. Mange av hyttene til DNT på Hardangervidda bruker i dag i all hovedsak aggregat som går på fossilt drivstoff. Hyttene er populære besøkssteder, og gjør derfor at strømforbruket på hyttene er stort, noe som igjen gir et stort utslipp fordi strømmen kommer fra fossilt drivstoff. Ved å legge om energiforsyningen til disse hyttene slik at de får strøm fra fornybare energikilder, kan dette utslippet reduseres betraktelig.

### **1.2. Sandhaug turisthytte**

Sandhaug turisthytte eies av DNT avdeling Oslo. Den ligger i Hardangervidda nasjonalpark på en høyde på 1250 moh. og ca. 24 km fra Dyranut som ligger ved riksvei 7.

Sandhaug er bare åpen deler av året med betjening. Dette er en periode rundt påske og en periode over juli og august. Det er mulig å besøke Sandhaug utenom disse periodene også, men da er det selvbetjening på annekset hvor det er færre fasiliteter og ingen betjening. Figur 1 viser åpningstidene for Sandhaug turisthytte for 2019.

Det er flere bygg som hører til Sandhaug. Sandhaug inkluderer et garasjebygg hvor aggregatet og drivstofftanken ligger, et «miljøbygg» som er toaletter, hovedbygget og et annekset. Annekset er bygget som brukes når Sandhaug ikke har betjening. Totalt er det 80 sengeplasser på Sandhaug.

Aggregatet kjøres bare når det er noen fra betjeningen som er på hytten, så annekset er derfor som oftest uten strøm. Iblant er betjening på hytten for å drive med klargjøring av hytten,

vedlikehold eller kvisting av skiløyper. I annekset er det montert elektrisk belysning, men dette kan bare bli utnyttet når aggregatet er i bruk.

**ÅPNINGSTIDER SANDHAUG**

---

Sandhaug er betjent ved påsketider og i sommersesongen. Deler av året er det mulighet for selvbetjent overnatting. Da er hytta låst med DNT-nøkkel når det ikke er betjent sesong. I perioden fra 15. oktober til 1. mars er hytta stengt.

Velkommen til Sandhaug!

Fra	Til	Betjeningsgrad	Nøkkeltype
16.10.18	28.02.19	Stengt	
01.03.19	28.03.19	Selvbetjent	DNT-nøkkel
29.03.19	22.04.19	Betjent	
23.04.19	27.06.19	Selvbetjent	DNT-nøkkel
28.06.19	08.09.19	Betjent	
09.09.19	15.10.19	Selvbetjent	DNT-nøkkel
16.10.19	31.12.19	Stengt	

Figur 1 Åpningstider 2019 Sandhaug [27]

Aggregatet er på 60 kVA, 48 kW. Dette produserer strømmen til Sandhaug. Varmen fra aggregatet avgis til et varmegjenvinningssystem som varmer opp varmtvannstankene. Denne varmen brukes i et vannbårent system som er koblet opp til radiatorer rundt hele hovedbygget. Vannet blir varmet opp av aggregatet samt en pelletsovn på 75 kW og en fyrkjele som mates med alt av ved, papp og annet brennbart materiale. I tillegg til dette er det en vedovn i hovedbygget og en vedovn i annekset.

Årsforbruket ligger på ca. 11 500 liter diesel, 8000 kg pellets og 800 liter ved. Alt annet brennbart avfall brukes, men det er ikke noen statistikk på hvor mye. Aggregatet har en elektrisk virkningsgrad på 32%. Gjenvinning av termisk energi gjør at totalvirkningsgraden kommer opp til 57%. Pelletsovnens virkningsgrad er 80%. [Vedlegg 16]

Sandhaug turisthytte er kjent for sin gode mat, og en stor del av hytten er kjøkkenet hvor denne tilberedes. Selv om mesteparten av strømforbruket kan knyttes til kjøkkenet, så er det ikke et ønske i denne oppgaven å redusere strømforbruket utenom der bruken er mer eller mindre unødvendig. Grunnen til dette er at en stor del av besøksopplevelsen knyttes opp til kjøkkenet og måltidene som blir servert. Målet med denne oppgaven er å kunne dekke det store strømforbruket som hytten har i dag med fornybare løsninger, uten at kvaliteten på hytten faller.

Meteorologisk institutt har en værstasjon ca. 30-40 meter fra Sandhaug turisthytte. Vinddata og temperaturdata ble hentet fra denne stasjonen [3]. Fordi plassering av målestasjonen er så nært hytten antas det at værdataene er korrekte for Sandhaug turisthytte.



Bilde 2 Sandhaug målestasjon

Det kommer mye snø på Hardangervidda om vinteren, og den ligger der som oftest ut mai måned, men kan også ligge et godt stykke ut i juni om det er kjølige værforhold om våren. Dette legger til grunn for god produksjon fra solceller ettersom snøen reflekterer solen i en stor grad. Snø som kommer på taket til Sandhaug får som oftest ikke mulighet til å ligge der lenge fordi den blir blåst bort av vinden [Vedlegg 22].

### **1.2.1. Plassering og framkommelighet**

Sandhaug turisthytte er i Hardangervidda nasjonalpark. På sommeren er det mulig å kjøre på en grusvei inn til Tinnhølen som ligger ca. 18 km fra Sandhaug. Fra Tinnhølen går det en traktorvei helt inn til Sandhaug. På vinteren brukes det snøscootere som kjøres fra Dyranut og inn til Sandhaug.





Bilde 3 Nordsiden av Sandhaug

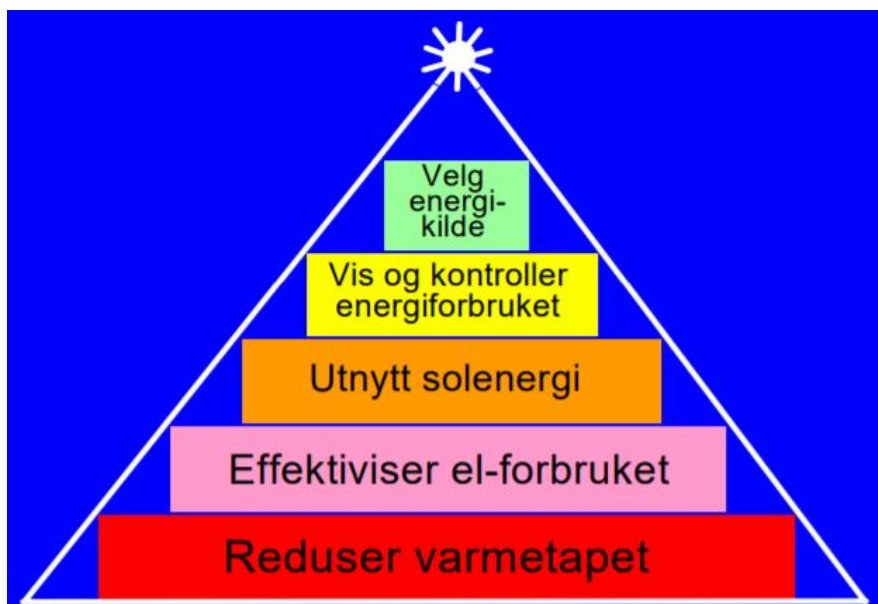
Plasseringen til Sandhaug gjør at utbyggelse som en vindturbin kan bli problematisk å få godkjent. Vindkraft har allerede en del motstand utad og innad i turistforeningen, så å få godkjent utbyggelse av vindturbiner langt inn på Hardangervidda nasjonalpark kan bli vanskelig. Det er mulig at et solcellesystem ikke blir godkjent. Rauhelleren turisthytte fikk godkjenning til å installere solceller, så det antas at det skal gå greit for Sandhaug også. Uansett legges det ikke mye vekt på at løsningen som det kommes fram til skal bli godkjent for utbyggelse i denne oppgaven. Det tas hensyn til dette i en viss grad ved valg av størrelse på vindturbin, men siden denne oppgaven går ut på å finne hvilke løsninger som kan gjøre Sandhaug mest uavhengig av aggregatet, legges det mer vekt på å få best løsning for produksjon.

## 2. Problemstilling

Problemstillingen i denne oppgaven er: **Hvordan gjøre Sandhaug turisthytte på Hardangervidda minst mulig avhengig av dieselaggregatet som den benytter i dag.** Den er ikke koblet opp til strømmettet og får i dag all strømmen den bruker fra et dieselaggregat. Med et forbruk på ca. 11 500 liter diesel hvert år gir dette svært høye CO<sub>2</sub> utslipp. Denne oppgaven går ut på å se på mulighetene til å redusere bruken av dette aggregatet ved å se på alternative måter å få strømmen fra.

### 3. Metode

I denne oppgaven blir prinsippene i Kyotopyramiden lagt til for prosjekteringen [4]. Kyotopyramiden tar for seg prioriteringen av tiltak for å gjøre et bygg mer energieffektivt.



Figur 2 Kyotopyramiden [4]

Det første steget i pyramiden er varmetapet og hvordan det kan reduseres. Varmetapet er termisk energi som tapes gjennom bygningskroppen til omgivelsene.

Steg nummer to i pyramiden er å se på hvordan strømforbruket kan reduseres. Dette gjør man ved å velge apparater som er mest mulig energieffektive og/eller velge bort apparater.

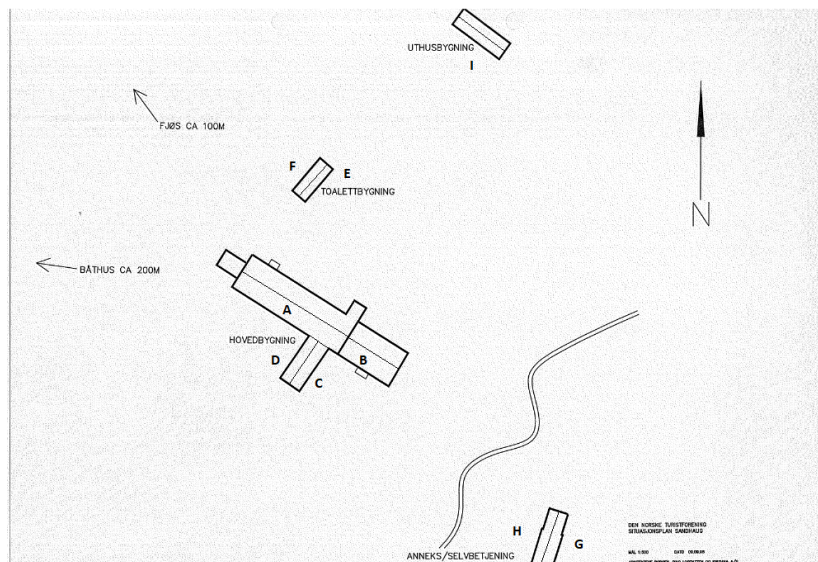
Det tredje steget i pyramiden er å utnytte solenergien. Dette kan gjøres både på en passiv og en aktiv måte. I denne oppgaven fokuseres det på aktiv bruk av solenergi ved hjelp av solceller.

Steg nummer fire i kyotopyramiden er å vise og regulere energiforbruket. Dersom man får en god oversikt og kan visualisere energiforbruket, så blir det enklere å regulere og redusere forbruket.

Det femte og siste steget i Kyotopyramiden er å velge varmekilde. Ved valg av varmekilde er det et mål å velge en kilde som dekker behovet på en mest mulig bærekraftig måte. Det er da naturlig å vurdere fornybare energikilder, driftsvennlighet, økonomi, miljøvennlighet med mer.

### 3.1. Arealberegninger

Arealet til hytten ble hentet fra tegningene i vedlegg 1-9. Ut fra disse tegningene er det mulig å finne størrelsene med linjal, og deretter ta hensyn til målestokk.



Figur 3 Arealfordelingen av tak

For arealet som er brukbart for solceller er det viktig å ta hensyn til at et solcellepanel ikke kan bli delt opp i mindre deler. For arealet til taket på den vestlige fløyen, del A i figur 3, er det en del kvister som bryter det flate arealet. Dette betyr at det må tas hensyn til at solcellene ikke kan deles opp, og at det er plass til færre solceller enn hva det totale arealet av taket tilsier. Det blir derfor antatt at kun 50 % av dette taket kan brukes til solceller. Resten av takene har ikke flere objekter som bryter arealet, og det blir antatt at hele arealet kan brukes til solceller.

For vegger må det tas hensyn til vinduer, dører og inngangspartier. Dette gir et tap på 50 % av det totale arealet av vegger.

### 3.2. Solproduksjonsberegninger

Beregningene skulle etter planen gjøres på PVsyst, men grunnet problemer som dukket opp med datamaskinene og PVsyst, måtte alle beregningene gjøres i Excel.

For å regne ut produksjonen fra solceller på Sandhaug ble PV GIS tatt i bruk [5]. Ved bruk av koordinater er det mulig å hente solinnstrålingen som er på Sandhaug i forhold til vinklene til flatene som brukes. Det er antatt at alle takene har samme helling som hovedbygget, som er 30°, og for veggene brukes en vinkel på 90°.

Retningen byggene er vendt spiller en rolle i hvor mye av solinnstrålingen som treffer tak og vegger. Solinnstrålingen er mest effektiv når den er vinkelrett på solcellene. I denne oppgaven er det brukt en faktor som tar hensyn til denne vinkelen, og er i oppgaven lest av en tabell fra en studie som studerte hvor mye solcellepaneler produserer med de forskjellige himmelretningene [6].

Hytten er plassert høyt oppe på Hardangervidda hvor det kommer mye snø over vinteren. Snø reflekterer mye solinnstråling. Dette øker solinnstrålingen som treffer solcellepanelene og øker dermed produksjonen. Faktoren for å ta hensyn til dette heter albedo. Verdiene for albedofaktoren er hentet fra PVsyst, og her blir det oppgitt at albedofaktoren for snø kan variere fra 0,82 til 0,55, avhengig av hvor fersk snøen er.

Usual values for albedo	
Urban situation	0.14 - 0.22
Grass	0.15 - 0.25
Fresh Grass	0.26
Fresh snow	0.82
Wet snow	0.55 - 0.75
Dry asphalt	0.09 - 0.15
Wet asphalt	0.18
Concrete	0.25 - 0.35
Red tiles	0.33
Aluminium	0.85
New galvanised steel	0.35
Very dirty galvanised steel	0.08

Figur 4 Albedofaktorer fra PVsyst [32]

For å ta hensyn til albedo har denne formelen blitt brukt:

$$F_b = 0,5 * F_o * R * \sin(u)$$

$F_b$  er irradiansen som treffer panelene,  $F_o$  er irradiansen som treffer bakken,  $u$  er vinkelen på panelet i forhold til bakken og  $R$  er albedo.

Det er en del tap i et solcellesystem. Alt tap som kommer fra selve systemet blir gått gjennom senere i oppgaven. Skygge på panel gir et tap i produksjon. Ettersom at det er relativt flatt på Sandhaug, og at det ikke noen trær i nærheten, er det lite skygge som treffer takene på Sandhaug. Tap fra skygge blir derfor satt til 2%. Dette tapet antas å komme fra piper og kvistetak.

Snø eller urenheter som legger seg på panelene kan også føre til tap i produksjon. I denne oppgaven er dette tapet satt til 1% siden det ikke er så mye støv på Hardangervidda og ut ifra informasjon som har blitt oppgitt av ansatte ved DNT blåser snøen fort av taket [Vedlegg 22].

Et problem som kan oppstå om et panel er skyggelagt eller dekket av urenheter, er at effektiviteten til de andre panelene det er koblet opp til reduseres til effekten til det panelet med lavest effekt. I denne oppgaven er det derfor antatt at det blir brukt «optimizer» som styrer hvert enkelt panel, og tapet av effektivitet vil bare påvirke de panelene det faktisk gjelder [7].

Temperaturen til solcellepanel påvirker hvor effektive panelene er. Om panelene blir varmet opp vil virkningsgraden synke. I denne oppgaven blir det antatt at temperaturen ikke påvirker panelene fordi temperaturen på Sandhaug er lav og at vinden vil kjøle ned panelene ytterligere.

Det er et generelt tap i effekt i solceller, men produsenten bak solcellene har en garanti for at virkningsgraden ikke faller under 85 % av den angitte virkningsgraden i løpet av 25 år. I beregningene blir det tatt hensyn til dette fallet ved å bruke en gjennomsnittlig effekt på solcellene på 92 % av den angitte effekten.

### **3.3. Varmetapsberegninger**

For å regne ut varmetapet på hovedbygget på Sandhaug ble størrelsene på ytterveggene, vinduene, taket og gulvet brukt. U-verdien for hver av delene ble så hentet fra Byggforsk, Sintef [8] med egne antagelser fra befaring og vedlegg 10 og 13.

### **3.4. Forbruksberegninger**

For å regne ut strøm- og varmeforbruk på Sandhaug ble det tatt utgangspunkt i forbrukstallene som ble gitt. Tall på energitettheten til både diesel og pellets er hentet fra SNL [9]. Deretter ble det regnet ut hvor mye kWh dette tilsvarer. Ut ifra samtaler med ansatte i DNT kom det frem at det er omtrent 3 uker utenom åpningstid hvor det blir brukt diesel og pellets. I denne oppgaven antas dette å være en uke før åpningstid, og en halv uke etter at den stenger for de to periodene hytten er åpen.

En forbrenningsmotor fungerer dårligere når det er en lavere lufttetthet fordi det er mindre oksygen som kommer inn med luften. Aggregatet har en turbo som hjelper mot dette ved at den får inn ekstra luft. Dette gjør at det antas at problemer rundt lufttettheten blir neglisjerbart for aggregatet.

### 3.5. Vindproduksjonsberegninger

Vinddataene som brukes i denne oppgaven er fra målestasjonen som ligger ved hytten. Dataene består av alle timene registrert fra 4. oktober 2008 til 12.mars 2019. Gjennom utregningene kom det frem at målestasjonen har en nedetid på 5 %, ujevnt fordelt over flere måneder. For å få mest mulig nøyaktige utregninger, har denne nedetiden blitt regnet inn i dataene. Dette ble gjort ved at når den gjennomsnittlige vinden hvert år skulle regnes ut, så ble alle månedene delt på antall år stasjonen har vært i drift minus nedetiden. Dager inn i oktober ved oppstart er regnet med. Det samme gjelder mars, fordi de siste dataene i filen er fra 12.03.2019.

For å regne ut hvor mye strøm som kan blir produsert fra vindturbinene, ble turbinenes «power curve» hentet fra leverandørene. En «power curve» er en graf som viser hvor mye effekt hver enkelt turbin har ved de forskjellige vindhastighetene. Når effekten for hver vindhastighet var hentet inn, ble antall timer ved hver vindhastighet for hver måned ganget inn. Dette gir produsert strøm fra hver turbin.

Om energien i vinden faller, vil også produsert effekt fra vindturbinene falle tilsvarende. Energien som er i vinden kan regnes med formelen:

$E = \frac{1}{2} * A * D * v^3$  [10] Hvor A er arealet vinden dekker, D er lufttettheten og v er hastigheten på vinden.

Denne formelen sier at energien i vinden er proporsjonalt avhengig av lufttettheten som igjen er avhengig av lufttrykk, temperatur og luftfuktighet [11]. Vindens energi er proporsjonal med lufttettheten, så om lufttettheten faller vil også energien i vinden falle med like mye.

Formelen for lufttettheten kan utledes fra formelen for ideell gass [12]:

$P * V = n * R_u * T$  [12] hvor P=trykk, V=volum, n=antall mol av gassen,  $R_u$ =universell gasskonstant og T=temperatur i kelvin,

Formelen for massen til et system [12]:

$m = n * M$  hvor M=molarmassen for luft

Formelen for gasskonstant [12]:

$R = \frac{R_u}{M}$  hvor R=gasskonstanten for luft

og formelen for tetthet [12]:

$$D = \frac{m}{V}$$

Dette gir:

$$D = \frac{P}{R \cdot T}$$

Denne formelen regner ut tettheten på tørr luft. Dette er en forenklet formel for lufttettheten, hvor luftfuktigheten ikke tas med. Når luftfuktigheten øker, vil lufttettheten falle. Dette kommer av at vanndamp har en lavere massetetthet enn oksygen og nitrogen som er i luften. Denne effekten er begrenset fordi luften ikke kan ta inn mye vanndamp før den blir mettet, og som da gjør at den ikke tar til seg mer vanndamp. Luft kan inneholde mer vanndamp ved høyere temperaturer, så fordi temperaturen på Sandhaug er lav antas det at vanndamp ikke vil ha noen stor innvirkning på lufttettheten. Ved lavere temperaturer vil denne effekten falle enda lavere [13] [14] [15]. Det var heller ikke mulig å hente historiske data for luftfuktighet fra målestasjonen, og av den grunn blir lufttettheten ikke tatt med i beregningene.

Luftrykket faller med ca. 1 hPa per 8. meter, som gjør at luftrykket på Sandhaug blir ca. 85700 Pa [16].

Lufttettheten er også avhengig av temperaturen. Lavere temperatur gir høyere lufttetthet. Gjennomsnittstemperaturen for hver måned er hentet fra målestasjonen [17].

Med denne informasjonen, ble den gjennomsnittlige lufttettheten funnet for hver måned.

### **3.6. Systemtap**

Et anlegg med solceller eller vindturbiner, består av flere komponenter som gir et tap når strømmen føres gjennom dem. I denne oppgaven tas det hensyn til et tap fra kabler og inverter. Dette tapet settes lik 8 %, og er med i produksjonstallene [18]. Batterier gir et tap, men siden batteribanken i løsningene i denne oppgaven har en lav kapasitet, og veldig liten del av elektrisiteten vil føres gjennom batteriene, blir det antatt at dette tapet kan neglisjeres.

Vindturbiner produserer vekselstrøm, men siden vindhastighetene varierer gjennom en dag, vil strømmens frekvens og amplitude variere. For å håndtere dette, endres strømmen til likestrøm med en likeretter, og deretter tilbake til vekselstrøm igjen med inverter.

### **3.7. Befaring**

Gruppen hadde en befaring på Sandhaug Turisthytte. Befaringen varte i to dager, hvor gruppen gikk på ski fra Dyranut turisthytte til Sandhaug. Overnattingen ble på annekset som hører til

Sandhaug turisthytte. Befaringen gikk først ut på å se alt av hytten og omgivelsene rundt hytten, deretter fikk gruppen en omvisning rundt inne i hytten.

Under befaringen kom det frem at vinduene på Sandhaug hadde slitte og sprukne pakninger, og hadde masse dugg på glasset og karmene. Dette er en kilde for mye varmetap.

Kjøkkenet viste seg å være veldig stort, med mange, store apparater, men apparatene er også relativt moderne.



Bilde 4 Vindu på Sandhaug med dugg

### **3.8. Intervju**

For å få tak i all nødvendig informasjon har mange leverandører, fagfolk og andre personer som har nødvendig informasjon blitt kontaktet gjennom e-post eller telefon. All informasjon fra intervju som brukes i oppgaven kommer fra e-poster som ligger som vedlegg.

### **3.9. Feilkilder**

#### **3.9.1. Data fra meteorologisk institutt**

Beregninger viser at nedetiden til målestasjonen er ca. 5 %. Det kan regnes frem til hvilke måneder det er snakk om. Denne nedetiden blir så regnet inn for alle månedene det gjelder. Dataene går ti år tilbake i tid, så det antas at det blir relativt nøyaktig å regne inn denne nedetiden på denne måten. Uansett, så gir det en mulig feil i dataene vi bruker for vind.



### **3.9.2. Arealet på byggene**

Arealet til byggene ble funnet med tegningene i vedlegg 1-9. Ved hjelp av linjal, så ble det målt opp fra tegningene og så regnes inn med tanke på målestokken. Her kan det forekomme feil på målingene med linjal.

### **3.9.3. Turbinutregninger**

Ved utregningene på hvor mye strøm hver turbin kunne produsere ble tallene for hver turbin tatt fra deres «power curve». På de fleste turbinene måtte effekten til vindhastigheten leses direkte ut av grafen hvor disse tallene ikke ble gitt. Det gir en usikkerheten på hvor presise tallene ble lest ut fra disse grafene.

### **3.9.4. Solcelleberegninger**

For å ta hensyn til azimuth vinkelen er det hentet ut en faktor fra en tabell som igjen gir en mulighet for feilavlesning fra tabell.

## **3.10. Teori**

### **3.10.1. Solcellepanel**

Solceller bruker energien fra solstråler til å lage elektrisk energi ved hjelp av den fotovoltaiske effekten. Solcellepanel blir typisk installert på tak eller vegger på bygg. Solcellepanel er en veldig enkel måte å få tilgang til strøm plasser hvor det ikke er mulig å koble seg opp på et strømnnett.

I Norge er solen svakere enn i mer sørlige land. I Norge er det derimot relativt kaldt, og på Hardangervidda er det enda kaldere. Solcellepaneler er mer effektive i kalde forhold, siden de mister effektivitet ved høyere temperaturer. På grunn av dette blir solcellepanel mer effektive i Norge. Refleksjonen fra omgivelsene er også noe som påvirker hvor mye solcellepaneler produserer, og ettersom at det er mye snø i Norge øker det igjen effekten til solceller. [19]

### **3.10.2. Vindkraft**

Vindkraft bruker energien i vind til å omdanne den til elektrisk energi. Vindens energi fanges opp av turbinene og føres til en generator, hvor den omgjøres til strøm.

Betz' lov sier at en vindturbin kan maksimalt hente ut  $16/27$  av vindens energi, uansett hvilken type vindturbin som brukes. Dette kommer av at farten til vinden blir hentet opp av vindturbinen, og gjør at luft som vinden bærer, bremser opp bak turbinen og hindrer at mer luft klarer å komme gjennom turbinen. [20]

For å unngå at vindturbinene kommer til skade i for høye vindhastigheter, har de aller fleste vindturbiner en mekanisme som går ut på å forandre aerodynamikken til vingene ved å forandre vinkelen vingene har på vinden, slik at den enten står mer mot vinden, eller at den skjærer inn i vindretningen. Dette reduserer draget som vinden har på vingene.

Vindturbiner består av mange bevegelige deler, og dette kan gi problemer ved for lave temperaturer. Det kan fryse is på turbinene som kan redusere produksjonen. Dette skjer ved isen kan fryse på vingene som gir en ubalanse på vingene og reduserer effekten, og gir mer last på rotor [21].

Problemer rundt vindturbiner er at det kan skape en del støy, og i forhold til fugler og annet dyreliv gir det en fare for kollisjon og en form for barriere [22]. Mindre vindturbiner har ikke problemer med fuglekollisjon og barriere, men alle vindturbiner bryter med naturlandskapet de står i. Når det gjelder vindturbiner på Hardangervidda, som er ganske flat, gjør det at vindturbiner fort kan bli synlige fra lange avstander. Dette er med på å gjøre det problematisk å få eventuelle vindturbiner godkjent for utbyggelse.

## **4. Resultat**

Målet med denne oppgaven er å se på muligheter som kan gjøre Sandhaug turisthytte mest mulig uavhengig av dieselaggregatet som forsyner hytten med strøm i dag. Fordi aggregatet også har et varmegjenvinningssystem, gjør det at løsningen som skal dekke behovet for aggregatet også må dekke varmen som blir brukt til å varme opp varmtvannet som aggregatet gjør.

I dette kapitlet sees det på hvordan forbruket er i dag, og stegvis, i henhold til Kyotopyramiden, hvordan dette forbruket kan reduseres og erstattes med alternative løsninger.

### **4.1. Forbruket i dag**

Forbruket på Sandhaug er vist i Ark 3 i Excel. Det er et gjennomsnittlig forbruk på ca. 11 500 liter diesel og 8000 kg pellets. Med en virkningsgrad på 32 % på generatoren, 25 % på varmegjenvinningssystemet til aggregatet, og en virkningsgrad på 80 % for pelletsoven, gir det et årlig energiforbruk på ca. 95 MWh hvor 37 MWh er strøm, 28 MWh er varme fra aggregatet som brukes i varmtvannstankene og 30 MWh fra pellets.

Totalt energiforbruk				
Energikilde	Energiinnhold (kWh/kg)	Mengde (kg)	Virkningsgrad	Energiutbytte (kWh)
Diesel (elektrisk)	11,97	9568	0,32	36656
Diesel (varme)	11,97	9568	0,25	28638
Pellets	4,69	8000	0,8	30016
			Sum:	<b>95310</b>

Tabell 1 - Totalt energiforbruk [Ark 3 i Excel]

Av 11 500 liter brukes ca. 6600 liter i høysesongene, som i denne oppgaven blir definert som alle 11 dager i påskeferien, og fra 1. juli til 15. august. Det antas også at forbruket av pellets har samme forhold i forbruket på høysesongen. Dette vil mest sannsynlig være litt unøyaktig fordi forbruket av pellets vil være høyere på våren hvor temperaturen er lavere enn på sommeren.

Forbruk per dag høysesong				
Energikilde	Energiinnhold (kWh/kg)	Mengde (kg)	Virkningsgrad	Energiutbytte (kWh)
Diesel (elektrisk)	11,97	97,07	0,32	372
Diesel (varme)	11,97	97,07	0,25	291
Pellets	4,69	81	0,8	305
			Sum:	<b>967</b>

Tabell 2 - Forbruk per dag høysesong [Ark 3 i Excel]

Forbruk per dag åpne dager utenom høysesong				
Energikilde	Energiinnhold (kWh/kg)	Mengde (kg)	Virkningsgrad	Energiutbytte (kWh)
Diesel (elektrisk)	11,97	68,89	0,32	264
Diesel (varme)	11,97	68,89	0,25	206
Pellets	4,69	57	0,8	213
			Sum:	<b>683</b>

Tabell 3 - Forbruk per dag åpne dager utenom høysesong [Ark 3 i Excel]

Forbruk vedlikeholdsdager				
Energikilde	Energiinnhold (kWh/kg)	Mengde (kg)	Virkningsgrad	Energiutbytte (kWh)
Diesel (elektrisk)	11,97	55,03	0,32	211
Diesel (varme)	11,97	55,03	0,25	165
Pellets	4,69	46,01	0,8	173
			Sum:	<b>548</b>

Tabell 4 - Forbruk vedlikeholdsdager [Ark 3 i Excel]

I høysesongene brukes det ca. 97 liter diesel og tilsvarende 372 kWh strøm hver dag. I periodene hvor det er betjening, men ikke definert som høysesong er det et forbruk på ca. 3400 liter diesel totalt fordelt på disse 41 dagene. Dette gir et daglig forbruk på ca. 82 liter diesel som gir tilsvarende 313 kWh strøm hver dag. Betjeningen bruker ca. 1 uke før begge åpningsperiodene for å klargjøre hytten, og ca. fire dager etter for rengjøring og vedlikehold. Den resterende

andelen av dieselforbruket på 1500 liter er fordelt på denne perioden på tre uker. Det gir et daglig forbruk på ca. 68 liter diesel og tilsvarende 262 kWh.

Disse tallene viser at det er et stort forbruk i høysesongen og det kan bli problematisk å dekke med fornybar produksjon, så aggregatet vil fortsatt være en viktig del av løsningene for å opprettholde en stabil strømforsyning.

Pelletsovnene har en installert effekt på 75 kW [Vedlegg 14]. Ved et antatt forbruk på 81 kg pellets og et tilsvarende energiutbytte på ca. 305 kWh hver dag i høysesongen, og om det antas at ovnen kjøres på full effekt på alt dette gir det en kjøretid på:

$$\frac{304,51 \text{ kWh}}{75 \text{ kW}} = 4,06 \text{ timer}$$

Kjøretiden vil i realiteten bli fordelt mer utover dagene med et tilsvarende fall i kjørt effekt, men dette viser at pelletsovnene har mye kapasitet igjen. Det blir derfor antatt at pelletsovnene kan dekke varmebehovet som forsvinner ved mindre bruk av aggregatet.

#### **4.1.1. Utslipp**

Målet med oppgaven er å erstatte forbruket av diesel med fornybare kilder. Pellets blir sett på fornybart, og det er derfor ikke nødvendig å erstatte det forbruket. Fornybare kilder fører med seg veldig lite klimautslipp. For både vind og solenergi er det bare produksjonen og frakten som medfører klimautslipp.

En liter diesel har et utslipp på omtrent 2,7 kg CO<sub>2</sub> per liter [Ark 5]. Dette medfører om alt forbruket Sandhaug turisthytte har i dag blir erstattet med fornybare energikilder vil miljøet bli spart for ca. 30 tonn CO<sub>2</sub>. For å sette det i perspektiv, så hadde alle norske personbiler et utslipp på tilsammen ca. 4600 tonn CO<sub>2</sub> og da vil utslippet til sandhaug tilsvare 0,65% av dette utslippet [23].

#### **4.2. Varmetap**

For å unngå at forbruket av pellets øker for mye, sees det på muligheter på å redusere varmebehovet som hytten har. Dette gjøres ved å se på hvor stort varmetapet på hytten har og hvordan dette kan reduseres.

Varmetap er ofte en stor del av energibudsjettet i ethvert bygg og er noe som kan gi store gevinster ved utbedring. Det gjelder da å se på hvordan bygget er isolert og hva som kan utbedres. Sandhaug ble bygget for en god tid tilbake når kravene om isolasjon var lavere enn det er nå [24]. Det gjør at utbedringer av hytten kan spare mye varme som går tapt.

Det kom frem under befaringen at vinduene hadde masse dugg og fuktighet på glassene og karmene. Dette er en indikasjon på at vinduene ikke har særlig god isolasjon, og at det gir et større varmetap. Det totale vindusarealet er på 78,4 m<sup>2</sup>. Vinduene har to lag med glass [vedlegg 13] og på befaring kom det frem at pakningen rundt vinduene er slitte og sprukne. I henhold til tabell 54 i 533.102 på Byggforsk og med informasjonen rundt vinduene, antas det at u-verdien til disse vinduene er 3 W/(m<sup>2</sup>\*K) [25]. Denne tabellen gir veiledende U-verdier for vinduer, men tar utgangspunkt i vinduer med en høyde 1,23 m og 1,48 m bredde. De fleste vinduene på Sandhaug er mindre enn dette som vil gi en lavere U-verdi, ettersom de har en større andel karm og ramme enn glass.

Det er planlagt at alle vinduene på den sørvendte veggen på den vestlige fløyen skal byttes ut [vedlegg 14]. Dette er totalt et areal på 16,9 m<sup>2</sup> og vil bestå av et glass i ytre ramme og et energiglass på indre ramme. I henhold til tabell 54 i 533.102 på Byggforsk antas det at disse vinduene har en u-verdi på rundt 1,2 W/(m<sup>2</sup>\*K) [25].

I alle varmetapsberegningene i denne oppgaven blir gjennomsnittstemperaturen fra mars til og med august brukt til utregningene. Dette vil gjøre at resultatene ikke er helt nøyaktige, men det vil gi et godt anslag på hvor mye varmetap det er på hytten. Gjennomsnittstemperaturen fra mars til og med august blir ca. 1 grad celsius. Dette inkluderer da både natt og dag. Innnetemperaturen settes til 20° celsius.

Om de resterende vinduene blir byttet ut med like vindu som det er planlagt for noen av veggene, kan det regnes ut en omtrentlig reduisering av varmetap:

			Varmetap (W/K)	Varmetap med oppgraderinger
Kun nye vinduer	1.2	78.43		94.12
Gamle vindu	3	61.53	184.60	
Nye vindu	1.2	16.90	20.28	
			3.89	1.79 kW
		Daglig tap	93.42	42.92 kWh/døgn

Tabell 5 Varmetap vindu [Ark 2 i Excel]

Tapet fra vinduene som ikke er planlagt å bytte ut er på 93,42 kWh/dag, og om alle vinduene er byttet ut vil det totale varmetapet fra vinduer være 42,92 kWh/dag.

For ytterveggene er det den samme prosessen bare at U-verdien må regnes ut. Dette vises i Ark 2 i Excel, hvor ytterveggene som ikke er isolert har et luftsjikt. Noen av ytterveggene har nylig fått ny isolering, og noen yttervegger er planlagt å oppgradere [vedlegg 14]. Ved å isolere de resterende veggene etter dette, vil det redusere varmetapet med:

			Varmetap (W/K)	Varmetap med oppgraderinger	
Vegger	0.3096	220.8	68.36		
Uisolerte vegger	1.6288	281.38	458.31		
kun isolerte vegge	0.3096	502.18		155.48	
			10.01		2.95 kW
		Daglig tap	240.16	70.90	kWh/døgn

Tabell 6 Varmetap vegger [Ark 2 i Excel]

Tapet fra veggene som ikke er isolert eller er som ikke er planlagt å bytte ut, er 240,16 kWh/dag, og om alle veggene blir isolert vil det gi et varmetap på 70,90 kWh/dag.

En del av hovedbygget har kaldt loft. Da settes U-verdien lik etasjeskillen og blir satt til 0,4 W/(m<sup>2</sup>\*K) i henhold til tabell 22 Byggforsk 471.013 [26].

Varmetapet fra kjelleren blir satt på samme måten som etasjeskiller, men for kald kjeller er det også mulig å trekke fra 0,02 W/(m<sup>2</sup>\*K) og i henhold til tabell 222 Byggforsk 471.011 blir U-verdien satt til 0,37 W/(m<sup>2</sup>\*K) [27].

For taket hvor det ikke er kaldt loft blir U-verdien satt til 0,23 W/(m<sup>2</sup>\*K) i henhold til Byggforsk 471.013 tabell 32 [26].

Byggdel	U-verdier	Areal	varmetap (W/K)	Varmetap med oppgraderinger	
Vegger	0.3096	220.8	68.36		
Uisolerte vegger	1.6288	281.38	458.32		
kun isolerte vegger	0.3096	502.18		155.48	
Tak med kaldt loft	0.4	231.355	92.54		
Tak med isolasjon	0.23	331.85	76.33		
Gulv	0.39	563.21	219.65		
Kun nye vinduer	1.2	78.43		94.12	
Gamle vindu	3	61.53	184.60		
Nye vindu	1.2	16.90	20.28		
Dører	1.17	16.38	19.16		
			1139.25	657.28	
			21.65	12.49	kW
			519.50	299.72	kWh/døgn
		Differanse med og uten oppgraderinger:	-219.78		

Tabell 7 Totalt varmetap [Ark 2 i Excel]

Tallene viser at det er som forventet et stort varmetap som forsvinner til omgivelsene, og om de resterende vinduene og veggene blir byttet ut, vil det gi et lavere varmetap på 220 kWh.

Noe som er viktig å ta i betraktning, er at pellets ikke er den eneste kilden for varme. Fyrkjelen ble nevnt tidligere i oppgaven, og det samme gjelder en vedovn som er bygget. Utenom disse er det også mye varme som kommer fra diverse apparater i bygget, samt at menneskekroppen også gir ut varme, så antall besøkende er med på å tilføre bygget mer varme.

### **4.3. Elektriske apparater**

Steg nummer to i pyramiden er å se på hvordan forbruket kan minskes ved å se på apparatene som bruker strøm. Det gjelder da å se på hvordan disse apparatene kan byttes ut med mer energieffektive apparater, eller om det er mulig å bruke disse apparatene mindre.

En oversikt på de elektriske apparatene på hytten ligger i Ark 15 i Excel. Denne oversikten er fra 2012, og inneholder derfor ikke alle apparatene som er der nå. Disse tallene ble målt i en periode på 120 dager, og deretter satt i et gjennomsnittlig forbruk på disse dagene. Det gjør at disse tallene ikke er representativt for hvordan forbruket er på dagene i høysesongen, som det fokuseres på i denne oppgaven.

Oversikten gir derimot en mulighet til å se på hvilken effekt diverse apparater har, men det eneste som stikker seg ut i denne er oversikten er kaffetrakteren på 8200 W. Om dette ikke er en svært stor kaffetrakter, burde effekten være en god del lavere. Det blir derfor anbefalt at denne kaffetrakteren enten erstattes, eller brukes i mindre.

Apparatene på kjøkkenet er som nevnt tidligere store, men skal være relativt moderne. Det antas derfor at det ikke vil være et stort utbytte av å bytte ut mange av apparatene utenom å redusere bruken av flere av dem, om de blir brukt unødvendig mye.

Det er en stor gasskomfyr på kjøkkenet på hovedbygget, og en mindre en på annekset som går på propan. Vanlige komfyrer som går på strøm, bruker igjen store mengder strøm, så for å unngå at strømforbruket øker enda mer enn det det er fra før av, så vil man ikke i denne oppgaven se på løsninger hvor gasskomfyrene erstattes.

### **4.4. Utnytte solenergien**

Det tredje steget i Kyotopyramiden, er å se på hvordan en kan utnytte solenergien. I denne delen av oppgaven sees det på å se på hvordan det er mulig å få produsert strøm gjennom solcellepaneler og også vindturbiner. Det sees på hvor mye av strømbehovet hytten har i dag, som kan dekkes med solceller eller vindturbiner.

#### **4.4.1. Solceller**

Valget av solcellepanel er et viktig punkt i denne oppgaven, av flere grunner. Først og fremst er det fordi det er ønskelig å oppnå størst mulig produksjon, og da er det viktig å finne solceller med høy virkningsgrad. Det er også viktig å ha solceller som tåler en del vekt. Dette kommer av at Sandhaug ligger på Hardangervidda, hvor det kan komme store mengder snø om vinteren. Om denne snøen får ligge for lenge på taket, kan den bli kompakt og tung, og kan da utgjøre en

fare for solcellene. Som oftest blåser vinden snøen av taket på Sandhaug før den får ligge der og bli kompakt og tung, men det er viktig å ha noen sikkerhetstiltak i tilfelle det er en lengre periode med lite vind, og snøen får ligge der for lenge [Vedlegg 22].

I denne oppgaven brukes AXI world premium 310 Wp solcellepanel til å regne ut produksjon, for å gi et prisanslag på de forskjellige løsningene og for å kunne regne frem den spesifikke energiprisen for hver løsning [28]. Dette panelet har en virkningsgrad på 19,05 %. Wp, eller watt peak som er en betegnelse som brukes for å si hvor mye elektrisk energi et solcellepanel maksimalt kan produsere. Produsenten har en garanti på at virkningsgraden ikke faller under 85% av den angitte virkningsgraden. Det blir brukt en gjennomsnittlig virkningsgrad på 92 % av 19,05% på all produksjon med solcellepanel.

Produksjonstallene for solceller er i tabell 8 og 9. Her kommer det frem at produksjonen fra solceller er størst i mai, juni og juli. Sandhaug turisthytte har mest forbruk på sommeren og påske, så det er derfor positivt at det er da solcellene vil produsere mest. Det gjør at løsningen med å gjøre Sandhaug turisthytte mest mulig uavhengig av aggregatet blir mindre avhengig av energilagring ettersom strømmen som blir produsert i disse månedene kan brukes så snart det er produsert. På Hardangervidda ligger det en del snø om våren, og kan ligge ut på sommeren også om forholdene er riktige. At det er snø i området rundt hytten fører dermed til økt solinnstråling på solcellepanelene på grunn av refleksjonen.

Takene og veggene på Sandhaug har blitt fordelt på flere definisjoner i denne oppgaven. Det er tak og vegger som er vinklet +/- 35° sør, og tak og vegger som er vinklet +/- 90° sør. Det er vist i figur 5. Sandhaug har et takareal på ca. 288 m<sup>2</sup> som egner seg til solcellepanel. På tak som er vinklet mellom +/- 90 ° sør er 88 m<sup>2</sup> og tak som er mellom +/- 35° sør er ca. 207 m<sup>2</sup>. Sørvendte solceller gir mest produksjon og det er derfor best å få brukt alt arealet som er vinklet denne retningen før resten av taket blir vurdert. Veggene har et areal på ca. 94 m<sup>2</sup> som egner seg til solcellepaneler.



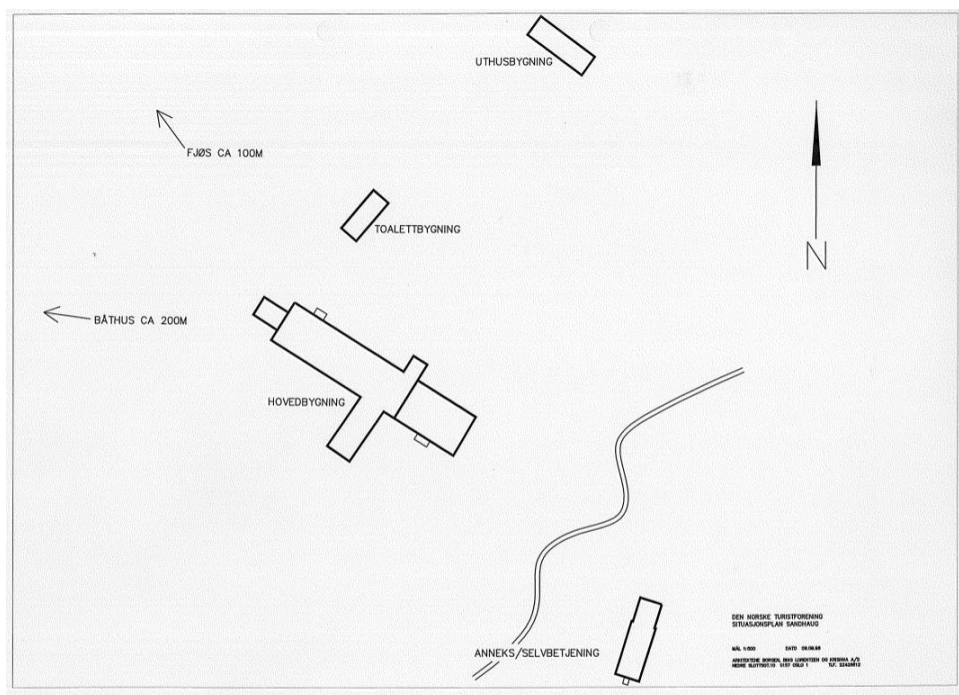
Tak							
Panel		Virkningsgrad					
AXITEC-AXIworldpremium 310Wp		<b>0,1905</b>		Sin(30°)	0,499481356		
	Dager i måneden	Solinnstråling/(m <sup>2</sup> *dag) ved 30°	Produksjon per dag	Produksjon per måned (kWh)	Albedo	Faktor for å ta hensyn til albedo	Ytelsesforhold
januar	31	495	25996	806	0,8	1,200	0,160
februar	28	1410	74050	2073	0,8	1,200	0,160
mars	31	2670	138762	4302	0,75	1,187	0,160
april	30	4210	216496	6495	0,7	1,175	0,160
mai	31	5350	269271	8347	0,6	1,150	0,160
juni	30	5890	283572	8507	0,4	1,100	0,160
juli	31	5280	245546	7612	0,25	1,062	0,160
august	31	4190	190276	5899	0,15	1,037	0,160
september	30	2910	132148	3964	0,15	1,037	0,160
oktober	31	1520	70688	2191	0,25	1,062	0,160
november	30	631	32449	973	0,7	1,175	0,160
desember	31	395	20744	643	0,8	1,200	0,160

Tabell 8 - Solcelleproduksjon tak [Ark 4 i Excel]

Vegg							
Panel		Virkningsgrad					
AXITEC-AXIworldpremium 310Wp		<b>0,1905</b>		Sin(90°)	1		
	Dager i måneden	Solinnstråling/(m <sup>2</sup> *dag) ved 90°	Produksjon per dag	Produksjon per måned (kWh)	Albedo	Faktor for å ta hensyn til albedo	Ytelsesforhold
januar	31	614	12304	381	0,8	1,4	0,160
februar	28	1560	31262	875	0,8	1,4	0,160
mars	31	2440	48023	1489	0,75	1,375	0,160
april	30	3130	60484	1815	0,7	1,35	0,160
mai	31	3340	62151	1927	0,6	1,3	0,160
juni	30	3400	58401	1752	0,4	1,2	0,160
juli	31	3170	51047	1582	0,25	1,125	0,160
august	31	2860	44008	1364	0,15	1,075	0,160
september	30	2440	37545	1126	0,15	1,075	0,160
oktober	31	1520	24477	759	0,25	1,125	0,160
november	30	744	14377	431	0,7	1,35	0,160
desember	31	526	10541	327	0,8	1,4	0,160

Tabell 9 - Solcelleproduksjon vegg [Ark 4 i Excel]

Med solcellepanel er det viktig å ta hensyn til vinkelen. De fleste innstrålingsdata er hentet normalt fra jordoverflaten. Det derfor viktig å både ta hensyn til hvilken himmelretning solcellepaneler er rettet, og hvilken vinkel de er satt opp med. I Norge er den optimale vinkelen for total produksjon gjennom et år rundt 40°, og sørvendt. Dette er siden Norge er ganske langt nord. Om det er ønskelig med høy produksjon om vinteren vil det være bedre med en brattere vinkel, siden solen er lavere på himmelen i vintermånedene. Om sommeren er det optimalt med en flatere vinkel, siden solen er høyere på himmelen. Solcellepanel som er festet på veggene vil stå 90° i forhold til bakken. Dette gir mindre solinnstråling enn hva en vinkel på 30°, som taket har, gir, men vil også gi mer areal til å få flere solceller og som da gir mulighet til å få mer produksjon fra solceller. En vinkel på 90° vil også få mer av refleksjonen av sol fra snø enn hva panel som ligger på 30° vil få. Dette gjør at solceller på Sandhaug vil være mer effektiv fordi snøen kan ligge på bakken ut i mai og i noen tilfeller juni.



Figur 5: Ombyggingstegninger. Her vises retningene takene og veggene har

Produksjonen fra solceller treffer veldig bra på når forbruket på Sandhaug. Dette gjør at det er gunstig å ha flest mulig solceller. Om alt mulig areal på tak og vegger blir brukt til produksjon, og det er ønskelig å øke produksjonen enda mer, er det mulig å sette opp et ekstra bygg for å kunne sette opp flere solceller på taket og veggene. Det er da mulig å ha batteriene i dette bygget slik at de ikke blir plassert i samme bygg hvor drivstoffet til aggregatet står.

#### 4.4.2. Solfangere

Solfangere tas ikke i betraktning i denne oppgaven fordi oppgaven går ut på å gjøre Sandhaug turisthytte mest mulig uavhengig av fossilt brensel. Pelletsovnene skal dekke oppvarmingen av varmtvann som forsvinner med aggregatet. Arealet som solfangere da muligens hadde tatt skal heller da brukes for å få plass til flere solceller for å klare å dekke mer av strømbehovet. Det best mulige er å ha solfangere i et slikt system fordi solfangere har en ganske høy virkningsgrad og at Sandhaug har et vannbårent system, men siden varmebehovet kan bli dekket av pelletsovnene, som også er fornybar, er det et ønske å få på plass flest mulig solceller.

I en løsning som fokuserer mer på det økonomiske og ikke bare å gjøre hytten mest mulig fornybar, så vil solfangere være en god løsning på å dekke varmebehovet som hytten har ved å redusere mengden pellets som må til for å dekke dette forbruket.

### 4.4.3. Vindturbiner

Valg av turbin er viktig for å unngå skader på turbinene, og for å kunne få høy produksjon. Det er harde forhold på Sandhaug hvor temperaturen kan falle godt under minus, sterk vind og mye snø. Isdannelse på vingene gir lavere produksjon og verste fall skader på turbinene. Dette gjør at det er viktig å finne turbiner som kan tåle slike forhold. Så det må derfor tas hensyn til både produksjonen turbinene kan oppnå og at de tåler forholdene som er oppe på Hardangervidda.

I denne oppgaven er det sett på flere typer turbiner med forskjellige størrelser, men endte opp med å bruke en vindturbin som har vist at den klarer å fungere i forhold som er på Hardangervidda. Leverandøren har et ønske om at deres konkurrenter ikke skal få se deres «power curve», så navnet på denne turbinen, og selskapet bak, blir derfor anonymisert i denne oppgaven og blir derfor definert om TurbinX [Ark 14, Excel]. Denne turbinen er på 6 kW, men har lavere produksjon enn EasyWind 6 [Ark 12, Excel], som også er på 6 kW. Dette kommer av at EasyWind 6 når sin maksimale effekt tidligere enn TurbinX fordi TurbinX er designet for å tåle arktiske forhold med vinger som skal tåle ekstra vekt fra ising og rotor som skal tåle ekstra last fra isen på vingene.

For produksjonsberegningene for vind er det tatt utgangspunkt i vinddataene hentet fra målestasjonen på Sandhaug. Disse dataene hentes på en høyde på 10 meter fra hvor stasjonen står. Vinddataene fra målestasjonen som ble sendt fra meteorologisk institutt ligger i Ark 10 i Excel. Disse dataene er fra 8. oktober 2008 og til og med 12. mars 2019. Dataene viser middelverdien for de siste 10 minuttene før måletiden [17].

Lufttettheten faller på Sandhaug i forhold til vanlige forhold. Den gjennomsnittlige lufttettheten på havnivå settes som oftest lik  $1,23 \text{ kg/m}^3$  [10] [29]. Det antas at denne lufttettheten er brukt konstant i testingen av turbinene, så når denne lufttettheten faller betydelig ned, som på Sandhaug, tas det med i beregningene for månedlige produksjonstall for vindturbinen. Dette gjør at produksjonen fra vindturbiner også faller med like mye siden vindenergien er proporsjonal med lufttettheten ifølge formelen for vindenergi [10].

Gjennomsnittstemperatur:												
januar	februar	mars	april	mai	juni	juli	august	september	oktober	november	desember	
-10.1	-10.04	-7.25	-3.81	0.92	5.14	9.08	7.59	4.75	-0.63	-4.89	-8.3	
Temperatur kelvin:		273.15										
263.05	263.11	265.9	269.34	274.07	278.29	282.23	280.74	277.9	272.52	268.26	264.85	
Lufttetthet (kg/m <sup>3</sup> ):												
1.135	1.135	1.123	1.109	1.090	1.073	1.058	1.064	1.075	1.096	1.113	1.127	

Tabell 10 Gjennomsnittlig lufttetthet

Den gjennomsnittlige temperaturen for hver måned er brukt, og deretter er den gjennomsnittlige lufttettheten for hver måned regnet ut. Tabell 10 viser lufttetthet for hver måned, og siden temperaturen øker ut på sommeren vil det igjen gi en lavere lufttetthet. Dette spiller inn på en allerede lav produksjon på sommeren som vindturbiner har. Alle produksjonstallene i denne oppgaven har fallet i lufttettheten i forhold lufttettheten ved havnivå lagt inn.

EasyWind6					
	Sum		Produksjon per dag	Systemtap	Dager i måneden
Januar	1 792	kWh	57,82	0,92	31
Februar	1 453	kWh	51,89	0,92	28
Mars	1 668	kWh	53,81	0,92	31
April	1 185	kWh	39,49	0,92	30
Mai	818	kWh	26,40	0,92	31
Juni	830	kWh	27,65	0,92	30
Juli	870	kWh	28,05	0,92	31
August	979	kWh	31,57	0,92	31
September	1 332	kWh	44,40	0,92	30
Oktober	1 497	kWh	48,29	0,92	31
November	1 499	kWh	49,97	0,92	30
Desember	1 812	kWh	58,46	0,92	31
Sum	15 735	kWh			

Tabell 11 - Produksjonstall EasyWind6 [Ark 6 i Excel]

TurbinX	Sum		Produksjon per dag	Systemtap	Dager i måneden
Januar	1 468	kWh	47,35	0,92	31
Februar	1 145	kWh	40,89	0,92	28
Mars	1 338	kWh	43,17	0,92	31
April	904	kWh	30,15	0,92	30
Mai	564	kWh	18,19	0,92	31
Juni	555	kWh	18,50	0,92	30
Juli	565	kWh	18,24	0,92	31
August	643	kWh	20,75	0,92	31
September	959	kWh	31,96	0,92	30
Oktober	1 120	kWh	36,12	0,92	31
November	1 164	kWh	38,81	0,92	30
Desember	1 499	kWh	48,36	0,92	31
Sum	11 925	kWh			

Tabell 12 - Produksjonstall TurbinX [Ark 6 i Excel]

Produksjonstallene for hver måned for TurbinX og EasyWind 6 er i tabell 11 og 12. Utregningene er i Ark 6 i Excel. Tallene for produksjonen viser at det er høyest produksjon på vinteren og lavere på sommeren. Dette kommer for det meste av at vindstyrken faller ut på våren og sommeren. Siden vind er opphøyd i tredje i formelen til vindenergi har det den største betydningen for hvor mye vindturbiner kan produsere [10]. På sommeren er det flere timer med vindstyrke rundt intervallet 1 m/s til 7 m/s og på vinteren hvor det er god del timer med vindstyrke over dette nivået.

#### 4.5. Energilagring

Fornybar strømproduksjon pågår kontinuerlig. Når det er perioder hvor det ikke er mye forbruk på Sandhaug, vil denne produksjonen gå tapt om det ikke er løsninger på å lagre strømmen, eller å bruke den på andre fornuftige måter.

Store deler av Sandhaug sitt elektrisitetsforbruk kommer fra kjøkkenet. Det vil oppstå strømbruktopper ut på dagen ettersom en del av strømforbruket er koblet opp mot kjøkkenet. Her er det mest aktivitet på dagen når måltidene skal klargjøres, og alt skal rengjøres etterpå. Ettersom løsningene baserer seg på strømforbruk fra sol og vind, som får naturlige topper midt på dagen, vil dette hjelpe på å håndtere strømforbrukstoppene.

##### 4.5.1. Batteri

Anlegget vil trenge en batteribank for å kunne fungere bra. Hovedoppgaven til batteriene vil i løsningene i denne oppgaven være å gi tid til aggregatet å starte opp. Om produksjonen faller i løpet av dagen, og strømbruken forblir den samme vil batteriene brukes for å gi nok strøm til

hytten, og så om batteriet tømmes til f.eks. 80 % av kapasiteten startes aggregatet opp av systemet. Batteribanken bør aldri utlades under en viss prosentandel fordi det gjør at den totale kapasiteten til batteriene reduseres. Denne prosentandelen varierer mellom de forskjellige typene batterier.

I denne oppgaven sees det på AGM (Absorberende Glass Matte) batterier til å brukes i batteribanken. Denne typen er billigere enn f.eks. litiumbatterier, men tar i gjengjeld mer plass og er tyngre. AGM batterier tåler en utlading til ca. 50 % [30]. Kapasiteten til batterier faller ved lavere temperaturer, og bør derfor plasseres i et oppvarmet rom.

Kapasiteten til batteribanken i alle løsningene som blir presentert under diskusjon har en total kapasitet på 100 kWh og 50 kWh som da er brukbart. Dette antas til å være nok til å dekke et mulig tap i produksjon i en liten periode, og unngår at aggregatet skrus på hver gang produksjonen fra anlegget faller grunnet små skyer som dekker over noen solcellepanel i en kort periode.

#### 4.5.2. Termisk energilagring

Om det er ønskelig å ha mer lagringskapasitet enn det en batteripakke kan få til er det mulig å bruke varmtvannstankene og akkumulatortanken til å lagre energien som termisk energi. Disse tankene kan da varme opp vann når all produksjonen ikke brukes opp, og batteriene er fulladet. En varmtvannstank på 300 liter som skal varmes opp fra 10° til 70° celsius trenger:

Spesifikk varmekapasitet:		
cp	4.22	kJ/kg*K
Massetetthet vann	3600	kJ/kWh
	1000	kg/m <sup>3</sup>
	1000	L/m <sup>3</sup>
Varmtvannstanker		
	1	Antall <u>Justerbar</u>
	300	L
	1266	kJ/K
	0.35	kWh/K
Det går 2.93 kWh per kelvin oppvarming		
	60	Temperaturforskjell
	21.10	kWh
Antall kWh som må til for å varme opp alle tankene 60 grader		

Tabell 13 Utregninger varmtvannstanker

Hvor  $C_p$  er den spesifikke varmekapasiteten til vann og massetettheten til vann settes til  $1000 \text{ kg/m}^3$  [12].

Dette vil ikke tilføre anlegget mer lagringskapasitet for strøm, men siden løsningene i denne oppgaven tar utgangspunkt i at pelletsovnene skal dekke oppvarmingen som går tapt fra aggregatet vil en slik løsning kunne redusere mengden pellets som må til for å dekke tapet av aggregatet.

### **4.5.3. Hydrogen**

Energilagring i form av hydrogen er teknologi som kan være et bra alternativ for prosjekt som dette i fremtiden. Selv om denne typen lagring gir et stort tap, så vil det fortsatt være et bra alternativ for strømproduksjonen på vinteren. Dette er fordi en slik løsning har mer kapasitet enn batterier og at det ikke er noe forbruk på vinteren. Istedenfor at denne strømmen går helt tapt, så vil hydrogenlagring og strømtapet det vil gi, være et bra alternativ. Problemet med energilagring med hydrogen er at denne teknologien er dyr og har mange krav rundt sikkerhet. Dette gjør at ikke tas i betraktning i denne oppgaven.

### **4.6. Vis og reguler energiforbruket**

Steg nummer fire i kyotopyramiden er å vise og regulere energiforbruket. Dette steget går ut på er å visualisere hvordan energien blir brukt som gjør det enklere å regulere og redusere forbruket. Ved så store hytter som Sandhaug er det ekstra vanskelig å ha en god oversikt på hvor all energien går, så å vise hvor energien går kan hjelpe med å redusere det store forbruket som er på Sandhaug.

### **4.7. Velg varmekilde**

Det femte og siste steget i kyotopyramiden er å velge varmekilde. Varmen på Sandhaug kommer fra vann som blir varmet opp med varmegjenvinning fra aggregatet, pelletsovn og fyrkjele. Denne oppgaven ser på muligheter på å minske bruken av aggregatet mest mulig. Det er antatt at pelletsovnene skal klare å dekke forbruket av varme som aggregatet dekker i dag. Pellets er fornybare og vil i den sammenheng være en god erstatning for diesel som aggregatet går på.

### **4.8. Andre momenter**

#### **4.8.1. Overproduksjon**

Forbruket på Sandhaug er i all hovedsak når hytten er betjent. Det betyr at om det blir dimensjonert en fornybar løsning som skal dekke store deler av dette forbruket, så vil det

produseres langt over det en mulig energilagring-løsning klarer å lagre når det ikke er betjening og forbruket er lavere. Det er flere måter denne strømmen kan brukes på en god måte:

- Annekset får strøm til belysningen som er installert. Siden produksjonen vil være ganske høy, selv på vinteren, vil det være mulig å også installere nye apparater som også trenger strøm. Dette vil være med på å øke komforten på annekset.
- Oppvarming av hovedbygget. Ved å ha hytten varmet allerede før hytten åpner vil det gjøre at strømmen ikke trenger å gå til dette når hytten er betjent.
- Lagre matvarer over vinteren. Om fryserommene får nok strøm til å kunne drives gjennom hele vinteren kan mat som er til overs på hytten lagres over vinteren istedenfor å måtte fraktes tilbake.

#### **4.8.2. Overvåking av anlegg**

Det kan være nødvendig å få oppdateringer på anlegget når det ikke er betjening tilstede for å se om alt går som det skal. Dette kan gjøres ved at informasjonen blir sendt over mobilnettet til mobilene til personene som er ansvarlig på hytten. Dekningen bør være relativt stabil for å være sikker på at den nødvendige informasjonen blir sendt. Det kan bli vanskelig for Sandhaug som ligger langt inn på Hardangervidda hvor dekkningen er dårlig.

En måte å vise frem anlegget på er å installere en TV ved inngangen til hytten. På denne er det mulig å vise hva som produseres på anlegget til enhver tid og hva som har blitt produsert på anlegget fra start. Dette vil hjelpe med å vise frem anlegget og vil hjelpe med å vise frem tiltakene DNT gjør for å bli mer grønn.

## **5. Diskusjon**

Oppgaven tar utgangspunkt i kyotopyramiden, men som resultatene viser er de viktigste punktene i dette tilfellet varmetapet og hvordan solenergien kan bli brukt. Ettersom at det ikke ble funnet større forbruk på de elektriske apparatene enn forventet, og at varmekilden som er pellets, allerede blir sett på fornybar, vil det derfor fokuseres på varmetapet og produksjon fra solceller og turbiner.

### **5.1. Utbedringer for å redusere varmetapet**

Varmetapsberegningene viser at en fullstendig utbygging av vegger og vinduer kan redusere det totale varmetapet med 220 kWh per dag. Dette er varmetapsforskjellen etter alt alle planlagte oppgraderinger er gjort. Beregningene gir et omtrentlig svar på hvordan det faktiske varmetapet



er. Ettersom at det er brukt en gjennomsnittlig temperatur for hele døgnet beregningene vil resultatene ikke være helt nøyaktige, men det gir et godt anslag på hvor mye det kan være.

Et varmetap på 220 kWh gir et daglig forbruk i pellets på:

$$\frac{220 \text{ kWh}}{3.84 \text{ kWh/kg}} = 57,3 \text{ kg}$$

Ved å oppgradere alle veggene og vinduene som ikke er planlagt å oppgradere enda, kan det redusere et daglig forbruk av pellets med 57,3 kg. Sandhaug er åpen i 98 dager i 2019 sesongen, og et varmetap på dette nivået vil kunne redusere forbruket av pellets med:

$$57,3 \frac{\text{kg}}{\text{dag}} * 98 \text{ dager} = 5615,4 \text{ kg}$$

## 5.2. Sol eller vind?

Det er flere faktorer som spiller inn på produksjonen til solceller og vindturbiner, og for forholdene på Sandhaug vil det gi en økt produksjon for solceller ved en albedo innvirkning fra snø som ligger der lenge, og at temperaturen er lav hvor vinden vil også spille en god rolle til å holde temperaturen på solcellene nede. For vindturbiner gir den lavere lufttettheten på Sandhaug lavere produksjon, og gjør at alternativet med vind blir mindre gunstig.

Strømproduksjonen fra vind er høyest på vinteren når det ikke er forbruk på hytten, og mesteparten av denne strømmen vil ha ingen nytte siden det ikke vil være mulig å lagre all denne strømmen ut til våren når forbruket øker. Det er mulig å sette måter å bruke den produserte strømmen på vinteren, men nyttig strøm som blir produsert i forhold til forbruket på Sandhaug forblir det samme.

Fordelen med å ha både vindturbiner og solceller, er at vindturbiner ikke er avhengig av solskinn for å opprettholde produksjonen, men som produksjonstallene viser er det ikke mye vindturbinene vil produsere når det er høyt forbruk på Sandhaug. Det er mulig å øke produksjonen fra vindturbiner ved å installere flere, men fordi den spesifikke energiprisen for vind er så høy, vil den slik løsning være dyr i forhold til hva den gir [Ark 7 i Excel].

## 5.3. Alternative løsninger

For å komme frem til den beste løsningen for Sandhaug turisthytte sees det på de forskjellige løsningene og sammenligner de forskjellige spesifikke energiprisene for hver løsning. Dette gjelder da den nyttige strømmen som anlegget kan produsere, og dette defineres i denne oppgaven som strøm som produseres samme dag som det er et strømforbruk. All strøm som

enten produseres utenom perioder med forbruk, eller som produseres i overskudd de dagene det er lavere forbruk er ikke tatt med de spesifikke energiprisene.

Anslagene med solcellepanel og vindturbiner har også prisen for batteribanken inkludert. Denne batteribanken er som nevnt tidligere i oppgaven satt til 100 kWh totalt og 50 kWh som brukbar kapasitet. I vedlegg 29 er det en forenklet systemskisse som viser hvordan det elektriske anlegget vil se ut.

Totalt er det fire alternativ det er sett:

Alternativ 1: Solcellepanel på alt av brukbart tak

Alternativ 2: Solcellepanel på alt av brukbart tak og vegger

Alternativ 3: Solcellepanel på alt av brukbart tak og vegger, og en TurbinX vindturbin

Alternativ 4: Tre TurbinX vindturbiner

Automatikk for solcellepanel inkluderer «optimizer», inverter og styreenhet. For vindturbiner er alt av elektronisk inkludert i den prisen som ble angitt av leverandør.

De spesifikke energiprisene for hvert alternativ blir da:

Alternativ	L (lånebeløp)	n (antall terminer)	p (prosent sats)	T (terminbeløp)	Penger betalt i renter	Spesifikk energipris produksjon
1	kr 890 983,00	25	7 %	kr 76 455,71	kr 1 020 409,80	kr 3,14
2	kr 1 078 565,00	25	7 %	kr 92 552,22	kr 1 235 240,51	kr 2,77
3	kr 1 563 282,37	25	7 %	kr 134 146,07	kr 1 790 369,35	kr 3,91
4	kr 1 179 152,11	20	7 %	kr 111 303,62	kr 1 046 920,24	kr 12,40
diesel varme+el	kr 9,00	1	7 %	kr 9,63	kr 0,63	kr 1,70
dieselaggregat	229400	7,5	7 %	kr 40 350,27	kr 73 227,04	kr 0,62
diesel totalt						kr 2,31
pellets	kr 4,00	1	7 %	kr 4,28	kr 0,28	kr 1,11
pelletsmaskin	205000	20	7 %	kr 19 350,55	kr 182 011,00	kr 0,64
pellets totalt						kr 1,76
diesel elektrisitet	kr 9,00	1	7 %	kr 9,63	kr 0,63	kr 3,02
					Alternativ	Spesifikk energipris system
					1	kr 2,24
					2	kr 2,15
					3	kr 2,57
					4	kr 3,06
					Dagens løsning	kr 2,15

Tabell 14 Spesifikk energipris. Antagelser om pris er tatt fra vedlegg 23-28 [Ark 7 i Excel]

	Energibehov	Spesifikk energipris	Kostnad per år	Prisforskjell nå og alternativ
alternativ 1	95310	kr 2,24	<b>kr 213 235,89</b>	-kr 8 073,30
alternativ 2	95310	kr 2,15	<b>kr 205 344,57</b>	-kr 181,98
alternativ 3	95310	kr 2,57	<b>kr 245 024,30</b>	-kr 39 861,71
alternativ 4	95310	kr 3,06	<b>kr 291 790,24</b>	-kr 86 627,65
nå	95310	kr 2,15	<b>kr 205 162,59</b>	

Tabell 15 - Kostnad for de forskjellige løsningene [Ark 7 i Excel]

Prisen for diesel og pellets er satt til å være prisen på drivstoffet med frakt og hvor stort energiutbytte man får fra det.

### 5.3.1. Alternativ 1

Solceller på tak gir den høyeste produksjonen året rundt. De får mindre effekt fra albedo fra snø i forhold til solceller på veggene, men vinkelen gjør at det gir totalt den høyeste produksjonen. Elektrisitetsproduksjonen for alternativ har en spesifikk energipris på 3,14 NOK/kWh, og den totale løsningen har en spesifikk energipris på 2,24 NOK/kWh. Dette er lavere i alternativ 2 fordi batteribanken er satt til å være konstant, så når vegger og tak inkluderes i et forslag gir det den beste prisen.

Oppsummering alternativ 1		
Diesel som fortsatt brukes	3694,67	(l)
Diesel som spares	7805,33	(l)
Totalt utslipp som bespares	20715,98	(kg CO2)
Hvor mye energi som må dekkes av pellets	19437,02	(kWh)
Hvor mye mer pellets som trengs	5055,87	(kg)
Nyttig strøm	24357,50	(kWh)
Prosentvis dekket diesel	68 %	

Tabell 16 - Oppsummering alternativ 1 [Ark 7 i Excel]

Tabell 14 viser hvor mye som blir produsert med denne løsningen og hvor mye dette dekker av forbruket til Sandhaug turisthytte hver måned. Av forbruket av diesel på 11 500 liter vil denne løsningen dekke 68% av det totale dieselforbruket, som er lik liter diesel, men denne løsningen vil også kreve at mengden pellets som blir bruk øker med ca. 5100 kg. Løsning 1 vil koste Sandhaug ca. 8100 NOK hvert år.

### 5.3.2. Alternativ 2

Om en dekker takene og veggene på Sandhaug som er sett på som brukbart gir det en spesifikk energipris på 2,77 NOK/kWh, og den totale løsningen har en spesifikk energipris på 2,15 NOK/kWh. Denne løsningen gir den laveste spesifikke energiprisen fordi batteribanken har en konstant størrelse i alle alternativene.

<b>Oppsummering alternativ 2</b>		
Diesel som fortsatt brukes	956,64	(l)
Diesel som spares	10543,36	(l)
Totalt utslipp som bespares	27982,93	(kg CO2)
Hvor mye energi som må dekkes av pellets	26255,32	(kWh)
Hvor mye mer pellets som trengs	6829,42	(kg)
Nyttig strøm	33442,35	(kWh)
Prosentvis dekket diesel	92 %	

Tabell 17 - Oppsummering alternativ 2 [Ark 7 i Excel]

Denne tabellen hvor mye produksjonen klarer å dekke for hver måned.

Løsningen vil dekke det totale forbruket med 92%. Dette tilsvarer ca. 10 400 liter diesel hvert år, hvor ca. 6800 kg pellets ekstra vil være nødvendig. Totalt vil det koste Sandhaug turisthytte for ca. 200 NOK hvert år.

### 5.3.3. Alternativ 3

Denne løsningen består av løsning 2 pluss en TurbinX. Det betyr at alt arealet som sees på som brukbart til solceller er dekket, og det er så tatt med en 6 kW vindturbin. Den spesifikke energiprisen for denne løsningen er 3,91 NOK/kWh, og den totale løsningen har en spesifikk energipris på 2,57 NOK/kWh. Prisen øker en del fordi den spesifikke energiprisen for vindturbinen er høy, og trekker dermed den spesifikke energiprisen for hele anlegget opp.

<b>Oppsummering alternativ 3</b>		
Diesel som fortsatt må brukes	738,16	(l)
Diesel som spares	10761,84	(l)
Totalt utslipp som bespares	28562,80	(kg CO2)
Hvor mye energi som må dekkes av pellets	26799,38	(kWh)
Hvor mye mer pellets som trengs	6970,94	(kg)
Nyttig strøm	34303,21	(kWh)
Prosentvis dekket diesel	94 %	

Tabell 18 - Oppsummering alternativ 3 [Ark 7 i Excel]

Denne løsningen vil dekke 94 % av det årlige forbruket av diesel, som gir en økning i forbruket av pellets på ca. 7 000 kg. Hvert år vil det koste ca. 40 000 NOK.

### 5.3.4. Alternativ 4

Oppsummering alternativ 4		
Diesel som fortsatt må brukes	8683,42	(l)
Diesel som spares	2816,58	(l)
Totalt utslipp som bespares	7475,42	(kg CO <sub>2</sub> )
Hvor mye energi som må dekkes av pellets	7013,90	(kWh)
Hvor mye mer pellets som trengs	1824,42	(kg)
Nyttig strøm	8977,79	(kWh)
Prosentvis dekket diesel	24 %	

Tabell 19 - Oppsummering alternativ 4 [Ark 7 i Excel]

Dette alternativet består av tre TurbinX vindturbiner og har en spesifikk energipris på 12,40 NOK/kWh, og den totale løsningen har en spesifikk energipris på 3,06 NOK/kWh.

Denne løsningen vil dekke 24 % av det årlige forbruket av diesel, som gir en økning i forbruket av pellets på ca. 1800 kg. En slik løsning vil øke kostnadene for Sandhaug med ca. 87 000 årlig. Prisen på dette anlegget er ca. 100 000 NOK mer enn alternativ 2, og dekker nesten 70 % mindre av det årlige forbruket. Dette alternativet viser at vindturbiner er et dårlig alternativ i forhold til solcellepanel for Sandhaug turisthytte.

## 6. Konklusjon

Oppgaven går ut på å gjøre Sandhaug turisthytte minst mulig avhengig av aggregatet, og for å gjøre det må strøm- og varmebehovet som aggregatet dekker håndteres med andre løsninger. Gjennom utregninger ble det bevist at pelletsovnene skal klare å dekke varmebehovet, og for å håndtere strømbehovet, vil den beste løsningen være å bruke solceller.

Ved å se på den spesifikke energiprisen, kommer det frem at solceller på taket og vegger er det beste alternativet som dekker store deler av strømbehovet for den laveste prisen, som er lavere enn hva det koster å bruke aggregatet i dag. Denne løsningen vil koste Sandhaug turisthytte ca. 200 kroner i året, men vil redusere utslippet til Sandhaug med ca. 28 000 kg CO<sub>2</sub> årlig.

Vindturbiner har blitt vurdert, men fordi den totale produksjonen er lav og den nyttige produksjonen er enda lavere, blir den spesifikke energiprisen for vindturbiner ekstremt høy. Det gjør at vindturbiner ikke er et godt alternativ for Sandhaug.

Beregningene på varmetapet til Sandhaug, viser at det i dag forsvinner mye varme til omgivelsene, selv etter de planlagte utbedringene. For å unngå at pelletsforbruket blir for høyt når aggregatet skal brukes mindre, vil det å utbedre bygget kunne redusere det totale forbruket betraktelig.

## Referanser

- [1] J. L. o. M. Ånestad, «Solceller gjør comeback på norske hytter,» 24 Februar 2019. [Internett]. Available: <https://www.dn.no/energi/solenergi/hytte/snohetta/solceller-gjor-comeback-pa-norske-hytter/2-1-550197>. [Funnet 24 Februar 2019].
- [2] Den norske turistforeningen, «Om DNT,» Den norske turistforeningen, (u.d). [Internett]. Available: <https://www.dnt.no/om/>. [Funnet 10 Mai 2019].
- [3] Meteorologisk institutt, «eklima,» Meteorologisk institutt, (u.d). [Internett]. Available: [http://sharki.oslo.dnmi.no/portal/page?\\_pageid=73,39035,73\\_39049&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://sharki.oslo.dnmi.no/portal/page?_pageid=73,39035,73_39049&_dad=portal&_schema=PORTAL). [Funnet 03 April 2019].
- [4] Sintef, «Smarte aktører og dumme hus,» Sintef og Husbanken, 3 Desember 2007. [Internett]. Available: <https://www.sintef.no/globalassets/upload/byggforsk/kurs/presentasjoner-smartbygg/kongsli.pdf>. [Funnet 03 Mai 2019].
- [5] EU (European Union), «PV GIS,» (u.d). [Internett]. Available: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#>. [Funnet 07 mars 2019].
- [6] Y. M. Y. S. Q. K. F. Yuki Koya Atushi Shiota, «An index to evaluate the amount of the solar radiation for a surface with eight directions,» SGCE, 03 Juli 2015. [Internett]. Available: <http://www.ijsgce.com/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=51&id=242>. [Funnet 15 April 2019].
- [7] photovoltaic-software, «photovoltaic-software,» NREL, u.d. [Internett]. Available: <https://photovoltaic-software.com/principle-ressources/how-calculate-solar-energy-power-pv-systems>. [Funnet 12 mai 2019].
- [8] Sintef, «Byggforsk,» Sintef, (u.d). [Internett]. Available: <https://www.byggforsk.no/>. [Funnet 10 April 2019].
- [9] K. A. Rosvold, «Energivare,» Store norske leksikon, 03 Mars 2014. [Internett]. Available: <https://snl.no/energivare>. [Funnet 15 Februar 2019].
- [10] K. Hofstad, «Vindenergi,» Store Norske Leksikon, 31 August 2018. [Internett]. Available: <https://snl.no/vindenergi>. [Funnet 20 April 2019].
- [11] M. institutt, «Lufttetthet,» Store Norske Leksikon, 01 September 2017. [Internett]. Available: <https://snl.no/lufttetthet>. [Funnet 20 april 2019].
- [12] M. A. B. M. K. Yunus A. Cengel, «Thermodynamics, An engineering approach,» i *Thermodynamics, An engineering approach*, Chennai, McGraw Hill Education (India) Private Limited, 2016.
- [13] Engineering Toolbox, «Density of Moist Humid Air,» Engineering Toolbox, 2004. [Internett]. Available: [https://www.engineeringtoolbox.com/density-air-d\\_680.html](https://www.engineeringtoolbox.com/density-air-d_680.html). [Funnet 25 April 2019].
- [14] Y. X. Y. L. Weipeng Yue, «High Humidity Aerodynamic Effects Study on Offshore Wind Turbine Airfoil/Blade Performance through CFD Analysis,» Hindawi, 08 Januar 2017. [Internett]. Available: <https://www.hindawi.com/journals/ijrm/2017/7570519/>. [Funnet 25 April 2019].
- [15] Barani Design, «Air Density Calculator,» Barani Design, 2012. [Internett]. Available: <https://barani.biz/apps/air-density/>. [Funnet 25 April 2019].

- [16] A. Sivle, «Hvordan beregnes lufftrykket?», Meteorologisk institutt, 4 Juni 2010. [Internett]. Available: [https://www.yr.no/artikkel/hvordan-beregnes-lufftrykket\\_-1.7150434](https://www.yr.no/artikkel/hvordan-beregnes-lufftrykket_-1.7150434). [Funnet 19 April 2019].
- [17] Meteorologisk institutt, «Sandhaug målestasjon (29400)», Meteorologisk institutt, (u.d). [Internett]. Available: [http://eklima.met.no/Help/Stations/toDay/all/no\\_e29400.html](http://eklima.met.no/Help/Stations/toDay/all/no_e29400.html). [Funnet 26 April 2019].
- [18] S. B. Christiana Honsberg, «Battery Efficiency», u.d. [Internett]. Available: <https://www.pveducation.org/pvcdrom/battery-characteristics/battery-efficiency>. [Funnet 12 mai 2019].
- [19] L. Mæhlum, «Solceller», Store norske leksikon, 12 april 2018. [Internett]. Available: <https://snl.no/solceller>. [Funnet 27 februar 2019].
- [20] K. A. R. o. K. Hofstad, «Betz lov», Store Norske Leksikon, 28 Desember 2013. [Internett]. Available: [https://snl.no/Betz%27\\_lov](https://snl.no/Betz%27_lov). [Funnet 21 April 2019].
- [21] Government of Canada, «Wind Energy in Cold Climates», Government of Canada, 21 Desember 2017. [Internett]. Available: <https://www.nrcan.gc.ca/energy/renewable-electricity/wind/7321>. [Funnet 05 Mai 2019].
- [22] Miljødirektoratet, «Vindmøller», Miljødirektoratet, 15 Mars 2018. [Internett]. Available: <http://sdc.sft.no/no/Tjenester-og-verktoy/Veileder/Veiviser-til-stoyregelverket/Stoykilde/Vindmoller/>. [Funnet 4 Mai 2019].
- [23] Miljødirektoratet, «Klimagassutslipp fra veitrafikk», Miljødirektoratet, 14 12 2018. [Internett]. Available: <https://www.miljostatus.no/veitrafikk-klimagassutslipp>. [Funnet 10 mai 2019].
- [24] Den norske turistforening, «Histore», Den norske turistforening, 5 April 2016. [Internett]. Available: <https://sandhaug.dnt.no/historie/>. [Funnet 01 Mai 2019].
- [25] L. S. Arve Bugten, «Vinduer. Typer og funksjoner», Sintef, September 2018. [Internett]. Available: [https://www-byggforsk-no.galanga.hvl.no/dokument/437/vinduer\\_typer\\_og\\_funksjoner](https://www-byggforsk-no.galanga.hvl.no/dokument/437/vinduer_typer_og_funksjoner). [Funnet 26 April 2019].
- [26] I. H. Tor Kristensen, «U-verdier. Tak», Sintef, (u.d) 2003. [Internett]. Available: [https://www-byggforsk-no.galanga.hvl.no/dokument/212/u-verdier\\_tak#fig32](https://www-byggforsk-no.galanga.hvl.no/dokument/212/u-verdier_tak#fig32). [Funnet 27 April 2019].
- [27] I. H. o. T. Kristensen, «U-verdier. Etasjeskillere», Sintef, (u.d) (u.d) 2003. [Internett]. Available: [https://www-byggforsk-no.galanga.hvl.no/dokument/210/u-verdier\\_etasjeskillere](https://www-byggforsk-no.galanga.hvl.no/dokument/210/u-verdier_etasjeskillere). [Funnet 27 April 2019].
- [28] Sivilingeniør Carl Christian Strømberg AS, «AXITEC - AXIworldpremium 310W», Sivilingeniør Carl Christian Strømberg AS, 05 April 2019. [Internett]. Available: <https://solcellespesialisten.no/nettbutikk/solcellepanel/sccs-axiworldpremium-ac-310m-60s-fs35-5bb-310w.html>. [Funnet 02 Mai 2019].
- [29] NASA, «Air Properties Definitions», NASA, 05 Mai 2015. [Internett]. Available: <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/airprop.html>. [Funnet 03 Mai 2019].
- [30] Victron Energy B.V., «Batteries: Lithium-ion vs AGM», (u.d). [Internett]. Available: <https://www.victronenergy.com/blog/2015/03/30/batteries-lithium-ion-vs-agm/>. [Funnet 03 Mai 2019].
- [31] K. Hofstad, «Fornybare energikilder», Store norske leksikon, 11 04 2019. [Internett]. Available: [https://snl.no/fornybare\\_energikilder](https://snl.no/fornybare_energikilder). [Funnet 22 04 2019].

- [32] Webgeneve, «PVsyst - Albedo (Program),» Webgeneve, (u.d). [Internett]. [Funnet 06 Mars 2019].
- [33] Solenergiforeningen, «SOLCELLER,» Solenergiforeningen, u.d. [Internett]. Available: <https://www.solenergi.no/solstrm>. [Funnet 06 mars 2019].
- [34] U.S. Department of energy, «Wood and Pellet Heating,» U.S. Department of energy, u.d. [Internett]. Available: <https://www.energy.gov/energysaver/heat-and-cool/home-heating-systems/wood-and-pellet-heating>. [Funnet 12 mai 2019].
- [35] AxitecSolar, «AXIworldpremium 290 - 310 Wp,» AxitecSolar, (u.d). [Internett]. Available: [https://solcellespesialisten.no/media/productattach/d/b/db\\_sm\\_ac\\_290-310m\\_60\\_worldpremium\\_1640x992x35\\_1000\\_18\\_2\\_en\\_\\_new.pdf](https://solcellespesialisten.no/media/productattach/d/b/db_sm_ac_290-310m_60_worldpremium_1640x992x35_1000_18_2_en__new.pdf). [Funnet 13 april 2019].
- [36] Den norske turistforeningen, «Åpningstider,» Den norske turistforeningen, (u.d). [Internett]. Available: <https://sandhaug.dnt.no/apningstider/>. [Funnet 14 April 2019].
- [37] J. Richardson, «Solar Panels Do Work On Cloudy Days,» CleanTechnica, 08 februar 2018. [Internett]. Available: <https://cleantechnica.com/2018/02/08/solar-panels-work-cloudy-days-just-less-effectively/>. [Funnet 14 mai 2019].
- [38] D. Llorens, «Do solar panels work in cloudy weather?,» SolarPowerRocks.com, (u.d). [Internett]. Available: <https://www.solarpowerrocks.com/solar-basics/how-do-solar-panels-work-in-cloudy-weather/>. [Funnet 14 mai 2019].



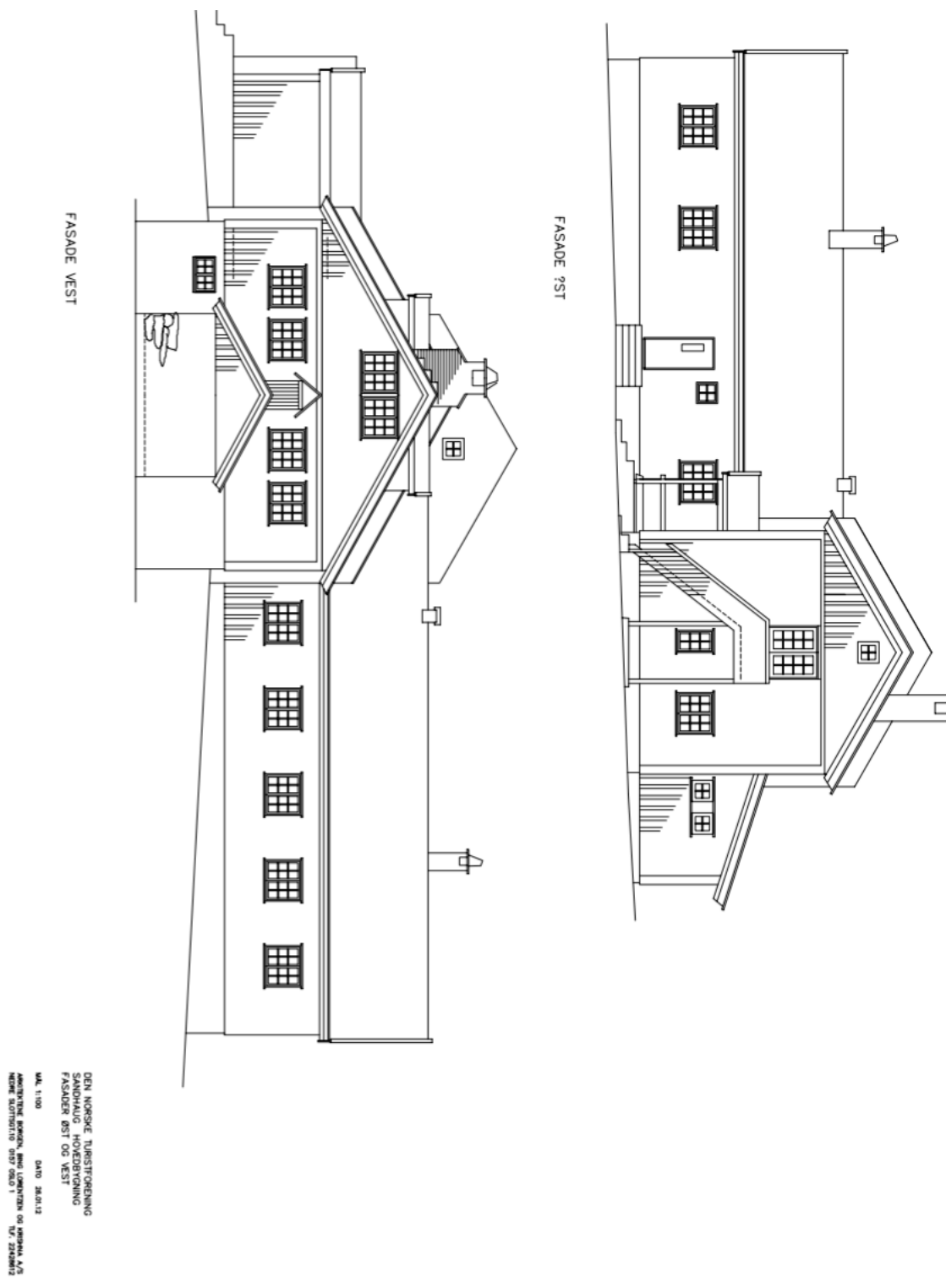
## Figurliste

Figur 1 Åpningstider 2019 Sandhaug [27] .....	11
Figur 2 Kyotopyramiden [4].....	14
Figur 3 Arealfordelingen av tak .....	15
Figur 4 Albedofaktorer fra PVsyst [32].....	16
Figur 5: Ombyggingstegninger. Her vises retningene takene og veggene har .....	30

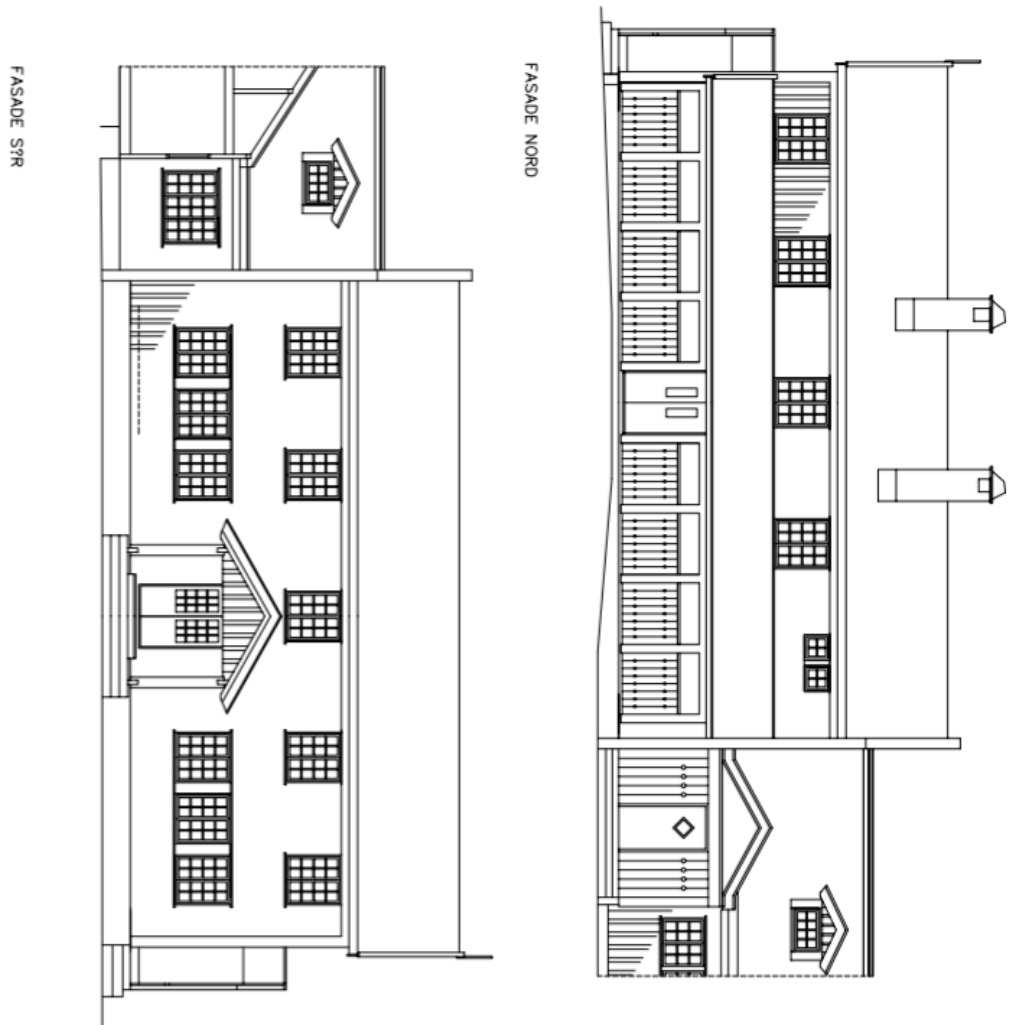
## Tabelliste

Tabell 1 - Totalt energiforbruk [Ark 3 i Excel] .....	23
Tabell 2 - Forbruk per dag høysesong [Ark 3 i Excel].....	23
Tabell 3 - Forbruk per dag åpne dager utenom høysesong [Ark 3 i Excel] .....	23
Tabell 4 - Forbruk vedlikeholdsdager [Ark 3 i Excel] .....	23
Tabell 5 Varmetap vindu [Ark 2 i Excel].....	25
Tabell 6 Varmetap vegger [Ark 2 i Excel].....	26
Tabell 7 Totalt varmetap [Ark 2 i Excel] .....	26
Tabell 8 - Solcelleproduksjon tak [Ark 4 i Excel].....	29
Tabell 9 - Solcelleproduksjon vegg [Ark 4 i Excel].....	29
Tabell 10 Gjennomsnittlig lufttetthet .....	32
Tabell 11 - Produksjonstall EasyWind6 [Ark 6 i Excel].....	32
Tabell 12 - Produksjonstall TurbinX [Ark 6 i Excel].....	33
Tabell 13 Utregninger varmtvannstanker.....	35
Tabell 14 Spesifikk energipris. Antagelser om pris er tatt fra vedlegg 23-28 [Ark 7 i Excel].....	38
Tabell 15 - Kostnad for de forskjellige løsningene [Ark 7 i Excel] .....	38
Tabell 16 - Oppsummering alternativ 1 [Ark 7 i Excel].....	39
Tabell 17 - Oppsummering alternativ 2 [Ark 7 i Excel].....	40
Tabell 18 - Oppsummering alternativ 3 [Ark 7 i Excel].....	40
Tabell 19 - Oppsummering alternativ 4 [Ark 7 i Excel].....	41

## Vedlegg

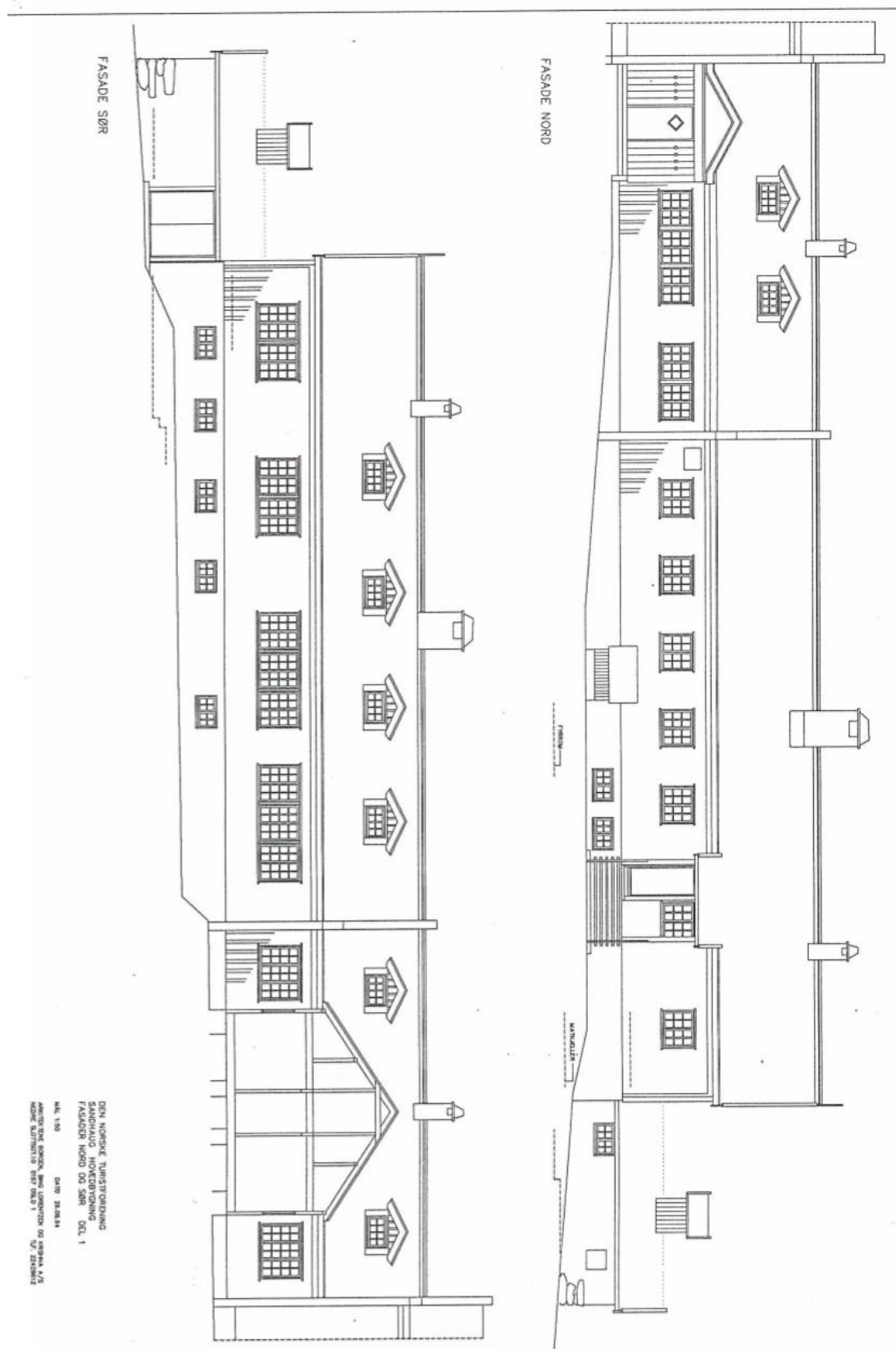


Vedlegg 1 - Byggtegninger

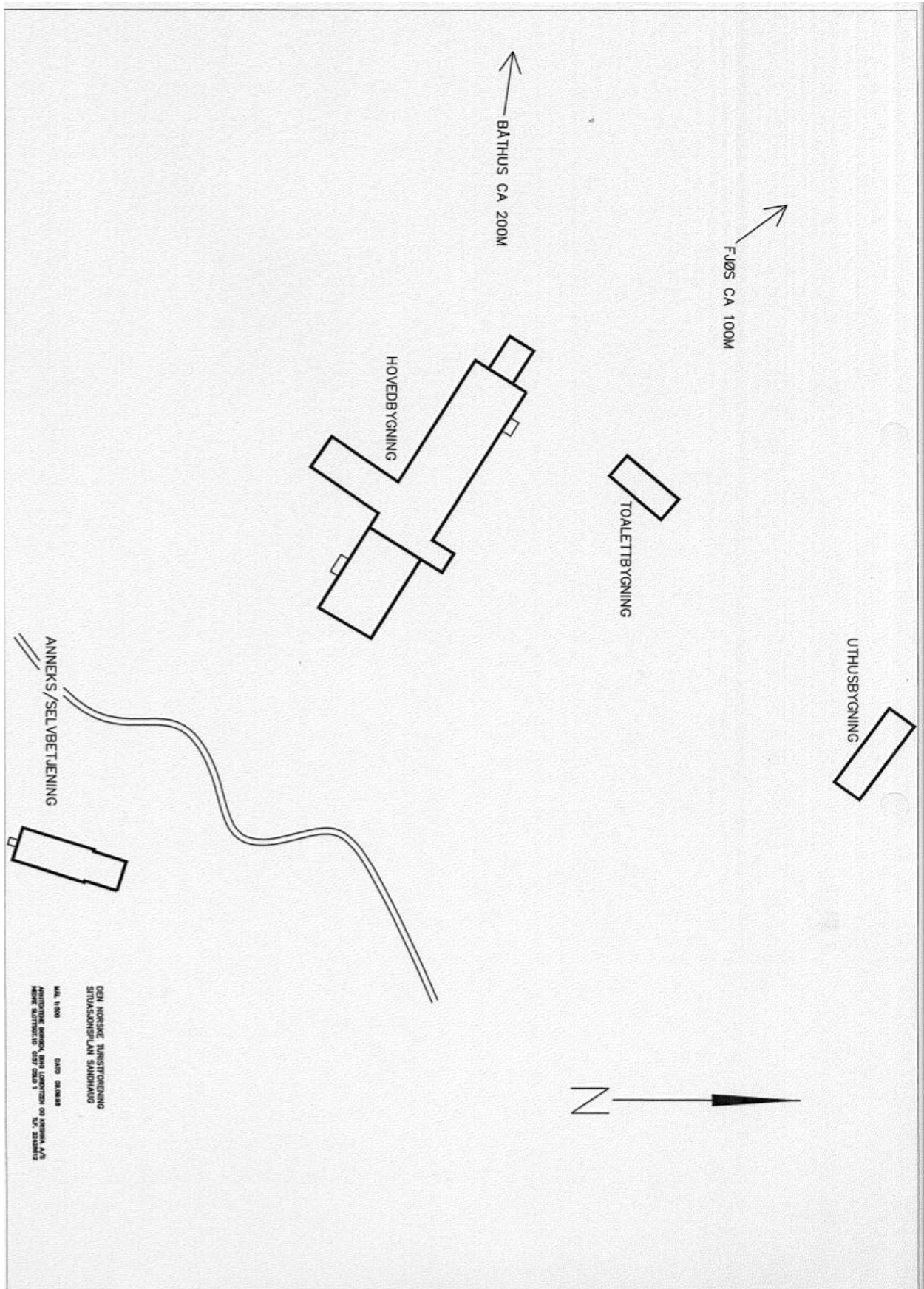


DEN NORSKE TURISTFORENING  
SANDHAUG HOVEDBYGNING-ombygging 2010  
FASADER NORD OG SØR DEL 2  
MÅL 1:100  
DANSK GRÆNSE  
ARKITECTURFIRMAET BOKKEN OG BANG LINDENBAUM AS  
SKEDEN 22A, 0468 OSLO

Vedlegg 2 - Byggetegninger

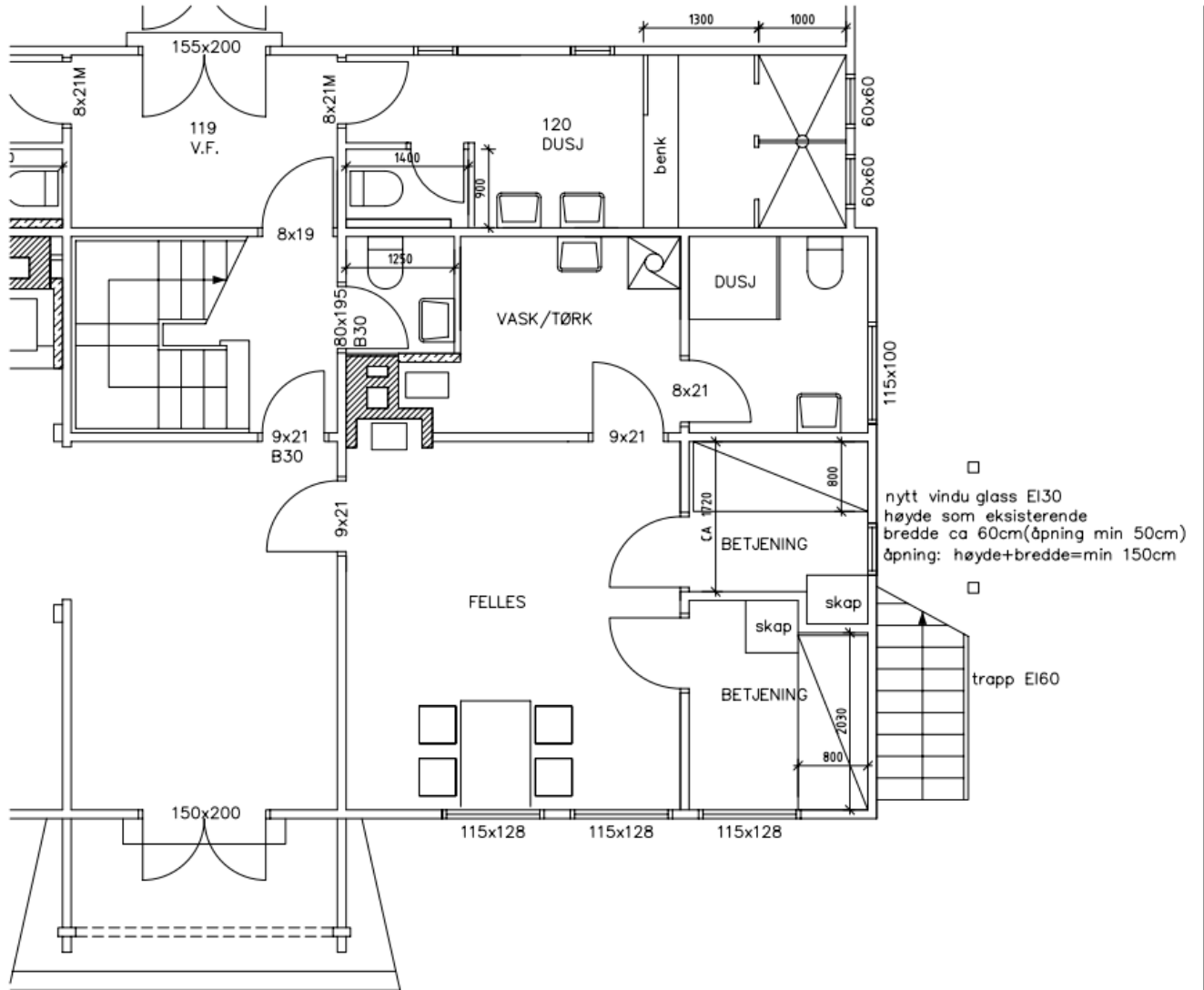


Vedlegg 3 - Byggetegninger



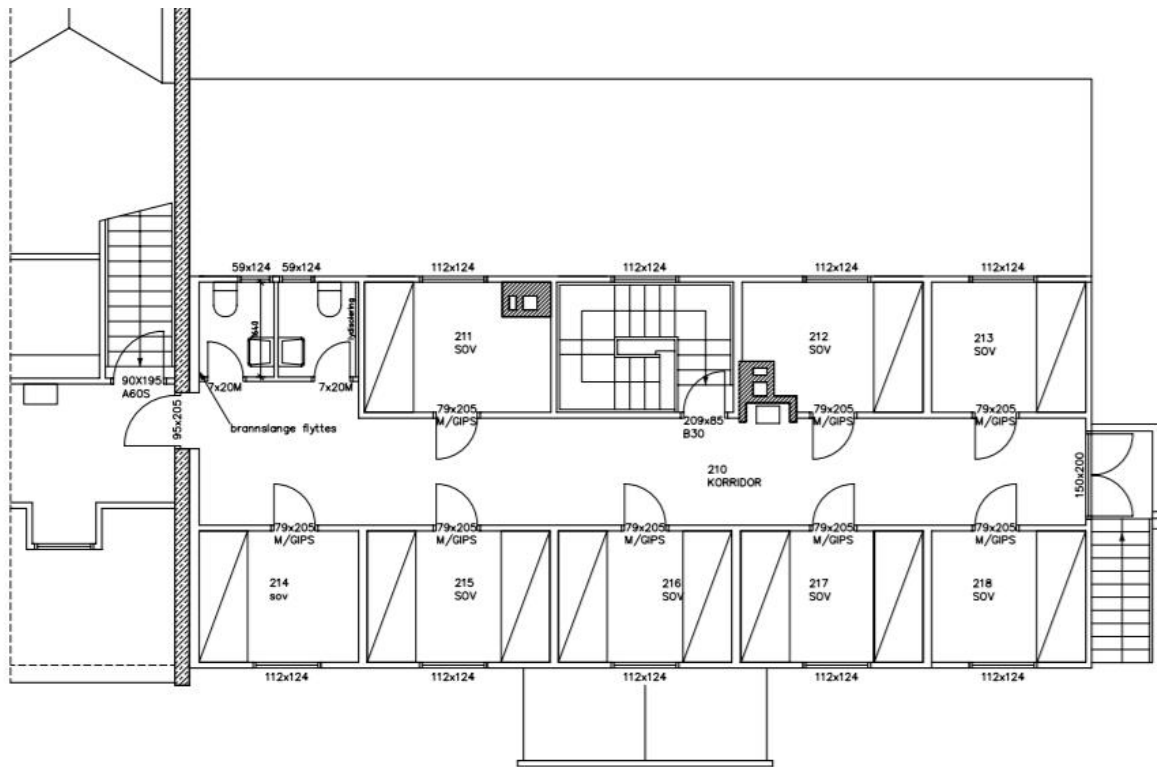
Vedlegg 4 - Situasjonsplan

En mulighetsstudie for fornybare løsninger for Sandhaug turisthytte



Rev.	Dato	Stign.	Kontnr.	Korreksjon	Godkj.
Arkitektkontoret Borgen og Bing Lorentsen AS SANDVIKEN 23C, 0458 GRLO					
DNT Oslo og Omegn <b>SANDHAUG - ombygging 2012</b>					
PLAN 1. ETASJE - BETJENING					Tegn. BG
					Kontnr. KB
Dato	Måst.	Tegn. nr.	Rev.		
26.01.12	1:50				

Vedlegg 5 - Byggtegninger

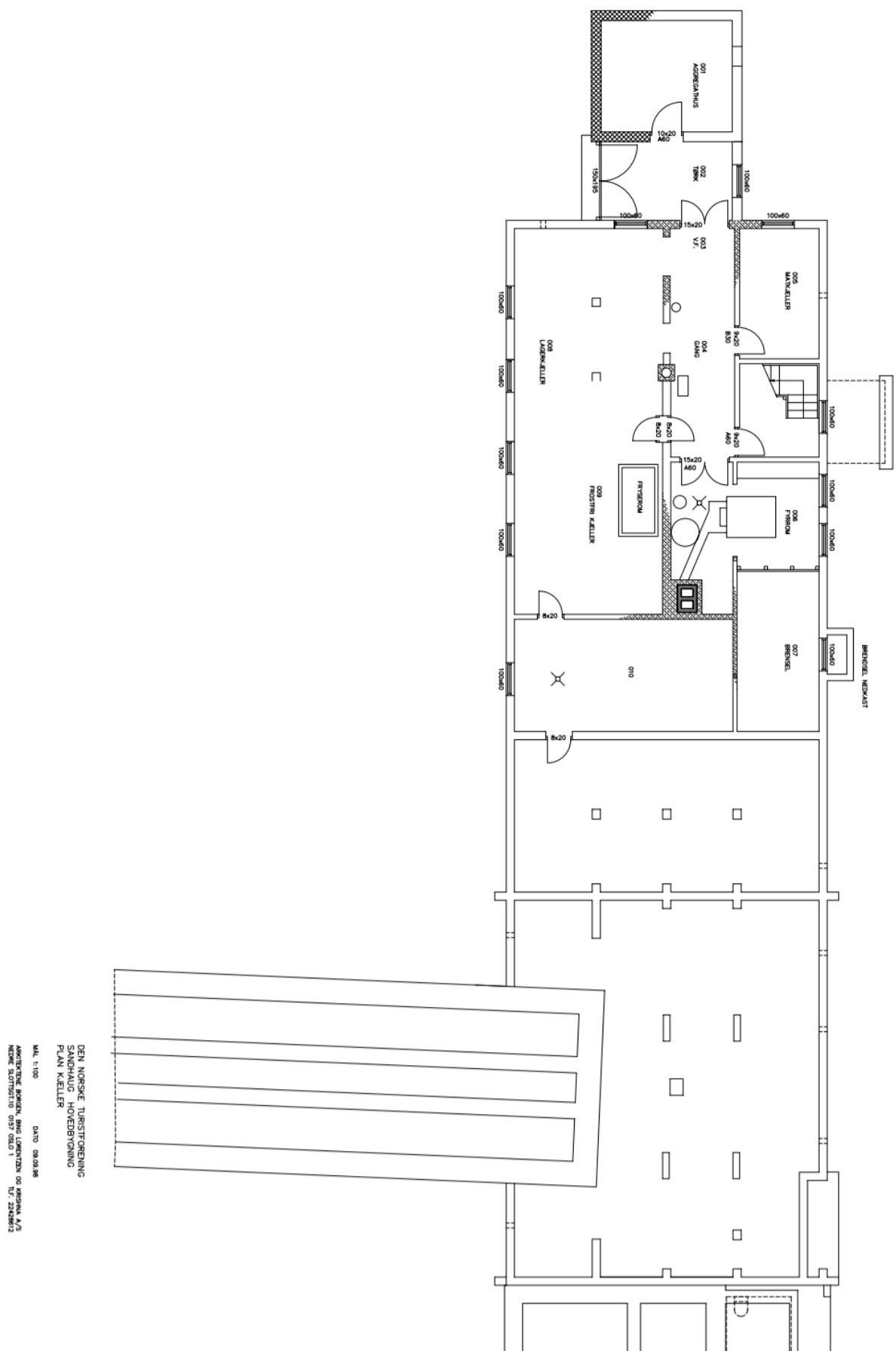


DEN NORSKE TURISTFORENING  
SANDHAUG HOVEDBYGNING--ombygging 2010  
PLAN 2.ETG DEL 2

MÅL 1:100 DATO 02.09.10

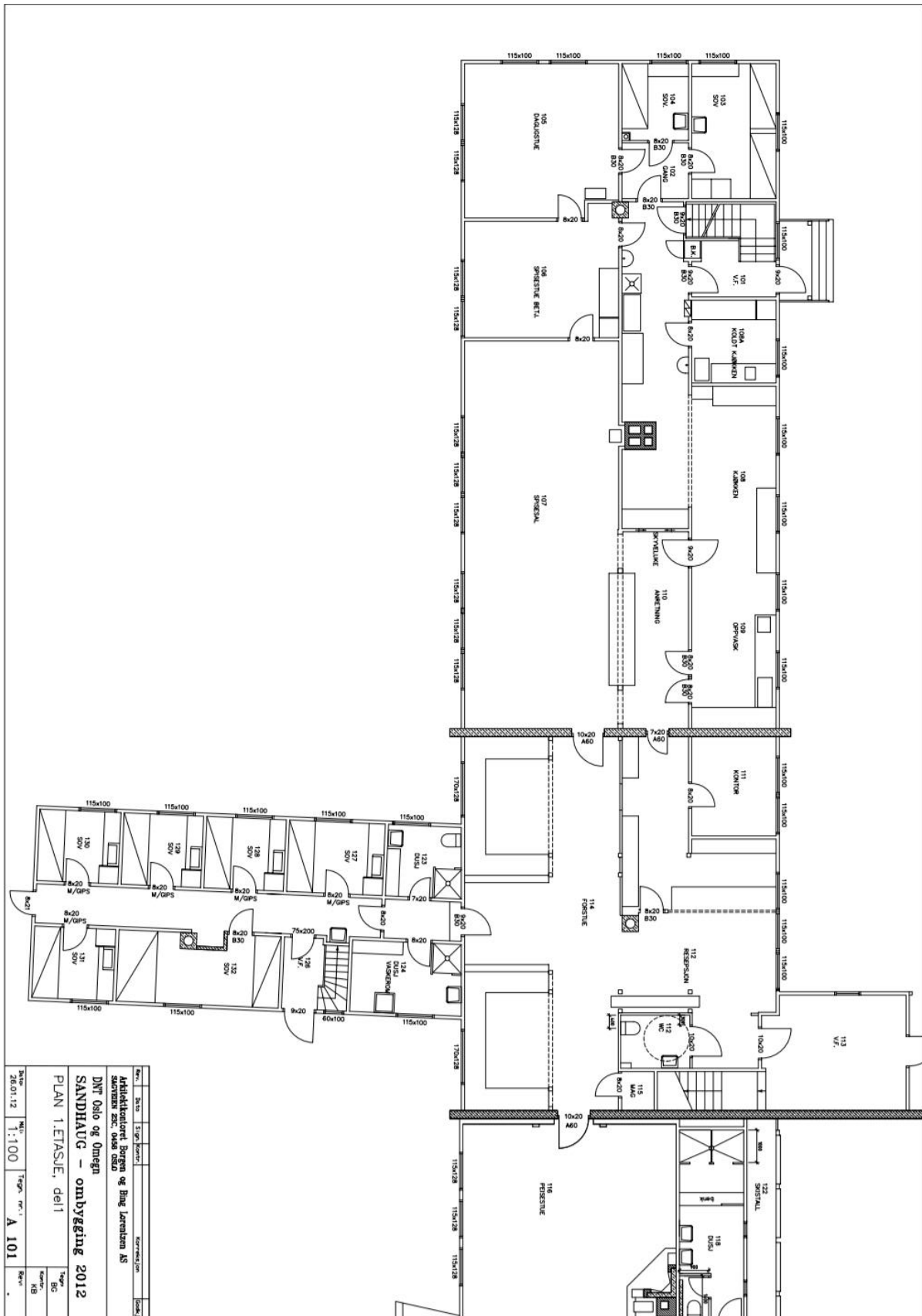
ARKITEKKTOKRETET BORGES OG BING LORENTZEN AS  
SAGVEIEN 23C, 0458 OSLO

Vedlegg 6 - Byggetegninger

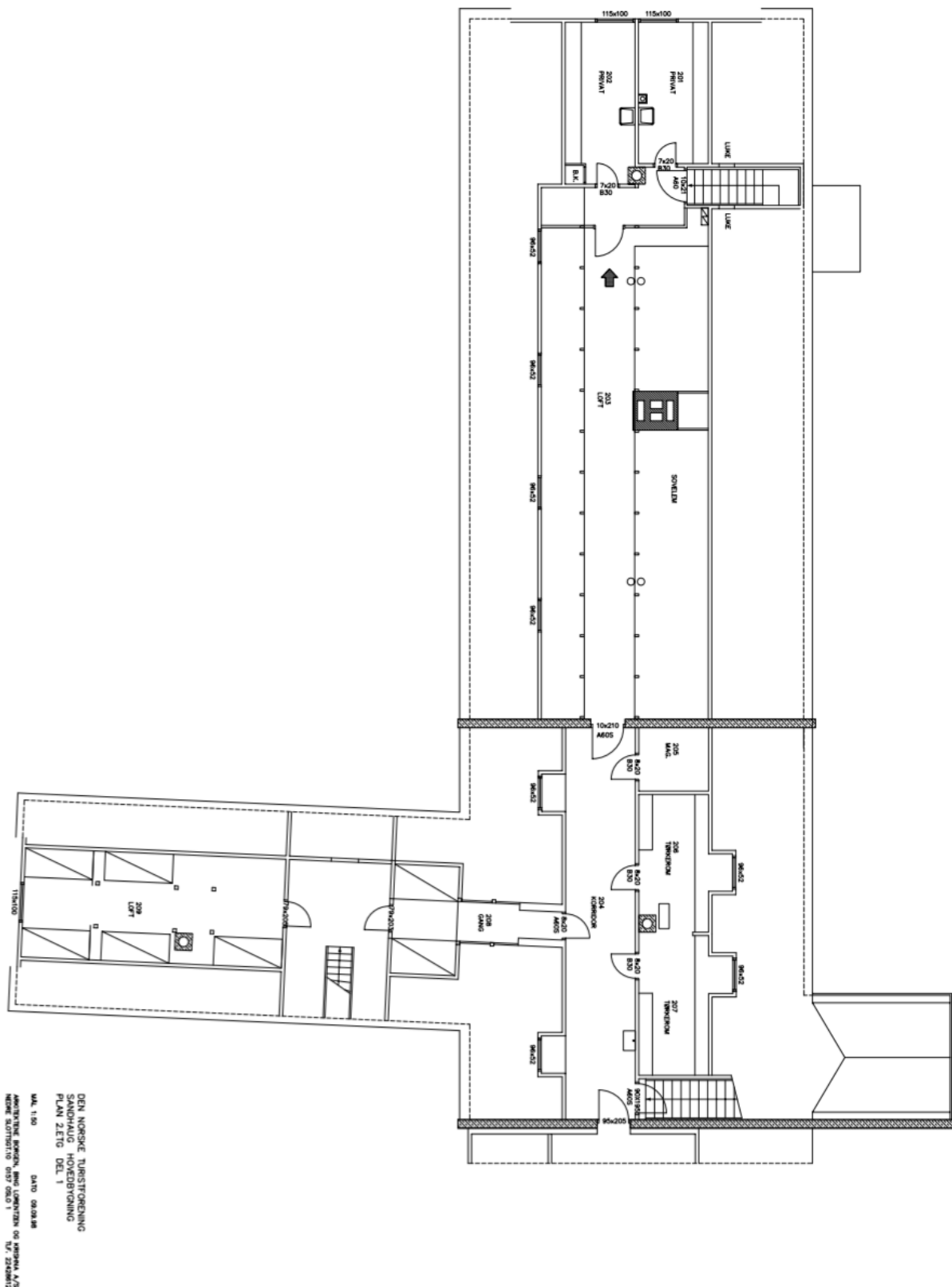


Vedlegg 7 - Byggtegninger

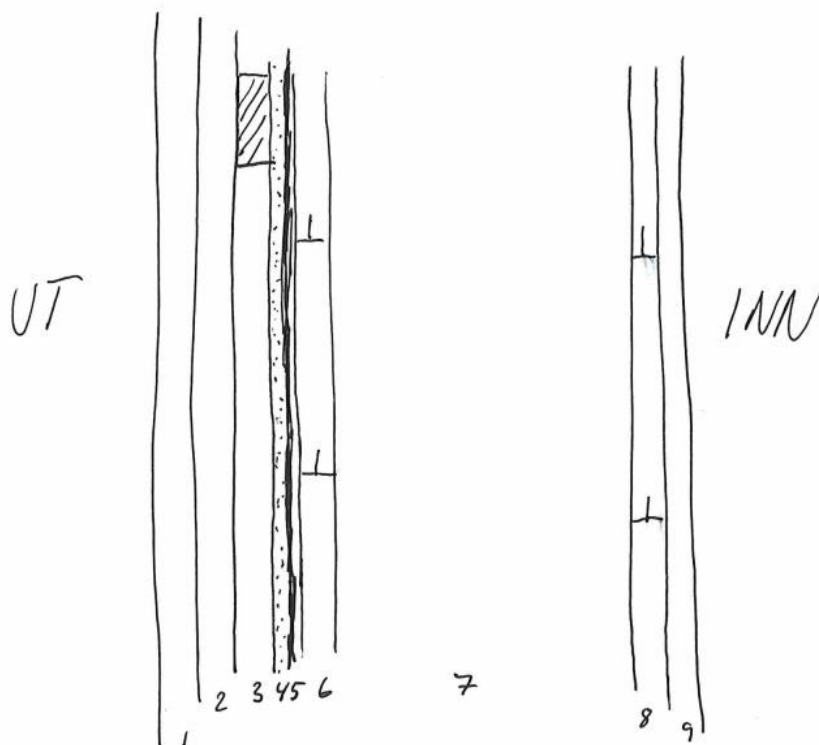




Vedlegg 8 - Byggtegninger

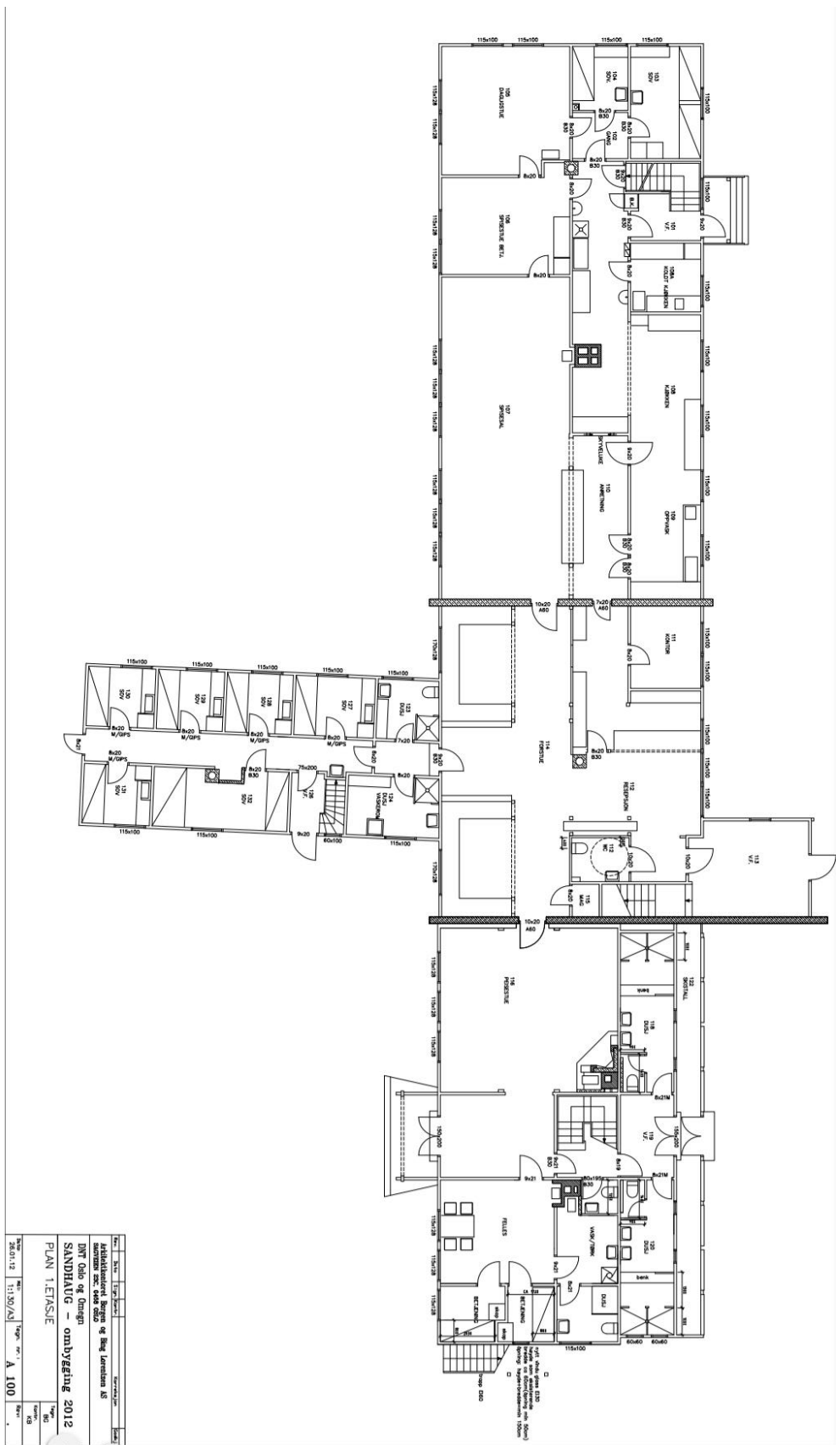


SANDHAUG TURISTHYTTE  
Opplygning av original yttervegg.



Oppbygging av vegg utenfra og inn: (antatt)

- 102 Tømmermannskledning
  - 3 Utleking / luftet hulrom
  - 4 Porøs trefiberplate
  - 5 Asfaltpapp
  - 6 Rupanel
  - 7 5" bindingsverk av skurlast / ingen isolasjon (hulrom)
  - 8 Rupanel
  - 9 Innvendig kledning
- Mulig papp mellom 8 og 9.



Vedlegg 11 - Byggetegninger

## Energirapport Gjendebu 2018

	Sjølvetjening	Vintersesong	Sommarsesong	SUM
Overnattingar inkl telt	177	298	10090	10 565
Vassforbruk, liter		41440	624 098	665 538
Lokal bjørkeved, fast kbm	1,92	0,96	1,92	5
Antatt kwh	4140	2070	4140	10 350
Skrapved, pappemball (tonn)		1,5	1,5	3
Antatt kwh		5000	5000	10 000
Propan, tonn	0,015	0,07	0,37	0
Antatt kwh	192	895	4729	5 815
Fyringsolje, tonn		0,95	0,252	1
Antatt kwh		11348	3010	14 358
Aggregatdiesel, tonn		2,7	16,628	19
Uttatt el-effekt kwh		7772	44499	52 271
Uttatt gjenvinning, varme kwh		5071	35818	40 889
Totalforbruk energi kwh	4332	32155	97196	133683
Kwh pr overnatting	24	108	10	13

Vedlegg 12 - Energirapport

## Vi har stort sett kun 2-lags glass i vinduene på Sandhaug.

### Vedlegg 13 - Epost fra ansatt i DNT (mottatt: 26.04.2019)

Hei igjen

Nå har jeg vært en rask tur i fjernarkivet på jakt etter byggetegninger fra da nåværende Sandhaug ble bygget, evt fra senere tilbygging, uten å finne noe som kan gi den informasjonen du etterspør.

For 3 år siden åpnet vi 3 yttervegger, hhv sydvegg østre fløy, østvegg søndre fløy og søndre gavl søndre fløy. Disse veggene var oppført i 4x4 toms grovt bindingsverk med vindpapp og ett lag rupanel på begge sider. På innsiden var (er fortsatt) veggene kledd med panel. På utsiden var det montert asfalt vindtettplate, lektet ut og panelt med stående tømmermannskledning. Hulrommet var isolert, men ble fylt med innblåst cellulosefibrer. Innvendig gjorde vi ingen ting, mens på utsiden ble det lagt ny asfalt vindtettplate forsterket med vindtett duk for ny utlekting og stående kledning.

Byggmester som er på Sandhaug nå skal åpne vestre yttervegg på søndre fløy og søndre yttervegg på vestre fløy. Den første av disse veggene antar vi er i samme utførelse som det vi fant sist, mens den andre tror vi er bygget i vanlig 2x4 toms lett bindingsverk og isolert med mineralull. Det er her vi mistenker at arbeidet er svært slurvete utført, noe som i så fall blir rettet.

Alle vinduene på søndre yttervegg på vestre fløy blir nå skiftet. Det blir koblete vinduer med ett lag glass i ytre ramme og energiglass i indre ramme.

Østre og søndre fløy har begge kaldt loft hvor himlingsbjelkelaget er isolert.

Kanskje er det også interessant for deg å kjenne til årlig energibruk pr i dag (gjennomsnittlig tall):

Diesel – 11 000 liter  
Pellets – 7 000 kg  
Propan – 360 kg  
Ved – 830 liter (l0s m3)

I tillegg brennes papir- og pappemballasje og kapp fra byggearbeider i ukjent omfang.

### Vedlegg 14 - Epost fra ansatt i DNT (mottatt: 29.04.2019)

Hei

Jeg la merke til at dere gjorde antagelser om hvor varmen fra aggregatet ble tatt inn i varmeanlegget. Vedlegger flytskjemaet fra planleggingen av anlegget. Kanskje den kan hjelpe dere. Den eneste endringen fra det som er vedlagt til sånn som det ble er at oljefyrkjelen ble endret til en 75 kW pelletskjele.

### Vedlegg 15 - Epost fra ansatt i DNT (mottatt: 10.05.2019)

Hei

Dere ser ut til å gjøre en grundig jobb. Her er noen oppklarende (evt. forvirrende) kommentarer:

- Dersom dere har fått oppgitt sprikende forbrukstall på enkelte energibærere kan det skyldes at tallene varierer litt fra år til år. På diesel har vi ikke forbruksmålere i anlegget, så det forbruket som blir oppgitt stort sett er antall liter kjøpt og transportert inn til Krækkja det aktuelle året. Det samme gjelder pellets.
- Aggregatkjøring utenom åpningstid begrenser seg til den tiden det tar å få tilstrekkelig varme i bygget til at vannet kan slippes ut i anlegget før åpning til påskesesongen, tilsvarende til noen dager med forberedelser før sommersesongen, og endelig none dager til nedstenging og vedlikeholdsarbeid om høsten etter stenging. Dere kan regne ca. 3 uker aggregatkjøring i tillegg til åpningstidene som normalt.
- Jeg tror dere opererer med for høy virkningsgrad på strømproduksjon i dieselaggregatet. Sjøl har jeg antatt 32%, men også det er muligens noe høyt. Gjendebu er den hytta som er best på å logge både forbruk og effektuttak, og tallene for 2018 viser en virkningsgrad ned mot 25% på strømproduksjon, enda mindre på varme. Men dette henger en del sammen med hvordan aggregatet brukes. Dersom strømforbruket i perioder er lite nærmer aggregatet seg tomgangskjøring, og da faller virkningsgraden kraftig. På Gjendebu går aggregatet døgnkontinuerlig, noe som trolig gir noe tomgangskjøring.
- Jeg er litt usikker på hva dere mener med energiforbruk på selvbetjeningsdager. Når Sandhaug er selvbetjent brukes hverken diesel eller pellets. Energibruk i selvbetjeningen er tilnærmet neglisjerbart i denne sammenheng.
- Når Sandhaug er selvbetjent er det kun det vesle annekset øst for hovedbygningen som er åpen, ikke selve anlegget. Her kan det se ut til at dere har misforstått. I hvert fall kan en sensor tenkes å misforstå dette. Annekset har ikke innlagt vann, og ikke vannbåren varme. Det har noe lampebelysning, men får ikke strøm når anlegget ikke er betjent. Energiforbruket i annekset i selvbetjent tid er derfor begrenset til vedfyring og forbruk av propangass til matlaging kun når det er gjester der, og er som nevnt neglisjerbart.

### Vedlegg 16 - Epost fra ansatt i DNT (mottatt: 10.05.2019)

Prisen på pelletsovn er: 165 000 kr eks. mva

Prisen på vedkjel er: 89 000 kr eks. mva

Anlegget med vedkjel og pelletsovn + alt av utstyr kostet: 513 752 kr eks. mva

Det nye aggregatet er:

(Gilles, HPK-ra 75 kW) **Tramac, GSW 67p med effekt på 48 kW (60 KVA)**

Fyrkjelen heter:

Lopper **Drummer**, og har en effekt på 35 kW

Pelletsovn er en:

(Tramac, GSW 67p med effekt på 75 kW) **Gilles, HPK-RA 75 kW**

Det aggregatet som ble levert til littlos kostet 191 900 kr eks. mva

#### Vedlegg 17 - Epost fra ansatt i DNT (mottatt: 10.05.2019)

Etter det kan sjå blir bidraget frå reflektert stråling, dvs irradiansen  $F_b$  som treff solcellepanelet etter å ha blitt reflektert frå bakken gitt som

$$F_b = \frac{1}{2} * F_o * R * \sin(u),$$

der  $F_o$  ( $W/m^2$ ) er irradiansen frå sola og atmosfæren som treff bakken, R er albedo og u er takvinkelen ( $u=90$  grader svarar til vertikal vegg).

#### Vedlegg 18 - Epost fra professor ved UIB (mottatt: 07.05.2019)

The 6kW wind turbine on 15m tower with electrical equipment would cost ball park figure of around £23-25,000

#### Vedlegg 19 - Epost fra leverandør av vindturbin (mottatt: 03.05.2019)

Hei

**Prisen på Diesel 2019 er kr 9 pr liter + mva**

**Pelets kr 2,50 pr kilo.**

#### Vedlegg 20 - Epost fra ansatt i DNT (mottatt 13.05.2019)

Hei

Me har fire tanker på 300 liter kva, dei 2 første tar inn kaldt vatn og varmer opp til 50 grader ca med varme gjennvinning frå agregat, varmeveksler på kjølevatn frå motor og eksoskjel, pelletfyr varmer dei 2 siste tankene opp til 70 grader. ca 1500 liter i året.

### Vedlegg 21 - Epost fra ansatt i DNT (06.05.2019)

Hei

Me har eit Aggregat på 48 kw, det er 5 år og gått ca 20000 timer , me skal bytte aggregat i vinter på samme størelse, det er ein Perkins motor.

Me har pellets ovn som me fyrer med på 70 kw og ein fyrklei på 36 kv som me kan brenne ved og papp og brennbart søppe me bruker 1 ved ovn i resepsjon.

Stømmen brukes på lys, kjøkken maskiner og ventilasjon. kjøøl, frys.

Me har ikkje snø på take ,blåser bort.

Me skal skifte nokre vinduer i vinter og etter isolere 2 yttervegger.

Det går cirka 11500 liter med diesel i året på aggregat og ca 8000 kg med pellets.

Ca 3500 liter med diesel i høysesong pr måned.

### Vedlegg 22 - Epost fra ansatt i DNT (20.01.2019)

Vi sliter med å finne takflaten i beregningsprogrammet så jeg bruker de detaljene du har gitt da vil sum på ferdig anlegg uten befaring bli veldig omtrentlig.

Vi vil finne kostnadsmodell som virker men her er en beregning foreløpig. husk at å bygge dette på denne og lignende lokasjoner medfører helt andre kostnader enn i lavlandet hvor belastninger på vind og snø er veldig annerledes så her er det en del usikre faktorer som spiller inn på den endelige prisen.

Da vi ikke finner stedet i beregnings programmet er det også utfordrende å beregne produksjon grunnet ekstreme snøforhold. Om vi tar utgangspunkt at 360 panel produserer ca 284,25 kW pr panel pr år under ideelle forhold blir produksjonen ca 102.300 kW pr år.

Et 300W panel må levere energi i ca 948 timer iløpet av året.

400 m2 takflater ferdig montert med brakett systemer og solpanel beregnet for ekstrem snølast og vindlast med offgrid oppsett vil koste ca.

360 stk 300W Kyocera solpanel blir 108.000W x 17.- pr W inkludert montering og produkter uten frakt, stillas, optimizer og taktekking rundt braketter (da vi ikke vet hvor omfattende dette vil bli) og at vi får montert på hele takflaten, det kan hende vi ikke får på plass alle panelene men dette vil en befaring avgjøre.

ca 1.830.000.-

Pakken inneholder: Kyocera solpanel(eller annet merke med samme kvalitet), Schletter brakett system, kabler, Studer Innotec offgrid Inverter eller Victron og festemateriell til braketter og solpanel

### Vedlegg 23 - Epost fra ansatt i Solteknikk (17.05.2019)



Det er ikke så veldig nøyaktig målene på taket, men har gjort noen estimater som kan skaleres opp og ned(sånn ca.).

**Building 01-Roof Area South**

PV Generator Output	49,91	kWp
PV Generator Surface	261,9	m <sup>2</sup>
Global Radiation at the Module	1098,9	kWh/m <sup>2</sup>
PV Generator Energy (AC grid)	47774,4	kWh/year
Spec. Annual Yield	957,2	kWh/kWp
Performance Ratio (PR)	87	%

**Building 01-Facade South**

PV Generator Output	24,8	kWp
PV Generator Surface	130,2	m <sup>2</sup>
Global Radiation at the Module	855	kWh/m <sup>2</sup>
PV Generator Energy (AC grid)	18159,7	kWh/year
Spec. Annual Yield	732,2	kWh/kWp
Performance Ratio (PR)	85,6	%

**Building 02-Roof Area East**

PV Generator Output	9,3	kWp
PV Generator Surface	48,8	m <sup>2</sup>
Global Radiation at the Module	722,5	kWh/m <sup>2</sup>
PV Generator Energy (AC grid)	5576,2	kWh/year
Spec. Annual Yield	599,6	kWh/kWp
Performance Ratio (PR)	82,9	%

**Building 02-Roof Area West**

PV Generator Output	9,3	kWp
PV Generator Surface	48,8	m <sup>2</sup>
Global Radiation at the Module	812,7	kWh/m <sup>2</sup>
PV Generator Energy (AC grid)	6344	kWh/year
Spec. Annual Yield	682,2	kWh/kWp
Performance Ratio (PR)	83,9	%

Dvs. at i beste tilfelle kan være aktuelt med 75 000 kWt i året, men realistisk er vel kanskje 65 000 i året. Så blir spørsmålet om strømmen kommer når hytten faktisk trenger det.

Det må gjøres en del arbeid før en kan komme med mer nøyaktige estimater på pis.

Typisk kan et anlegg som dette nok havne i området 1 000 000,- eks.mva, til 1 500 000,- eks.mva.

Batterikapasiteten og type vil komme fram under en prosjektering.

Vedlegg 24 - Epost fra ansatt i GETEK (14.05.2019)

## Solcelleanlegg

- Solcelleanlegg installeres på sydvendte takflater basert på SOLARTEK WR-1 festestruktur.
- Realistisk areal ca 127m<sup>2</sup>
- Installert effekt 14,5 kWp
- Beregnet strømproduksjon fra solcelleanlegget 8700 kWh (mars-sept)
- Redusert drivstoff forbruk pga. solcelleanlegget (2600 l/år).

GETEK – energi for miljøet



Vedlegg 25 - Powerpoint GETEK

## Solcelleanlegg

- Dekke ledig takarealer mot Syd, Vest og Øst med høyeffektive solceller (20% virkningsgrad). (ca 252m<sup>2</sup>)
- Installert effekt 40 kWp
- Beregnet strømproduksjon fra solcelleanlegget ca 24 000 kWh (mars-sept)
- Stor sannsynlighet for at takarealene kan utnyttes bedre, vil medføre 20-30% økning. (30 000 kWh).
- 30 000 kWh vil produsere like mye strøm som 9000 liter diesel.

GETEK – energi for miljøet



Vedlegg 26 - Powerpoint GETEK

## Budsjettpris Alt 1

• Solcelleanlegg	250 000,-
• GIS rack	100 000,-
• Batteripakke	100 000,-
• Automatikk	50 000,-
• Installasjon	100 000,-
• Sum:	600 000,-

GETEK – energi for miljøet



Vedlegg 27 - Powerpoint GETEK

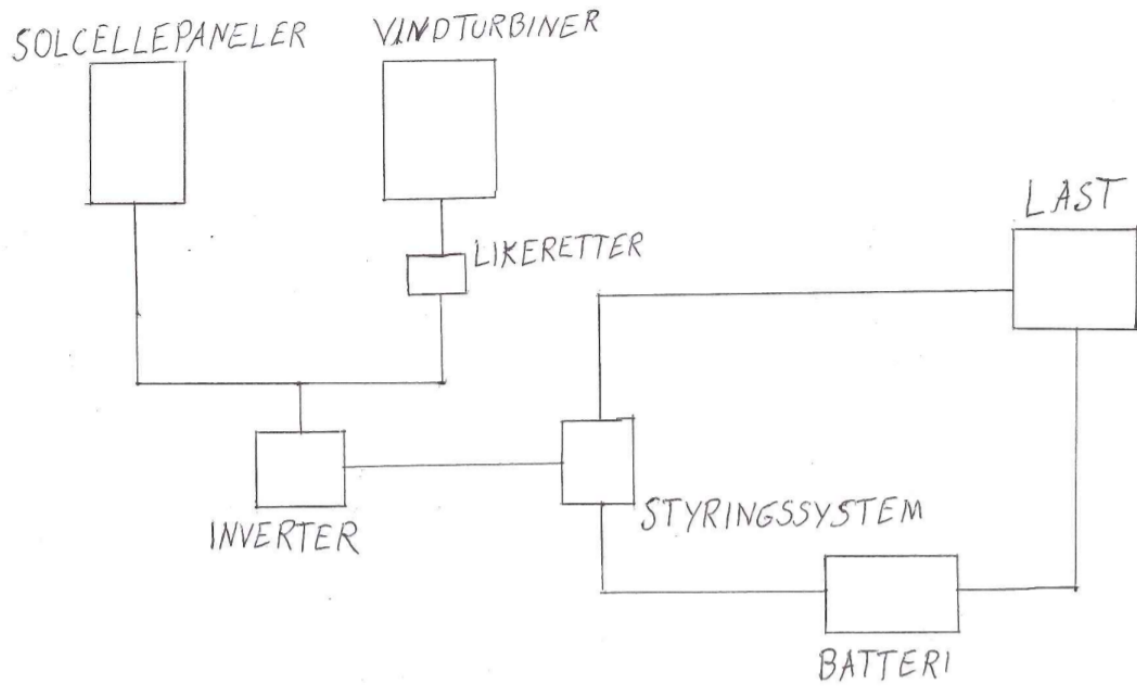
## Budsjettpris Alt 2

• Solcelleanlegg	800 000,-
• GIS rack	200 000,-
• Batteripakke	250 000,-
• Automatikk	100 000,-
• Installasjon	250 000,-
• Sum:	1 600 000,-
• Vindkraftverk	400 000,-

GETEK – energi for miljøet



Vedlegg 28 - Powerpoint GETEK



Vedlegg 29 - Hvordan anlegget vil se ut



