

Mulighetsstudie vedrørende potensialet for installasjon av solcelleanlegg på skoler og folkehøyskoler i Akershus fylkeskommune

Oppdragsgiver
Akershus fylkeskommune

TEMA
BAPV solkraft

DATO: / REVISJON: 26.06.2019 / 01

DOKUMENT KODE: 10210841-01-RIEn-RAP-001



Multiconsult

This report has been prepared by Multiconsult on behalf of Multiconsult or its client. The client's rights to the report are regulated in the relevant assignment agreement. If the client provides access to the report to third parties in accordance with the assignment agreement, the third parties do not have other or more extensive rights than the rights derived from the client's rights. Any use of the report (or any part thereof) for other purposes, in other ways or by other persons or entities than those agreed or approved in writing by Multiconsult is prohibited, and Multiconsult accepts no liability for any such use. Parts of the report are protected by intellectual property rights and/or proprietary rights. Copying, distributing, amending, processing or other use of the report is not permitted without the prior written consent from Multiconsult or other holder of such rights.

REPORT

PROSJEKT	AFK Sol Skoler	DOCUMENT CODE	10210841-01-RIEn-RAP-001
SUBJECT	Solstrøm	ACCESSIBILITY	Open
CLIENT	Akershus fylkeskommune	PROJECT MANAGER	Håkon Duus
CONTACT	Jan Erik Holmberg	PREPARED BY	Sharon Nytte, Per Lindberg, Håkon Duus

Sammendrag

Denne rapporten forteller om hvilke bygg og takflater som bør prioriteres for utbygging av solcelleanlegg. Det gis også en indikasjon på hvor stor del av de tilgjengelige takflatene som bør utstyres med solcellepaneler. I tillegg foreslås også en metode for å kjøpe inn solcelleanlegg, slik at riktig pris erholdes. De viktigste risikoelementene er diskutert. Til sist er noen nøkkelparameter presentert i større detalj for å motivere anbefalingene.

Fem skoler er identifisert som potensielle lokasjoner for etableringen av solcelleanlegg. Følgende liste beskriver anbefalt prioriteringsrekkefølge:

Prio.	Skole/folkehøy skole	Kommentar
1	Mailand	Svært enkel bygging. Kan vurdere noe redusert størrelse
2	Follo, bygg A	Enkel bygging. Bør redusere utbyggingen noe
3	Strømmen	Prioriter bygg B. Vurder mindre arealer av A og C
4	Hvam	Noe splittet mellom flere ulike bygg.
5	Romerike	Taksteinstak. Svært splittet. Bygg bare noe smått på de beste flatene.

Det er mulig å få god økonomi i de fleste anleggene, hvis utbyggingen skjer i henhold til anbefalingene i denne rapporten. Det beste tenkbare internal rate of return er 6.1 %, inkludert de relevante tapene og driftsbetingelsene. Disse funnene og denne rapporten, inkludert appendiks, er å anse som et malverk og kan også brukes til å identifisere andre aktuelle bygg, som ikke er vurdert i denne rapporten.

01	28.06.2019	Overlevert rapport	PFL, SN, HD	HD	HD
00	18.06.2019	Draft	PFL		
REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED BY	CHECKED BY	APPROVED BY

INNHold

Sammendrag	4
1 Introduksjon	7
1.1 Metode	7
2 Lokasjoner/skoler og resultater	8
2.1 Follo folkehøyskole betingelser	9
2.2 Follo folkehøyskole resultater	9
2.3 Hvam videregående skole betingelser	11
2.4 Hvam videregående skole resultater	11
2.5 Mailand videregående skole betingelser	12
2.6 Mailand videregående skole resultater	12
2.7 Romerike folkehøyskole betingelser	14
2.8 Romerike folkehøyskole resultater	15
2.9 Strømmen videregående skole betingelser	15
2.10 Strømmen videregående skole resultater	16
2.11 Sammenligning/prioritering	17
2.12 Drift	17
2.13 Skjulte kostnader og risikoer	17
2.14 Anskaffelsesprosessen	18
2.15 Pris	19
3 Konklusjon	20
4 Appendiks	21
4.1 Solenergi i Norge	21
4.2 Montasjeutstyr	21
4.3 Solcellepaneler	23
4.4 Plusskundeordningen	24
4.5 Nøkkeltall	25
4.6 Best case	31
4.7 Typisk strømproduksjon	32

FIGURER

Figur 1 Follo folkehøyskole	9
Figur 2 Hvam videregående skole	11
Figur 3 Mailand videregående skole	12
Figur 4 Romerike folkehøyskole	14
Figur 5 Strømmen videregående skole	15
Figur 6 tilgjengelig solinnstråling	21
Figur 7 Typisk øst/vest installasjon på et tak i Oslo. Bilde: Multiconsult	21
Figur 8 Sør konfigurert solcelleanlegg, bilde fra montasjesystemleverandøren K2	22
Figur 9 Solcellepaneler montert på blikkplate tak. Bilde: Skagerak energi	22
Figur 10 Skinner for montasje av paneler, venstre. Festebrakett som går inn mellom taksteinene, høyre	23
Figur 11 Lærerrate for prisen til solcellepaneler	23
Figur 12 Simuleingsresultat for et solcelleanlegg uten skygging fra bygget, kun fra rad til rad innat i solcellematrisen	32
Figur 13 Sammenligning av daglig strømproduksjon mellom et øst/vest og sørvendt solcelleanlegg. x-aksen viser månedene og dagene i året. Begge grafer er plottet på samme y-akse	33

TABELLER

Tabell 1 Skygging fra snø og støv i henhold til NS 3031	8
Tabell 2 Follo folkehøyskole, bygg A og B	10
Tabell 3 Hvam videregående skole	12
Tabell 4 Mailand videregående skole	13
Tabell 5 Den sørvendte takflaten på bygg A på Romerike folkehøyskole	15

Tabell 6 Strømmen videregående skole.	16
Tabell 7 Sammenstilling av prioriteringsrekkefølgen.	17

FORKORTELSER

Asimut	Himmelretning. Asimut=0 betyr at solcelleanlegget heller rett mot sør. Dette må ikke forveksles med helling på panelene som enten følger takets helling, eller er vinklet til 10 grader for at regnvann skal renne av.
PV	Fotovoltaisk.
NPV	Netto nåverdi.
Yield	Spesifikk ytelse, måles i kWh/(kWp år).
kWp	Merkeeffekten til solcellepanel/solcelleanlegg. Måles i kWp.
Tilbakebetalingstid	Det antall år som nåverdien må summeres over for at NPV skal bli positiv.
Solstrøm	Strøm produsert fra solcelleanlegg.
Egetforbruk	Hvor stor del av strømforbruket som dekkes av lokalprodusert solstrøm.
AFK	Akershus fylkeskommune
Streng	Betyr typisk i denne sammenheng en et antall seriekoblede solcellepaneler.
Vekselretter	Kraftelektronikk som konverterer strengens DC strøm, og tilpasser den til byggets AC strøm. Vekselretteren har i tillegg flere andre funksjoner.
IRR	Internal rate of return.

1 Introduksjon

Akershus fylkeskommune (AFK) har engasjert Multiconsult for å gjennomføre en analyse over mulighetene for å installere solcelleanlegg ved fem ulike skoler/folkehøyskoler i Akershus:

Follo folkehøyskole

Hvam videregående skole

Mailand videregående skole

Romerike folkehøyskole

Strømmen videregående skole

Disse skolene har til synes lite skygging fra omkringliggende bygninger, det er ikke planlagt vedlikehold av tak og fasade i nær fremtid, og takene ser ut til å være godt egnet for installasjon av solcellepaneler.

Denne studien ser på samspillet mellom nøkkelfaktorer som yield, egenforbruk og installasjonspris. Yield er den simulerte årlige solinnstrålingen delt på installert effekt, og fungerer dermed som et mål for hvor godt solcelleanlegget produserer strøm.

Takenes bæreevne er ikke vurdert i denne studien. Det er heller ikke vurdert motstandsevnen mot linjelast fra montasjesystemet for solcellepanelene. For eksempel vil lasten fra snø som legger seg oppå solcellepanelene fokuseres ned i føttene til montasjesystemet, og dermed skape større lokalt trykk/linjelast.

Solcelleanlegg er forholdsvis enkle å drifte, men det er viktig å være klar over at det vil alltid medføre noe arbeid med tanke på overvåkning, drift og service. Mye av arbeidet med driften av et solcelleanlegg kan gjøres av drift ved skolene. Den viktigste delen av den daglige driften av et solcelleanlegg er å følge med på eventuelle varsler som styringssystemet rapporterer.

1.1 Metode

Hver lokasjon er observert fra flyfotobilder, hvilket gir et godt innblikk i de overgripende betingelsene til lokasjonen. Det er mulig, fra flyfotobilder, å vurdere om arealene er tilstrekkelig store for å montere solcellepaneler og hvorvidt det er skyggende elementer på eller fremfor takflatene. Hva som ikke kan vurderes er taket oppbygging, bæreevne eller motstandsevne mot linjelast. Det er heller ikke mulig å vurdere hvorvidt det vil tilkomme nye bygg eller trær foran takflatene i årene som kommer.

Basert på erfaring fra tidligere installasjoner velges de flater som bør vurderes nærmere. Det etableres en skyggemodell i simuleringsprogrammet PVsyst™ basert på egenproduserte 3D modeller. Deretter prosjekteres solcelleanlegget, også i PVsyst™. PVsyst™ stiller store krav til brukeren men gir treffsikre resultater og er det eneste simuleringsprogram for solcelleanlegg som er godkjent av banker og andre finansielle institusjoner.

De mest innflytelsesrike parameterne som inngår i simuleringen er:

Solinnstrålingsgrunnlaget

Snø/homogen skygging fra støv

Komponenter (paneler og vekselrettere)

Prosjektering

NASA SSE er valgt som solinnstrålingsgrunnlag.

Den homogene skyggingen er vurdert for hver lokasjon i henhold til NS 3031. For eksempel:

Tabell 1 Skygging fra snø og støv i henhold til NS 3031

Skole	Jan	Feb	Mars	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
Follo	60	75	60	2	2	2	2	2	2	2	15	45
Romerike	20	25	20	2	2	2	2	2	2	2	5	15

Det er valgt solcellepaneler fra Jinko Solar og vekselrettere fra Fronius™. Begge disse er velrennomerte og har god levedyktighet. De valgte solcellepanelene er på 280 Wp. Det er dermed mulighet for å erstatte disse solcellepanelene til paneler med høyere ytelse hvis det er interesse for å installere et anlegg med høyere nominell effekt. 280 Wp paneler er per i dag billige, mens paneler med høyere nominell effekt begynner å bli mer og mer vanlige. Hvis installasjonene gjennomføres først etter et eller to år vil best kost/nytte verdi ivaretas med paneler med høyere nominell effekt enn 280 Wp.

Kombinasjonen av solcellepaneler, lengde på strenger og valg av vekselrettere er gjort av erfarne ingeniører på Multiconsult og gir best mulig systemvirkningsgrad, med de valgte komponentene.

Time for time strømproduksjonen for et helt år korreleres mot time for time strømforbruket ved skolene. Hver time med overproduksjon selges til spotpris, mens all strøm som brukes internt i bygget resulterer i besparelse for spotpris, påslag, effektledd og de variable delene av nettleien. Det er dermed mye bedre økonomi i å dimensjonere solcelleanlegget slik at minst mulig strøm selges ut på nettet.

Nettonåverdi, egenforbruk og tilbakebetalingstid beregnes ved hjelp av et verktøy utarbeidet av Multiconsult.

Ved beregning av Internal Rate of Return (IRR) brukes følgende parametre:

25 år levetid.

Ett bytte av vekselretter.

Årlig drift og vedlikehold av solcelleanlegget er satt til 0.5 % av investeringspris.

Dett er typiske parametere som anses som bransjestandard.

Investeringspris er satt til 7 kr/Wp. 7 kr/Wp er hva som er forventet i 2020 for utbygging på flate tak hvor anlegget er minimum 100 kWp. Ved utbygging etter 2020 er investeringsprisen forventet å synke ytterligere.

NVEs prognose «Kraftmarkedsanalyse» er bruk som grunnlag for kommende års strømpriser. Kraftmarkedsanalysen strekker frem til 2030, deretter er det siste års strømpris brukt for nåverdberegninger i de følgende 14 år, frem til 2044.

2 Lokasjoner/skoler og resultater

Dette avsnittet presenterer hver enkelt lokasjon og betingelsene for denne lokasjonen, deretter presenteres beregningsresultatene.

2.1 Follo folkehøyskole betingelser



Figur 1 Follo folkehøyskole.

Både hovedbygningen (A) og den mindre bygningen (B) med rødt tegltak er vurdert.

I utgangspunktet ser Follo folkehøyskole ut til å være en god lokasjon for installasjon av solcellepaneler. Det er store tilgjengelige flater, det er svært lite skygging fra horisonten (0.92 %), og det er ikke noe skyggende objekter foran bygningen, Figur 1. Den lavere delen av taket, på østsiden av bygget er noe skygget av den høyere delen av bygget og av trærne som står foran. Det anbefales ikke å inkludere denne delen av bygget til solcellepaneler, hvis best mulig nåverdi etterstrebes.

Det ser ut til å være forholdsvis god tilgjengelighet for kranbil, til løfting av materiell opp på taket.

Det er sannsynlig at vekselretterne kan plasseres oppå taket. Dermed beskyttes vekselretterne fra hærverk og plasseringen tillater god lufting. I tillegg kan vekselretteren fungere som DC-bryter, hvilket innebærer at strømmen brytes oppå taket i tilfelle brann eller strømstans og mates ikke inn i bygget. Det er også billig å plassere vekselrettere oppå taket.

2.2 Follo folkehøyskole resultater

Yield for den mindre bygningen (B) er svært høy, med hele 948 kWh/(kWp år), Tabell 2. Dette kommer av særdeles gunstig helling på taket og asimut. Det må derimot medregnes at denne installasjonen blir vanskelig å regne hjem, grunnet av høyere installasjonspris, se 4.2.

Hovedbygget har typisk yield for et flatt solcelleanlegg ved denne lokasjonen.

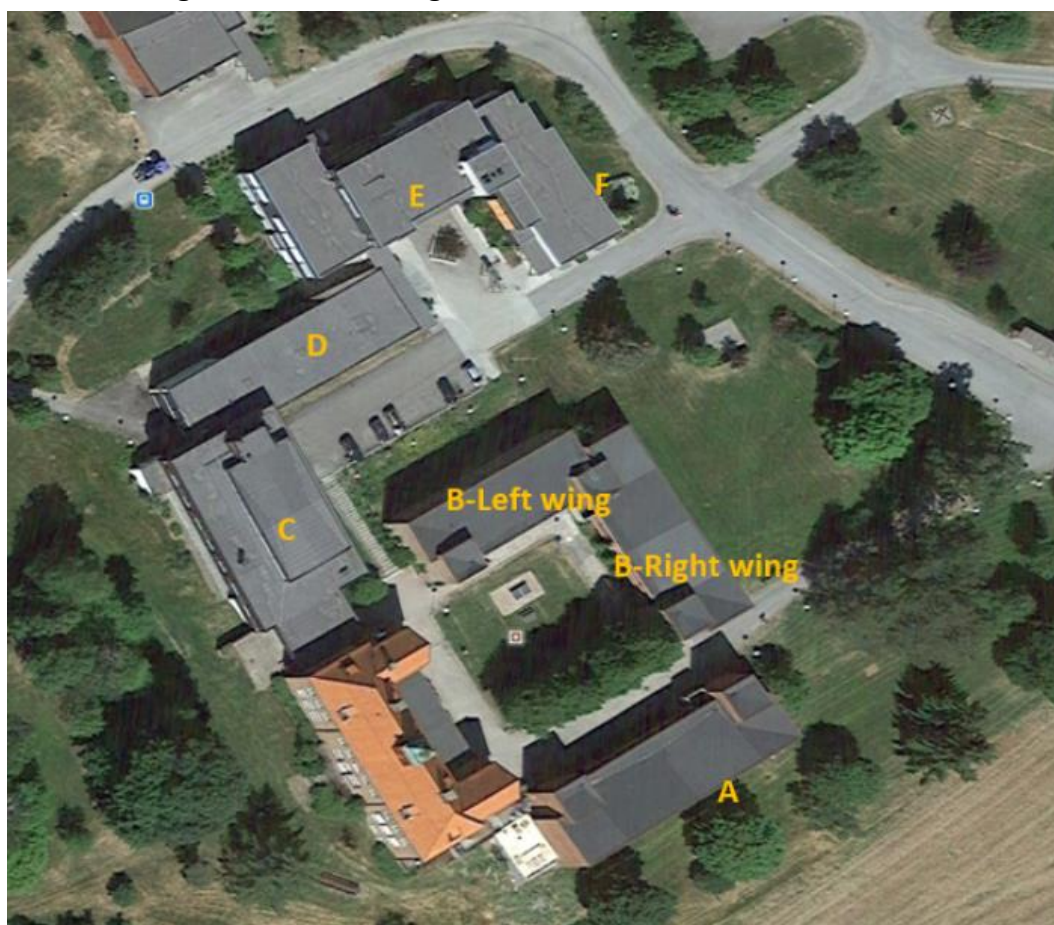
Tabell 2 Follo folkehøyskole, bygg A og B.

Bygg A	
Installert kapasitet (kWp)	175
Yield (kWh/(kWp år))	792
Strømproduksjon (kWh/år)	138 600
Kostnad ± 10 % (kr)	1 225 000
IRR (%)	4.3
Bygg B	
Installert kapasitet (kWp)	14
Yield (kWh/(kWp år))	948
Strømproduksjon (kWh/år)	13 268
Kostnad ± 15 % (kr)	140 000

IRR er noe lav, med tanke på ellers gunstige forhold. Dette kommer av at egetforbruket er noe lavt, kun 76 %.

For å få best mulig økonomi ved utbygging av solcelleanlegg på Follo Folkehøyskole bør det vurderes å bygges et mindre solcelleanlegg på taket av bygning A. Et solcelleanlegg på taket av bygning B vil være vanskelig å regne hjem, men er godt synlig fra bakken og kan dermed bidra til visualisering av solkraft.

2.3 Hvam videregående skole betingelser



Figur 2 Hvam videregående skole.

I utgangspunktet ser Hvam videregående skole ut til å være en god lokasjon for installasjon av solcelleanlegg, men bygget er noe fragmentert med mange ulike flater, hellinger og bygg. Det er svært lite skygging fra horisonten. Det er noe skygging mellom byggene. Trær på gårdsplassen og på sydøst siden av bygget kaster litt skygger på taket. Det kan tenkes at trærne vokser med årene og skaper større skyggeproblematikk.

Det ser ut til å være god tilgjengelighet for kranbil til løfting av materiell opp på taket.

Det er sannsynlig at vekselretterne kan plasseres oppå taket.

2.4 Hvam videregående skole resultater

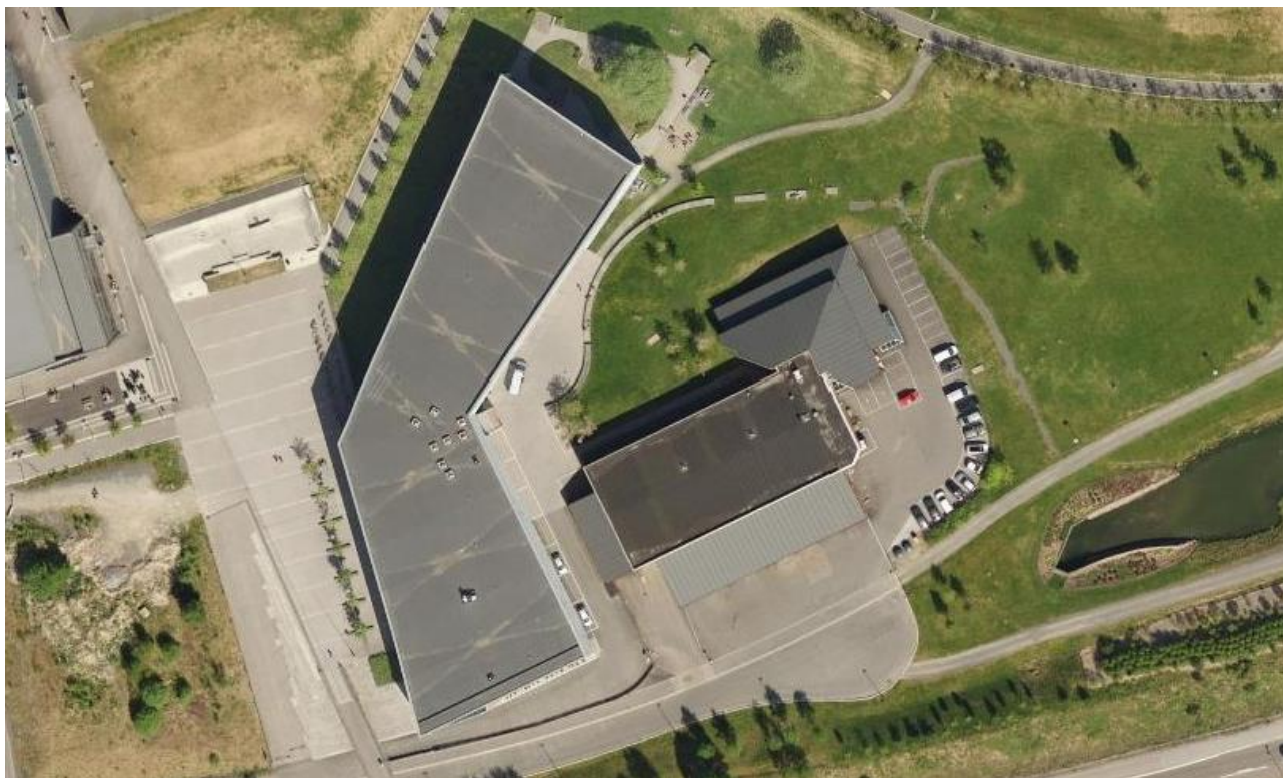
Yield for alle de flate takene på Hvam videregående skole er noe lavere enn for Follo folkehøgskole. Dette kommer av lokale skygger og et noe fragmentert bygg. Selvforbruket (97 %) er høyere hvilket trekker IRR opp noe, Tabell 3.

Tabell 3 Hvam videregående skole

Bygg A, B, C, D, E og F	
Installert kapasitet (kWp)	305
Yield (kWh/(kWp år))	737
Strømproduksjon (kWh/år)	224 858
Kostnad ± 10 % (kr)	2 136 680
IRR (%)	4.5

Det er lite å vinne på å skalere ned installasjonen, for å øke selvforbruket. Det er også trolig at installasjonen vil være noe dyrere enn ved de minst fragmenterte byggene. Hvam er ikke et prioritert objekt.

2.5 Mailand videregående skole betingelser



Figur 3 Mailand videregående skole.

Mailand videregående skole er en svært god lokasjon for bygging av solcelleanlegg. Det er én samlet flate med god tilgang for løft av paneler og komponenter opp på bygget. Det er noen tekniske installasjoner som stjeler av det tilgjengelige arealet, men totalt sett er dette en god lokasjon, Figur 3. Ved full utbygging vil ikke all strøm forbrukes av bygget, hvilket trekker ned IRR noe.

2.6 Mailand videregående skole resultater

Egetforbruket, ved full utbygging er kun 80 %, mens yield er høy ved Mailand videregående skole,

Tabell 4.

Tabell 4 Mailand videregående skole.

Hele taket	
Installert kapasitet (kWp)	320
Yield kWh/(kWp år)	783
Strømproduksjon (kWh/år)	250 621
Kostnad ± 10 % (kr)	2 240 000
IRR (%) ved 80 % selv forb.	4.4
IRR (%) ved 100 % selv forb.	5.3

Det er mulig å øke IRR noe ved å øke egetforbruket ved å nedskalere utbyggingen noe og bare bruke de delene som er best egnet. Vi har tatt utgangspunkt i samme nominelle installasjonspris ved alle lokasjoner, men det er mulig at denne installasjonen vil være en av de aller billigste, hvilket naturligvis også bidrar til økt IRR. Mailand videregående skole bør være en prioritert lokasjon.

2.7 Romerike folkehøyskole betingelser



Figur 4 Romerike folkehøyskole.

Romerike folkehøyskole består av flere bygginger hvor flere av disse har en godt egnet helling, hvilket gir god yield. Dessverre er takene dekket med takstein, hvilket øker installasjonskostnadene. Siden anleggene vil være distribuert over flere ulike bygginger må enhver bygging utstyres med en egen vekselretter, tavle, brytere og tilkobling til byggenes egne elektriske system, hvilket også øker installasjonskostnadene. Det er likevel forholdsvis enkelt å sette opp stilas.

2.8 Romerike folkehøyskole resultater

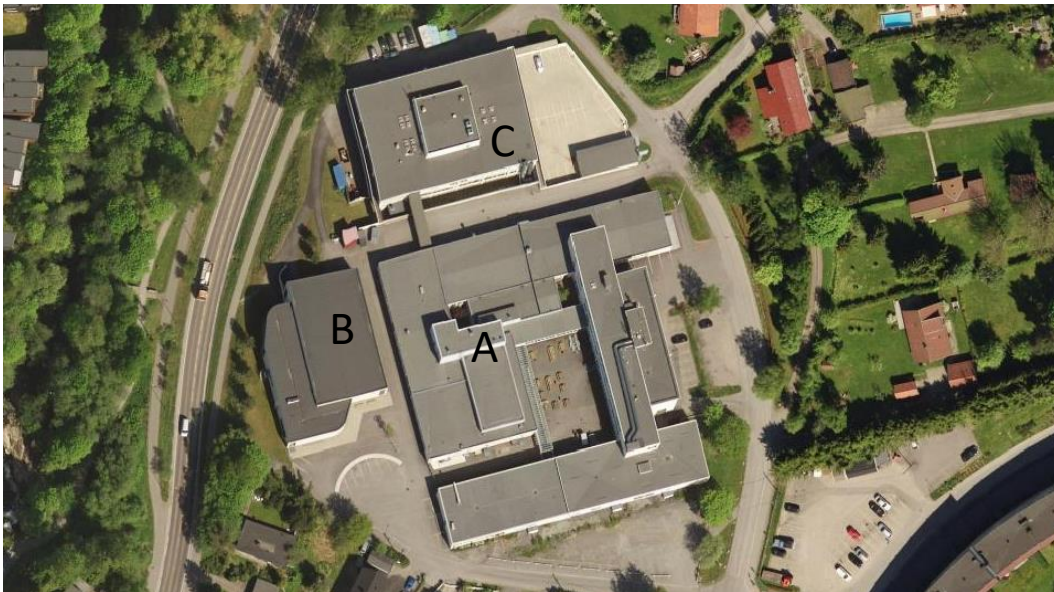
Ingen av takene med øst/vest vende takflater har tilstrekkelig stor yield for å motivere en utbygging av solkraft. Det kan være aktuelt å velge ut noen av de beste takflatene for installasjon av solcelleanlegg. Dette vil være de sørvendte flatene.

Tabell 5 Den sørvendte takflaten på bygg A på Romerike folkehøyskole.

Tak A, sørsiden	
Installert kapasitet (kWp)	11
Yield (kWh/(kWp år))	969
Strømproduksjon (kWh/år)	10 578

Takflate B, C, D og den sørvendte takflaten av G2 har også god yield, men takflate A er desidert best. Takflate A har omtrent 22 % høyere yield sammenlignet med et vanlig flatt montert øst/vest vendt anlegg. Det er likevel vanskelig å tro at det vil være mulig å bygge solcelleanleggene til en investeringspris på mindre enn 9 kr/Wp, hvilket er kravet for å få tilsvarende IRR. Den hovedsakelige grunnen til å investere i et solcelleanlegg på Romerike folkehøyskole er for å demonstrere hvordan et anlegg ser ut og hvordan det fungerer, men det vil ikke være god økonomi i å bygge ut i stor skala, per i dag.

2.9 Strømmen videregående skole betingelser



Figur 5 Strømmen videregående skole.

Strømmen videregående skole er delt mellom tre ulike bygg, A, B og C, se Figur 5. Bygg A består av flere ulike flater, hvor noen av dem er godt egnet, mens andre er skygget til stor grad av bygget i selv. Dermed viser simuleringresultatene at yield er lavere for bygg A, sammenlignet med de bygg B og C. Merk at det er mulig å velge ut noen av de mest aktuelle flatene til å installere solcellepaneler og utelate andre, på bygg A.

Bygg B er en svært enkel lokasjon å bygge et solcelleanlegg på. Taket har svært få skyggende elementer og det er enkel tilkomst for en kranbil til å løfte materiell inn på hele takflaten. Bygget er svært lite skygget.

Bygg C er også en god lokasjon, men den oppstikkende delen av bygget og de tekniske installasjonene/takvindueene reduserer tilgjengelig areal og skygger de andre delene av bygget noe.

2.10 Strømmen videregående skole resultater

Bygg A vil bare være aktuell å bygge ut hvis de beste flatene velges ut. Det vil ikke være aktuelt å bygge ut hele det tilgjengelige arealet. Ved full utbygging er yield lave 677 kWh/(kWp år), hvilket er 10 % lavere enn for bygg B, Tabell 6.

Tabell 6 Strømmen videregående skole.

Bygg A	
Installert kapasitet (kWp)	306
Yield kWh/(kWp år)	678
Strømproduksjon (kWh/år)	207
Kostnad ± 10 % (kr)	2,140.60
IRR (%)	3.3%
Bygg B	
Installert kapasitet (kWp)	91
Yield kWh/(kWp år)	752
Strømproduksjon (kWh/år)	68,196
Kostnad ± 10 % (kr)	634.90
IRR (%)	4.9%
Bygg C	
Installert kapasitet (kWp)	111
Yield kWh/(kWp år)	742
Strømproduksjon (kWh/år)	82,349
Kostnad ± 10 % (kr)	777.00
IRR (%)	4.7%

De presenterte tallene gjelder fullstendig utbygging for bygg A. Merk at IRR er svært lav for bygg A. Bygg B gir høyest yield og dermed også høyere IRR. Det er også trolig at installasjonen på bygg B vil være den billigste, hvilket også kan bidra til en høyere IRR.

Strømmen videregående bør prioriteres for utbygging av solstrøm. Bygg B bør ha høyest prioritet. Godt egnende flater på bygg A og C kan deretter vurderes.

Merk at det er det totale strømforbruket som er vurdert, mtp egenforbruk. Hvis det er en egen måler ved bygg B synker egenforbruket betraktelig, og dermed også inntjeningen/IRR.

2.11 Sammenligning/prioritering

Utbygging av solkraft på de gitte fem bør prioriteres i følgende rekkefølge:

Tabell 7 Sammenstilling av prioriteringsrekkefølgen.

Prio.	Skole/folkehøyskole	Yield	Eget-forbruk	IRR	Kommentar
1	Mailand	783	80 %	4.4	Svært enkel bygging. Kan vurdere noe redusert utbygging.
2	Follo, A	791	76 %	4.3	Enkel bygging. Bør redusere utbyggingen noe
3	Strømmen	752	100 %	4.9	Prioriter bygg B. Vurder mindre arealer av A og C
4	Hvam	737	97 %	4.5	Noe splittet installasjon
5	Romerike	969	100 %	-	Tegl tak. Svært splittet. Bygg bare noe smått på de beste plassene

2.12 Drift

Den viktigste driftsaktiviteten ved et takmontert solcelleanlegg er å være observant på feilmeldinger fra solcelleanlegg. Solcelleanlegg vil kobles mot en webportal og/eller byggets SD anlegg, slik at vekselretterne kan varsle via e-post eller sms om anlegget ikke fungerer slik som forventet. Varsler kan tilpasses brukerens behov og kompetanse. For eksempel kan vekselretteren varsle om en vekselretter ikke er i drift. Et annet varsel kan være om en streng ikke produserer like mye strøm som forventet. Dermed kan drift gjennomføre en befaring for å avklare om en sikring har gått eller om det har tilkommet noen skyggende elementer på solcellepanelene. For eksempel vil en ball oppå et solcellepanel skygge et svært lite lokalt område (0.03 % av en streng), men strømproduksjonen synker betraktelig. Det viktigste derimot er at det mørklagte arealet vil gå varmt og kan potensielt skade solcellepanelet. Ved å aktiv følge med på varler vil slike problemer korrigeres før det resulterer i defekte paneler.

Det er mulig å inngå drift og vedlikeholdsavtale med solcellesystem leverandøren. Det er ofte noe dyrt med slike avtaler, men avhengig av kompetansenivå på drift kan det likevel være aktuelt å vurdere. Typisk vil en slik avtale koste 25 000 kr/år, hvilket inkluderer en årlig befaring, testing og kontinuerlig overvåkning.

2.13 Skulte kostnader og risikoer

Risikoen vurderes som produktet av sannsynlighet og konsekvens.

De største risikoene er:

- Endringsmeldinger.
- Små-feil i anlegget.
- Behov for å fjerne solcellepanelene etter installasjon.
- Lekkasjer.
- Brann.

Vedørende endringsmeldinger. Ved enhver anskaffelse av en teknisk installasjon påløper det noe risiko for at prosessen ikke flyter i henhold til planen. Det er uhyre viktig at grenseflatene er krystallklart definert på et tidlig stadium og at de er svært godt beskrevet i konkurranseunderlaget. I tillegg er det svært viktig at riktig type kontrakt sluttet med entreprenøren, for å minimere risikoen for AFK. Det bør settes av nok kapasitet til å følge prosjektet fra byggherrens side (AFK), slik at eventualiteter kan avklares raskt og at de kontraktsmessige betingelsene innfris i henhold til avtalen. Solenergibransjen i Norge per i dag er ikke like godt etablert som typiske andre byggefag, hvilket medfører større behov for oppfølging fra byggherrens side.

Vedrørende småfeil i anlegget. Enhver elektrisk installasjon har en viss sannsynlighet for at småfeil oppstår. Det er dermed viktig at det settes av tilstrekkelig lang garantitid hvor disse utbedres, og at et tilstrekkelig stort beløp holdes igjen til etter testperioden er over. Typiske småfeil er skjulte defekter i paneler, feil i vekselretteren, varmgang i sikringsskap, dataoverføring, med mer. Slike utbedringer er entreprenørens ansvar og det må være innebygget en ordning som motiverer entreprenøren til å korrigere disse raskt, uten at det påløper kostander for byggherren. Likevel vil det alltid medgå noe tid til å varsle og koordinere arbeidet med å rette opp småfeil.

Vedrørende behov for å fjerne solcellepanelet ved en senere anledning. Det må medregnes ekstra tid til å fjerne solcellepanelene hvis taket skal dekkes på ny eller etterisoleres. Arbeidet med å fjerne disse må utføres av entreprenøren som leverte solcelleanlegget, for å ikke bryte garantien på solcelleanlegget.

Før installasjon av solcellepaneler bør taket fotograferes med et varmekamera og inspiseres, på og under takkonstruksjonen, slik at lekkasjer kan identifiseres. Disse må utbedre før installasjonen begynner. Det er svært vanskelig å finne en lekkasje etter at solcelleanlegget er installert. Det kan også være vanskelig å tilskrive solcelleentreprenøren ansvaret for taklekkasjer i ettertid.

Brann er vurdert som en mindre risiko, hvis installasjonen utføres i henhold til lover og forskrifter, samt i samråd med lokalt brannvesen.

2.14 Anskaffelsesprosessen

Alle anskaffelsene vil innfalle under loven om offentlige anskaffelser.

Typisk prosess er:

- 1) Utlysning
- 2) Befaring
- 3) Tilbudsfrist
- 4) Kontraktsinngåelse
- 5) Bygging
- 6) Prøveperiode
- 7) Overtakelse
- 8) Reklamasjonstid og vanlig drift

- 1) Ved å minimere usikkerhetene for tilbyderne vil det være mulig å innhente betydelige lavere priser, minimere installasjonstiden og minimere intern ressursbruk til oppfølging av bygging. All nødvendig dokumentasjon bør foreligge før utlysningen publiseres. I tillegg skal byggenes tilstand and konstruksjon avklares før utlysning. For eksempel, hva taket tåler av punktlast, distribuert last, at taket er tett med mer.

- 2) Typisk vil utlysningen bestå av en funksjonsbeskrivelse, en kravspesifikasjon og prosjekteringsunderlag. Multiconsult har lang erfaring med å skrive gode utlysninger.
- 3) Det er sterkt anbefalt å invitere til en befaring.
- 4) Det er anbefalt at solcelleanleggene leveres som nøkkelferdige totalentrepriseoppdrag hvor den elektriske grenseflaten er tilkoblet til byggets elektriske system. Det er mulig å definere grenseflaten som AC-siden av vekslerretteren og at elektriker med rammeavtale ved bygget kobler til solcelleanlegget til byggets elektriske system. Sistnevnte løsning er ikke anbefalt, siden den kompliserer grensedragningen mellom de ulike underentreprenørene. Vanligvis oppnås bedre priser hvis solcelleentreprenøren leverer et nøkkelferdig anlegg.
Det er mulig å tilby flere prosjekt inn en utlysning, eller konkurranseutsette hvert bygg for seg. En annen mulighet er å inkludere de høyst prioriterte byggene i en samlet utlysning, men at det kreves en revurdering av valgte entreprenør etter første prosjekt. Hvis loven om offentlig anskaffelse tillater det, kan man også legge inn en ny forhandling om prisingen etter første prosjekt, motivert av at prisene på solcelleanlegg synker svært raskt.
Etter at kontrakten er inngått vil entreprenøren bestille komponenter til anlegget. Det tar normalt to til tre måneder etter kontraktsinngåelse før installasjonen kan begynne.
- 5) Selve byggeprosessen er forholdsvis rask. Det bør medregnes omtrent 3 uker med bygging på tak og maks en uke med AC arbeid. Takene må være frost og snøfrie når installasjonen foregår.
- 6) Før anlegget overtas bør anlegget driftes en kortere periode og demonstrere at det ikke noen feil.
- 7) Før overtakelse skal all dokumentasjon være overlevert, registrert og all dataoverføring skal fungere feilfritt. Tredjeparts sjekklister for fullstendig installasjon skal være utfylt av solcelleentreprenøren og byggherrens ingeniør.
- 8) I løpet av de kommende årene kan rask degradering vitne om svake solcellepaneler, feilaktig prosjektering eller dårlig utførelse. Det er anbefalt at produksjonsdataen sammenlignes med tidligere data, for å identifisere innebygde feil. For eksempel kan snølast skape mikrosprekker i panelene hvis anlegget er dårlig konstruert. Ved å termograferer sikringsskap når solcelleanlegget produserer på maks vil svake ledd komme til syne. Termografering av solcellepanelene kan vitne om produksjonsfeil i paneler, som kommer til syne etter at anlegget har vært i bruk en tid, typisk et eller to år.

2.15 Pris

Prisene på solcellepaneler faller over tid fortsatt svært raskt. Det har vært en liten stagnasjon i prisreduksjonen i løpet av vinteren, men den overgripende trenden er fortsatt kraftig nedadgående priser.

Prisen for nøkkelferdige anlegg for de gitte lokasjonene vil være mellom 6.5 og 8.5 kr/Wp i 2020. Det er forventet at prisene vil fortsette nedover, men det er vanskelig å forutsi med stor nøyaktighet hvor mye. Den største usikkerheten vil avklares tidlig i prosjektet og prisestimatet kan deretter korrigeres. Hvis det antas at takene er tette og tåler den homogent distribuerte lasten, vil største usikkerhetene med tanke på pris være:

Type strømnnett (230 V IT eller 400 TN). Å koble et solcelleanlegg til et IT nett er dyrere.

Linjelasten på taket. Hvis taket er motstandsdyktig mot linjelast fra montasjeutstyret til solcellepanelene vil installasjonen være billigere.

Fragmentering. For eksempel Romerike Folkehøyskole består av flere bygg. Dermed vil sannsynligvis solcellepanelene fra hvert bygg kobles direkte til det samme byggets elektriske system. En slik fragmentering av arbeidet er kostnadsdrivende.

I tillegg bør følgende forutsetninger vurderes på forhånd:

Tilgjengelighet for kranbil. Når komponentene skal lastes opp på taket skal en kranbil inn på skolegårdene og deretter skal området sperres slik at elever og andre ikke har mulighet til å komme i veien for operasjonen. Det må avklares hvordan dette skal gjøres og opplyses om dette i utlysningen.

3 Konklusjon

Dette dokumentet er skrevet på en slik måte at det kan fungere som et verktøy for å identifisere andre muligheter, og/eller underkjenne lokasjoner i et tidlig stadium, som ikke er inkludert i denne undersøkelsen. Analysen er detaljert nok til å skille mellom de ulike flatene på byggene, vurdere konsekvensene av størrelsen på installasjonene, tilgjengelighet og strømforbruk med mer. Det er identifisert flere godt egnende, og noen mindre godt egnede, muligheter for bygging av solcelleanlegg på AFK sine skoler og folkehøyskoler. Den prioriterte rekkefølgen er, som presentert i underkapittel 2.11:

Prio.	Skole/folkehøyskole	Kommentar
1	Mailand	Svært enkel bygging. Kan vurdere noe redusert utbygging for å erholde høyere NPV.
2	Follo, A	Enkel bygging. Bør redusere utbyggingen noe. Det er vanskelig å få en positiv NPV for bygg B grunnet tegltak.
3	Strømmen	Prioriter bygg B. Vurder mindre arealer ved A og C.
4	Hvam	Installasjonen er å anse som en samling av mindre solcelleanlegg. Det vil være noe kostnadsdrivende å måtte rigge opp og ned arbeidet fra tak til tak og tilkoble alle anleggene til sine respektive tilkoblingspunkter.
5	Romerike	Grunnet tegltak og en svært splittet lokasjon bør Romerike folkehøyskole nedprioriteres. Hvis det likevel er interesse for å installere solcelleanlegg bør bare noe smått etableres på de best egnede takflatene.

Det største usikkerhetsmomentet/risikofaktoren er knyttet til selve anskaffelsesprosessen. Risikoen kan reduseres betraktelig ved å utarbeide et godt konkurranseunderlag, teknisk beskrivelse og håndtere anskaffelsesprosessen som anbefalt i underkapittel 2.14. I tillegg utgjør også fremtidige takarbeider og lekkasjer en risiko for økte kostnader. Ethvert elektrisk anlegg, inkludert solcelleanlegg, medfører alltid en økt risiko for brann. Hvis solcelleanlegget blir levert i henhold til lovverk og normer medfører ikke anlegget en betydelig økt risiko.

Ved å redusere noen av utbygningene, slik at all strøm forbrukes lokalt og solcellepanelene ikke skygges av bygget og tekniske installasjoner på taket kan IRR=6.1 % erholdes, se appendiks 4.6.

Det er fortsatt forventet prisnedgang på nøkkelferdige solcelleanlegg. Dermed kan de mindre aktuelle lokasjonene revurderes ved en senere anledning. Det anbefales også at de lokasjonene som utstyres med solcelleanlegg, hvor det er plass til flere paneler enn hva som installeres, konfigureres for fremtidig utvidelse og dermed reduseres prisen for fremtidige installasjoner.

4 Appendiks

4.1 Solenergi i Norge

Det er tilstrekkelig mye solinnstråling i Norge til at slike prosjekter kan være lønnsomme også i Norge, Figur 6.



Figur 6 tilgjengelig solinnstråling.

Den tilgjengelige solinnstrålingen er omtrent halvparten av solinnstrålingen ved Middelhavet. Lav lufttemperatur og mye klart vær veier opp for en god del av manglende solinnstråling. For å få god økonomi i typiske norske installasjoner må nesten all strøm forbrukes bak måleren.

4.2 Montasjeutstyr

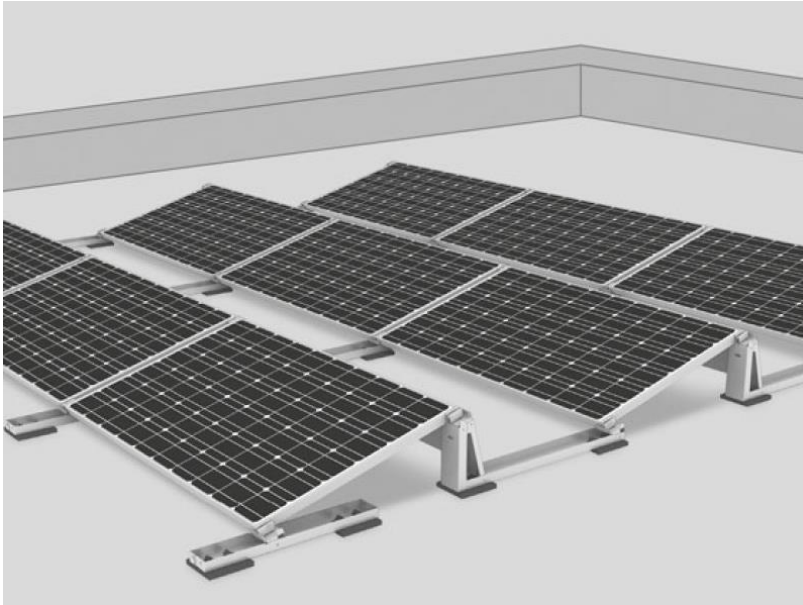
Solcellepaneler som monteres flatt oppå refereres til som øst/vest installasjoner, Figur 7.



Figur 7 Typisk øst/vest installasjon på et tak i Oslo. Bilde: Multiconsult.

En øst/vest installasjon produserer like mye strøm uansett hvilken asimut. En nord/sør konfigurering produserer like mye strøm som en øst/vest konfigurering. Dermed bør installasjonen følge bygget

geometri, og ikke ligge på skrå over takflaten. Installasjonene penetrerer ikke takmembranen, men holdes fast ved hjelp av ballast. Øst/vest installasjoner er mer aerodynamiske enn sør konfigurerte solcelleanlegg. Dermed kreves mindre ballast for å holde solcelleanlegget på plass. Øst/vest solcelleanlegg produserer mer strøm per areal, sammenlignet med sørkonfigurerte anlegg, men virkningsgraden er høyere for et sørkonfigurert anlegg, se underkapittel 4.7.



Figur 8 Sør konfigurert solcelleanlegg, bilde fra montasjesystemleverandøren K2.

Sørkonfigurerte anlegg har høyere virkningsgrad/yield, sammenlignet med øst/vest, se underkapittel 4.7. Yield er mer sensitiv ovenfor vinkling sørover, dermed bør sørvendte solcelleanlegg vinkles rett sør. I tillegg er den nominelle kostanden for montasjeutstyret noe dyrere for sørvendte solcelleanlegg, sammenlignet med øst/vest konfigurerte anlegg.

Montasjeutstyr for blikktak er normalt det billigste alternativet. I denne studien er det ikke identifisert noen blikktak, men det bør likevel informeres om at blikktak gjerne er en god mulighet for å få en kostnadseffektiv installasjon.



Figur 9 Solcellepaneler montert på blikkplate tak. Bilde: Skagerak energi.

Det vil kreves et minimum av montasjeutstyr, ved montasje av solcellepaneler på blikktak. Installasjonen holdes på plass ved å nagle fast montasjeutstyret i takplatene, hvilket resulterer i svært lav vekt.

Det er betydelige dyrere å montere solcellepaneler på tegltak, sammenlignet med flate tak. Dette kommer av at det er mer krevende montasjearbeid. Solcellepanelene monteres opp skinner. Skinnene er festet til braketter som festes, mellom taksteinene, i takstolene, Figur 10.

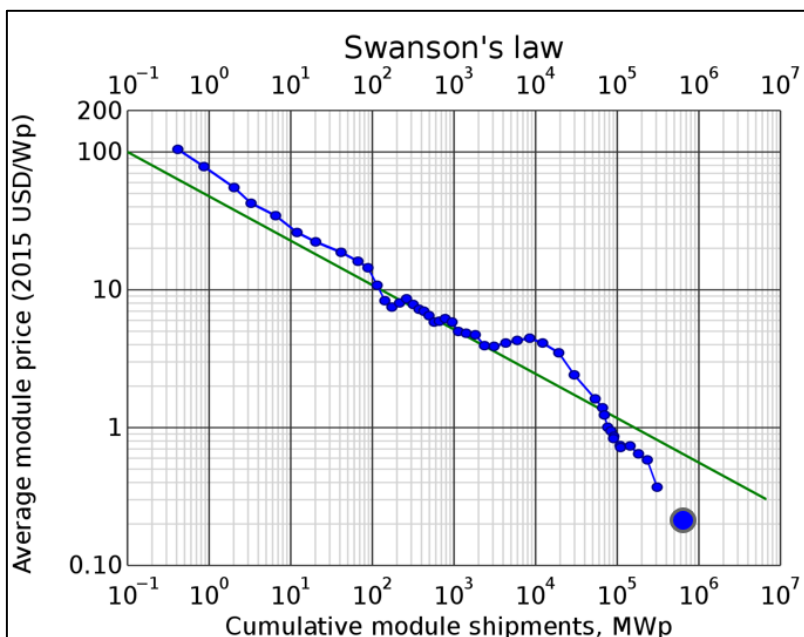


Figur 10 Skinner for montasje av paneler, venstre. Festebrakett som går inn mellom taksteinene, høyre.

Merk at det må lages en slisse i hver takstein med festebrakett slik at festebraketten kommer ut mellom taksteinene. Grunnet stor helling på typiske tegltak vil det kreves stillas og/eller annen fallsikring. Kombinasjonen av stor helling på taket, slissing av taksteiner, feste av braketter og annet håndverk gjør solcelleanlegg for tegltak dyre. Det er i tillegg færre store entreprenører som arbeider med taksteinstak, hvilket har som konsekvens at det blir langt mye mindre konkurranse for slike installasjoner. Det er dermed forventet betydelig høyere pris. Litt mindre, typisk enebolig installasjoner, koster gjerne opp til 14 kr/Wp. Vårt estimat er at AFK kan forvente en pris på nærmer 10 kr/Wp, hvis innkjøpet konkurranseutsettes.

4.3 Solcellepaneler

Prisen på solcellepaneler synker stadig, Figur 11.



Figur 11 Lærrerate for prisen til solcellepaneler.

Det siste frittstående punktet i Figur 11 viser våre egne estimater for standard solcellemoduler på markedet i dag. Det er dermed tydelig at prisen fortsatt synker raskt. I tillegg rapporterer Bloomberg New Energy Finance i deres New Energy Outlook 2019 at de tror på fortsatt fremtidig prisfall på solcellemoduler. Helt konkret innebærer dette, for AFK sitt vedkommende, at prisen bør reforhandles hvis det går mer enn noen måneder mellom prosjektene.

4.4 Plusskundeordningen

Plusskundeordningen er etablert av NVE og dekker alle forbrukere som har koblet et solcelleanlegg som sitter 'bak måleren' ute hos sluttbrukeren under gitte forutsetninger. Plusskundeordningen er en rettighetsbasert ordning. Solcelleinstallatøren melder til nettselskapet at anlegget er tilkoblet og sannsynliggjør at anlegget til ingen tider vil overprodusere mer enn 100 kW. Merk at dette er netto strømproduksjon. Det er dermed mulighet for å bygge et solcelleanlegg med betydelig større nominell kapasitet enn 100 kWp, hvis forbruket er høyt i de tider hvor solcelleanlegget produserer strøm. Hvis anlegget overproduserer mer enn 100 kW er det ikke lenger mulighet til å være del av plusskundeordningen. Merk at den strøm som leveres ut på nettet vil premieres med spotpris, i henhold til plusskundeavtalen. Den strøm som sluttbrukeren selv forbruker vil resultere i større besparelser enn tilsvarende gevinster for salg.

NVE har nylig endret rammevilkårene for solcelleanlegg. I tilfeller hvor overproduksjonen overstiger 100 kW, vil det være mulighet for å søke NVE om dispensasjon for å måtte bli omsetningskonsesjoner. Om man vil være kraftprodusent eller strupe strømproduksjonen til 100 kW må avgjøres ved nærmere kost/nytte analyse ved de enkelte utbygningene.

Vår generelle oppfatning er at det er enklest å oppnå god nåverdi ved å maksimere egetforbruket, fremfor å skalere opp mest mulig.

4.5 Nøkkeltall

Følgende nøkkeltall er beregnet for alle skolebygg:

Anlegg	Hvilken del av byggene som er vurdert.
Nominell kapasitet:	kWp
Yield:	kWh/(kWp år)
Egetforbruk:	%
NPV:	kr
IRR:	%
Tilbakebetalingstiden:	år

Se Forkortelser, side 5 for nærmere beskrivelse av begrepene.

Key numbers	
Generation system	Building A [kWh]
Scenario	Statnett-Base (south NO)
Cost NOK/Wp	7.00
Installed cap [kW]	175.00
Specific production [kWh/kWp]	791.41
Selfconsumption	76%
NPV	605,348
IRR	4.31%
Payback time [years]	17.00

Key numbers	
Generation system	Building B [kWh]
Scenario	Statnett-Base (south NO)
Cost NOK/Wp	7.00
Installed cap [kW]	14.00
Specific production [kWh/kWp]	947.69
Selfconsumption	100%
NPV	103,280
IRR	7.28%
Payback time [years]	12.00

Key numbers	
Generation system	Total production
Scenario	Statnett-Base (south NO)
Cost NOK/Wp	7.00
Installed cap [kW]	189.00
Specific production [kWh/kWp]	802.99
Selfconsumption	74%
NPV	664,240
IRR	4.35%
Payback time [years]	17.00

Follo folkehøyskole. Bygg A hovedbygget. Bygg B er den lille bygningen.

Key numbers	
Generation system	Building A and B
Scenario	Statnett-Base (south NO)
Cost NOK/Wp	7.00
Installed cap	92.40
Specific production	743.46
Selfconsumption	100%
NPV	kr 359,840.61
IRR	4.67%
Payback time [years]	16.00

Key numbers	
Generation system	Building C, D, E & F
Scenario	Statnett-Base (south NO)
Cost NOK/Wp	7.00
Installed cap	212.84
Specific production	733.72
Selfconsumption	100%
NPV	kr 795,256.84
IRR	4.54%
Payback time [years]	16.00

Key numbers	
Generation system	Total production
Scenario	Statnett-Base (south NO)
Cost NOK/Wp	7.00
Installed cap	305.24
Specific production	736.66
Selfconsumption	97%
NPV	kr 1,107,723.50
IRR	4.46%
Payback time [years]	17.00

Hvam videregående. Anleggen er samlet i to bolker.

Key numbers	
Generation system	Mailand VC2 - South wing
Scenario	Statnett-Base (south NO)
Cost NOK/Wp	7.00
Installed cap	148.00
Specific production	782.18
Selfconsumption	96%
NPV	657,133
IRR	5.08%
Payback time [years]	15.00

Key numbers	
Generation system	Mailand VC3 - north wing
Scenario	Statnett-Base (south NO)
Cost NOK/Wp	7.00
Installed cap	172.00
Specific production	784.06
Selfconsumption	94%
NPV	749,642
IRR	5.02%
Payback time [years]	16.00

Key numbers	
Generation system	Total production
Scenario	Statnett-Base (south NO)
Cost NOK/Wp	7.00
Installed cap [kW]	320.00
Specific production [kWh/kWp]	783.19
Selfconsumption	80%
NPV	1,139,835
IRR	4.40%
Payback time [years]	17.00

Mailand videregående skole.

Key numbers		Key numbers	
Generation system	Building A [kWh]	Generation system	Building D, E, F & H [kWh]
Scenario	Statnett-Base (south NO)	Scenario	Statnett-Base (south NO)
Cost NOK/Wp	7.00	Cost NOK/Wp	7.00
Installed cap [kW]	10.92	Installed cap [kW]	101.40
Specific production [kWh/kWp]	968.70	Specific production [kWh/kWp]	780.67
Selfconsumption	100%	Selfconsumption	89%
NPV	kr 84,321.59	NPV	kr 408,206.48
IRR	7.53%	IRR	4.76%
Payback time [years]	12.00	Payback time [years]	16.00
Key numbers		Key numbers	
Generation system	Building B & C [kWh]	Generation system	Building G1, G2, G3 & G4
Scenario	Statnett-Base (south NO)	Scenario	Statnett-Base (south NO)
Cost NOK/Wp	7.00	Cost NOK/Wp	7.00
Installed cap [kW]	34.70	Installed cap [kW]	154.60
Specific production [kWh/kWp]	902.75	Specific production [kWh/kWp]	803.83
Selfconsumption	100%	Selfconsumption	77%
NPV	kr 230,418.01	NPV	kr 571,853.40
IRR	6.75%	IRR	4.50%
Payback time [years]	13.00	Payback time [years]	16.00
Key numbers			
Generation system	Total production		
Scenario	Statnett-Base (south NO)		
Cost NOK/Wp	7.00		
Installed cap [kW]	301.62		
Specific production [kWh/kWp]	813.40		
Selfconsumption	58%		
NPV	kr 825,535.07		
IRR	3.71%		
Payback time [years]	18.00		

Romerike folkehøyskole.

Key numbers	
Anlegg	Building A [kWh]
Scenario	Statnett-Base (south NO)
Cost / Wp	7.00
Nominell kapasitet [kWp]	305.80
Yield [kWh/kWp]	677.72
Egetforbruk	87%
NPV	kr 710,000.00
IRR	3.34%
Tilbakebetalingstid [år]	19.00

Key numbers	
Anlegg	Building B [kWh]
Scenario	Statnett-Base (south NO)
Cost / Wp	7.00
Nominell kapasitet [kWp]	90.70
Yield [kWh/kWp]	751.89
Egetforbruk	100%
NPV	kr 378,000.00
IRR	4.86%
Tilbakebetalingstid [år]	16.00

Key numbers	
Anlegg	Building C [kWh]
Scenario	Statnett-Base (south NO)
Cost / Wp	7.00
Nominell kapasitet [kWp]	111.00
Yield [kWh/kWp]	741.88
Egetforbruk	100%
NPV	kr 444,000.00
IRR	4.73%
Tilbakebetalingstid [år]	16.00

Key numbers	
Anlegg	Total production
Scenario	Statnett-Base (south NO)
Cost / Wp	7.00
Nominell kapasitet [kWp]	507.50
Yield [kWh/kWp]	705.01
Egetforbruk	74%
NPV	kr 1,061,000.00
IRR	3.14%
Tilbakebetalingstid [år]	19.00

Strømmen videregående.

4.6 Best case

Alle flate tak er simulert med samme solinnstrålingsgrunnlag. Det er brukt lokale data for skygging fra snø. I tillegg er lokal skygging og systemkonfigurering inkludert i simuleringene.

Dette delkapittelet viser til hva som er mulig å oppnå ved redusert utbygging ved alle skoler/folkehøyskoler med flatt tak. Ved å redusere størrelsen på installasjonen, slik at solcellepanelene ikke er skygget av byggingen og omkringliggende objekter resulterer i en yield omkring 800 kWh/kWp.

Det største enkelttapet kommer av snødekket. Figur 12 viser at hele 9.2 % av solinnstrålingen er skygget vekk på grunn av, i hovedsak, snø, «Soiling loss factor».

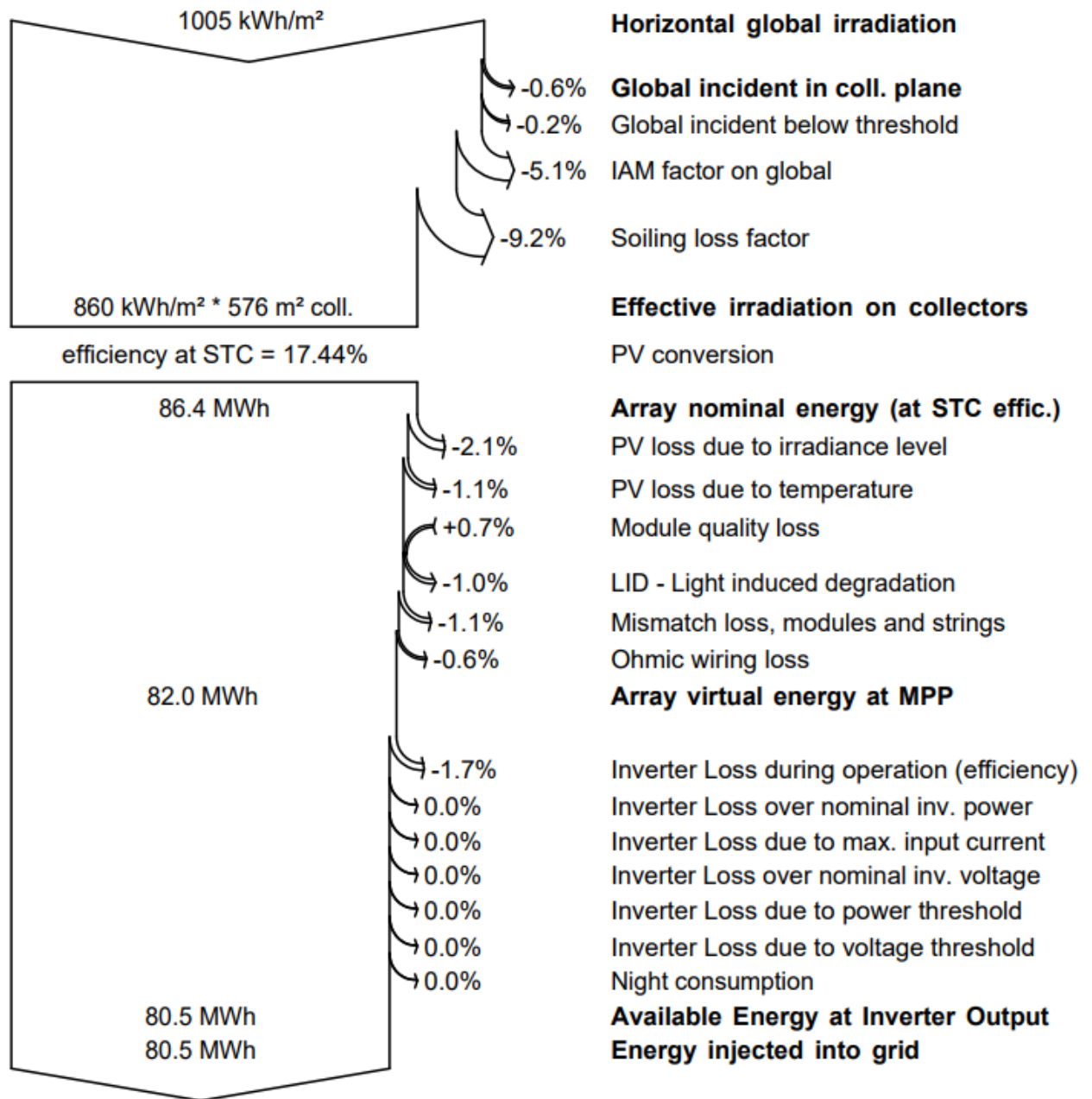
Det er mulig å redusere tapet fra skygging fra snø ved å velge en konfigurering som lar snøen skli av panelene og samles mellom radene.

Følgende regneeksempelet er gjort med 4 % diskonteringsrente, 100 kWp solcelleanlegg, 352 solcellepaneler (285 Wp), 576 m² panelareal, 1 vekselretter, 100 % egetforbruk, 25 år levetid til solcelleanlegget, 7 kr/Wp, 700 000 kr for hele anlegget og 0.2 % reduksjon i virkningsgrad per år. For et solcelleanlegg av denne størrelsen og kompleksitet er det naturlig at drift ved skolen tar seg av drift og vedlikehold av anlegget. Dermed er driftskostnadene satt til 0.

NPV:110 000 kr

IRR: 6.1 %

Tilbakebetalingstid: 14 år.



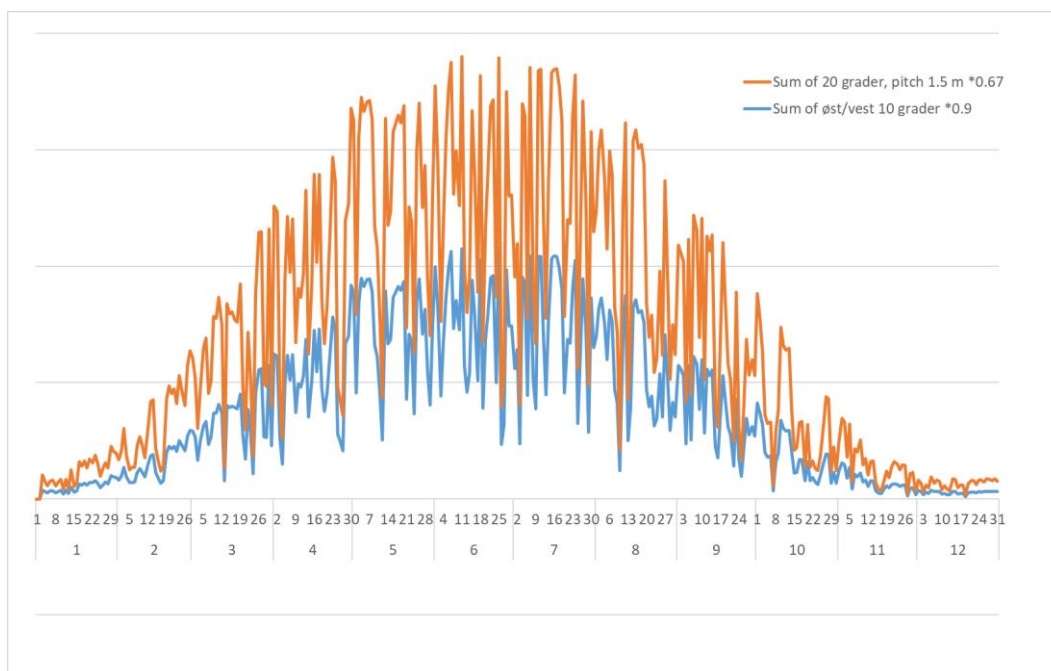
Figur 12 Simuleringsresultat for et solcelleanlegg uten skygging fra bygget, kun fra rad til rad innat i solcellematrisen.

Netto nåverdi blir dermed 107 000 kr. Ved å bruke 0.5 % av investeringskostnaden på årlig drift og vedlikehold synker NPV til 53 000 kr. Internal rate of return er i det første tilfellet 6.1 %. Hvis drift og vedlikehold kjøpes som en tjeneste synker IRR til 5.5 %.

Dette regneeksempelet viser muligheten for å få god økonomi ved alle lokasjoner, hvis utbyggingen skaleres ned til å bare bruke de beste takflatene og drift ikke settes bort. I tillegg viser det også at snødekket kan være det desidert største tapet, men med riktig konfigurasjon kan IRR økes med ytterligere 0.5 %_{abs}.

4.7 Typisk strømproduksjon

Solcelleanlegg i Norge produserer mest strøm i sommermånedene. Følgende graf gir et bilde av hvordan strømproduksjonen er distribuert over årets måneder.



Figur 13 Sammenligning av daglig strømproduksjon mellom et øst/vest og sørvendt solcelleanlegg. x-aksen viser månedene og dagene i året. Begge grafer er plottet på samme y-akse.

Figur 13 viser strømproduksjonen fra anlegg som dekker samme areal. Det er større strømproduksjon fra et øst/vest konfigurert solcelleanlegg, per areal, men det er høyere yield for et sørvendt anlegg. Siden flere av skolene har større tilgjengelig areal enn hva som er anbefalt til utbygging, kan det være aktuelt å vurdere sørvendt konfigurasjon i noen av tilfellene.