

Adine Holmvik og Lilli Anne Fosse

Montering av bygningsintegreerte solcellepanel

Utfordringer og løsninger

Bacheloroppgave i Byggingeniør

Veileder: Fred Robert Johansen

Mai 2022

Adine Holmvik og Lilli Anne Fosse

Montering av bygningsintegrerte solcellepanel

Utfordringer og løsninger

Bacheloroppgave i Byggingeniør
Veileder: Fred Robert Johansen
Mai 2022

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for vareproduksjon og byggteknikk



Kunnskap for en bedre verden

Oppgavens tittel:	Dato: 20.05.2022		
Montering av bygningsintegrerte solcellepanel – utfordringer og løsninger	Antall sider: 50		
	Masteroppgave:	Bacheloroppgave	x
Navn: Adine Holmvik og Lilli Anne Fosse			
Veileder: Fred Johansen			

Gjennom samtaler med utbyggere og firmaer som arbeider med bygningsintegrerte solcellepaneler (BIPV), fikk man klare tilbakemeldinger om at det er utfordringer knyttet til tidsbruk og kunnskap ved montering. Til monteringen går det unødvendig mye tid på å lære seg prosessen, noe som blir mer kostbart for kunden. Dermed ble formålet for denne bacheloroppgaven å undersøke hvilke problempunkter man møter ved installering av BIPV på tak, og å finne eventuelle løsninger på disse, for å kunne minimere tidsbruk og dermed kostnader for kunden.

Teorien som er nødvendig for å forstå resultatene og diskusjonen er beskrevet i kapittel to, og det omhandler solceller, BIPV, kunnskap og kommunikasjon, estetikk og relevante lovverk. For gjennomføringen av oppgaven har man benyttet seg av kvalitative metoder som litteratursøk og semistrukturerte intervjuer. Det er gjennomført tre intervjuer med to tømrere og en elektriker. Videre er resultatene fra litteratursøk og intervjuer sammenlignet. Resultatene ble benyttet i en case for å se på gode løsninger for effektivisering og tydelig ansvarsfordeling mellom de involverte fagene i en monteringsprosess.

Resultatene man fikk tyder på at de største utfordringene knyttet til montering oppstår ved bruk av det som her kategoriseres som delvis integrerte paneler. Dette kan skyldes at denne typen montering i større grad skiller seg fra original takteking, sammenlignet med monteringen av helintegrerte paneler.

Man ser at den største utfordringen er knyttet til mangel på kunnskap om produktene og monteringen, og at større fokus på dette kan føre til en mer effektiv montering. Man konkluderer med at installasjonsprosessen kan bli mer effektiv og oversiktlig dersom man klarer å ufarliggjøre bruken av BIPV, og forenkle monteringen av delvis integrerte paneler. Man ser også et behov for å skape en kultur for at ansvar og forventninger avklares på forhånd.

Stikkord:

Montering
BIPV



Adine Holmvik



Lilli Anne Fosse

Forord

Denne bacheloroppgaven markerer en avslutning på den treårige utdanningen i bærekraftig bygging ved NTNU i Gjøvik.

Etter tre år med samarbeid var vi klare for å skrive bacheloroppgaven sammen. Det gikk mye tid på å finne rett oppgave, men når det var gjort, gledet vi oss til å fordype oss i et tema vi selv valgte. Det har vært lærerikt og utfordrende, men vi sitter igjen med kunnskap vi selv mener er veldig relatert til bærekraftig bygging.

Vi vil rette en stor takk til veilederen vår, Fred Robert Johansen, for at du sa ja til å hjelpe oss, og vi er veldig takknemlige for tiden du har satt av til veiledning og gode råd. Videre vil vi takke informantene som deltok med sin kunnskap og sine meninger. En stor takk også til alle bedriftene og organisasjonene vi har vært i kontakt med for å drøfte oppgave og problemstilling med, og ikke minst til utbygger, Lasse Torkveen, som har latt oss bruke prosjektene sine som case i oppgaven. Til slutt vil vi rette en takk til Stergios Goutianos for god hjelp med datasimuleringer.

Etter mye arbeid, og mange timer med korrekturlesing er vi nå fornøyde med oppgaven, og ønsker deg god lesing.

Gjøvik 20.05.2022

Adine Holmvik og Lilli Anne Fosse

Abstract

Through conversations with developers and building companies it was made clear that there are challenges in relation to time use and knowledge during installation of building integrated photovoltaics (BIPV). The installers often don't know how to properly mount the panels and therefore have to learn this on the building site, which is more expensive for the customer. Therefore, the purpose of this bachelor thesis is to investigate which issues one can expect to encounter when installing BIPV on roofs, and to find possible solutions to these so that time use and costs for the customer are minimized.

The theory needed to understand the results and discussion can be found in chapter two. It describes solar cells, BIPV, knowledge and communication, aesthetics, and relevant legislation.

Methods include qualitative approaches such as literature searches and semi structured interviews. Three interviews were conducted, with two carpenters and one electrician. The results from the literature searches and the interviews were then compared. These results were then applied in a case in order to investigate solutions for efficiency and division of responsibility between the involved participants in an installation process.

The results show that the main challenges related to the mounting process occurs during the use of partially integrated panels. This may be due to the fact that this type of mounting is less similar to the original methods used for roofing than the mounting of fully integrated panels.

The main challenge seems to be related to the lack of product- and mounting knowledge, and to focus on this can lead to a more efficient installation. In conclusion, the installation process could be more efficient and clearer if the usage of BIPV is normalized and the mounting process for partially integrated panels is simplified. Also, responsibilities and expectations should be clarified in advance.

Innholdsfortegnelse

1	Innledning.....	1
1.1	FNs bærekraftsmål	2
1.2	Bakgrunn.....	3
2	Teori.....	7
2.1	Solceller (PV).....	7
2.2	Bygningsintegreerte solcellepanel (BIPV).....	9
2.3	Kunnskap	13
2.4	Kommunikasjon	13
2.5	Estetikk	15
2.6	Relevant lovverk	15
3	Metode.....	17
3.1	Valg av metode	17
3.2	Litteratursøk	18
3.3	Intervju	19
3.4	Kildekritikk	22
3.5	Case.....	23
4	Beskrivelse av case	25
4.1	Hus 1	26
5	Resultater	27
5.1	Litteratursøk	27
5.2	Intervju	31
6	Diskusjon	36
6.1	Teknisk installasjon.....	36
6.2	Kunnskap og kommunikasjon.....	38
6.3	Estetikk	43
6.4	Caset	44
7	Konklusjon.....	48
	Litteraturliste.....	51
	Vedlegg 1: Intervjuguide	54

Figurliste

Figur 1: Eksempler på forskjellige panelfarger og effekt (Tekna, 2019)	8
Figur 2: Eksempel på GCE-systemet (SUPSI, 2017)	11
Figur 3: Delvis integrerte paneler med takstein (BlueTec, 2022)	11
Figur 4: Eksempel på helintegrert løsning (Ecosol, 2020)	11
Figur 5: Nytt tak på låve (Ecosol, 2020).....	12
Figur 6: En type BPV-takstein (Ecosol, 2020)	12
Figur 7: En annen type BIPV-takstein (Solintegra, 2022)	12
Figur 8: Prosessmodellen for kommunikasjon (NDLA, 2020).	14
Figur 9: Programmeringen av hus 1 og hus 2 (Grasshopper)	23
Figur 10: Hus 1 og hus 2 sett i forhold til hverandre (Rhino).....	24
Figur 11: Solanalysen av husene (Grasshopper)	24
Figur 12: Tegning av hus 1 fra Revit (utbygger).	25
Figur 13: Områdeoversikt (Kartunderlag: Google).....	26
Figur 14: Prinsippskisse takoppbygging (private Revit-tegninger).....	26
Figur 15: Venstre bilde viser et sørvendt hus og forventede soltimer, og det høyre viser husets faktiske plassering (Rhino).....	45
Figur 16: Hus 2 og 1 i forhold til hverandre og solens plassering på himmelen (Rhino)	45

Tabelliste

Tabell 1: Oversikt over litteratursøk	19
Tabell 2: Oversiktstabell over artikler funnet i litteraturen	27
Tabell 3: Tabell med utfordringer funnet i litteraturen.	28
Tabell 4: Tabell med løsninger funnet i litteraturen.	30
Tabell 5: Funn i intervjuene knyttet til utfordringer ved montering.	31
Tabell 6: Funn i intervjuene knyttet til mangel på kunnskap og kommunikasjon.	32
Tabell 7: Løsninger på problemene funnet i intervjuene.....	34
Tabell 8: Inndeling av arbeids- og ansvarsområder	47

1 Innledning

I dag vet man at klimaendringer grunnet økt temperatur er et faktum. Forskere mener det vil bli umulig å kontrollere klimaendringene dersom temperaturen i 2100 er mer enn 2 grader høyere enn den var i 1850 (FN, 2020). Gjennom Parisavtalen som ble vedtatt i 2015, er det avtalt at alle land skal jobbe for å redusere klimaendringene. Målet med avtalen er at temperaturen ikke skal overstige 2 grader, og at alle skal gjøre det de kan for å holde økningen under 1,5 grader (FN, 2020). Norge har i den forbindelse forpliktet seg til å kutte 50-55% av klimagassutslippet fra 1990 til 2030 (Miljødirektoratet, 2022).

Med dagens situasjon i Europa, og med krigen i Ukraina, er det nødvendig med langt høyere grad av selvforsyning av energi for å gjøre Europa mer selvstendig. Det internasjonale energibyrådet (IEA) lagt frem en plan på ti punkter for å gjøre dette mulig. Av disse kan det nevnes at det bør satses mer på gass fra Norge, økt satsing på vind- og solkraft, og energieffektivitet i bygninger (Nyhus, 2022).

FN regner med at 17% av energiforbruket i verden kommer fra fornybare og rene kilder, mens i Norge er samme tall ca. 73% (FN, 2022). I en artikkel for forskningsrådet skriver Thomas Kielman at på landsbasis benyttes omtrent 1/3 av all energi til drift og vedlikehold av bygninger, og byggenæringen står for 40% av klimagassutslippene (Kielman, 2021). For å nå målene i Parisavtalen, og for å bli et lavutslippssamfunn mener regjeringen at det må utvikles nye teknologier og skapes marked for nullutslippsløsninger (Regjeringen, 2021). En slik løsning kan være bygningsintegreerte solcellepanel (BIPV). Dette er solceller som erstatter dagens ytterkledning eller takteking, og de produserer energi til bygningen de er montert på. Til forskjell fra påmonterte solceller (BAPV), sparer de miljøet for produksjon av den ekstra kledningen, som ville blitt lagt under panelene.

Ettersom teknologien BIPV er en relativ ny måte å installere solcellepaneler på, kreves det fortsatt en del forskning på området. Kristine Fuglestad har skrevet en master om BIPV i Norge. I et intervju gjort for Norsk Elektronisk Komite (NEK) sier hun at det er behov for stor tverrfaglighet, og et mye tettere og mer detaljert samarbeid mellom de forskjellige fagene (NRK, 2021). Dette krever en høyere grad av kommunikasjon, og at de forskjellige fagene har tilgang på samme modeller/tegninger.

1.1 FNs bærekraftsmål

FNs målsetning om å sette en stopper for klimaendringene innen 2030 fordrer at alle nasjoner, næringer og industrier gjør sin del for å imøtekomme FNs bærekraftsmål. De mest relevante målene for bygningsindustrien er i denne sammenheng mål nr. 7, 11, 12 og 13, og disse henger også nøye sammen.

Bærekraftsmål nr.7, *Ren energi til alle*, går ut på å «sikre tilgang til pålitelig, bærekraftig og moderne energi til en overkommelig pris for alle» (FN, 2022). FN mener at det bør satses på vann-, sol-, vind-, og bølgekraft, og man må finne måter å øke effektiviteten av energien på (FN, 2022). Energiproduksjonen i Norge allerede i stor grad fornybar, og det meste av energien kommer fra vannkraft (Regjeringen, 2018). Bærekraftsmål nr. 11, *Bærekraftige byer og lokalsamfunn*, går ut på å «gjøre byer og lokalsamfunn inkluderende, trygge, robuste og bærekraftige» (FN, 2022). Mest relevant her er særlig delmål 11.b), hvor man tar sikte på en forbedret ressursbruk, samt at byene jobber mot å begrense og å tilpasse seg klimaendringene. Bærekraftsmål nr.12, *Ansvarlig forbruk og produksjon*, handler om å «sikre bærekraftig forbruks- og produksjonsmønstre» (FN, 2022). Med dette menes at man må gjøre noe for å få ned det globale ressursforbruket, klimagassutslipp og miljøødeleggelse, både på individ- og samfunnsnivå (FN, 2022). Bærekraftsmål 13, *Stoppe klimaendringene*, beskrives som å «handle umiddelbart for å bekjempe klimaendringene og konsekvensene av dem» (FN, 2022). Det handler om å gjøre det mulig både for individer og institusjoner å bidra i kampen mot klimaendringer, og å fremme kunnskapen i befolkningen (FN, 2022).

Dersom verdens befolkning skal ta lærdom av dagens situasjon og ta i bruk renere energikilder, må også forholdene ligge til rette for dette. Solenergi er en hensiktsmessig kilde til energi, da den er tilgjengelig over hele kloden og også regnes som fornybar. Slike løsninger vil i tillegg bidra til renere lokalmiljø og å bremse globale klimaendringer (FN, 2022). Bruk av BIPV er et godt alternativ til tradisjonelle solcellepanel, fordi de bidrar til redusert materialforbruk, noe som omfattes av bærekraftsmål 12 (FN, 2022). Det kan argumenteres for at det å utvikle kompetansen, samt å gjøre bruken av solenergi mer tilrettelagt og tilgjengelig, vil bidra til at man kan nå målene både nasjonalt og globalt. En økning i bruk av solenergi kan med andre ord være en del av løsningen på problemet, så lenge man tilrettelegger for det.

1.2 Bakgrunn

Etter en del sondering i tematikken solceller, ble vi gjort oppmerksomme på at det finnes utfordringer knyttet til installasjon av BIPV. Blant annet var det en del usikkerhet rundt ansvarsområder for de forskjellige fagene, i forbindelse med installasjon. Man så også en mangel på forhåndsdokumenterte løsninger og standarder knyttet til BIPV. Tilgangen på informasjon og kunnskap var generelt begrenset for de prosjekterende. Ofte går det unødvendig mye tid og ressurser til å løse utfordringene. Prosessen kan dermed ende med å bli overdrevent kostbar for kunden, noe som fanget interessen vår.

Gjennom denne oppgaven skal det derfor undersøkes om det kan gjøres tiltak slik at hele prosessen flyter bedre, med hovedfokus på installering. I fjor sommer ble det satt opp en ny enebolig på Tongjordet i Gjøvik, og denne sommeren skal det oppføres et identisk hus på nabotomta. Det er derfor interessant å knytte dette til oppgaven som en case. Det skal settes opp en plan for prosjektet som kan bidra til å avklare ansvarsområder, bedre samarbeid og fremdrift for installering av BIPV i taket.

Oppgavens problemstilling blir som følgende:

«Hvilke utfordringer møter man ved installasjon av BIPV i takkonstruksjoner, og hvilke tiltak kan gjøres for å skape en mer effektiv og oversiktlig prosess?»

Forkortelsen BIPV kommer fra det engelske ordet building-integrated photovoltaics. Dette er solcellepaneler som erstatter ytterskallet på bygningen. Panelene skal ha samme funksjon som tidligere ytterkledning, i tillegg til at de produserer strøm. Gjennom oppgaven ønsker man å identifisere utfordringer og eventuelle løsninger knyttet til installeringen av BIPV. Med en mer effektiv og oversiktlig prosess, menes en prosess som er forutsigbar, og hvor man til enhver tid har kontakt med samarbeidende fag.

1.2.1 Faglige forutsetninger

Av faglige forutsetninger som er av relevans for oppgaven, har man fulgt fagene *Bærekraftig ingeniørfag, Parametrisk design, Byggeprosjektet og Estetikk, byggeskikk og steds kvalitet*.

Bærekraftig ingeniørfag har vekket en interesse for mer bruk av fornybar energi i byggeprosjekter, det er en felles interesse for estetikk, og det er ønskelig å anvende parametrisk design til simuleringer.

1.2.2 Avgrensninger

For at oppgaven skal bli av et omfang passende en bacheloroppgave innen Institutt for vareproduksjon og byggteknikk, og studieretningen bærekraftig bygging, er det gjort noen avgrensninger. Oppgaven vil konsentrere seg om byggfag, men det vil nødvendigvis bli sett noe på elektrikers kunnskap for å skape en helhet.

BIPV kan implementeres i de fleste deler av bygget. Det finnes blant annet løsninger for BIPV i rekkverk, vinduer, fasadekledning og taktekkning. I denne oppgaven sees det kun på løsninger for tak. Det er fordi dette er mest aktuelt med tanke på caset, og det blir for omfattende å se på alle de ulike løsningene. Teknologien er mest brukt på tak, og man antar at dette er metoden som kommer til å være mest aktuell i fremtiden også. Det er derfor interessant å finne løsninger på utfordringer relatert til dette for å bidra til videre utvikling.

Bygningsfysiske egenskaper, som tetting mot vind og regn, egenlast og snølast, brann og u-verdi med videre, behandles ikke i denne oppgaven. Ved prosjektering er det nødvendig å se nøye på disse punktene. Det vil heller ikke bli sett på teknologien bak selve solcellepanelet, fordi man ikke har forutsetninger til å redegjøre for dette på en tilfredsstillende måte. Man vil imidlertid gi en kort innføring i hvordan de fungerer. Det vil bli sett bort ifra dette for å konsentrere oppgaven rundt montering av en relativt ny teknologi, som skaper mindre behov for materialer og utnytter fornybar energi.

Det tas heller ikke hensyn til økonomiske kostnader, men man tar utgangspunkt i at redusert tidsbruk vil føre til reduserte kostnader.

1.2.3 Metodebruk

Metodene som blir brukt i oppgaven er kvalitative metoder, og den gjennomføres som en litteraturstudie kombinert med semistrukturelle intervjuer. Ifølge professor Sigmund Grønmo, går det ut på å samle data som kan observeres, og det studeres ofte kun én eller få enheter (Grønmo, 2020). Det blir gjennomført individuelle semistrukturelle intervju, fordi det er ønskelig med håndverkernes erfaringer knyttet til BIPV og eventuelle løsninger de ser. Det blir laget en intervjuguide som kan benyttes for å styre intervjuet til en viss grad, og som kan brukes for å dekke alle temaene som er nødvendig.

Litteratursøkene gjennomføres i Google Scholar og Oria. Her blir det først gjennomført noen pilotsøk for å undersøke hvor mye stoff som finnes, deretter avgrenses det slik at hvert søk gir få, men relevante artikler.

For caset vil det bli gjennomført en datasimulering for å kartlegge hvilken plassering av huset som gir best solforhold, og det skal undersøkes om det er mulig i henhold til vedtatte planer for området og lovverk. Deretter vil det bli satt opp en plan for installering og ansvarsområder, i tillegg til hvilken type BIPV-system som passer best med tanke på omgivelser og estetikk.

1.2.4 Oppbygging

Oppgaven er gjennomført som en litteraturstudie i kombinasjon med intervju og en case. I teorien får leseren først en innføring i BIPV, samt den nødvendige teorien for å sette seg inn i resultatene og diskusjonen. Deretter presenteres valg av forskningsmetode, og en beskrivelse av hvordan dataene er samlet inn.

Ettersom oppgaven i størst grad baserer seg på litteratursøk vil dette beskrives først i alle kapitlene. Hvilke databaser det er søkt i og hvilke avgrensninger som er gjort, argumenteres for i metodekapittelet. Her er det også en tabell med eksakte søkeord og antall treff.

Deretter vil fremgangsmåten for gjennomføringen av intervjuene begrunnes. Intervjuene vil bli anonymisert av hensyn til informantene. Deretter vil det bli gitt en kort beskrivelse av hvordan caset skal brukes i oppgaven, og hvilke verktøy som benyttes til datasimulering.

Videre vil selve caset bli beskrevet i kapittel 4. Caset består av to hus, et som ble satt opp sommeren 2021, og et som skal settes opp sommeren 2022. Man blir gjort kjent med det eksisterende huset, plassering og oppbyggingen av taket på dette.

I resultater vil funnene fra litteraturen bli presentert først, og deretter presenteres resultatene fra intervjuene. Disse er listet opp i tabeller. Det er gjort fordi det gir en mer konkret fremstilling av problemene og løsningene. I kapittelet for diskusjon og analyse blir de ulike resultatene drøftet opp mot hverandre, fordi man ønsker å undersøke om informasjonen fra litteraturen og intervjuene stemmer overens. Man vil også gjennomføre en kildekritisk gjennomgang av litteratur og intervjuer. Kildekritikk innebærer at man vurderer avsenderen eller kilden til informasjonen, og man vurderer ofte ut ifra fire krav: troverdighet, egnethet, nøyaktighet og objektivitet (Orgeret, 2021). Videre skal resultatene sees opp mot caset, og hvordan en eventuell BIPV-installasjon burde vært gjennomført. Man skal forsøke å ta hensyn til svakhetene ved dagens gjennomføring, og foreslå en fremgangsmåte for å sikre en effektiv og oversiktlig prosess. Avslutningsvis vil det være en konklusjon hvor det skal gjøres rede for usikkerhetsmomenter, og hva som eventuelt kunne vært interessant å se mer på i senere studier.

2 Teori

Denne delen vil ta for seg teori som omhandler BIPV, kommunikasjon og relevant lovverk. Teorien som presenteres er ment å gi leser et bedre innblikk i relevant bakgrunnsstoff.

2.1 Solceller (PV)

Solceller er halvledende dioder som er følsomme for lys, og som konverterer lyset til elektrisk strøm (Mæhlum, 2020). Det er altså snakk om elektriske komponenter som oppnår elektrisk spenning ved lysabsorpsjon, og dette kalles *fotovoltaisk effekt* eller *fotoemisjon* (Fotospenningscelle, 2020). Jo flere solceller man har samlet, jo større effekt, og derfor samles disse ofte i et såkalt solcellepanel (Mæhlum, 2020).

Man benytter vanligvis krystallinsk silisium som halvledermateriale, hvor tynne plater kuttet fra blokker av silisium (Mæhlum, 2020). Disse platene kalles wafere, og inneholder én eller flere separate krystaller (mono- eller multikrystallinske celler). Eventuelt kan man benytte tynnfilmteknologi til å lage wafere, ved at silisium plasseres på plast-, metall- eller glassplater og dampbehandles (Mæhlum, 2020). Denne prosessen er mer kompleks, men har tradisjonelt sett vært økonomisk besparende med tanke på forbruk av silisium eller annet kostbart ledermateriale. De senere årene har imidlertid silisiumprisen blitt drastisk redusert, noe som påvirker interessen av å finne alternative produksjonsmetoder i negativ forstand (Mæhlum, 2020).

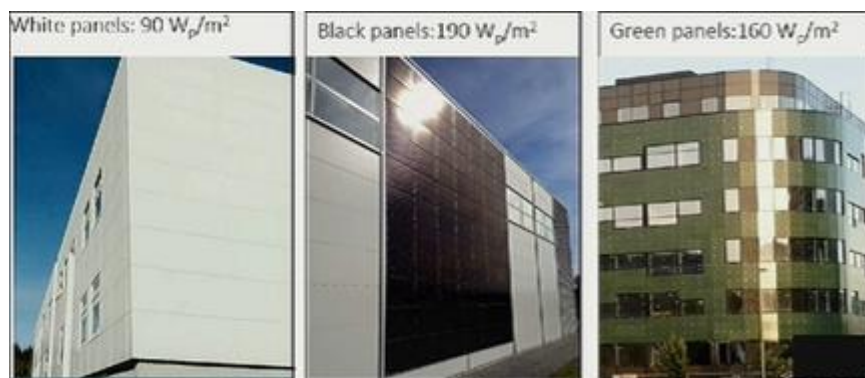
Når man snakker om solcelleinstallasjoner, skiller man ofte mellom BIPV og BAPV. BIPV står som kjent for Building Integrated Photovoltaics, mens BAPV står for Building Applied Photovoltaics. Hovedforskjellen på disse ligger altså i navnet, og dreier seg om hvorvidt solcellepanelene er integrert i eller påmontert konstruksjonen.

2.1.1 Stråling

Effekt kan defineres som arbeid utført per tidsenhet, og oppgis i watt (W) (Hofstad, 2021). Virkningsgraden (η) til et energiomformingssystem uttrykker effektiviteten av systemet, og defineres som nyttbar energi dividert med tilført energi (Virkningsgrad, 2022).

Hvor stor virkningsgrad eller effektivitet et solcellesystem har, er avhengig av flere faktorer - først og fremst av solinnstrålingen. I Norge er denne lavere enn rundt ekvatorlinjen, men til gjengjeld vil reflekterende snø og kaldere luft kunne påvirke effektiviteten positivt (NVE, 2022). I prinsippet kan en norsk enebolig med 20 solcellepanel produsere rundt 5000 kWh strøm årlig. Dette er nok til å dekke en fjerdedel av et antatt årlig strømforbruk på 20 000 kWh (NVE, 2022).

I noen sammenhenger ønsker man av estetiske årsaker ikke å benytte seg av svarte solcellepanel til fasader. Man kan da bruke paneler som er produsert med en tynn, farget film, slik at fasaden vil fremstå som for eksempel hvit eller grønn. Dette vil imidlertid medføre at effekten til panelene reduseres. Svarte solcellepanel, det vil si solcellepanel uten fargefilm, kan i utgangspunktet kunne produsere maksimalt $190 \text{ W}_p/\text{m}^2$. Til sammenligning vil grønne panel kunne produsere $160 \text{ W}_p/\text{m}^2$, mens produksjonen til hvite panel i beste fall er på $90 \text{ W}_p/\text{m}^2$ - altså er effekten over halvert sammenlignet med de svarte (frokostmøte arrangert av Tekna, 25. april 2019).



Figur 1: Eksempler på forskjellige panelfarger og effekt (Tekna, 2019)

2.2 Bygningsintegreerte solcellepanel (BIPV)

2.2.1 Byggetekniske løsninger

Det finnes per dags dato ingen preaksepterte løsninger i Byggforskserien for bruk av BIPV som taktekning. Det finnes også få tilgjengelige foreslåtte løsninger (Sintef, 2021). Det byr på utfordringer for ingeniører, entreprenører, arkitekter og rådgivere, som ofte tar utgangspunkt i Byggforsk, og som i stedet må bruke tid og ressurser på å komme opp med egne løsninger. Takløsningene skal fortsatt fungere som klimaskall, og må naturligvis innfri de samme tekniske kravene som de mer tradisjonelle takene (Sintef, 2021).

2.2.2 Installering og montering

Når det skal installeres solcellepanel er det mye som må vurderes. Ifølge Josefine Selj, er det viktig at taket panelene skal monteres på har gunstig vinkling i forhold til sol, og ikke skygges for av andre bygninger eller objekter (Tekna, 2019). I Byggforskserien 321.231 beskrives den ideelle plasseringen av et anlegg i Norge som sørvendt med 30-45° vinkel, dersom det skal produseres mest mulig strøm i snitt gjennom året (Byggforsk, 2021). I tillegg gir også øst- og vestvendt tak, og flatt tak god produksjon.

Dersom panelene skal monteres på eksisterende bygg, er det viktig å undersøke hvor lang levetid taket har igjen. Solcellene har en levetid på mellom 25-30 år (NTE, 2020). Dersom taket har vesentlig kortere gjenværende levetid, vil det lønne seg å enten bytte taket samtidig eller avvente installering. I hovedsak gjelder dette for BAPV, eller montering av lettvektssystemer. De andre BIPV-systemene lønner seg å installere når det eksisterende taket likevel skulle vært byttet ut. Da får man utnyttet det eksisterende taket til det fulle, og man slipper ekstra kostnader ved å rive et funksjonelt tak. Det er viktig at taket tåler den ekstra vekten og belastningen som blir av panelene. Både med tanke på vind, snø og regn.

Skal panelene installeres på nybygg lønner det seg å implementere panelene i planleggingen fra starten av. Det gjør at bygget kan prosjekteres ut ifra hva som gir mest gevinst av BIPV. Eksempelvis; riktig takvinkel, takflate, underlag og takkonstruksjon. For å utnytte solenergien godt, er det i tillegg viktig å se på orienteringen av bygget og at man unngår skygge på

panelene. Å ha med tanken om utnyttelse av solenergi fra start er derfor med på å optimalisere utvinningen.

Ved montering av solcellepaneler må man installere en eller flere invertere. Disse omformer strømmen fra solcellene til den spenningen man kobler til strømmettet. Det finnes to forskjellige typer invertere, streng- og mikroinvertere. En strenginverter er den vanligste å bruke, og den installeres i, eller utenpå veggen (TradeWind Solar, 2022). Disse kan kobles til flere paneler, og er derfor rimeligere å montere enn mikroinvertere. Med en strenginverter vil alle panelene være koblet sammen, noe som medfører at det panelet som produserer mest strøm, aldri kan produsere mer enn det som produserer minst. En slik inverter anbefales på store anlegg, og anlegg med lite skygge. En mikroinverter kan derimot kobles opp til maksimalt fire paneler, og er anbefalt for bolighus (TradeWind Solar, 2022). Her installeres inverteren på taket sammen med panelene, og den behandler panelene separat. Det vil si at skygge på ett panel ikke påvirker produksjonen til de andre panelene. Mikroinverteren er dessuten lydløs, og 10-15% mer effektiv enn en strenginverter, noe som vil øke den årlige produksjonen (TradeWind Solar, 2022).

2.2.3 Forskjellige typer BIPV

Det finnes flere forskjellige typer BIPV. De to hovedområdene for BIPV i dag er tak og fasade, men de kan også integreres i rekkverk og vinduer for å nevne noen. Som tidligere beskrevet tar denne oppgaven kun for seg panel integrert i tak. Her skal det sees nærmere på de typene som benyttes i dag.

En funksjonell definisjon av BIPV, er at de regnes som integrerte dersom de erstatter en komponent i bygningskallet som opprettholder skallets funksjonalitet (SUPSI, 2017). Dette kan eksempelvis gjelde vann- eller vindtetting. Den estetiske definisjonen er noe mer flytende, men den refererer til det arkitektoniske konseptet. I denne oppgaven tar vi utgangspunkt i hvorvidt systemet tilpasses byggets struktur og fremtoning, og om det passer med områdets byggeskikk.

2.2.3.1 Delvis integrert løsning (GSE-system)



Figur 2: Eksempel på GCE-systemet (SUPSI, 2017)

Delvis integrerte solcellepanel er vanlige panel som integreres i deler av taket. Panelene legges istedenfor vanlig takstein. En monteringsløsning som benytter standardiserte pakker, er såkalte GSE-systemer. Dette er standardiserte paneler som monteres ved hjelp av festeplater i plast (GSE-Intégration, 2022). Det tettes deretter rundt systemet, og det blir dermed en vanntett løsning. Det er en rimeligere løsning ettersom panelene leveres i standardstørrelser og kan kombineres med alle typer takstein.



Figur 3: Delvis integrerte paneler med takstein (BlueTec, 2022)

Denne integreringsmetoden gjør at panelene vil ligge i samme høyde som vanlig takstein (Ecosol, 2022). Vanligvis integreres panelene kun i én del av taket. Dette er fordi GSE-systemet ikke fullt ut kan tilpasses taket, og fordi det kun kan monteres på rette flater. De integrerte panelene blir synlige på taket, men med en klar avgrensning til taksteinen rundt.

2.2.3.2 Helintegrerte løsninger



Figur 4: Eksempel på helintegrert løsning (Ecosol, 2020)

Helintegrerte løsninger kombinerer estetikk og funksjonalitet. Det er et konsept der størsteparten av taket er dekket av solcellepanel. De delene som ikke dekkes av paneler grunnet feil form eller størrelse, dekkes med såkalte «dummies». Det vil si plater i tilsvarende materiale og farge, men uten solcellefunksjonen. Dette gjøres for at taket skal ha samme funksjon som med vanlig takstein, men ikke gå på bekostning av estetikken.



Figur 5: Nytt tak på låve (Ecosol, 2020)

På bildet ser man et nytt låvetak bygd med helintegreerte solcellepaneler. Låvetaket er bygd med Roofit båndtekking, som tar utgangspunkt i tradisjonell båndtekking. Denne formen for taktekking ble introdusert i 2020, og har et skandinavisk, stilrent utseende. Det passer dermed fint til nordisk, tradisjonell arkitektur (Ecosol, 2020).



Figur 6: En type BPV-takstein (Ecosol, 2020)

Når det gjelder takstein med integrerte solceller, finnes det flere varianter. Disse er designet for å se ut som og har samme tykkelse som tradisjonell takstein (SUPSI, 2017). Med denne løsningen kan man enkelt velge bort de delene av taket der man har mindre utbytte av sol, eller de delene der det ikke er plass til hele paneler. Som sett på figuren ved siden av, er de lyse delene BIPV-stein, mens de mørke langs kantene er vanlig takstein eller dummies.



Figur 7: En annen type BIPV-takstein (Solintegra, 2022)

En annen variant av BIPV-stein er rektangulære steiner, som vist på bildet til venstre. Disse har samme høyde som taksteinen rundt, men bygger 6-7 steiner i lengden. Som man kan se, kombineres panelene med mindre takstein, i samme farge og tykkelse.

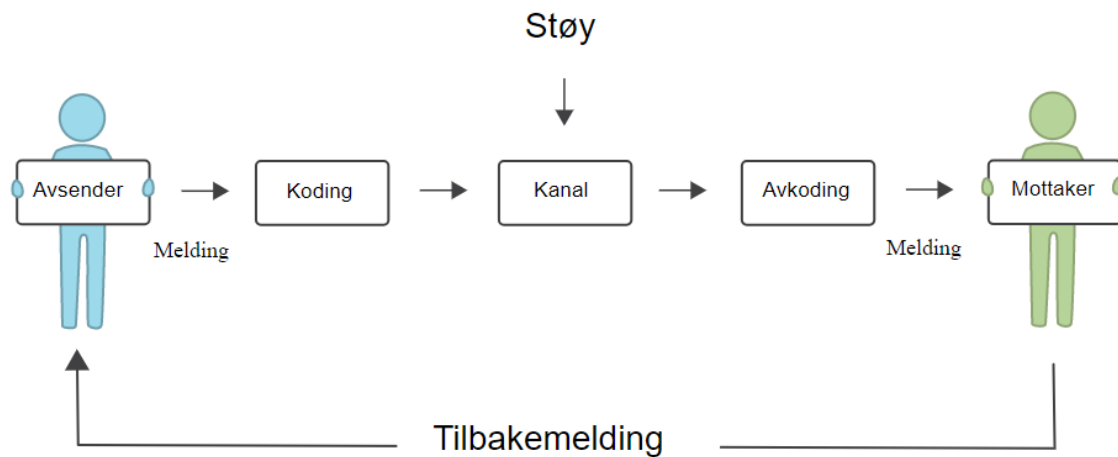
2.3 Kunnskap

Kunnskap kan defineres som innsikt, lærdom eller viten, eller som en begrunnet sann oppfatning, ifølge Heine Holmen, instituttleder ved NTNU (Holmen, 2022). Kunnskap kan kategoriseres på flere måter, avhengig av hva kunnskapen gjelder. Man har for eksempel praktisk kunnskap, og påstandskunnskap. Praktisk kunnskap går ut på at man vet hvordan noe skal gjøres, mens påstandskunnskap vil si at man vet at noe er tilfelle (Holmen, 2022). Man har også analytisk- og konseptuell kunnskap, som går ut på at man kan resonere seg frem til relasjoner mellom objekter ved hjelp av relevant kunnskap og fornuft (Holmen, 2022).

En måte å tilegne seg kunnskap på er gjennom erfaringslæring. Erfaringslæringen i seg selv er ingen kunnskap, men gjennom refleksjon og observasjon kan man omforme erfaringen til kunnskap (Mohn, 2013). Dette går ut på at man gjennomfører en handling eller et tiltak, og skaffer seg erfaringer basert på dette. Deretter vil man reflektere over erfaringen man har skaffet seg og se den fra flere perspektiver. Så vil man forsøke å ta til seg og forstå refleksjonen. Ved å gjøre det legger man refleksjonen sammen med forståelsen og kunnskapen man har fra før, og man sitter igjen med ny kjennskap til handlingen/tiltaket (Mohn, 2013). Til slutt vil man bruke den nye kjennskapen og eksperimentere med den, noe som kan påvirke lignende handlinger eller tiltak i fremtiden.

2.4 Kommunikasjon

Store norske leksikon definerer kommunikasjon som formidling og deling av idéer og informasjon (Allott, 2019). Man kan kommunisere på svært mange måter, for eksempel ved bruk av verbalt og kroppslig språk, elektronikk eller gjennom reklame, for å nevne noen. Man kan dessuten kommunisere et budskap uten å egentlig ha intensjon om det, altså ubevisst (Allott, 2019).



Figur 8: Prosessmodellen for kommunikasjon (NDLA, 2020).

Ifølge NDLA kan kommunikasjon beskrives ved hjelp av *prosessmodellen*, der avsender har et budskap (*melding*) som skal fram til mottaker (NDLA, 2020). Avsender velger da en måte å formidle dette forståelig på (*koding*), og en *kanal* for å nå fram (for eksempel tekstmelding, egen stemme eller bevegelse). Mottaker *avkoder* (tolker) deretter budskapet ut ifra egne erfaringer og forkunnskaper. Dette fører til at budskapet ikke alltid oppfattes slik det var ment fra avsenders side. I tillegg kan meldingen påvirkes av *støy* under overleveringen, slik som ulike dialekter eller at man ikke fokuserer godt nok som mottaker. Mottaker har siden mulighet til å komme med en *tilbakemelding*, som vil foregå på samme vis, men i motsatt retning (NDLA, 2020).

2.4.1 Digitalisering

Store norske leksikon definerer digitalisering som «*det å legge til rette for generering av digital informasjon samt håndtering og utnyttelse av informasjonen ved hjelp av informasjonsteknologi.*» (Dvergsdal, 2021). Med andre ord beskriver digitalisering metoder som tilrettelegger for bedre kommunikasjon.

Digitalisering kan foregå på mange måter. Et eksempel på dette er digital tvilling, som er en virtuell kopi av for eksempel et bygg og som speiler dette ved hjelp av sensorer. Et annet eksempel er bygningsinformasjonsmodellering (BIM). Det skal undersøkes om dette kan være mer aktuelt for denne oppgaven. BIM er det samme som å skape digitale modeller av ulike planlagte og eksisterende bygg. I et byggeprosjekt vil BIM gjøre det mulig for involverte aktører å drive effektiv planlegging, utforming, byggeledelse, og drift i samme BIM-modell.

På denne måten er alle aktører til enhver tid oppdatert på eventuelle endringer eller de andre fagfeltenes fremgang i prosjektet. Ifølge Byggenæringens Landsforening (BNL) er bedrifter i Norge i toppsjiktet når det gjelder bruk av BIM i byggeprosjekter, men man ser dessverre ofte at de ulike faggruppene fortsatt lager hver sine modeller for arbeidet (BNL, 2022). Da utnyttes ikke samarbeidsmulighetene som BIM tilrettelegger for.

2.5 Estetikk

Estetikk kan beskrives som et filosofiområde som vurderer grunnlag og lover for «det skjønne» i natur og kunst, eller et begrep vedrørende vår sanselige tilstedeværelse (Tjønneland, 2021). Som tidligere nevnt, vil man i denne oppgaven forholde seg til det arkitektoniske aspektet av estetikk. Da er det for eksempel naturlig å vurdere byggestilen for det aktuelle bygget opp mot byggestilen i gata for øvrig, og å velge en løsning med BIPV som ikke virker estetisk skjemmende eller forstyrrende i helhetsbildet.

Gjennom hele historien til Plan- og bygningsloven har kravet til estetikk vært gjennomgående. I § 29-2 heter det at alle tiltak skal prosjekteres og bygges slik at de er av god visuell kvalitet. I dette ligger både et krav om at det skal være vakkert i seg selv, men også i forhold til bygde omgivelser og natur (Plan- og bygningsloven, 2008). Med andre ord; tiltaket skal ikke være skjemmende i seg selv, og det skal ta hensyn til sitt miljø. Nærmere bestemmelser kan eventuelt følge i kommuneplanens arealdel eller i reguleringsplanen for området (Plan- og bygningsloven, 2008). Ifølge foreleser Eskild Narum ved NTNU Gjøvik, blir det estetiske til syvende og sist en skjønnsvurdering hos byggesaksbehandler i den aktuelle kommunen.

2.6 Relevant lovverk

2.6.1 Plan- og bygningsloven

Lov om planlegging og byggesaksbehandling (PBL) er en formell lov som omhandler forvaltningen av areal og byggevirksomhet. Formålet med loven er å sørge for bærekraft for både enkeltpersoner og samfunn, og loven sørger altså for at kommunene og fylkeskommunene planlegger og bygger bærekraftig (Plan- og bygningsloven, 2008).

I Plan- og bygningsloven § 29-4 beskrives reglene for *Byggverkets plassering, høyde og avstand fra nabogrense*. Herunder pålegges man blant annet en minimumsgrense på 4 meters avstand mellom planlagt bygg og nabogrense (Plan- og bygningsloven, 2008). Ettersom tilstøtende nabo må innrette seg etter samme regel, vil det i praksis si at det kreves 8 meters avstand mellom naboer.

2.6.2 Kommuneplanens arealdel

Kommuneplanen er et styringsdokument for planlegging, og inneholder mål for utviklingen i kommunen (Lillestrøm kommune, 2022). Gjøvik kommune sin plan gjelder fra 2020-2032, og inneholder en samfunnsdel og en arealdel. Samfunnsdelen inneholder langsiktige mål for utviklingen som er ønsket, mens arealdelen viser til hvordan kommunens arealer skal forvaltes (Lillestrøm kommune, 2022).

Arealdelen i Gjøvik kommuneplan har til hensikt å tilrettelegge for forsvarlige og effektive plan- og byggeprosesser (Gjøvik kommune, 2020). Kapittel 6 *Formings-, miljø-, og funksjonskrav* faller under PBLs §11-9, punkt 5, som omhandler byggegrensener, funksjonskrav og utbyggingsvolum. I kapittel 6, punkt 1.2 settes det krav til bygging langs offentlig vei. Disse kravene er hjemlet i veiloven §29. Bygegrensene måles fra senter vei, og lengden er avhengig av hvor trafikkert veien er. For Riksveger er grensen 50 meter, mens for lokale atkomstveier er grensen 15 meter.

I henhold til arealplanens §7.1 *Miljøkvalitet* kan man benytte tak og vegger ved utbygging i Gjøvik kommune aktivt for produksjon av energi. Med det menes bruk av solceller og solfangere, så lenge de ikke står i kontrast med byggeskikken og landskapsinteressene i området. §7.2 *byggeskikk og estetikk* beskriver hvordan ny bebyggelse skal utformes for å passe inn med omgivelsenes karakter. Nye bygg skal underlegges den eksisterende karakteren. Gjennom blant annet materialvalg, størrelser og form skal det bidra til bedre struktur.

3 Metode

Dette kapitlet vil ta for seg de verktøyene som er benyttet til å innhente data og informasjonsgrunnlag til oppgaven.

3.1 Valg av metode

Som metode var det mest hensiktsmessig å benytte seg av en litteraturstudie i kombinasjon med intervjuer, da man ønsket å fordype seg i temaet og samtidig innhente personlige erfaringer og synspunkter. En litteraturstudie er en søkestrategi hvor man tar for seg litteratur som er aktuell for forskningsspørsmålet (Pedersen, 2018). Intervju som forskningsmetode brukes til å innhente informasjon man ikke har fra før, og når man ønsker å observere erfaringer og holdninger hos utvalgte intervjuobjekter (Sand, 2018).

3.1.1 Kvalitativ metode

Ulike forskningsmetoder kan klassifiseres som enten kvalitative eller kvantitative metoder. *Kvalitative* forskningsmetoder baserer seg på å samle empiriske data som kan observeres, og ofte studerer man kun én eller noen få enheter (Grønmo, 2020). Kvalitativ metode brukes for eksempel når man ønsker å finne ut mer om menneskets tanker, erfaringer og handlinger. Datagrunnlaget består dermed i stor grad av tekst. Metoden fremmer dybdekunnskap og forståelse (Grønmo, 2020).

Kvantitative studier baserer seg derimot på data i form av tall og mengdeenheter, og man studerer som oftest et større kvanta av enheter (Grønmo, 2021). Metoden er ofte standardisert og teknisk, gir god representativ oversikt og egner seg til å teste hypoteser (Grønmo, 2021).

Opgaven baserer seg på en litteraturstudie kombinert med semistrukturerte intervjuer, og klassifiseres dermed som en kvalitativ metode.

3.2 Litteratursøk

En litteraturstudie kan gjennomføres på to forskjellige måter, tradisjonell eller systematisk. En tradisjonell studie innebærer at man søker åpent og utforskende innen et tema for å få en bredere forståelse (Øvern, 2014). En systematisk studie forholder seg til et lite tema, og er definert gjennom problemstillingen. Dette er også en dokumentert prosess, med definerte inkluderings- og ekskluderingskriterier (Øvern, 2014). I denne oppgaven er det benyttet en systematisk litteraturstudie, da det gir dypere innsikt i tematikken. Resultatene er også listet opp i tabeller for å synliggjøre funnene på en mer oversiktlig måte.

3.2.1 Databaser

Litteratursøkene ble hovedsakelig gjennomført ved hjelp av Oria og Google Scholar, som begge regnes som legitime tjenester. Oria samler den tilgjengelige faglitteraturen fra en mengde norske forsknings- og fagbibliotek, i tillegg til materiale fra åpne kilder, og tilbys blant annet gjennom biblioteket ved NTNU (Unit, 2021). Google Scholar er Googles egen søketjeneste for fagmateriale spesifikt, og samler artikler, avhandlinger og annen litteratur på en plattform som er gratis og tilgjengelig for alle (NTNU, 2018).

3.2.2 Søkestrategi

Innledningsvis ble det gjort noen pilotsøk der man forsøkte å finne relevante og gode søkeord. Videre begrenset man utgivelsesår til mellom 2018 og 2022, ettersom teknologien utvikler seg raskt og man ønsket å finne mest mulig oppdatert litteratur.

Tabell 1:
Oversikt over litteratursøk

Søk	Søkestrategi	Treff	Pot. relevant	Inkludert
Google Scholar				
1	(Building integrated photovoltaics) AND (Norge) AND (BIPV)	573	n.a. <i>Ikke vurdert, antall treff for høyt</i>	n.a.
2	(Building integrated photovoltaics) AND (Norge) AND (BIPV) AND (master) OR (forskning)	170	n.a. <i>Ikke vurdert, antall treff for høyt.</i>	n.a.
3	(Building integrated photovoltaics) AND (Norge) AND (BIPV) AND (montering) AND (tak) AND (master) OR (forskning)	110	12	2
4	(BIPV) AND (Norge) AND (master) AND (forskning) AND (montering) AND (tak)	16	2	1
Oria				
1	(BIPV) AND (roof) AND (mounting)	148	n.a. <i>Ikke vurdert, antall treff for høyt.</i>	n.a.
2	(BIPV) AND (roof) AND (mounting) AND (challenges) <i>Kun fagfelleverderte tidsskrifter</i>	62	6	1
Sum				4

3.3 Intervju

3.3.1 Intervjuform

Det finnes flere måter å gjennomføre et intervju på. To hovedformer er individuelle intervju og gruppeintervju. Individuelle intervjuer går ofte mer i dybden på det aktuelle temaet. I denne sammenheng ønsker man at informanten skal fortelle mest mulig om det temaet det intervjues om. Intervjueren har et forhåndsbestemt opplegg, med tema, spørsmål og eventuelle andre ting det er ønskelig at informanten snakker om (Sand, 2018).

I gruppeintervjuer er det, ifølge Kari Sand ved NTNU, ofte 8-10 personer som deltar. Intervjueren stiller færre spørsmål, og hovedpoenget er at gruppen skal diskutere det som blir spurt om. Her går man ikke like i dybden som i et individuelt intervju. Denne formen brukes for eksempel til å skape nye ideer og til erfaringsutveksling (Sand, 2018).

I denne bacheloroppgaven vil det bli gjennomført individuelle intervju. Dette gjøres fordi det er nødvendig å komme i dybden på informantenes erfaring knyttet til BIPV, og forbedringsmuligheter vedkommende ser. Det vil bli gjort semistrukturerte respondentintervju, som innebærer at det ikke gis svaralternativer og de som intervjues må ha erfaring med temaet, altså BIPV. Dette kan være en tidkrevende intervjuprosess, både med tanke på for- og etterarbeid. Man kan likevel argumentere for at dette er en god metode, ettersom man får god erfaringsbasert informasjon, noe som legger grunnlaget for videre arbeid med oppgaven.

3.3.2 Forberedelse

Før intervjuene skal gjennomføres er det viktig med god forberedelse. For å sikre god informasjon og rike data med god dybde, variasjon og detaljer er det laget en intervjuguide (vedlegg 1). Denne beskrives i delkapittel 3.3.4. Intervjuene er delt inn i tre hovedtemaer; utfordringer, kunnskap og kommunikasjon, samt løsninger. Intervjuene gjennomføres over telefon, og informantene vil anonymiseres slik at personvernet deres ivaretas. Det skal føres notater fra alle intervjuene, og det vil ikke bli gjort opptak. Ettersom intervjuene skal foregå over telefon og gjennomføres i løpet av informantenes arbeidsdag, etterstrebes det intervjuer som gir god dybde over minst mulig tid. Man forventer å bruke mellom 30-60 minutter på hvert intervju.

3.3.3 Informanter

Informantene i denne studien velges strategisk. I hovedsak ønsker man å komme i kontakt med tømrere, men elektrikere og solcellemontører vil også være relevante informanter. Ettersom hensikten med intervjuene er å kartlegge utfordringer ved installering av BIPV, og hvordan prosessen foregår i dag, er det viktig å intervju de som har erfaring med BIPV. Fordi installeringen er knyttet til flere fagfelt, er det også nødvendig å undersøke hva

samarbeidende fag mener om saken. Dette er viktig for å få et mer nyansert bilde med flere perspektiver. Ettersom man ikke vet hvilke erfaringer informantene kommer med, er det vanskelig å sette et eksakt tall på hvor mange intervjuer som er nødvendig på forhånd. Intervjuene er dessuten et supplement til litteraturen, og det anslås derfor å være behov for 3-4 intervjuer (Sand, 2018).

Idet man skulle finne potensielle informanter, kontaktet man ulike solcelleleverandører. Disse henviste deretter videre til sine samarbeidspartnere. Man tok også direkte kontakt med tømmer- og elektrikerfirmaer man hadde kjennskap til at installerte BIPV. Det ble totalt sendt ut i overkant av 20 e-poster, men det skulle vise seg å være vanskelig å få tak i villige informanter. Kun et fåtall svarte på e-posten, og de som svarte henviste videre til andre aktører. Man tok kontakt per telefon med noen av de det ble henvist til. Først ble det gitt en god beskrivelse av oppgaven, og hva deres svar skulle brukes til. To informanter ønsket å stille til intervju, mens flere henviste videre. Til slutt sto man igjen med tre informanter og valgte å gå videre med disse.

3.3.4 Intervjuguide

Intervjuene organiseres etter temaer. Intervjuguiden er en oversikt over temaene som skal belyses, og kan benyttes dersom det er nødvendig å lede intervjuet i retning av et bestemt tema for å få nødvendig informasjon. Den samme intervjuguiden vil bli brukt i alle intervjuene, men den vil bli revidert underveis dersom det er behov for det (Sand, 2018). Hvorvidt alle spørsmålene blir stilt eller ikke, avhenger av hvor mye informasjon informantene oppgir uoppfordret.

Spørsmålene i intervjuguiden er forsøkt utformet slik at svarene i liten grad vil være påvirket av intervjuers syn på saken, og legger til rette for lenger svar enn enstavelsesord. De er utformet med hverdagspråk og med liten bruk av akademiske begreper, for å skape en mer uformell og kjent setting for informantene. Å stille relativt åpne og enkle spørsmål om deres erfaringer og deres måter å gjennomføre oppgaver på, skaper rom for tillitt. Ved slutten av hvert intervju får hver informant mulighet til å komme med egne tanker knyttet til temaene som ikke har blitt tatt opp.

3.4 Kildekritikk

Kildekritikk innebærer at man vurderer avsenderen eller kilden til informasjonen, og man vurderer ofte ut ifra fire krav: troverdighet, egnethet, nøyaktighet og objektivitet (Orgeret, 2021). Man kan også vurdere informasjonsinnhold og intervjumetode etter samme prinsipper.

Artiklene som er funnet i litteraturen og tatt med i oppgaven er to masteroppgaver, en forskningsrapport gjennomført av SINTEF og NTNU, og en forskningsartikkel utført i samarbeid mellom universitetene i Stavanger og i Cambridge. Man anser disse som pålitelige kilder, som er kritiske til det materialet som behandles.

Når det gjelder valg av intervjumetode, måtte dette av praktiske årsaker foregå over telefon. Telefonsamtalene ga gode og informative resultater, men man opplevde noen ganger å måtte etterspørre den eksakte meningen i utsagnene. Dette kan skyldes at viktige deler av meningsinnholdet går tapt idet man utelukker bruk av kroppsspråk, blikkontakt og gestikulering. En annen faktor kan være forholdet mellom intervjuer og informant, da med tanke på for eksempel bruk av sarkasme, ironi og humor. Man kjente ikke informantene på forhånd, noe som kan ha gjort dette vanskeligere å vurdere.

Informantene ble vurdert til å være troverdige, ettersom de alle hadde erfaring og kjennskap til samarbeidsprosessen og installeringen av BIPV. Av samme årsak vurderte man dem også som egnede til å besvare de aktuelle spørsmålene. En svakhet her er at det kun ble intervjuet to tømrere og en elektriker, det skyldes dårlig respons på forespørselen om intervju. De som ble intervjuet hadde dog lengre erfaring med montering, og man har fått god kunnskap om de forskjellige måtene dette kan utføres på. Informantene ble oppfattet som relativt objektive i sine meninger og påstander, men med tanke på nøyaktighet så man at enkelte utsagn manglet faglig forankring. Disse utsagnene har derfor ikke blitt tatt i betraktning.

Intervjuresultater og informanter ble anonymisert, noe som ble gjort både av etiske hensyn og av hensyn til relevans. Det syntes ikke å være aktuelt å oppgi for eksempel navn, arbeidssted, og prosjektnavn, ettersom det ikke har noen betydning for oppgaven. Man antok at anonymiteten ville innebære at informantene kunne uttale seg mer fritt og ærlig,

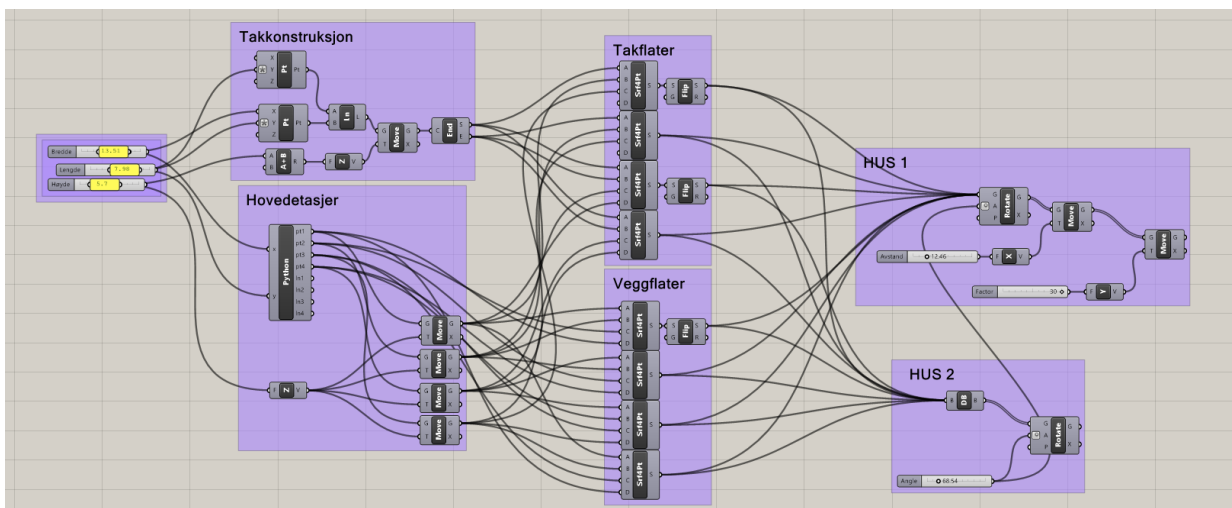
uten tanke på eventuelle konsekvenser. Man valgte også å føre en mer åpen intervjuform og forsøkte å unngå ledende spørsmål, slik at resultatene ble så lite påvirket som mulig.

3.5 Case

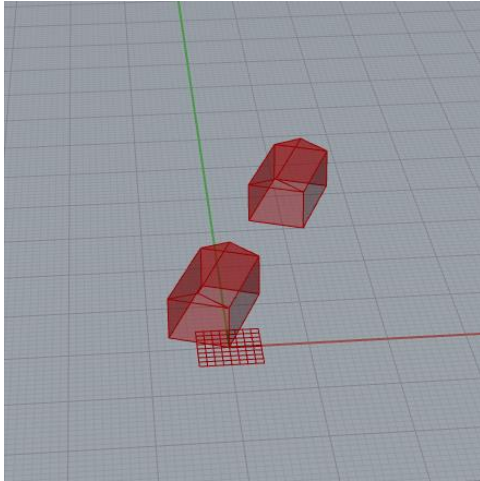
Man velger å benytte seg av en case slik at man har et konkret eksempel å forholde seg til gjennom oppgaven. Det antas at dette vil være en god metode for å vise anvendelsen av teori og resultater. For at BIPV skal være aktuelt for caset, er det viktig at solcellepanelene som legges passer inn med omgivelsene og produserer mest mulig strøm. Derfor vil man også se på produktvalg og forventet solforhold gjennom datasimulering. Selve caset presenteres i kapittel 4.

3.5.1 Datasimulering

Simuleringen av solforhold er gjennomført ved bruk av Rhino/Grasshopper. Dette er et modelleringsverktøy for parametrisert design. I figur 9 ser man hvordan husene ble tegnet i Grasshopper. Først ble alle hjørnene tegnet inn ved hjelp av programmering i dataprogrammet Python, for så å tegne linjer mellom disse i samme program. Så ble punktene og linjene til taket tegnet direkte i grasshopper. Deretter ble flatene tegnet, og satt sammen til hus 1 og 2.



Figur 9: Programmeringen av hus 1 og hus 2 (Grasshopper)



Figur 10: Hus 1 (bakerst) og hus 2 (nærmest) sett i forhold til hverandre (Rhino)

I figur 10 ser man hvordan de ferdig tegnede husene ser ut i Rhino. De er plassert i rett vinkel, og i omtrent rett avstand fra hverandre. Den grønne linjen i figuren peker mot nord, og den røde mot øst.

Etterpå kjørte man en analyse av solforholdene.

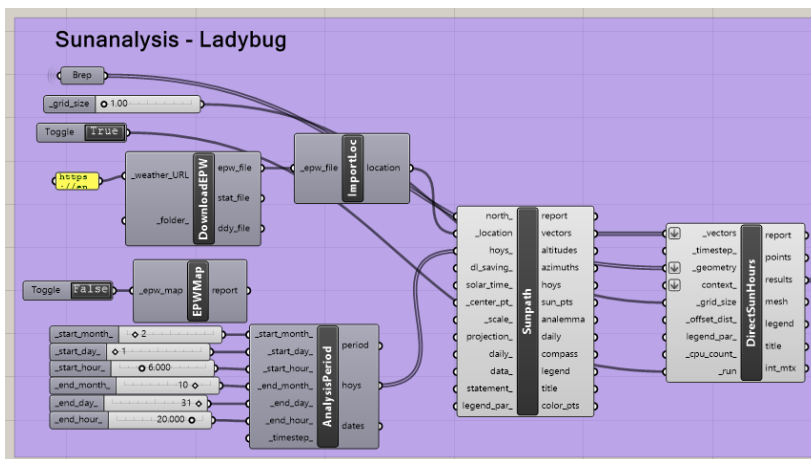
Simuleringen baserer seg på værdata fra Fornebu i Oslo, som er denne softwarens nærmeste tilgjengelige lokasjon i forhold til Gjøvik. Først ble det

kjørt en analyse av solforholdene på plasseringen av

hus 2 i forhold til et sørvendt hus. Dette illustrerer i hvor stor grad solenergiproduksjon

påvirkes av husets plassering. Deretter ble hus 2 analysert alene for å se nærmere på hva

man kan forvente av soltimer mot husets flater i perioden 1.februar til 31.oktober.



Figur 11: Solanalysen av husene (Grasshopper)

4 Beskrivelse av case



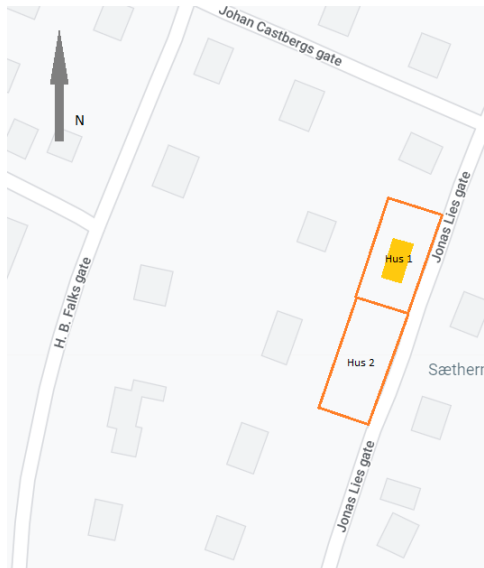
Figur 12: Tegning av hus 1 fra Revit (utbygger).

I oktober 2021 stod en ny enebolig ferdig på Tongjordet i Gjøvik, som gjennom oppgaven kalles hus 1. Prosjektet ble tegnet i samarbeid med Kontur arkitekter, har en grunnflate på 90 kvadratmeter og to etasjer. I mai 2022 startet byggingen av hus 2. Hus 2 skal bygges på nabotomten til hus 1, og vil ha samme utforming og bygningsfysiske egenskaper. I denne oppgaven skal dog hus 2 prosjekteres med BIPV som taktekking. Ettersom husene ellers er identiske og ligger ved siden av hverandre, har man en unik mulighet til å sammenligne takkonstruksjon, plassering og solforhold.

For hus 2 skal man se på plasseringen av huset, valg av BIPV-løsning og lage en plan på krav og ansvarsområder knyttet til installering. Plassering skal sees i forhold til regelverket og områdets estetikk. Det vil også bli gjort en simulering av plasseringen for å vise hvilke flater som best egner seg for BIPV, og hvor mange soltimer som kan forventes. Deretter skal man se på de forskjellige mulighetene for BIPV, og ta med momenter fra diskusjonen inn i valg av paneltype. Til slutt skal det lages et forslag til hvilke krav utbygger kan sette til installatørene, og hvordan ansvarsfordelingen kan deles slik at det blir mer oversiktlig.

4.1 Hus 1

4.1.1 Plassering

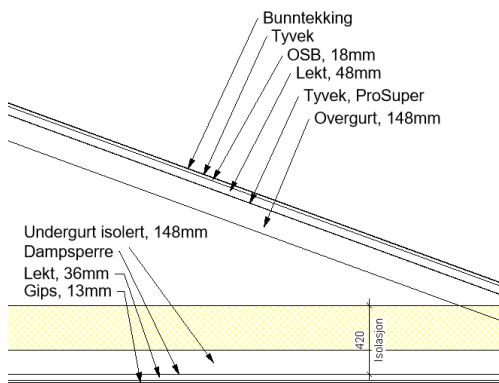


Figur 13: Områdeoversikt (Kartunderlag: Google)

Hus 1 er bygget opp med saltak, og er plassert slik at mønet strekker seg fra nordøst til sørvest. Dette medfører best solforhold langs den sørvestvendte gavlveggen, da man har sol her deler av formiddagen, hele ettermiddagen, og deler av kvelden. Plasseringen vender også høyre langsida mot Mjøsa, slik som de andre husene i gaten.

På bildet kan man se de to tomtene for caset. Tomtegrensene er tegnet inn i orange, mens plasseringen av hus 1 er tegnet i gult.

4.1.2 Takkonstruksjon



Figur 14: Prinsippskisse takoppbygging (private Revit-tegninger).

Fra innerste sjikt er taket på hus 1 bygget opp av 13 mm himlingsplater i gips, 36 mm nedlektning, dampspærre, 148 mm undergurt med 42 cm blåseisolasjon, 148 mm overgurt på takstol, Isola Tyvek ProSuper undertak, 48 mm lekter, 18 mm taktro av OSB-plater, ordinær Tyvek-duk, og båndtekkning ytterst.

5 Resultater

5.1 Litteratursøk

Tabell 2:
Oversiktstabell over artikler funnet i litteraturen

Forfatter	Problemstilling/ Hensikt	Metode	Resultat	Konklusjon
Kristine Fuglestad	What are the challenges for BIPV technology in Norway and how can standards help ensure its access to the solar energy market?	Kvalitativ metode. Intervju og litteraturstudie med en case	Viser stort behov for gode standarder	Standarder vil være en nøkkel i utviklingen av teknologien og tilgjengeligheten på markedet
Helmine Osmundsen	How can BIPV become a competitive product on the market in Norway? <i>and</i> How can the case of the Brynseng school help the future of BIPV in Norway?	Kvalitativ litteraturstudie, casestudie og intervju	Kostnadene på BIPV må ned for at det skal bli attraktivt <i>og</i> Brynseng skole var et dyrt prosjekt, men en investering i fremtiden	Fokusere på mer forskning og kunnskap om BIPV materialer, produkter og forhold
Stian Backe and Ann Kristin Kvellheim	Identify drivers and barriers in different areas pertinent to the development of a ZEN, such as technical, market related and institutional aspects.	Litteraturstudie og workshops for partnere ved ZEN research senteret	Anbefalinger for tre interessegrupper	Det er gjennomført få ZEN prosjekter, og det forventes stor utvikling i fremtiden
Hassan Gholami, Harald Nils Røstvik og Koen Steemers	Investigate the contributions of building-integrated photovoltaic (BIPV) systems to the notion of nearly zero-energy cities	Kvantitative databasestørrelser og kvalitative intervju	BIPV kan i stor grad bidra til å dekke behovet for energi i urbane strøk	Stor variasjon fra land til land hvor mye man kan stole på at BIPV bidrar til nullutslippsbyer

5.1.1 Utfordringer funnet i litteraturen

Tabell 3:

Tabell med utfordringer funnet i litteraturen.

Building-integrated photovoltaics in Norway, challenges, and standards
Masteroppgave fra 2021, skrevet av Kristine Fuglestad
Installering av BIPV er en kombinasjon av byggfag og elektrofag.
Mye større behov for et mer detaljert samarbeid mellom fagene enn ved installering av BAPV.
Det er behov for mer kunnskap og kompetanse om BIPV på alle plan. De forskjellige fagene (arkitekt, utbygger og installatør) mener selv at de har god kunnskap, mens mangelen på kompetanse ligger hos de andre.
Installering av BIPV krever høyere presisjon og nøyaktighet enn vanlig taktekkning.
En informant var tydelig på at mye research og stor innsats måtte til ved det første prosjektet. Etter at de fikk kunnskap om prosessen er kostnaden for installering omtrent det samme som for BAPV.
Ansvarsområder er den største utfordringen. Det er ingen klare retningslinjer når det oppstår problemer mellom det elektriske og det byggetekniske. Derfor må det lages spesialavtaler i tilfelle noe går galt.
Det finnes lite forskning på risiko for brann i BIPV-systemer, og det er få godkjente produkter i Norge.
Byggebransjen ansees som konservativ. Man liker best å gjøre det man vet fungerer og som er dokumentert fra før.
Løsningene for BIPV ansees dessuten for å være mer kostbare enn for vanlig taktekkning og BAPV, noe som er en barriere.
Building-integrated photovoltaics in Norway
Masteroppgaven fra 2019, skrevet av Helmine Osmundsen
Studien bekrefter at det finnes kunnskapshull når det gjelder BIPV i Norge.
Utfordringene som gjør at BIPV ikke er mer attraktivt på markedet i Norge er lite studert. Det er gjort noen studier på dette, men ikke på det norske markedet.
Det kommer frem i et intervju at byggherren hadde store kostnader knyttet til planlegging og ingeniørarbeid, tross støtte fra Enova.
Selv om BIPV erstatter deler av bygningsmaterialene, og prisen på solcellepanel går ned vil ikke nødvendigvis totalkostnadene bli mye lavere, fordi prosjekteringen fortsatt er en omfattende prosess.
En informant opplevde at de ulike prosjektpartnerne hadde lite erfaring med BIPV, og at prosessen for mange derfor ble erfaringslæring.
Oppfatningen er at det er mangel på forskjellige løsninger for BIPV.
Å være en prosumer (produsent og konsumer) er ikke fordelaktig, fordi man ikke får mye igjen for strømmen man selger.

<p>Installeringen av BIPV er oftest en enkel prosess. Det finnes noen utfordringer når det gjelder integrering av panelene mot andre materialer, og andre bygningsrelaterte problemer, men de behandles stort sett på en god måte.</p>
<p>En erfaring fra caset er at entreprenører og arkitekter liker nye utfordringer. Arkitektene har ikke nødvendigvis all den kunnskapen som er nødvendig om solenergiproduksjon, så det kan være nødvendig for byggherre å styre retningen litt, slik at miljøambisjonene blir ivaretatt.</p>
<p>Markedet for BIPV er langt mindre enn markedet for BAPV.</p>
<p>Zero emission neighbourhoods</p>
<p>Forskningsrapport fra 2020, skrevet av Stian Backe og Ann Kristin Kvellheim</p>
<p>Funn i studien viser at en barriere for PV i Norge er generell lav kompetanse blant konsulenter i energisektoren og blant lokale myndigheter.</p>
<p>Myter om begrenset produksjon av strøm fra solenergi, og rask utvikling det er vanskelig å følge har gjort teknologien mindre interessant.</p>
<p>Et problem ifølge rapporten er oppfatningen om at solceller har negativ estetisk effekt.</p>
<p>The Contribution of Building-Integrated Photovoltaics (BIPV) to the concept of Nearly Zero-Energy Cities in Europe: Potential and Challenges Ahead</p>
<p>Forskningsartikkel fra 2021, skrevet av Hassan Gholami, Harald Røstvik og Koen Steemers.</p>
<p>Utfordringer i designfasen viste seg å være relatert til enten produksjonsprosedyrer for BIPV, eller den arkitektoniske designprosessen.</p>
<p>BIPV-systemer skal tilfredsstillе både bygningsfysiske krav i det aktuelle landet, samt standarder for det elektriske systemet. Denne doble funksjonen blir ofte sett på som en hindring.</p>
<p>Noe så enkelt som ulike metriske standarder mellom faggruppene kompliserer bruken av BIPV.</p>
<p>Ulik byggepolitikk og byggeforskrifter kompliserer markedet.</p>
<p>I Europa har ikke BIPV-teknologi havnet under noen spesielle standarder, forskrifter, eller retningslinjer som kunne bidratt til et europeisk rammeverk som alle kan forholde seg til.</p>
<p>Feil valg av komponenter, plassering og orientering av BIPV-systemet er andre barrierer.</p>
<p>Det mangler standarder for brannsikkerhet når det gjelder BIPV.</p>
<p>BIPV-systemet må være nøyaktig utformet, konstruert og installert, og ha riktig festemetode avhengig av type panel. Studier har vist at feil på disse områdene er et utbredt problem.</p>

5.1.2 Løsninger funnet i litteraturen

Tabell 4:

Tabell med løsninger funnet i litteraturen.

Building-integrated photovoltaics in Norway, challenges and standards
Masteroppgave fra 2021, skrevet av Kristine Fuglestad
Økt bevissthet av hvilke fordeler BIPV gir bør være i fokus dersom det er ønskelig å utvikle industrien videre.
Bedre kunnskap om, og enklere montering av teknologien er viktig for å skape en mer effektiv prosess.
God kunnskap om takkonstruksjoner og installering av BIPV er nødvendig for å senke kostnadene.
Building-integrated photovoltaics in Norway
Masteroppgaven fra 2019, skrevet av Helmine Osmundsen
Prisen på BIPV går ned, fordi man ser at det lønner seg å investere i det. Ifølge en entreprenør er det gode muligheter for at BIPV blir konkurransedyktig i fremtiden, og at markedet vil vokse.
Erfaringer fra caset sier at fagene som var involvert i prosessen var interesserte og åpne for nye løsninger og utfordringer.
Zero emission neighbourhoods
Forskningsrapport fra 2020, skrevet av Stian Backe og Ann Kristin Kvellheim
Bedre samarbeid og koordinering mellom forskjellige sektorer, som bygnings- og energisektorene, er viktig ettersom samfunnsinteressen for energieffektivitet er økende.
The Contribution of Building-Integrated Photovoltaics (BIPV) to the concept of Nearly Zero-Energy Cities in Europe: Potential and Challenges Ahead
Forskningsartikkel fra 2021, skrevet av Hassan Gholami, Harald Røstvik og Koen Steemers.
Man trenger å utvikle anerkjente læringsprogram og byggeforskrifter for å fremme BIPV- bruk via myndigheter og andre interessenter. Dette krever tett samarbeid mellom politikere, arkitekter, myndigheter og elkraftleverandører.
I designprosessen kan det være hensiktsmessig at arkitekter og designere rådfører seg med konsulenter innen solkraft.
Man har sett en økning i alternativer for monteringsystem, og videre bør arkitekter og produsenter samarbeide for å løse utfordringene.

5.2 Intervju

Under følger en oversikt over hva de forskjellige informantene delte av kjennskap til de tre hovedtemaene i intervjuene. Svarene er ikke listet opp i kronologisk rekkefølge.

5.2.1 utfordringer

Tabell 5:

Funn i intervjuene knyttet til utfordringer ved montering.

Tømrer 1
Problemer ved installering
Utviklingen innen BIPV går fort. Prosjekterte delvis integrert BIPV på hyttetak. Når panelene skulle bestilles var de ikke lenger tilgjengelige på markedet, og erstatningsproduktet hadde andre mål. Måtte begynne fra scratch med arkitekt og andre materialtyper på taket rundt.
Brukt mye penger på å lære seg prosessen (brukt sitt eget hus som prøveprosjekt).
Estetiske problemer
Mange kunder tar lite hensyn til hvordan eiendommen blir seende ut, og er i utgangspunktet kun ute etter gratis strøm.
Leverandører bygger ikke for seg selv, men for andre. De vil bygge og selge mest mulig, noe som er bra på grunn av energimangel, men det tar seg derimot ikke alltid like godt ut estetisk sett.
Leverandører vil fylle alle tak, og de vil rive eksisterende tak fordi de ikke har gode løsninger for montering på det eksisterende taket. Det er imidlertid ikke bærekraftig å rive 100% funksjonelle tak for å legge solcellepanel.
Kan gi et forurensende bilde ved at eiendommene blir gjort «stygge», man burde derfor vært pålagt å ta estetiske hensyn. Det kan sammenlignes med at landbrukseiendommer blir pålagt å rydde fordi det er forurensende og stygt for områdene rundt.
Tømrer 2
Problemer ved installering
Andre tømrerfirmaer bruker kanskje lang tid fordi de bruker delvis integrerte løsninger (GSE-løsninger). Disse kan være mer innfløkte å finne ut av, men er billigere, litt fordi man kan kombinere dem med den taksteinen man måtte ønske.
Opplever ikke at det er noen utfordringer med de to løsningene de leverer. Prinsippene for å legge vanlig takstein og disse BIPV-panelene er like. Går faktisk raskere å legge BIPV, ettersom panelene bygger 6-7 taksteiner i lengden.
Estetiske problemer
Panelene de bruker er veldig subtile og ser ut som vanlig takstein, fordi de har samme format og finish. Estetisk sett mener han derfor dette er den beste løsningen.

Kunden velger ikke disse panelene på grunn av effekt (den er lik), men utelukkende på grunn av det estetiske. Det er et luksusprodukt. De er dyrere i produksjon, og kan være dyrere å legge hvis taket er skeivt.
Elektriker
Problemer ved installering
Begynte montering i 2017/2018. Da fantes det ingen kurs og ingen hadde kunnskap om installering, så de var nødt til å lære seg dette på egenhånd.
I Sverige har de et kompetansesenter der man kan lære hvordan BIPV skal installeres. Det finnes ikke i Norge. Leverandører kan kurse, men viser kun hvordan det skal gjøres og har ikke svar på andre spørsmål relatert til tematikken.
Første gang de skulle montere kom leverandøren for å se hvordan det ble gjort, fordi de aldri hadde vært med på det selv.
Opplever at byggfag har samme problemstillinger som elektro: Hvor mye kan vi gjøre? Hva er vårt ansvar?
Dårlig opplegg fra produsenter med tanke på løsninger. GSE-systemene er produsert i forskjellige størrelser, og lekting varierer derfor etter størrelse på panelene.
Dersom det skal installeres på gamle bygninger regner elektrikerer med at det til slutt er snekkeren som må si nei dersom det ikke er forsvarlig.

5.2.2 Kunnskap og kommunikasjon

Tabell 6:

Funn i intervjuene knyttet til mangel på kunnskap og kommunikasjon.

Tømrer 1
Det finnes egentlig ingen standardløsninger, fordi alle installeringene er forskjellige. Når eventuelle standarder fra SINTEF kommer ut vil de antagelig allerede være utdatert. Industrien ligger allerede flere steg foran.
Måtte lære seg installeringen på egenhånd, det var nødvendig å montere taket for å forstå hvordan det fungerte.
Måtte prøve og feile, og la om sitt eget tak tre ganger. Han begynte først med 24 panel, men har redusert antallet flere ganger for at det skal bli mer estetisk pent.
Elektrikerer må ha informasjon om systemet før han sier ja til å gjøre jobben og melde det inn.
Så fort man er nødt til å klippe en kabel er det elektriker som må gjøre det. I teorien kan en tømrer legge hele taket dersom det ikke må klippes. Man kan også si at elektrikerer ikke har peiling på tetting av tak og da er det behov for en tømrer/taktekker. Det er en kombinasjon av fagene, og det nødvendig med begge fag involvert for at det skal være forsvarlig.
Kan være vanskelig å avklare hvilke fag som skal selge hvilke tjenester. Dersom tømrer 1 er hovedentreprenøren, kan elektrikerer selv bestemme hvilke tjenester han fakturerer for –

innenfor rimelighetens grenser. «Hvis han er fornøyd så er jeg fornøyd, og hvis jeg taper penger så har jeg regna for dårlig pris».
Det kan oppstå diskusjoner om ansvar og salg av tjenester, men det viktigste er fornøyde kunder. Det genererer flere kunder.
Før man begynner på et nytt anlegg er det alltid spørsmål rundt gjennomføringen, og disse må avklares med elektriker.
Opplever at elektriker er skeptisk første gang, noe som er naturlig, for man skal ikke si ja til noe man ikke vet hva er. Etter å ha vært med på installering én gang sier tømmer 1 at flere elektrikere mener det er veldig enkelt.
Det er i utgangspunktet kun tømmer og elektriker som er involvert i prosjektene, og de benytter ingen digitale løsninger.
I de tre månedene november til januar er solenergiproduksjonen tilnærmet lik 0. For hans hus har de tre månedene totalt vesentlig mindre produksjon enn oktober måned alene.
Tømmer 2
Solcelleleverandøren leverte nødvendig informasjon rundt montering av BIPV-produktene. Det ble holdt et 2-timers kurs i montering, men dette gjaldt kun 2 i ledelsen. Har etter hans mening ikke vært behov for det blant de utførende tømmerne, ettersom løsningen er så selvforklarende.
I oppstartsfasen var det ikke nødvendig å hente inn mer informasjon enn den leverandøren kom med.
Kunne prosjektere med tradisjonelt undertak, ettersom panelene veier mindre enn takstein. Så lenge taket tåler takstein, tåler det dermed også solcellepanelene. Panelene krever heller ikke noe mer av underlaget enn det takstein gjør.
Mottar ferdig prosjektert solcellesystem fra leverandøren. Dette er 2D-modeller av de forskjellige takflatene. Man kan eventuelt gjøre små tilpasninger på stedet ved behov.
Med tanke på et eventuelt læringscenter, må opplegget i så fall være praktisk og enkelt, «matnyttig». Det må ikke inneholde mye teknisk og beregninger. Det kan virke demotiverende, tror han. Det er ingeniøren eller leverandørens oppgave å prosjektere!
Kan forstå at prosessen er mer stressende dersom flere aktører er involvert. Da blir det ofte et grensesnitt på hvem som skal gjøre hva og når, og det blir fort kaos.
Mener at de som driver med utenpåliggende paneler (BAPV) ofte driver litt uetisk. Installerer på gamle tak som burde vært byttet, i stedet for å be kunden søke hjelp hos noen som kan bytte ut taket først.
Elektriker
Tømmerne som har vært involvert i samme prosjekter som ham, har fått tegninger og beskjed om hva som må gjøres for at panelene skal passe.
Det er ofte en uerfaren person som monterer fester og legger panel. Deretter kommer en elektriker som kobler alt sammen.

I kontrakter for eksisterende bygg er ofte eier ansvarlig for at undertaket er forsvarlig å montere PV på. Her har få eiere kompetansen til å bestemme dette, og er ikke klar over ansvaret dersom det skulle skje noe. Likevel velger mange å installere PV uten å ha gjort grundige undersøkelser på forhånd.

Inntrykk av at hovedfokuset er på å få solgt PV-løsninger, og at ansvaret for installasjonen forskyves. Hvem som har ansvar for hva blir først et problem dersom noe går galt.

5.2.3 Løsninger på problempunkter

Tabell 7:

Løsninger på problemene funnet i intervjuene.

Tømrer 1
Kunnskap og kommunikasjon
Det er en installasjon som går over to fagfelt, og det bør derfor være en tømrer og en elektriker som jobber sammen.
Tror det vil bli mer attraktivt med solceller og andre miljøtiltak dersom tilgangen på positive erfaringer blir mer kjent. Tror mange forbinder solceller med den typen man hadde på hytter før det kom strøm på fjellet.
Det utvikles nye løsninger hele tiden. Skal man ha mulighet til å følge utviklingen, er det fordelaktig med en generell basiskunnskap i bunn.
Tømrer 1 tror montering av BIPV vil bli en del av tømrerutdanninga i løpet av et par år.
Estetikk
Det bør bygges slik at BIPV ser ut som en del av taket, det skal ikke se sjenerende ut.
De som vil legge vanlig takstein for så å montere BAPV bør heller legge solcelletakstein. Det blir mye bedre sett fra et miljøperspektiv hvor man erstatter vanlig takstein med solceller, og det ser bedre ut i det bygde miljø.
Det er viktig å velge en løsning som gjør at bygningen passer inn i miljøet rundt. Eksempelvis torvtak med noen solceller på fjellet. Panelene genererer strøm, mens torvtaket gjør bygningen mindre ruvende i landskapet.
Tømrer 2
Installering
Firmaet samarbeider med elektriker på prosjektene. Tømrer bygger undertaket og monterer panelene før elektrikeren kobler dem sammen. Tømrerne kan også koble, men må i så fall overvåkes av elektriker. Elektriker tester panelene for å sjekke at alt fungerer, og kobler de ulike sløyfene til en inverter.
Prosjektering og planlegging av systemet er det solcelleleverandøren som gjør. Tømrer 2 mottar et ferdig oppsett med antall og plassering, resten av taket skal tekkes med dummies. Han opplever derfor at det er veldig klart og tydelig hvem som gjør hva.
Selve undertakonstruksjonen prosjekterer firmaet hans selv, da solcelfirmaene ikke har noen forutsetning for å gjøre dette.

Kunnskap og kommunikasjon
Elektriker står ansvarlig for det elektriske/solcellesystemet, tømmerfirmaet står ansvarlig for takkonstruksjonen.
Firmaet hans øynet en god forretningsmulighet ved å fokusere på en utvalgt solcelletype, ha et fast samarbeid med prosjekterende leverandør og bli spesialister på dette. Må dermed kun forholde seg til en elektriker under selve monteringen, gjør resten selv.
Digitale løsninger er foreløpig for kompliserte og tar for lang tid for denne typen prosjekter. Ringer man i stedet så får man svar med en gang. Men digitalisering er en fin tanke!
Flere burde alliert seg med flinke folk. Man burde ansatt én tømmermann som kunne alt om oppbygging, én elektriker og én solcellemontør – det hadde vært den perfekte fagkombinasjon! Noe sånt kan man tenke på framover.
Folk må ta ansvar selv for å ha kontroll på det de holder på med. Mange sier ja til alt av prosjekter, men burde vært mer selvbevisste på om de faktisk har kompetanse til å gjøre jobben.
Estetikk
Taket skal ikke skille seg ut, men gli inn i mengden. Flere burde investere litt ekstra i å få det pent.
Elektriker
Installering
Snekkerens fagområde bør være selve konstruksjonen og tettingen. Snekkeren kan godt legge panel, men her kommer det an på hvordan ansvarsfeltet skal deles.
Ved nybygg bør ingeniører involveres tidlig for å beregne laster.
Burde vært et eget fagområde med en kombinasjon av snekker, elektriker og ingeniør.
Kunnskap og kommunikasjon
Elektrikeren mener ansvarsområdene kan deles slik: Snekkers hovedansvar er helt frem til montering, og gjerne tettingen etterpå. Elektrikere bør ha hovedansvar for selve monteringen av panelene.
Hele prosessen bør gjennomføres som et samarbeid. Snekker har kunnskap om konstruksjon og tetting, mens elektriker har kunnskap om panelene. Derfor vil det være hensiktsmessig at en snekker og en elektriker legger taket sammen.

6 Diskusjon

I dette kapitlet skal problemstillingene og løsningene som kom frem i litteraturen og gjennom intervjuene diskuteres. Resultatene for kunnskap og kommunikasjon vil bli delt inn i hvert sitt underkapittel, da det blir ansett som mer hensiktsmessig.

Gjennom litteratursøkene kom det frem at mye av dagens forskning er knyttet til hvordan BIPV kan bli mer aktuelt på markedet. Flere artikler tok for seg utfordringer og løsninger knyttet til dette, og man satt igjen med få artikler som så på installering av BIPV.

Forventningene til litteratursøkene var at man ville finne flere gode artikler som så på nettopp installering. Derfor skiller resultatene seg noe fra forventningene, og man sitter igjen med flere artikler relatert til mangel på produktkunnskap. Både mangler hos entreprenør, utbygger, arkitekt og private.

Intervjuene ga litt andre resultater og samsvarte mer med forventningene man hadde etter samtaler med private interessenter under idémyldringsfasen. Intervjuene ga bedre innblikk i installasjonsfasen og kommunikasjon mellom ulike fag. Dette samsvarte bedre med oppgavens hensikt. Informantene reagerte nærmest litt perplekst på at man ønsket intervjuer med dem framfor leverandørene. Det kan tyde på at det er lite fokus på installasjonsfasen, og større fokus på produkter og tilgjengelighet. Etter intervjuene var gjennomført så man at det var noen påstander som ikke var forankret i dokumentert forskning, men snarere basert på personlige meninger. Disse vil ikke bli diskutert videre.

6.1 Teknisk installasjon

Når det gjelder problemer ved installering av BIPV funnet i litteraturen var det som nevnt få resultater. Noe av det som kom fram var at det kreves høyere presisjon og nøyaktighet enn ved vanlig taktekking, og feil relatert til dette er et utbredt problem. Det ble også beskrevet at det er flere utfordringer ved integrering av paneler inn mot andre materialer. Dette er oftest problemer som oppstår ved delvis integrering av solcellepanel. Videre beskriver litteraturen at når man først har lært seg å installere BIPV er det en forholdsvis enkel prosess. Den ene tømmeren som ble intervjuet mente dog at oppbyggingen av undertak var lik som ved vanlig taktekking, slik at takbyggingen foregår som vanlig. Det var kun taksteinen

som skilte seg fra et tradisjonelt tak, altså oppsto det etter hans mening ingen bygningsrelaterte problemer. Det skal nevnes at denne tømrreren kun legger helintegreerte løsninger som er forhåndsprosjekterte. Dette kan dermed tyde på at problemene oppstår i forbindelse med delvis integrerte løsninger, eller i prosjekteringsfasen av solcellesystemet.

I intervjuene kom det fram at informantene var delaktige i prosjekteringen av selve solcellesystemet i ulik grad, og at de derfor hadde forskjellig oppfatning av kompleksiteten av BIPV-installasjonen. For tømrreren som selv var involvert i store deler av prosjekteringen, var det nødvendig å benytte seg av en prøve-og-feile-strategi. Han måtte på egenhånd lære seg hvordan panelene oppnådde optimal effekt, og hvordan de enklest kunne monteres. Tømrreren som fikk systemet ferdigprosjektert, opplevde derimot at installeringen gikk raskt og ukomplisert allerede fra første prosjekt. Selve undertaket prosjekterer firmaet selv, da dette er noe leverandørene av BIPV ikke har forutsetninger for å gjøre. Dette firmaet har for øvrig kun fokusert på 2 varianter av BIPV, og disse legges på samme måte som vanlig takstein. De opplever at installeringen av BIPV-takstein går mer effektivt, fordi ett panel tilsvarer 6-7 taksteiner. Firmaet driver ikke med delvis integrerte panel selv, men de oppfatter disse som mer kompliserte å installere. Ved delvis integrerte paneler må man først montere fester, tette rundt disse, legge paneler og avslutningsvis tilpasse taksteinen rundt. Det er noe overraskende hvor stor forskjell det er på vanskelighetsgraden ved installeringen av de to typene. På tross av dette er delvis integrerte paneler det billigste alternativet produktmessig, og er derfor mest populært hos kundene. Ettersom det tar lengre tid å gjennomføre installeringen, øker likevel kostnadene for kunden. Det betyr at man har mye å hente på å forenkle og ufarliggjøre installeringen av delvis integrerte paneler.

Elektrikeren som ble intervjuet har montert PV siden 2017. Da de begynte var det ingen tilgjengelig informasjon om hvordan det skulle gjøres, og de var nødt til å lære seg dette på egenhånd. Ikke engang leverandøren visste hvordan det skulle gjøres, og kom derfor for å se hvordan de monterte panelene. Elektrikeren mener at mange av problemstillingene tømrreren møter på, også er relevante for hans fag. Det er tydelig at det er nødvendig med en avklaring av hvilke ansvarsområder hvert fag har. Her nevnes det også at det er store forskjeller på hvordan taket må lektes, fordi GSE-systemene varierer i størrelse. Man ser igjen at problemene oppstår ved delvis integrerte løsninger. For helintegreerte paneler er ikke

selve lektingen nødvendigvis en utfordring, ettersom panelene har samme format som vanlig takstein, men det stilles større krav til at taket må være rett.

En annen utfordring som blir nevnt i forbindelse med installasjon er at hovedfokuset til leverandøren er å få solgt mest mulig, uten at takets tilstand blir vurdert. Elektrikerens erfaring er at byggets eier må stå ansvarlig for at taket er i forsvarlig stand. I flere tilfeller har ikke eieren den kompetansen som er nødvendig for å vurdere dette. Ved installering av BIPV anbefales det derfor at leverandører rådfører seg med et tømmerfirma, slik at tømmeren kan vurdere undertaket idet man fjerner tekkingen. Det anbefales i tillegg at undertaket byttes i sin helhet for å minimere risikoen for problemer ved legging av BIPV og merkostnader for kunden på sikt. Tømmer 2 foreslår i denne forbindelse at leverandører oppretter egne stillinger til tømmerere og elektrikere. På den måten vil de besitte all den nødvendige kompetansen. Elektrikeren er inne på samme tankegang idet han foreslår et nytt fagfelt med kompetanse innen både tømmer-, elektro- og ingeniørfag. Hadde man gjennomført dette, ville man ikke hatt de utfordringene man i dag har rundt ansvarsområdene, da alt ville vært samme fag. Dette kan tyde på at flere savner mer helhetlig kompetanse på området.

6.2 Kunnskap og kommunikasjon

6.2.1 Kunnskap

I litteraturen kom det tydelig fram at det er behov for mer kunnskap om BIPV. Dette omfatter både kunnskap om produktet, prosjektering og bygging. Generelt lav kompetanse blant energikonsulenter og myndigheter er dessuten også en hindring. Det er behov for felles standarder og forskrifter i Europa, og det er også mangel på dette i Norge. BIPV-systemene skal tilfredsstillere krav med tanke på bygningsfysikk og elektronikk, noe som kan skape utfordringer idet de to fagene knyttes sammen og ikke kan vurderes uavhengig.

En utfordring som kom fram i intervjuene er at utviklingen av BIPV går relativt fort, og når byggestandardene kommer vil sannsynligvis PV-bransjen allerede være et steg foran. I tillegg vil det være vanskelig å lage standardløsninger da installeringen er forskjellig for ulike produkter. Produktene endrer seg dessuten i takt med utviklingen, og størrelsene på tilgjengelige paneler forandres kontinuerlig. Også i litteraturen kom man over en etablert

oppfatning om at den raske utviklingen er vanskelig å følge, og at dette er en bidragende grunn til at interessen for BIPV er beskjeden. Det kan virke demotiverende å sette seg inn i noe som blir irrelevant etter kort tid. Det kom også fram at byggebransjen anses som noe konservativ. Man kan spekulere i om den forutinntatte skepsisen til nye og ukjente metoder er årsaken til at helintegreerte paneler anses som enklere å installere enn delvis integreerte. Installeringen av denne typen BIPV skiller seg i liten grad fra vanlig taktekking, og det er dermed lite behov for å lære seg noe nytt.

Både resultater fra litteraturen og intervjuet av tømmer 1 tyder på at mye tid og ressurser ble brukt på det første prosjektet for å lære prosessen. Informantene opplever også at prosessen kan være preget av erfaringslæring. Gjennom det ene intervjuet kom det imidlertid fram at arbeidet med BIPV opplevdes uproblematisk allerede fra første prosjekt, men dette har nok mye med valg av produkt å gjøre. Man ser i så fall at produkter som ligner på mer tradisjonell taktekking og som ikke krever noe av undertaket utover det tradisjonelle tak gjør, gir en enklere tilnærming for både prosjekterende og utførende. I tillegg vil riktig produktvalg være kostnadsbesparende med tanke på tidsbruk. Det kan antas at rimeligere produkter, samt besparelser på andre byggematerialer vil føre til en økning i interesse og derfor mer kunnskap om produktet. Dette kan igjen føre til at prosjekteringen og monteringen i fremtiden vil gå mer effektivt, og at prisene på sikt vil bli lavere.

Et interessant funn var at alle fagene mener de selv har god kunnskap om produktet, mens det er de andre som mangler kompetansen. Dette gjenspeiles i utsagnene fra informantene, hvor tømmerne mente elektriker manglet kunnskap, og vice versa. Ifølge tømmer 1 hadde elektriker en naturlig skeptisk tilnærming til den første jobben. Derfor valgte tømmer 1 å ha et møte med elektriker for å forklare hva en slik installering ville gå ut på, og hva BIPV var. Gjennom det første prosjektet lærte nevnte elektriker at selve installasjonen var en enkel prosess, og ga uttrykk for at dette burde vært mer kjent i bransjen.

Det etterlyses mer informasjon og tilgjengelig dokumentasjon på temaet, og mange kvir seg tilsynelatende for å gå inn i arbeid som omfatter BIPV. For tømmer 2 var det imidlertid solcelleleverandøren som leverte all nødvendig informasjon og instruksjoner, og lederne i firmaet ble også kurset i produktene. De utførende fikk dog ingen opplæring før første installasjon, fordi ledelsen opplevde monteringen som svært selvforklarende. Det skal

nevnes at dette var det firmaet som benyttet seg av solcelletakstein. Det kan dermed diskuteres om behovet for informasjon og opplæring er like stort for helintegrerte solcellepanel, kontra delvis integrerte panel. Informantene som oppgav at de brukte mye tid på å sette seg inn i oppgaven, arbeidet med delvis integrerte paneler.

Prosjektering av solcellesystemene er en oppgave som bør utføres av ingeniører eller solcelleleverandører. Resultatene av litteratursøk og intervju viser at prosjektering kan være en omfattende prosess, og at ikke alle innehar den nødvendige kompetansen til å stå ansvarlig for dette. For at bruken av BIPV skal være trygg og tilpasset den aktuelle bygningens energibehov, burde fagkyndige være involvert i prosjekteringen. Et eksempel er den ene informanten, som la delvis integrerte paneler på egen bolig og garasje. Han endte opp med å måtte bygge om takene flere ganger, for å tilpasse størrelsen på anlegget til det faktiske energibehovet. Dette ble en svært kostbar framgangsmåte, og informanten mente selv at denne strategien ikke var bærekraftig. Man mener derfor at prosjekteringsleddet bør forbeholdes ingeniører, leverandører eller andre fagkyndige, slik at prosessen blir mest mulig effektiv og oversiktlig. Eksempelvis kan man nevne firmaet til tømmer 2, som ved hvert prosjekt mottar 2D-tegninger fra leverandør. Disse inneholder ferdige skisser med antall, oppsett og plassering av både solcelletakstein og dummies.

For at installeringen skal oppfattes som mer overkommelig, burde leverandørene understreke at det ikke er montørene som skal utføre prosjekteringen. Dermed vil ansvaret til tømmerne være selve takkonstruksjon med tetting, mens elektrikerer har ansvar for elektriske koblinger. De må imidlertid samarbeide om monteringen av solcellepanelene. Man ser derfor nødvendigheten av at basiskunnskapen for montering blir en del av læreplanen for tømmerutdanningen, slik den er for elektrofag i dag. Slik kan flere bedrifter tilegne seg kompetansen ved å ansette nyutdannede. Ettersom industrien utvikler seg vil det komme nye måter å installere på, men dersom man har basiskunnskapen i bunn er det sannsynligvis enklere å tilpasse seg, og å resonnerer seg fram til hvordan nye paneltyper skal monteres. I Sverige har Glava Energy Center opprettet et kompetansesenter hvor man kan prøvemontere produkter fra ulike produsenter. Noe lignende burde vært tilgjengelig i Norge, da dette trolig vil senke terskelen for å ta i bruk BIPV. Informantene ble spurt om dette, og var da tydelige på at man i så fall burde vektlegge det rent praktiske rundt montering.

Teknisk funksjon og beregninger burde utelates, ettersom dette (ideelt sett) ikke skal være montørenes ansvar.

6.2.2 Kommunikasjon

6.2.2.1 Samarbeid

Når det gjelder installering av BIPV er det nødvendig med et tettere samarbeid mellom de involverte aktørene enn ved BAPV. Det er fordi panelene skal fungere som klimaskallet til bygningen, i motsetning til BAPV som ligger utenpå kledningen, og ikke har noe teknisk funksjon for bygningskroppen. Ved BIPV skal også de elektriske koblingene integreres. Tømrerne som har vært med på prosjektene til elektrikerer får utdelt tegninger og instruksjoner om hva som må til for at panelene skal passe. Tømrer 1 gjennomfører møter med elektriker, mens tømrer 2 opplever at firmaet og elektriker har kontroll på oppgavefordelingen. Sistnevnte får tildelt oppgavebeskrivelsen av prosjekterende leverandør, og må derfor kun forholde seg til elektrikerer under selve installeringen. Vedkommende kan derimot forstå at det kan oppstå uavklarte situasjoner dersom man ikke har faste arbeidsområder slik de har.

Når det gjelder digitale løsninger for kommunikasjon, trodde man i utgangspunktet at det ville være hensiktsmessig å bruke løsninger som for eksempel BIM, slik at alle til enhver tid har tilgang til den siste oppdaterte versjonen. Tømrer 2 mener at disse løsningene foreløpig er for avanserte og tidkrevende for mindre prosjekter som takskifte på eneboliger. Tømrer 1 gav et lignende svar, og foretrakk telefonsamtaler framfor andre digitale løsninger. Dette er utvilsomt en effektiv kommunikasjonsmetode, men mangelen på skriftlig dokumentasjon av avtaler kan potensielt skape konflikter siden. I løpet av arbeidet med oppgaven har man etablert en oppfatning om at digitale løsninger som BIM vil være for komplekse for bygging av en enkel enebolig, men fordelaktig for større prosjekter, som for eksempel en skolebygning. For mindre prosjekter som legging av nytt tak, eller bygging av ny enebolig kan det derimot være en fordel med en felles databank for alle dokumenter, samt en logg for avtaler som har blitt gjort. Denne burde utbygger og de ansvarlige innen hvert fag ha tilgang til.

6.2.2.2 Ansvarsområder

Tradisjonelt har elektriker hatt ansvar for montering av BAPV, men ettersom BIPV har en funksjon i bygningskroppen faller det også under tømmerens fagfelt. I litteraturen og gjennom intervju med elektriker og tømmer 1 er det uklart hva som faller under hvilke fag, og det er stort behov for å spesifisere ansvarsområder. Det er også nødvendig å spesifisere ansvarsområder for å avklare hvem som kan fakturere for hvilke tjenester tilknyttet monteringen, og hvem som har ansvar dersom problemer skulle oppstå. Elektrikeren mener hovedfokuset i dag er å selge mest mulig, og at man forsøker å skyve ansvarsfordelingen litt til siden. Derfor kan det oppstå store konflikter dersom noe går galt, og det ikke er avklart hvem som er ansvarlig på forhånd.

Ved spesifisering av ansvarsområder ser man en tendens til lik oppfatning i litteraturen og blant informantene. Hovedsakelig er det kun tømmer og elektriker som er involvert i monteringen. Tømmeren har kunnskap om takkonstruksjonen og tettingen av taket, mens elektrikeren har kunnskapen om det elektriske systemet og tilkoblinger. Forslag til ansvarsfordeling er dermed at tømmer står ansvarlig for konstruksjonen og undertaket samt tetting rundt paneler. Når det gjelder montering av selve BIPV-systemet er ansvarsfordelingen avhengig av hvilken type produkt som skal benyttes. Ved helintegreerte løsninger er forskjellen fra vanlig taktekking liten, og det er derfor fordelaktig at en tømmer har hovedansvar for panelmontering. Elektriker vil her ha ansvar for sammenkobling, testing og tilkobling til husets strømanlegg. Ved delvis integrerte paneler benyttes GSE-systemet. Her er det behov for et tettere samarbeid. Man ser det som mest naturlig at tømmerne har hovedansvar for monteringen av selve festeplatene og tetting etter at panelene er koblet opp. Her vil elektriker ha samme ansvarsområder som ved helintegreerte paneler, i tillegg til hovedansvar for festing av panelene. Det er imidlertid behov for at fagene samarbeider om monteringen av panelene, og den generelle oppfatningen er at det er nødvendig med både en tømmer og en elektriker når panelene skal installeres.

6.3 Estetikk

Gjennom de forskjellige casestudiene man har sett på i litteraturen, ser man at de prosjekterende arkitektene hadde liten til ingen erfaring med BIPV. De opplevde det som krevende å arbeide med i starten, og brukte mye tid på å sette seg inn i ulike produkter og muligheter. Dette kan ha en sammenheng med at det i litteraturen etterlyses informasjon om ulike produkter, design og installeringsprosess. Ettersom markedet for BIPV er mindre enn for BAPV, er det også en oppfatning om at det er mangel på forskjellige løsninger for BIPV. Her ser man at utfordringer ved designfasen kan være relatert til selve utformingen av paneler i produksjonsfasen, eller innlemming i det arkitektoniske uttrykket. Det kan være utfordrende å finne passende komponenter og å få plassert disse slik at de tilfredsstiller både det estetiske og samtidig gir optimal energiproduksjon. En av arkitektenes hovedprioriteter er byggets utseende. Her ser man at det kan være hensiktsmessig at arkitektene først rådfører seg med en leverandør eller ingeniør innen solkraft, for å få kunnskap om hvor store anlegg som er nødvendig, og hvordan de bør plasseres. Ifølge tømmer 1 er det viktig å tilpasse systemets størrelse slik at det dekker ønsket energibehov, men ikke overdimensjoneres slik at det blir for dominerende.

Det synes å være en gjengs oppfatning at solceller har en skjemmende eller negativ estetisk effekt. Dette kan ifølge tømmerne som ble intervjuet skyldes at eksterne utbyggere og leverandører ikke bygger for seg selv, men for andre. De ønsker størst mulig anlegg, noe som er bra på grunn av energimangel, men de tar mindre hensyn til eiendommenes utseende og tilpassing til miljøet. Tømmer 1 har også erfaring med at leverandører vil rive eksisterende tak som har flere års levetid igjen, fordi de ikke har gode løsninger for installering på taktypen. Dette er lite bærekraftig, og man mener industrien burde strekke seg lenger for å finne løsninger som passer for alle taktyper. Tømmeren fra eksempelet i kapittel 6.1 som måtte legge om taket i flere omganger, reduserte størrelsen på anlegget fra 24 delvis integrerte paneler til 16. Videre er det planlagt enda en reduksjon til 12 paneler. Reduksjonen ble utført fordi anlegget produserte mer strøm enn hva det var behov for, og det var sjenerende for nabolaget. Taket skilte seg vesentlig fra de omkringliggende husene og ble et forstyrrende element i helhetsbildet. Ved en reduksjon til 16 paneler ser man en stor forbedring, og taket produserer fortsatt mer strøm enn nødvendig for boenheten. Her skal

det nevnes at det er gjort flere energibesparende tiltak som reduserer behovet for ekstern strømtilførsel. Ved en videre reduksjon til 12 paneler vil torvtaket rundt panelene være hovedfokus, mens panelene blir en mindre detalj. Det vil også gjøre bygningen mindre ruvende i landskapet, slik at det visuelle avtrykket reduseres. Det er altså viktig å tenke på det omkringliggende miljøet når man velger å installere solcellepanel. Taket skal ikke skille seg ut fra de nærliggende boligene, og det kan være verdt å investere i mer subtile løsninger.

Man ser dog at arkitekter som har benyttet BIPV i sine design blir mer komfortable med bruken av produktet, og gjerne vil bruke det i videre arbeid. Arkitektene må holde seg til byggherrens budsjett, men man har gjennom diskusjonskapittelet sett at en helintegrert løsning er enklere å montere, samt at det kan passe bedre inn i det bygde miljøet. Ifølge tømrer 2 velges ikke helintegrerte løsninger på grunn av effekt, men utelukkende på grunn av estetikk. Løsningen kan derfor være noe dyrere, og sees på som et slags luksusprodukt, men ifølge tømreren vil det være den desidert peneste løsningen da hele taket får samme format og finish.

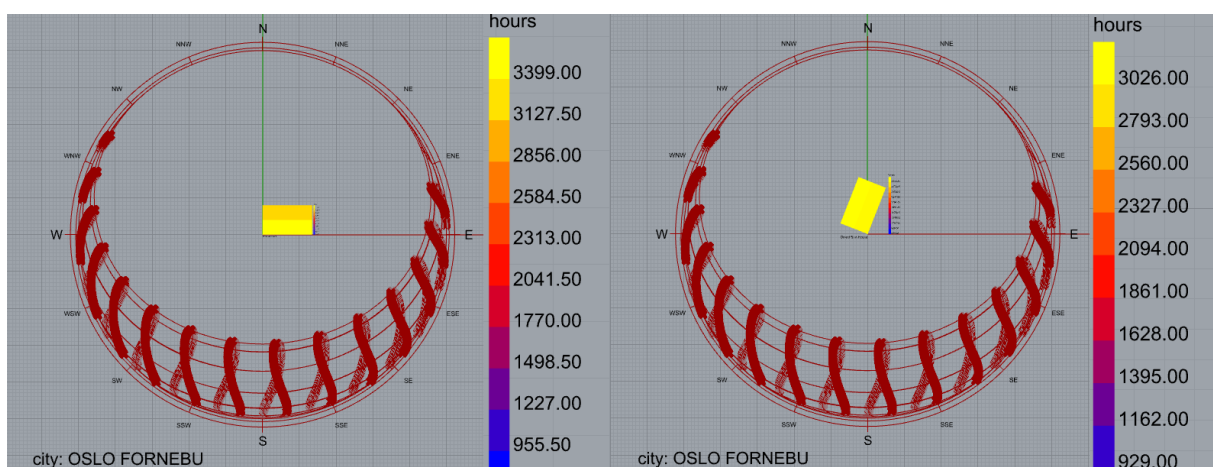
6.4 Caset

6.4.1 Plassering

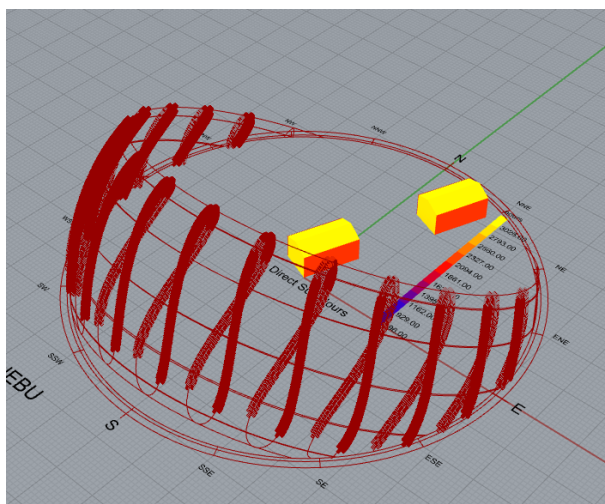
Hus 2 skal plasseres i samme retning som på nabotomta, slik at gatestrukturen opprettholdes og helhetsinntrykket av gaten blir estetisk tilfredsstillende. Ettersom man skal bruke BIPV som takteking, burde man i utgangspunktet sørvende det nye huset slik at solenergien kan utnyttes i størst mulig grad. Dette er imidlertid ikke mulig, ettersom det i henhold til *Plan- og bygningsloven* § 29-4 kreves minimum 4 meters avstand fra nærmeste nabogrense, og dessuten minimum 15 meters avstand fra senterlinje av lokal atkomstvei, ifølge *Kommuneplanens arealdel* § 6-1.2.

6.4.1.1 Solanalyse

Det var interessant å se hvor mange færre timer sol man fikk på taket når det ikke er plassert med hele takflaten vendt mot sør. Av figuren under ser man at det kan forventes 373 færre soltimer på taket med den faktiske plasseringen, i motsetning til den sørvendte plasseringen. I løpet av perioden 1.februar til 31.oktober vil det tilsvare ca. 1.20 time mindre sol per dag. Man har valgt å benytte seg av perioden februar-oktober fordi tømmer 1 viste til tabeller der man så hvor mye solenergi som ble produsert i løpet av ett år. Her så man at perioden november-januar hadde minimal produksjon.



Figur 15: Venstre bilde viser et sørvendt hus og forventede soltimer, og det høyre viser husets faktiske plassering (Rhino)



Figur 16: Hus 2 og 1 i forhold til hverandre og solens plassering på himmelen (Rhino)

Den røde sirkelen på figurene viser solens posisjon på himmelen i løpet av perioden feb-okt. Man ser at solen står høyest på himmelen i juni-juli, og lavere dess lenger vekk man kommer fra disse månedene. Da hus 2 er plassert i åpent terreng med få objekter som skjærer for solen, kunne man her vurdert å bruke en strenginverter. Etersom BIPV-systemet vil være relativt lite og befinne seg i et boligfelt, vil det derimot være mer gunstig å benytte seg av mikroinvertere, da disse er lydløse. På figur 16 ser man de to husene i forhold til hverandre. De er plassert i en slik avstand at de ikke vil skygge for hverandre, og det kunne derfor vært aktuelt med solcellepanel på begge hus.

6.4.2 Panelvalg

Flere løsninger for takkonstruksjonen ble vurdert, og man så på ulike produkter og undertaksprinsipper. Blant annet så man på *tiled roof* fra Solintegra, som er helintegrerte solcelletakstein. Valget falt imidlertid på *båndteking med solceller* fra Roofit. Selv om de fleste omkringliggende husene er tekket med takstein, vurderte man at båndteking var det beste valget, ettersom dette også ble brukt på hus 1 og husene ellers er identiske.

Roofit båndteking med solceller kommer blant annet i formatet 554 x 2270 mm, hvilket betyr at det vil gå 2 paneler i høyden på hver side av mønet, og 22 paneler og en halv dummy i bredden. Man har gjort et grovt overslag for totalt antall paneler for hele taket, og får da 88 paneler og 2 dummies. Selve elementene består fortsatt av vanlige båndtekingselementer, men man har inkorporert monokrystallinske solceller på oversiden av båndelementene. Montering av elementene blir da som ved tradisjonell båndteking, med unntak av det elektriske. Dette gjør at prosessen vil ta omtrent like lang tid som ved vanlig båndteking. Taket krever dessuten ikke annet av undertaket enn det taket på hus 1 gjorde, ettersom dette var tilpasset båndteking.

6.4.3 Krav til kunnskap

Det bør stilles krav til firmaene som skal gjennomføre installasjonen. Fordi markedet for BIPV fortsatt er relativt lite, og fordi det i resultatene antydes et stort press på å gjennomføre installasjoner, må man sørge for at de som installerer har den nødvendige opplæringen. Derfor bør det være et krav om at montørene skal ha gjennomgått nødvendig kursing slik at de har god kjennskap til panelene. Her holder det ikke at ledelsen gjennomfører kursene på vegne av bedriften. Fordi det skal brukes en helintegrert løsning, forventes det at tidsbruken vil være relativt lik som for ordinær båndteking etter gjennomført kurs.

Ettersom huset skal bygges fra bunnen av vil det bli tegnet en digital 3D-modell av det. Disse tegningene skal alle involverte i prosjektet ha tilgang til, slik at alle har samme oppdaterte informasjon. For tømrer og elektriker vil det være relevant å følge med på takets oppbygging, og den elektriske koblingen av panelene mot hverandre og inn på det elektriske systemet til huset. I tillegg vil det utarbeides en detaljert tegning av hvilke paneler som skal være solcellepaneler, og hvilke som skal være dummies. Før monteringen gjennomføres bør

det holdes et møte hvor leverandør, utbygger, tømrer og elektriker er til stede. Dette for å sikre at alle innehar den nødvendige kunnskapen og er klar over sine oppgaver. Alle avtaler som blir gjort over telefon skal dokumenteres i en felles logg, slik at alle aktører har tilgang på nye beskjeder.

6.4.4 Ansvarsområder

Man har gjennom oppgaven sett at det kan oppstå utfordringer knyttet til ansvarsområder ettersom det ikke finnes klare retningslinjer på dette. Det er derfor nødvendig med en avklaring og tydeliggjøring av hvilke områder hvert fag har ansvar for. Inndelingen vil bli gjort i henhold til funnene som er diskutert tidligere i kapitlet.

Tabell 8:
Inndeling av arbeids- og ansvarsområder

Prosjekterende/ leverandør	Ansvar for prosjektering av solcellesystemet. Planen skal inneholde eksakt antall paneler, dummies og invertere, samt korrekt plassering av disse. Har sammen med utbygger ansvar for en felles databank med all dokumentasjon og relevant kommunikasjon.
Tømrer	Ansvar for fullføring av undertaket. Ettersom taket skal bestå av helintegreert båndteking, vil også tømreren ha ansvar for å montere disse, men det kreves at en elektriker er med under monteringen. Tettingen av taket vil også være tømrers ansvar.
Elektriker	Elektriker skal samarbeide med tømrer på selve monteringen av panelene. Vedkommende har også ansvar for at panelene kobles sammen og til mikroinvertere, testing av panelene og kobling til nettet.

7 Konklusjon

Oppgaven hadde som hensikt å belyse utfordringer ved installering av BIPV, og mulige forbedringer. Man ønsket å belyse dette gjennom bruken av en case, hvor man brukte funnene fra litteratursøk og intervjuer til å lage en plan for gjennomføring. I tillegg har man forsøkt å bruke pensumlitteratur blant annet fra faget *Estetikk, byggeskikk og stedskvalitet*, samt *parametrisk design*. Dette er gjort gjennom argumentasjon for plassering, undersøkelse av solforhold og valg av produkt.

Det viste seg at den eksisterende litteraturen i stor grad omhandlet selve funksjonen av ulike paneler og om markedet for BIPV. Man fant lite stoff som behandlet selve monteringen, noe som også gjenspeilet seg i svarene man fikk i rekrutteringsfasen til intervjuene. Man mistenkte at installeringen var en av årsakene til at BIPV er et dyrere alternativ, og ønsket å finne en løsning på dette for å bidra til å senke kostnadene ved en slik investering. Dette kan igjen føre til at produktene blir mer populære og tilgjengelige for flere, noe som vil gagne klimaet, og bidra til å nå FNs bærekraftsmål.

Resultatene kan tyde på at man står ovenfor to utfordringer som gjør at BIPV ikke blir mer brukt. Den første er utfordringer knyttet til montering av delvis integrerte paneler, og den andre er kostnaden på helintegrerte panel. Gjennom resultatene og diskusjonen kan man se at monteringen av sistnevnte er en enkel prosess, men det er en kostbar løsning. For at denne skal bli mer attraktiv, må man redusere kostnadene. Dette ville trolig ført til at løsningen ble mer brukt. Ettersom monteringen av helintegrerte paneler er tilnærmet lik monteringen av vanlig takteking, noe tømmerne har kunnskap om, antar man at det ville gått mer effektivt, noe som ville senket kostnadene ytterligere. Når det gjelder monteringen av delvis integrerte paneler er det behov for et generelt kunnskapsløft knyttet til monteringen. Ettersom dette er en rimeligere variant av BIPV er det naturlig å anta at den vil være aktuell på lik linje med andre varianter, og det er derfor behov for at det rettes et større fokus mot opplæring av installatørene. Som resultatene tyder på, ser man at man har den nødvendige kunnskapen etter å ha gjennomført få installasjoner. Ved å gjøre dette til en del av tømmerutdanningen tror man at det vil gi en bedre tilnærming, samt større forståelse for den generelle installeringen. Dette kan skape et grunnlag for en mer effektiv prosess i fremtiden.

Man var på forhånd klar over at det var behov for et generelt kunnskapsløft om produktene og montering, men et overraskende funn i litteraturen var at alle mente de selv hadde god kunnskap, mens de andre fagene hang etter. Dette kan komme av den avdekkede svikten i kommunikasjon rundt arbeidsoppgaver eller ansvarsområder mellom de forskjellige partene. Et høyere fokus på samarbeid, forventnings- og ansvarsavklaring burde dermed prioriteres. Det kan gi en bedre og bredere forståelse, mindre rom for misforståelser og en mer transparent prosess for kunden. For å løse utfordringer knyttet til kommunikasjon trodde man innledningsvis at digitalisering ville være en god løsning. Når man er ferdig med research og intervjuer ser man dog at det ikke nødvendigvis er den beste løsningen. Det kan skyldes at installeringen er en relativt kort prosess, og det vil trolig ikke lønne seg å bruke tid og ressurser på å digitalisere denne. Dersom det skal monteres på et nybygg vil det lønne seg å ha det med i planene fra start, og sørge for at alle parter er involvert i samme digitale løsning.

I arbeidet med caset er det ved bruk av programmering beregnet hvor mange soltimer bygget vil ha i løpet av en sesong, og det er blitt foreslått et passende panelvalg. Her er det også lagd et eksempel på hvordan ansvarsfordelingen burde gjennomføres, og hvilke krav utbygger bør stille til monterende firma. Man antar at dersom det stilles flere krav til de som skal utføre arbeidet, vil det kunne sikre mer effektivitet og en mer forsvarlig gjennomføring. Et eksempel på dette er at tømmerer bør ha tilstrekkelig kursing på forhånd. Dette vil kreve en viss innsats fra firmaet, og man kan spekulere i om det, sammen med en skepsis til nye arbeidsmetoder, fungerer som en forhøyet dørterskel.

Avslutningsvis kan man konkludere med at installasjonsprosessen blir mer effektiv og oversiktlig dersom man klarer å ufarliggjøre bruken av BIPV, og forenkle monteringen av delvis integrerte paneler. Man må også skape en kultur for at ansvar og forventninger avklares på forhånd.

7.1.1 Videre arbeid

For videre arbeid kunne det vært interessant å se nærmere på ulike lettvektssystemer. Disse defineres ikke som BIPV ettersom de ikke erstatter en del av klimaskallet. De egner seg for øvrig godt for de aller fleste typer overflater ettersom de leveres på rull og kan limes rett på overflaten. Som navnet tilsier er de ekstremt lette og tynne, og dermed fleksible.

Det kunne også vært interessant å undersøke økonomiske forhold ved det å benytte seg av BIPV. Dette med tanke på både besparelser og eventuelle inntekter på energi, samt kostnadene man sparer ved at vanlig kledning blir overflødig. Hvor mye kan kunden spare på bedre planlegging og kunnskap om BIPV hos arkitekter og ingeniører?

Man kunne også forsøkt å initiere til et samarbeid med SINTEF med tanke på en egen Byggforsk-serie om BIPV, noe som garantert ville blitt godt mottatt hos brukerne. Her ser man at det er behov for mer forskning knyttet til risiko for brann, og det mangler standarder for brannsikkerhet.

Alternativt kunne det vært interessant å se på implementering av BIPV-teknologi i tømmerutdanningen, eller om det burde opprettes en helt ny utdanning som kombinerer fornybar energi-, elektro-, tømmer- og ingeniørfagene.

Litteraturliste

- Allott, N. (2019) Kommunikasjon, i *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/kommunikasjon> (Hentet: 03.05.2022)
- Backe, S., Kvellheim, A.K. (2020) *Zero emission neighbourhoods*. Tilgjengelig fra: <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/bitstream/handle/11250/2657684/ZEN%20Report%20no%202022.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Hentet: 30.04.2022)
- BIPVNO (2022) *BIPV for Norge*. Tilgjengelig fra: <http://bipvno.no/index-no.html> (Hentet: 21.04.2022)
- BlueTec (2022) *Solcelleanlegg på din bolig*. Tilgjengelig fra: <https://bluetec.no/solenergi/privat/> (Hentet: 26.04.2022)
- BNL (2022) *Digitalisering*. Tilgjengelig fra: <https://www.bnl.no/politikk/politiske-saker/digitalisering/> (Hentet: 03.05.2022)
- Byggforsk (2021) *321.231: Prosjektering av solcelleanlegg på bygninger*. Tilgjengelig fra: https://www.byggforsk.no/dokument/5220/prosjektering_av_solcelleanlegg_paa_bygninger (Hentet: 26.04.2022)
- DAS Energy (2022) *DAS Energy Technology*. Tilgjengelig fra: <https://das-energy.com/en/technology> (Hentet: 20.04.2022)
- Ecosol (2020) *Båndteking med solceller*. Tilgjengelig fra: <https://www.ecosol.no/produkter/bandteking-med-solceller> (Hentet: 19.04.2022)
- Ecosol (2022) *Integrerte solcellepaneler*. Tilgjengelig fra: <https://www.ecosol.no/produkter/integrerte-solcellepaneler> (Hentet: 30.03.2022)
- FN (2022) *Ansvarlig forbruk og produksjon*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/ansvarlig-forbruk-og-produksjon> (Hentet: 26.04.2022)
- FN (2020) *Klimaendringer*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/tema/klima-og-miljoe/klimaendringer> (Hentet: 25.04.2022)
- FN (2020) *Parisavtalen*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/om-fn/avtaler/miljoe-og-klima/parisavtalen> (Hentet: 25.04.2022)
- FN (2022) *Ren energi til alle*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/ren-energi-til-alle> (Hentet: 25.04.2022)
- FN (2022) *Stoppe klimaendringene*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/stoppe-klimaendringene> (Hentet: 26.04.2022)
- Forbrukertorget (2021) *Solcellepanel: Alt du trenger å vite*. Tilgjengelig fra: <https://forbrukertorget.no/solcellepanel/hva-er-solcellepanel> (Hentet: 21.03.2022)
- Fotospenningscelle (2020) i *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/fotospenningscelle> (Hentet: 18.04.2022)
- Fuglestad, K (2021) *BIPV in Norway, challenges and standards*. Tilgjengelig fra: <https://www.duo.uio.no/bitstream/handle/10852/87565/1/Master-s-thesis-Kristine-Fuglestad.pdf> (Hentet: 25.03.2022)
- Gholami, H., Røstvik, H.N., Steemers, K. (2021) *The contribution of building-integrated photovoltaics (BIPV) to the concept of nearly zero-energy cities in Europe*. Tilgjengelig fra: https://mdpi-res.com/energies/energies-14-06015/article_deploy/energies-14-06015-v2.pdf?version=1632638516 (Hentet: 30.04.2022)
- Gjøvik kommune (2020) *Kommuneplanens arealdel 2020-2032*. Gjøvik: Sektor for Samfunnsutvikling. Tilgjengelig fra: <https://kart12.nois.no/glt//Content/plandialog/GetGPlanregisterFil.aspx?systemid=1fdf1e90e1004c75a0b5a3833e1d23fb&k=3407&arkivnavn=WINMAP> (Hentet: 10.05.2022)
- Grønmo, S. (2020) *Kvalitativ metode*, i *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: https://snl.no/kvalitativ_metode (Hentet: 05.04.2022)

- Grønmo, S. (2021) Kvantitativ metode, i *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: https://snl.no/kvantitativ_metode (Hentet: 05.04.2022)
- GSE-Intégration (2022) *Universal fastening system roof-integrated photovoltaic panels*. Tilgjengelig fra: <https://www.gseintegration.com/en/solutions/gse-in-roof-system/> (Hentet: 12.05.2022)
- Hofstad, K. (2021) Effekt (energi), i *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: https://snl.no/effekt_-_energi (Hentet: 21.04.2022)
- Holmen (2022) Kunnskap, i *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/kunnskap> (Hentet: 12.05.2022)
- HyET Solar (2022) *Benefits*. Tilgjengelig fra: <https://www.hyetsolar.com/technology/benefits/> (Hentet: 20.04.2022)
- Jacobsen, D.I. (2005) *Kvalitative intervjuer og observasjon*. Tilgjengelig fra: https://www.uio.no/studier/emner/jus/afin/FINF4002/v09/undervisningsmateriale/metodef_orelesning2_tranvik.pdf (Hentet: 31.03.2022)
- Keilman, T. (2021) *Bygger bedre kunnskap for en mer bærekraftig byggebransje*. Tilgjengelig fra: <https://www.forskningsradet.no/sok-om-finansiering/hvem-kan-soke-om-finansiering/naringsliv/prosjekter-naringslivet/bygger-bedre-kunnskap-for-en-mer-barekraftig-byggebransje/> (Hentet: 25.04.2022)
- Lillestrøm kommune (2022) *Hva er en kommuneplan?* Tilgjengelig fra: <https://www.lillestrom.kommune.no/samfunnsutvikling/planer/kommuneplan/hva-er-en-kommuneplan/#a1> (Hentet: 11.05.2022)
- MiaSolé (2022) *Flexible Modules vs. Polysilicon*. Tilgjengelig fra: <https://miasole.com/> (Hentet: 20.04.2022)
- Miljødirektoratet (2022) *Miljømål 5.2*. Tilgjengelig fra: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/miljomal/klima/miljomal-5.2/> (Hentet: 25.04.2022)
- Mohn (2017) *Læring gjennom refleksjon*. Tilgjengelig fra: https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/271805/650011_FULLTEXT01.pdf?sequence=1&isAllowed=y (Hentet: 12.05.2022)
- Mørch, V. (2005) *Skrivenøkkel*. Bekkestua: NKI forlaget
- Mæhlum, L. (2020) Solceller, i *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/solceller> (Hentet: 18.04.2022)
- Det norske akademis ordbok (2022) *Estetikk*. Tilgjengelig fra: <https://naob.no/ordbok/estetikk> (Hentet: 12.05.2022)
- NDLA (2020) *Kommunikasjonsmodeller*. Tilgjengelig fra: <https://ndla.no/nb/subject:1:1f1865fc-e4cc-48a0-918f-3530485ec424/topic:1:ae0e6304-d30e-4d3f-8e94-306d1a884e10/topic:1:b4a83480-e593-4b51-ae4c-9dee708c1616/resource:4a8c58f3-9bd6-4c19-92c6-c7f970cc7c07> (Hentet: 03.05.2022)
- NEK (2021) *BIPV kan bli stort i Norge*. Tilgjengelig fra: <https://www.nek.no/bipv-kan-bli-stort-i-norge/> (Hentet: 25.03.2022)
- NVE (2022) *Solkraft*. Tilgjengelig fra: <https://www.nve.no/energi/energisystem/solkraft/> (Hentet: 21.04.2022)
- Norsk solenergiforening (2022) *Solceller*. Tilgjengelig fra: <https://www.solenergi.no/solstrm> (Hentet: 21.04.2022)
- NTE (2020) *Solcellepanel er lønnsomt!* Tilgjengelig fra: <https://nte.no/blogg/solcellepanel-er-lonnsomt/> (Hentet: 08.02.2022)
- NTNU (2020) *Harvard-eksempler*. Tilgjengelig fra: <https://www.ntnu.no/viko/harvard-eksempler> (Hentet: 08.02.2022)
- NTNU (2018) *Tips for å finne frem i Oria og Google Scholar*. Tilgjengelig fra: <https://www.ntnu.no/blogger/ub-arkeologi/2018/06/14/tips-for-a-finne-frem-i-oria-og-google-scholar/> (Hentet: 06.04.2022)

- Nyhus, H. (2022) *Slik vil Europa komme seg ut av gassgrepet til Russland*. Tilgjengelig fra: <https://www.nrk.no/vestland/slik-vil-europa-kome-seg-ut-av-gassgrepet-til-russland-1.15878978> (Hentet: 26.04.2022)
- Orgeret (2021) Kildekritikk, i *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/kildekritikk> (Hentet: 13.05.2022)
- Osmundsen, H (2019) *Building-integrated photovoltaics in Norway*. Tilgjengelig fra: https://www.duo.uio.no/bitstream/handle/10852/72700/1/Masteroppgaven_MK_2020.pdf (Hentet: 30.04.2022)
- Pedersen (2018) *Litteraturstudie som metode*. Tilgjengelig fra: https://www.youtube.com/watch?v=KF3PtpaDsm8&ab_channel=NTNUUndervisning (Hentet: 05.04.2022)
- Plan- og bygningsloven. *Lov 27. juni 2008 nr.71 om planlegging og byggesaksbehandling*.
- Regjeringen (2021) *Klimaendringer og norsk klimapolitikk*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/innsiktsartikler-klima-miljo/klimaendringer-og-norsk-klimapolitikk/id2636812/> (Hentet: 25.04.2022)
- Regjeringen (2018) *Rein energi til alle*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/tema/fns-barekraftsmal/7.-ren-energi-til-alle/id2590183/?expand=factbox2596975> (Hentet: 25.04.2022)
- Roofit (2022) *Roofit-modul (160 W)*. Tilgjengelig fra: <https://roofit.solar/no/services/roofit-l-160w/> (Hentet: 18.05.2022)
- Sand, K (2018) *Intervju som forskningsmetode*. Tilgjengelig fra: <https://www.youtube.com/watch?v=odN7GD78jLc> (Hentet: 04.04.2022)
- Sintef (2021) *Bruk av bygningsintegreerte solceller (BIPV) i Norge*. Tilgjengelig fra: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/2825950/Bruk%2bav%2bbyggningsintegreerte%2bsolceller%2bi%2bNorge.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Hentet: 25.03.2022)
- Sintef (2022) *Digitalisering*. Tilgjengelig fra: <https://www.sintef.no/felles-fagomrade/digitalisering/> (Hentet: 03.05.2022)
- Solintegra (2022) *Tiled roof*. Tilgjengelig fra: <https://solintegra.no/produkter/tiled-roof-2/> (Hentet: 20.04.2022)
- Stordalen, J. og Støren, I. (2010) *Bare skriv!* 2.utg. Oslo: Cappelen Damm Akademisk
- SUPSI (2017) *Building Integrated Photovoltaics*. Tilgjengelig fra: https://www.solaxess.ch/wp-content/uploads/2018/04/Report-2017_SUPSI_SEAC_BIPV.pdf (Hentet: 11.04.2022)
- Tekna (2020) *Helt enkelt: hva er en digital tvilling – og hva kan den brukes til?* Tilgjengelig fra: <https://www.tekna.no/kurs/innhold/helt-enkelt-hva-er-en-digital-tvilling--og-hva-kan-den-brukes-til/> (Hentet: 03.05.2022)
- Tjønneland, E. (2021) Estetikk, i *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/estetikk> (Hentet: 12.05.2022)
- TradeWind Solar (2022) *Mikroinverter og strenginverter*. Tilgjengelig fra: <https://www.tradewindsolar.no/mikroinverter> (Hentet: 11.05.2022)
- Udir (2022) *Kompetansemål og vurdering*. Tilgjengelig fra: <https://www.udir.no/lk20/bym03-01/kompetansemaal-og-vurdering/kv768> (Hentet: 12.05.2022)
- Unit (2021) *Oria søketjeneste*. Tilgjengelig fra: <https://www.unit.no/tjenester/oria-soketjeneste> (Hentet: 06.04.2022)
- Veglova. *Lov 21. juni 1963 nr. 23 lov om vegar*.
- Virkningsgrad (2022) i *Store norske leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/virkningsgrad> (Hentet: 21.04.2022)
- Øvern, K.M. (2014) *Litteraturstudie som metode*. Tilgjengelig fra: <https://www.slideshare.net/higbibl/litteraturstudie-som-metode> (Hentet: 18.05.2022)

Vedlegg 1: Intervjuguide

Del 1: Hvor ligger problemet? Identifisere mangler, finne problempunkter.

1. Hva har vært dine hovedoppgaver i forbindelse med bruk av BIPV?
2. Er det klart for deg hva som er ditt ansvarsområde/dine oppgaver?
3. Hvor gikk skillet mellom bygg og elektro i prosessen? Mener du det er naturlig?
4. Hvilke problemer møter man når man skal installere paneler? Hvordan er dette sammenlignet med tradisjonell takteking.

Del 2: Kunnskap og kommunikasjon

1. Hvordan opplever du samhandling og kommunikasjon med andre faggrupper på et sånt prosjekt?
2. Bruker du per i dag digitale løsninger i arbeidet med BIPV, eventuelt hvilke?
3. Opplever du at du mangler kunnskap om forberedelse/installasjon av BIPV? Burde det vært en del av utdanningen?
4. Opplever du at dine eventuelle overordnede eller kollegaer har god kunnskap om bruk av BIPV?
5. Opplever du at informasjonen er lett tilgjengelig med tanke på hvordan BIPV skal installeres?
6. Var det noe du/dere ikke hadde kunnskap om på forhånd som dere måtte undersøke/sjekke?

Del 3: Hva kan være løsninger på problempunktene?

1. Hva trenger du etter din oppfatning å lære? Eventuelt hvilken informasjon savner du tilgang til?
2. Kan du komme på noe som andre faggrupper kunne hatt behov for å lære? Som kunne lettet prosessen?
3. Er det noen form for kommunikasjon som kunne lettet prosessen? For eksempel BIM.
4. Hva tror du skal til for at BIPV blir mer tilfredsstillende å jobbe med for din del?
5. Hva tror du skal til for at BIPV blir mer attraktivt generelt?

