

Oppdatert veikart for den norske solbransjen mot 2030

Norsk forskningscenter for solkraft (FME SOLAR) er et nasjonalt forskningscenter som er finansiert av Forskningsrådet og senterets partnere i perioden 2024 - 2032. Senteret er etablert for å støtte utviklingen av den brede, norske solbransjen.

Mer informasjon finnes på senterets hjemmeside fmesolar.no.

Forfattere Erik Stensrud Marstein (Senterdirektør FME SOLAR/Sjefsforsker IFE)
Josefine Helene Selj (Forskningsleder IFE)

Bidragstere Heine Nygard Riise (IFE), Mari Benedicte Øgaard (IFE), Heidi Nygård (NMBU), Marisa Di Sabatino (NTNU), Gaute Stokkan (SINTEF), Eduard Monakhov (Universitet i Oslo), Turid Reenaas (NTNU), Kristin Bergum (IFE), Merete Estensen (IFE), Bjørn Thorud (Fornybar Norge), Trine Kopstad Berentsen (Fornybar Norge), Jarl Egil Markussen (Energeia), Gaute Tjensvoll (Fred Olsen), Mari Lauglo (Norconsult), Morten Gleditsch (Norconsult), Jo Gjessing (Scatec), Terje Osmundsen (Empower New Energy), Ole Jakob Sørvalen (Pixii), Mikal André Tvedt (NVE), Line Nyegaard (Statkraft), Frode Kløw (Statkraft), Jørgen Bølling (Energeia)

Design og trykk: CopyCat AS - 2026

Innholdsfortegnelse

Forord.....	4
Sammendrag.....	6
Solkraft – hva og hvorfor?.....	8
Hvorfor solkraft i Norge?.....	10
Status for solbransjen.....	11
Status for solbransjen globalt.....	11
Status for den Europeiske solbransjen.....	13
Status for den Norske solbransjen.....	16
Forventet markedsutvikling til 2030 i verden og i Norge.....	18
De store utfordringene.....	22
Den norske solbransjen.....	28
Dypdykk 1: Storskala solkraftverk – internasjonalt.....	30
Dypdykk 2: Sol i bygg.....	36
Dypdykk 3: Storskala solkraftverk i Norge.....	44
Dypdykk 4: Hybride solkraftverk.....	50
Dypdykk 5: Flytende solkraft.....	56
Dypdykk 6: Solkraft for landbruket.....	62
Dypdykk 7: Solcellepanelet.....	68
Anbefalinger.....	72

Forord

Hvert eneste år installeres et enormt antall solkraftverk og bidrar til at verdens energisystemer og -markeder er i rask endring. Bare i løpet av 2024 kom det til nye solkraftverk med en samlet kapasitet på 600 GW på bakke og bygg, et tall som tilsvarer 15 ganger Norges kraftforsyning. Denne utbyggingen ble muliggjort av investeringer på rundt 5000 milliarder kroner og daglig innsats fra mer enn 7 millioner mennesker som har sitt daglige virke i solbransjen. I løpet av det siste tiåret har solkraftens andel i Kraftmiksen globalt gått fra rundt 1% til over 10%. Andelen stiger med rundt to absoluttprosent i året med dagens vekstrater. Flere norske selskaper har bygget opp internasjonalt rettet aktivitet i dette markedet i sterk konkurranse. Selskapene i dette segmentet omsetter allerede for mer enn 10 milliarder kroner årlig, et tall som forventes å vokse.

Det er muligheter for betydelig økt omsetning og verdiskapning allerede på kort sikt. Situasjonen i hjemmemarkedet i Norge er dessverre krevende. Etter flere år med rask vekst har installasjonsratene falt med mer enn 50% de siste to årene. Regjeringen holder fast i ambisjonen om utbygging av 8 TWh med solkraft i Norge innen 2030. Solbransjen står klar til å utvikle, bygge og drifte disse anleggene. Det er betydelige muligheter for utbygging av lønnsom solkraft på bygg og bakke her hjemme. Vi mener at en helhetlig strategi for solkraft kombinert med etableringen av et industriløft for solkraft for å bidra til videre vekst i den norske solbransjen.

Teknologien som tas i bruk i solkraftverk er i konstant endring. I tillegg til innfasing av stadig billigere og bedre komponenter øker antallet batteristøttede solkraftverk og andre hybridkraftverk raskt for å bidra til forsyningssikkerhet og lønnsomhet. Solkraftverkernes rolle i energisystemet er i endring og flere norske selskaper bidrar til dette.

I 2020 utviklet forskningssenteret FME SUSOLTECH i samarbeid med Solenergiklyngen et veikart for den norske solbransjen mot 2030. Behovet var stort: på grunn av den ekstremt raske endringstakten i solbransjen er det utfordrende for næring og samfunn å holde seg oppdatert både hva angår marked og teknologi.

Endringstakten gjør det nå nødvendig å oppdatere veikartet. Norsk forskningssenter for solkraft (FME SOLAR) og Fornybar Norge gir her oppdatert beskrivelse av status for solbransjen i verden og i Norge og oppdaterer sannsynlig utvikling mot 2030. Den begrensede tidshorisonten er valgt med vilje: det vil investeres minst 25 000 milliarder kroner, mer enn et oljefond, i nye solkraftverk fra 2025 til og med 2029. Verdens energisystem vil som en følge av dette se radikalt annerledes ut om kort tid. Dette vil igjen påvirke mulighetsrommet for annen energiproduksjon, -lagring og bruk i fremtiden, og den bredere norske internasjonalt rettede energibransjen.

Veikartet er laget for å støtte de som vil forstå eller utvikle aktivitet innenfor solbransjen globalt og i Norge. Vi gleder oss til å følge utviklingen videre, og til fremtidige, nødvendige oppdateringer.



Erik Stensrud Marstein

Senterdirektør FME SOLAR /
Sjefsforsker IFE



Josefine Helene Selj

Forskningsleder
IFE



Trine Kopstad Berentsen

Styreleder FME SOLAR /
Direktør Energisystem og analyse
Fornybar Norge



Solkraftverket Talayuela i Spania – Bilde: Statkraft

Sammendrag

På litt mer enn et tiår har solkraft gått fra å være et nisjesegment til å utgjøre den største andelen av ny kraftutbygging internasjonalt. Ved utgangen av 2024 var solkraftverk med en samlet kapasitet på hele 2 200 GW installert i verden som samlet kunne bidra med i overkant av 10% av verdens kraftproduksjon. I 2024 alene ble det installert 600 GW med nye solkraftverk, et tall som tilsvarer 15 ganger Norges kraftforsyning. Denne utbyggingen ble muliggjort av investeringer på rundt 5000 milliarder kroner og daglig innsats fra mer enn 7 millioner mennesker som har sitt daglige virke i solbransjen. Veksten fortsetter: i skrivende stund nærmer tallet seg raskt 3 000 GW. Til tross for at man i årene fram mot 2030 forventer lavere vekstrater vil årlige installasjonsrater fortsatt øke. Det er betydelig usikkerhet forbundet med fremtidige installasjonsrater, men det er vil med stor sannsynlighet installeres ytterligere 3 000 til 5 000 nye GW fra 2025 til og med 2029. Dette vil muliggjøres av investeringer på minst 25 000 milliarder kroner i denne perioden, noe som representerer en enorm markedsmulighet. Flere norske selskaper har bygget opp en betydelig aktivitet rettet mot dette markedet og lykkes godt i sterk internasjonal konkurranse.

I Norge er markedet for installasjon av solkraftverk mer krevende. Her har man etter flere år med raskt voksende installasjonsrater sett disse falle med mer enn 50% over de to siste årene. Dette skyldes hovedsakelig svært vanskelige markedsforhold og har ført til flere konkurser, nedleggelse og oppsigelser. Regjeringen har en ambisjon om utbygging av 8 TWh med solkraft i Norge innen 2030, et tall som ikke er innen rekkevidde med mindre markedssituasjonen endres radikalt. Solbransjen står klar til å utvikle, bygge og drifte anlegg, og det er betydelige muligheter for utbygging av lønnsom solkraft på bygg og bakke her hjemme. Uten vesentlige endringer vil vi frem mot 2030 se en dobling i installert kapasitet i Norge. Det er mulig å få til mye mer enn dette.

I tillegg til at markedene er i rask endring opplever solbransjen fortsatt rivende teknologisk utvikling. I tillegg til innfasing av stadig billigere og bedre solcellepaneler og andre komponenter pågår blant annet en rask innfasing av batterier. Batteristøttede solkraftverk og andre hybridkraftverk muliggjør kontrollerbare kraftleveranser og gir viktige bidrag til både forsyningssikkerhet og lønnsomhet. Denne utviklingen bidrar til å endre solkraftverkens rolle i energisystemet. Flere norske selskaper har tatt tidlige posisjoner i dette feltet, spesielt internasjonalt. I dette veikartet ser vi nærmere på den viktigste teknologiske utviklingen.

Mye av utviklingen rettes mot nye utfordringer forårsaket av fortsatt rask vekst i installasjonsrater rundt om i verden. Blant de viktigste av disse er lønnsomhet, nettintegrasjon, arealtilgang, bærekraft, skalering og tilgang til kapasitet og kompetanse. Selv om det er stor variasjon i det enkelte marked spiller alle disse utfordringene en viktig rolle i dag. Vi ser derfor at selskaper som evner å bidra med lønnsomme og konkurransedyktige løsninger fort vinner frem.

Dette veikartet skisserer sannsynlige veier for videre vekst i den norske solbransjen. Denne sysselsetter i dag rundt 2000 mennesker her hjemme og omsetter for i overkant av 14 milliarder kroner, hvorav størstedelen kommer fra internasjonal aktivitet. Dette er en god basis for videre vekst. Vi gjør i veikartet syv dypdykk som alle forventes å prege utviklingen av den norske solbransjen frem mot og forbi 2030. Disse er:

1. Storskala solkraftverk internasjonalt
2. Sol i bygg
3. Storskala solkraftverk i Norge
4. Hybride solkraftverk
5. Flytende solkraft
6. Solkraft for landbruket
7. Solcellepanelet

For hvert av temaene presenterer vi både overordnet teknologistatus, mulig marked og eksempler på aktive selskaper i og/eller fra Norge.

Til sist i dette veikartet kommer vi med noen utvalgte anbefalinger for å muliggjøre enda raskere vekst i den norske solbransjen i årene som kommer. Noen er felles for hele solbransjen, blant annet behovet for en helhetlig solkraftstrategi som viktig støtte for både næringsliv og myndigheter. Denne kan både bidra til at fremtidige vedtak av relevans for solbransjen her hjemme er i tråd med overordnede mål, og samtidig bidra til enda raskere vekst i en allerede viktig internasjonal aktivitet rettet mot et eksisterende, enormt, men samtidig kompetitivt marked. Det er samtidig viktig å sikre tilgang til finansiering for en bred portefølje av relevante forsknings-, utviklings- og innovasjonsprosjekter, både for å sikre robust, bærekraftig og samfunnsmessig videre vekst, samt å bidra til det enkelte selskaps konkurransedyktighet i en stor, men også kompetitiv bransje.

For hjemmemarkedet vil videre sunn næringsutvikling avhenge av forutsigbare og konsistente rammebetingelser. I dag finnes ingen helhetlig plan for økt installasjon av solkraft i Norge, og flere enkeltvedtak skaper unødvendige hindre for vekst. Det er også verdt å vurdere strakstiltak for å stabilisere eller øke installasjonsrater for å hindre at viktig kompetanse og kapasitet som vil være nødvendig for å sikre så billig og pålitelig installasjon som mulig faller vekk. Siden storskala bakkemonterte solkraftverk kan være nøkkelen til rask utbygging av ny kraftproduksjon i Norge må hensyn til jordvern, natur og lokal verdiskaping ivaretas.

For å støtte opp om den internasjonalt rettede aktiviteten bør det etableres et grønt industriløft for solkraft som eksportnæring. Dette kan raskt få store konsekvenser: omsetningen internasjonalt i dette feltet er allerede enorm og norske selskaper konkurrerer godt. Man kan i tillegg oppskalere tilgjengelige virkemidler i den norske verktøykassa med dokumentert effekt. Dette vil kunne gi effekt allerede på kort sikt.

Solkraft – hva og hvorfor?

Et økende behov for ny kraftproduksjon både hjemme og ute kombinert med et klima i rask endring skaper store utfordringer. Til tross for stor innsats går mye av arbeidet med omleggingen til et mer bærekraftig og samtidig billig og robust energisystem altfor sakte. Solkraftverk står som et svært hederlig unntak i denne sammenhengen. I dag er de globale investeringene i solkraftverk om lag like store som investeringene i alle andre former for kraftverk sammenlagt¹. Solkraft vil etter all sannsynlighet fortsette å spille den viktigste rollen i det grønne skiftet frem mot 2030 og i årene deretter. Hovedgrunnene til den enorme suksessen er at solkraftverk kan levere svært billig, bærekraftig og pålitelig kraft fra kraftverk i alle størrelser. I tillegg er teknologien enkel å ta i bruk. På grunn av dette rulles nye solkraftverk ut i ekstremt høyt tempo på verdensbasis.

Kjernen i et solkraftverk er solcellepanelene som omdanner energien i sollyset direkte til elektrisitet. Mekanismen som muliggjør dette er den fotovoltaiske effekten. Det engelske navnet på denne er opphavet til teknologiens ofte brukte kortnavn (PhotoVoltaics – PV). Komponentene som inngår i et solkraftverk er i en rivende teknologisk utvikling. Stadig billigere og mer effektive solcellepaneler tas opp i markedet, og også andre viktige komponenter som vekselrettere, solfølgende trackere og batterisystemer blir billigere og bedre. Det er et økende fokus på kostnad og kvalitet innen utvikling, bygging og drift og vedlikehold av solkraftverk av alle størrelser for å sikre langsiktig lønnsomhet.

Solkraftverk produserer fornybar, men samtidig væravhengig kraft. Dette gir variabel og sesongavhengig kraftproduksjon. Produksjonen er forutsigbar. Dette er en forutsetning for lønnsom og pålitelig drift. Solkraftproduksjon har også en betydelig samtidighet: solkraftverk i samme region har en lignende produksjonsprofil gjennom døgnet. Dette har stor effekt på både lønnsomhet og integrasjon. I stadig flere land ser vi svært lave eller til og med negative priser i perioder der solkraftproduksjonen bidrar til at den samlede kraftproduksjon overstiger kraftbehovet. Flexibilitet gjennom blant annet batterisystemer spiller en viktig rolle i denne sammenhengen. I tillegg til å muliggjøre kontrollerte kraftleveranser bidrar batterisystemer til forenklet nettintegrasjon.

For utviklingen av et forsyningsikkert energisystem som i økende grad baserer seg på fornybar kraftproduksjon er det svært nyttig at solkraftproduksjon ofte er komplementær med vindkraftproduksjon, og at den også kan spille godt på lag med vannkraftproduksjon. Vi ser derfor en rask økning i antallet hybridkraftverk som kombinerer spesielt sol- og vindkraftproduksjon i samme anlegg rundt om i verden, en trend som vil fortsette.

1) World Energy Investment, IEA (2025)

Produksjonskapasiteten (W) til et solkraftverk angis etter hvor mye effekt det vil levere under gitte innstrålings- og temperaturforhold. Nøyaktig bestemmelse av produksjonen fra et solkraftverk baserer seg på modeller som tar høyde for både teknologivalg, detaljert design og lokale forhold som innstråling, temperatur og vind. I den overordnede analysen i dette veikartet vil vi for enkelhets skyld anta følgende årlige snittproduksjon per kapasitet (kWh/W) for utvalgte markedssegmenter:

Globalt snitt for solkraft	Bakkemontert solkraft Norge	Takmontert solkraft Norge
1300 kWh/W/år	1000 kWh/W/år	800 kWh/W/år

Det er store lokale forskjeller i ytelse, og en sterk avhengighet av breddegrad. Tallene angitt her å anse som konservative anslag. Det globale snittet forventes også å øke fremover, både på grunn av teknologiutvikling og vekst i mer solrike markeder. Mange solkraftverk leverer svært godt over disse nivåene både i Norge og ikke minst i solrike strøk. Et nærliggende eksempel er det norske selskapet Scatecs solkraftverk Obelisk som i skrivende stund bygges i Egypt. Kraftverket kombinerer en installert kapasitet på 1 GW med et større batterisystem og skal levere rundt 3 TWh/år (~3000 kWh/W/år).

Med en årlig omsetning på om lag 5000 milliarder NOK og en sysselsetting av over 7 millioner mennesker har solbransjen fått en sentral plass i verdensøkonomien^{2,3}. Flere norske selskaper har rettet seg inn mot det internasjonale markedet med stort hell. Etter et par år

med rask vekst i Norge har imidlertid installasjonsraten her hjemme falt. Den totale installerte kapasiteten til solkraftverk i Norge er på rundt 950 MW, et beskjedent tall selv i forhold til våre naboland.

Hovedhensikten med dette veikartet er å vise hvor den norske solbransjen står i dag, angi den sannsynlige markedsutviklingen i årene som kommer, og peke på muligheter for videre vekst for en bred, norsk solbransje. Vi vil se nærmere på aktørbildet i den norske solbransjen og deretter dykke dypere ned i de viktigste markedssegmentene. I tillegg til en gjennomgang av teknologisk og markedsmessig status vil vi se på sannsynlig videre utvikling både for hvert felt og for den relaterte delen av norsk solbransje. Vi vil også se på hva som må til for å realisere videre vekst.

Hva er et solkraftverk?

Selve kjernen i et solkraftverk utgjøres av solcellepanelene, komponentene som står for å faktisk omdanne sollyset til elektrisitet. I tillegg til disse kommer blant annet kabling, innfestingssystemer, vekselrettere, instrumentering og software. Det blir i tillegg stadig vanligere å integrere batterisystemer (Battery Energy Storage Systems – BESS) i solkraftverk av alle størrelser. For større solkraftverk installeres i tillegg ofte transformatorer/basestasjoner som en del av selve kraftverket. For større anlegg generelt finner vi også ulikt utstyr til drift og vedlikehold. For flytende solkraftverk kommer også blant annet nødvendige flottører og forankringssystemer.

2) "World Energy Investment 2024", IEA (2024)

3) "Renewable Energy and Jobs Annual Review 2024", IRENA (2024)

Hvorfor solkraft i Norge?

- **Solkraft spiller på lag med vind- og vannkraft.** Solkraftverk har ofte en komplementær produksjonsprofil til vindkraft over døgnet og sesonger, en viktig basis for økt forsyningssikkerhet i et væravhengig energisystem. Solkraft kan også bidra i solrike tørrår med lav vannkraftproduksjon.
- **Nye solkraftverk kan realiseres svært raskt.** Utvikling og bygging av solkraftprosjekter på bygg og bakke tar som oftest betydelig mindre tid enn de fleste andre kraftverk. Spesielt solkraftverk på bygg kan være raske da disse omfattes av enklere godkjenningsprosesser enn større kraftverk, installasjonen er lett å tilpasse det enkelte bygg og leverandørmarkedet er godt etablert.
- **Solkraft på bygg krever ingen nye naturinngrep.** Solkraft på bygg utnytter allerede utbygde arealer og unngår dermed konflikter knyttet til landbruk, skogbruk og annen arealbruk. Det mangler imidlertid mekanismer for å prise inn denne verdien i dagens kraftmarked.
- **Lokale arbeidsplasser og kompetanse.** Utvikling, bygging og påfølgende drift og vedlikehold av solkraftverk kan bidra til økt lokal sysselsetting, verdiskaping og næringsutvikling.
- **Avlastning av nettet.** Solkraftverk på bygg kan redusere belastningen på nettet ved å flytte produksjonen dit forbruket skjer. Nettavlastning er avgjørende i dagens situasjon: nettets kapasitet er en av de største flaskehalsene for utbygging av ny kraftproduksjon. Solkraftverk på bygg og bakke kan i tillegg bygges der det er kapasitetslommer i nettet og redusere behovet for ytterligere nettinvesteringer og tidkrevende konsesjonsprosesser.
- **Økt forbrukerfleksibilitet.** Utbygging av solkraftverk på bygg bidrar til økt forbrukerfleksibilitet, spesielt i kombinasjon med fleksible laster, elbilladere og batterier.
- **Forsyningssikkerhet og beredskap.** Distribuert solkraftproduksjon, kombinert med lokale batterisystemer, kan styrke forsyningssikkerheten og beredskapen i kraftsystemet.
- **Bakkemonterte solkraftverk i Norge.** Bygging av bakkemonterte solkraftverk kan være avgjørende for at Norge skal komme i nærheten av målet om 8 TWh innen 2030. Større bakkemonterte solkraftverk kan gi lavere kostnader per produserte kWh enn mindre anlegg på bygg. Bakkemonterte solkraftverk kan i stor grad skreddersys og legges på lavproduktivt, allerede påvirket eller midlertidig tilgjengelige arealer med lav naturverdi. Samdrift av solkraftproduksjon med for eksempel landbruksproduksjon på samme areal bør også vurderes i tråd med utviklingen internasjonalt.

Hva er 8 TWh?

Regjeringens mål om å bygge ut en solkraftkapasitet i Norge på 8 TWh innen 2030 tilsvarer drøyt 5 % av kraftproduksjonen i Norge. Solkraftverk vil måtte stå for den langt største andelen av ny kraftproduksjon frem mot 2030 for at dette skal nås, og vil kreve et løft i utbyggingstakt. Målet vil kreve svært rask utbygging av solkraftverk på både bygg og bakke.

Status for solbransjen

Status for solbransjen globalt

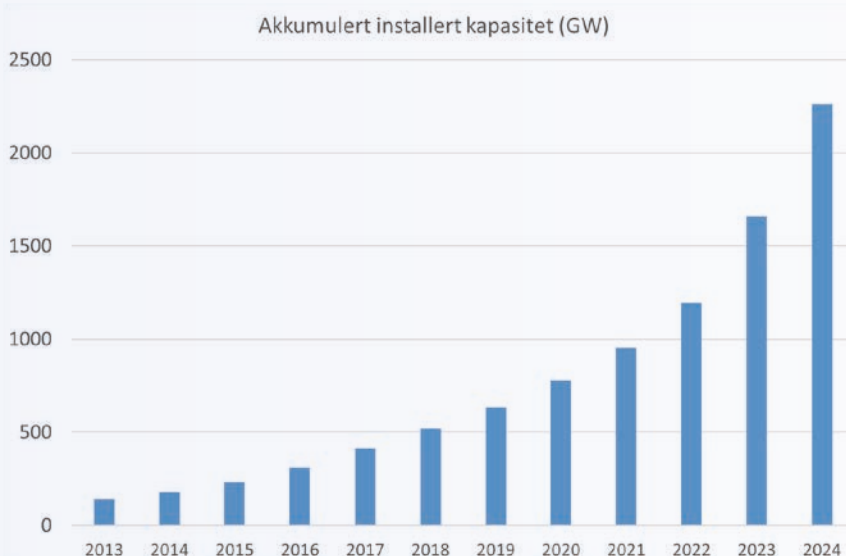
Installert solkraftkapasitet

Solkraftverk står i dag for i overkant av 10 % av verdens kraftforsyning, og andelen vokser raskt^{4,5}. At solkraft har en sentral rolle i flere lands kraftforsyning er et relativt nytt fenomen med vidtrekkende konsekvenser. Veksten har vært tilnærmet eksponentiell og så sent som i 2015 stod verdens solkraftverk samlet for mindre enn 1% av all kraft produsert⁶. Ved inngangen til 2025 var den installerte effekten mer enn ti ganger så stor som i 2015: den samlede produksjonskapasiteten fra solkraftverkene var nå på mer enn 2200 GW. Av dette ble rundt 600 GW installert bare i løpet av året 2024⁴. I skrivende stund nærmer den totale installerte effekten seg 3000 GW. Dette muliggjør en solkraftproduksjon på om lag 4000 TWh årlig. Kraftverkernes forventede levetid er på 25 – 30 år.

Til tross for at andelen solkraft i kraftmiksen globalt nå ligger over 10% er denne svært ulikt fordelt mellom ulike land. I mer enn 25 land er mer enn 10% av kraftbehovet i dag dekket av solkraft. Blant disse landene finner vi Kina (13,1%), Tyskland (19,8%) og Australia (19,8%). Kina har alene installert en solkraftkapasitet på i overkant av 1000 GW. I de 5 landene med høyest andel solkraft står denne for mer enn 20% av den totale kraftforsyningen. Ved utgangen av 2024 lå Hellas (27,9%) på topp, tett fulgt av Nederland (25,5%) og Spania (24,0%)⁴. I juni 2025 stod solkraft for første gang for den største andelen kraft produsert av noen kilde i EU⁷, med en andel på 22,1% den måneden.

Selv om distribuerte solkraftverk dominerer i flere viktige markeder, som Brasil, Tyskland, Tyrkia, Italia og Frankrike, vokser andelen bakkemonterte anlegg raskt. Dette skyldes at storskala installasjoner som oftest gir lavere kostnader. Storskala, bakkemontert solkraft nærmer seg derfor to tredeler av det globale markedet.

Utviklingen i akkumulert installert solkraftkapasitet (GW) i verden³.



Grafen viser den historiske utviklingen i akkumulert solkraftkapasitet i verden. Kilde: IEA-PVPS

4) Snapshot of Global PV Markets 2025", IEA PVPS (2025)

5) "Trends in Photovoltaic Applications 2025", IEA PVPS (2025)

6) "Snapshot of Global PV Markets 2015", IEA PVPS (2015)

7) "Solar is EU's biggest power source for the first time ever", Ember (2025)

- Solkraft vokser **ekstremt fort** globalt og tar betydelige markedsandeler hvert år.
- Solkraft gir den **billigste kraftproduksjonen** i et stort og økende antall markeder.
- Solkraft er en av få teknologier nødvendige for det grønne skiftet som er **i rute**.

Den globale solbransjen

Den enorme installasjonsraten i 2024 ble muliggjort av investeringer i solkraftverk på i overkant av 5000 milliarder NOK (503 milliarder USD), et tall som oversteg investeringene i samtlige andre former for kraftverk sett under ett (426 milliarder USD)⁸. Solkraftverk står nå for rundt 80% av kapasitetsutbyggingen av fornybar kraft, noe som forventes å vare frem til minst 2030⁹. I overkant av 7 millioner mennesker arbeidet i den globale solbransjen i 2024 for å få til dette¹⁰, noe som representerer den langt største andelen av alle fornybarbransjer målt etter sysselsetting globalt (44%). Det er verdt å merke seg at omsetningen innen solbransjen ikke holder tritt med veksten i installert kapasitet. Fortsatt rask teknologiutvikling og prispress har gitt raskt fallende priser for denne typen kraftverk og fortsetter å bidra til økt konkurranseevne. Investeringene er i all hovedsak etterspørselsdrevne, en forutsetning for videre storskala vekst.

Kostnadsfallet for solkraft fortsetter

Kostnaden per produserte kWh fra solkraftverk har falt dramatisk gjennom de siste tiårene. Mellom 2010 og 2023 falt den beregnede snittkostnaden gjennom levetiden (Levelized Cost Of Electricity – LCOE) for kraft fra storskala solkraftverk med hele 90%, fra et nivå godt over 4 NOK/kWh (0,460 USD/kWh) og ned mot 40 øre/kWh (0,044 USD/kWh). Det er stor forskjell fra land til land, med beregnede kostnadsreduksjoner i samme periode mellom 76% og 93%¹¹. Selve solcellepanelene er en viktig kostnad og kan i dag grovt sett anslås å stå for om lag en tredjedel av de samlede kostnadene for et solkraftverk. På grunn av en betydelig overkapasitet i verdikjeden for produksjon av solcellepaneler forventes et pågående prispress å vedvare i årene frem mot 2030. Det anslås at fabrikkene langs produksjonsverdikjeden for solcellepaneler per dags dato har kapasitet til å levere rundt 1200 GWp med solcellepaneler i året. Bare om lag halvparten av denne kapasiteten brukes i dag. Geografisk sett er det en oppsiktsvekkende sterk konsentrasjon av produksjonskapasitet langs hele verdikjeden i Kina, med en markedsandel over 90% i flere av trinnene¹².

8) "World Energy Investment", IEA (2024)

9) "Global Market Outlook 2025", Solar Power Europe (2025)

10) "Renewable Energy and Jobs Annual Review 2024", IRENA (2024)

11) "Renewable Energy Generation Costs in 2023", IRENA (2023)

12) "Trends in Photovoltaic Applications 2025", IEA PVPS (2025)

Status for den Europeiske solbransjen

Installert solkraftkapasitet

Solkraft spiller en sentral rolle i Europeisk kraftforsyning og energipolitikk. Ved inngangen til 2024 var den samlede kapasiteten til solkraftverkene i EU på 339 GWp¹³. Rett i overkant av 65 GWp ble installert i 2025, og solkraft står dermed for om lag 13% av all produksjonskapasitet for kraft i EU målt etter kWh¹⁴.

Selv om EU i 2025 fortsatt er i rute i forhold til målene for installert solkraftkapasitet er markedet i endring. Etter flere år med raskt vekst har veksten i nye installasjoner flatet ut, riktignok på et svært høyt nivå. Installasjonsraten i 2025 ser ut til å ende rett under installasjonsraten i 2024. Spesielt installasjonsratene for solcelleanlegg i boliger har falt dramatisk de siste årene. Installasjonsratene for solcelleanlegg på offentlige og kommersielle bygg har stabilisert seg, men det er samtidig vekst i installasjon av bakkemonterte solkraftverk, som i 2025 har stått for mer enn halvparten av all ny kapasitet i EU¹⁴. For boligmarkedet er årsaken til nedbremsingen trolig en normalisering av strømprisene etter invasjonen i Ukraina, samt utfasing av insentiver i flere land. I tillegg opplever solbransjen som helhet at forsinket utbygging av systemfleksibilitet og elektrifisering gjør at man ser stadig flere timer med negative strømpriser og redusert lønnsomhet, og dette påvirker investeringer negativt. I tillegg er tid forbundet med prosesser knyttet til nettknytning og konsesjoner en betydelig utfordring.

Solkraft står sentralt i EUs energipolitikk

EUs vekst innen solkraft har ikke vært tilfeldig, men en følge av konkrete målsetninger og en tydelig vilje til å følge opp med politikk som understøtter disse

målsetningene. Det følgende avsnittet beskriver noen av de viktigste målsetningene og tiltakene som påvirker fremtidig installasjon av solkraft i Europa.

Clean Energy for All Europeans, eller Ren energi-pakken som den gjerne kalles i Norge, kan betraktes som startskuddet for EUs moderne fornybarsatsing. Det er en tydelig overordnet rammepakke som satte mål, moderniserte regelverk og la grunnlaget for etterfølgende initiativer. Den bestod av åtte lovpakker, alle fremmet i 2016 og vedtatt i EU mellom 2018 og 2019. Den satte ambisiøse mål om 32 % fornybarandel og 32,5 % energieffektivitet innen 2030. To sentrale lovpakker for solbransjen inngår i Ren energi-pakken: Bygningsenergidirektivet (EPBD) 2018/844 og Fornybardirektivet (REDII) 2018/2001.

European Green Deal (2019) er en overordnet strategi for å gjøre EU klimanøytralt innen 2050. European Green Deal bygger på Ren energi-pakken, men utvider ambisjonen fra energimarked til hele økonomien, inkludert transport, industri og landbruk. Klimaloven (2021) gjør Green Deal bindende og utløser Fit for 55 (2021-2022) som oversetter målet om 55% utslippsreduksjon innen 2030 til konkrete lover og direktiver. Fit for 55 inkluderte reformer av kvotesystemet og styrket insentiver for elektrifisering og fornybar energi. Den inkluderer en ny revisjon av fornybardirektivet (REDIII) med økt mål om fornybarandel på 42,5%, juridisk bindende tidsfrister for konsesjonsprosesser, og opprettelse av såkalte «go-to-areas» for utbygging av fornybar kraftproduksjon på bakke og til havs for å muliggjøre økt installasjonstakt for storskala kraftverk.

¹³) Snapshot of Global PV Markets", IEA PVPS (2025)

¹⁴) EU Solar Market Outlook 2025 – 2030", Solar Power Europe (2025)

Fit for 55 inneholder også en ny revidering av bygningsenergidirektivet, EPBD 2024/1275 som innfører krav om solcelleanlegg på bygg. Disse fases inn på følgende måte:

- For alle nye offentlige bygg og næringsbygg med areal >250 m² fra 31.12.26.
- For alle eksisterende offentlige bygg stilles krav trinnvis etter byggenes areal:
 - >2000 m² innen 31. desember 2027
 - >750 m² innen 31. desember 2028
 - >250 m² innen 31. desember 2030.
- For eksisterende næringsbygg med areal >500 m² som gjennomgår større renovering fra 31. desember 2029.
- For nye boligbygg og parkeringsbygg fra 31. desember 2029.

Det er verdt å påpeke at kravene gjelder «så langt det er teknisk egnet og økonomisk og funksjonelt gjennomførbart». EUs medlemsland har fått to år på seg til å implementere bygningsenergidirektivet i nasjonalt regelverk.

Som respons på energikrisen etter Russlands invasjon av Ukraina ble REPowerEU vedtatt (2022–2023). Hovedformålet var å redusere energipris og forsyningsproblemer knyttet til import av fossilt brensel fra Russland og å bidra til at Fit for 55-ambisjonene kunne implementeres raskere enn opprinnelig planlagt. I tillegg til et fokus på energisparing og diversifisering av tilgangen til ulike energikilder inneholder REPowerEU ambisiøse mål for en strategisk oppbygging av sol- og vindkraft i EU. Planen sikter mot en økning i effekten av installert solkraftkapasitet til 750 GW innen 2030.

EUs solenergi-strategi ble lansert på samme dag som REPowerEU for å støtte oppom målet om økt installasjon. Solenergi-strategien inneholder tre initiativer: European Solar Rooftop Initiative, EU large-scale partnership og European Solar PV Industry Alliance. European Solar Rooftop Initiative inneholder en versjon av kravet til solcelleanlegg på bygg som ble lovfestet gjennom EPBD 2024/1272. Solstrategien konkretiserer solkraftmålene fra REPowerEU med krav om takmontert solkraft, forenklede konsesjonsprosesser og støtte til europeisk solcelleproduksjon. EU Large-scale Skills Partnership skal bidra til å sikre tilgang til kvalifisert personell. For solkraft er et spesielt fokus å redusere flaskehalsen innen installasjon av solcelleanlegg. European Solar PV Industry Alliance har som formål å styrke Europas egen solcelleindustri og redusere avhengigheten av import. Kommisjonen lanserte også en “permitting package” som er en veiledningspakke som skal hjelpe medlemslandene å oppnå de juridiske kravene i RED III, blant annet i forhold til behandlingstid i konsesjonsprosesser og go-to-areas.

El-markedsdirektivet (Electricity Market Reform 2024/1711) ble vedtatt i 2024 som en respons på stor prisvariasjon og de høye strømprisene som har preget det europeiske elektrisitetmarkedet siden høsten 2021. Formålet med el-markedsdirektivet er å gjøre markedet mer motstandsdyktig mot kriser, mer attraktivt for fornybarutbygging og mer rettferdig for sluttbrukere. Økt bruk av langsiktige kraftkontrakter (Power Purchase Agreements (PPA) og to-veis differansekontrakter) skal styrke prisstabilitet og redusere risiko for både forbrukere og produsenter. El-markedsdirektivet bygger videre på Ren energi-pakken fra 2019 og REPowerEU-planen fra 2022.

De nevnte direktivene og virkemidlene adresserer kritiske utfordringer for videre solkraftutbygging og kan få stor effekt for installasjonsratene i EU både frem til og langt forbi 2030. Solar Power Europe forventer at bakkemonterte kraftverk vil være det største markedssegmentet frem mot 2030, med markedsandeler mellom 46 og 50%. Dette støttes av de nevnte risikoreducerende avtalene, som kraftkjøpsavtaler og differansekontrakter, samt en gradvis forbedring i relevante administrative prosesser¹⁵. Kravene i EPBD om solcelleanlegg i de fleste nybygg og et stort volum av eldre bygg vil gradvis få større betydning.

Europeisk solbransje og industrielle verdikjeder

Europeiske selskaper spilte lenge en ledende rolle i den internasjonale solbransjen, og Europa var vertskap for flere av verdens største produsenter av solcellematerialer, solceller og solcellepaneler. Siden om lag 2010 begynte kinesiske selskaper å ta over stadig større andeler av verdikjeden, og europeiske produsenter har i økende grad blitt utkonkurrert.

Det er et uttalt mål å re-etablere europeiske verdikjeder innen strategiske industrier, inkludert solkraft. Som et ledd i dette ble initiativet EU Solar PV Industry Alliance lansert i sammenheng med solenergistrategien i 2022 med mål om å etablere en verdikjede for fremstilling av solcellepaneler i EU på 20 GW innen 2025. Denne målsetningen ble aldri nådd. Viktig, relevant regulering som for eksempel Net-Zero Industry Act og Critical Raw Materials Act blir nå implementert og kan få betydning for fremtidig industriutvikling i Europa. I tillegg er det knyttet betydelig forventning til den foreslåtte Clean Industrial Deal.

Innenfor installasjon, drift, vedlikehold og integrasjon av solkraftverk er det imidlertid høy aktivitet og solbransjen står for en svært betydelig omsetning og sysselsetting i Europa i dag. SolarPower Europe anslår at sektoren sysselsatte 865 000 mennesker i 2024, et tall som kan passere 1 million før 2030¹⁶.

¹⁵ "Global Market Outlook", Solar Power Europe (2024)

¹⁶ "EU Solar Jobs Report 2025", Solar Power Europe (2025)

Status for den Norske solbransjen

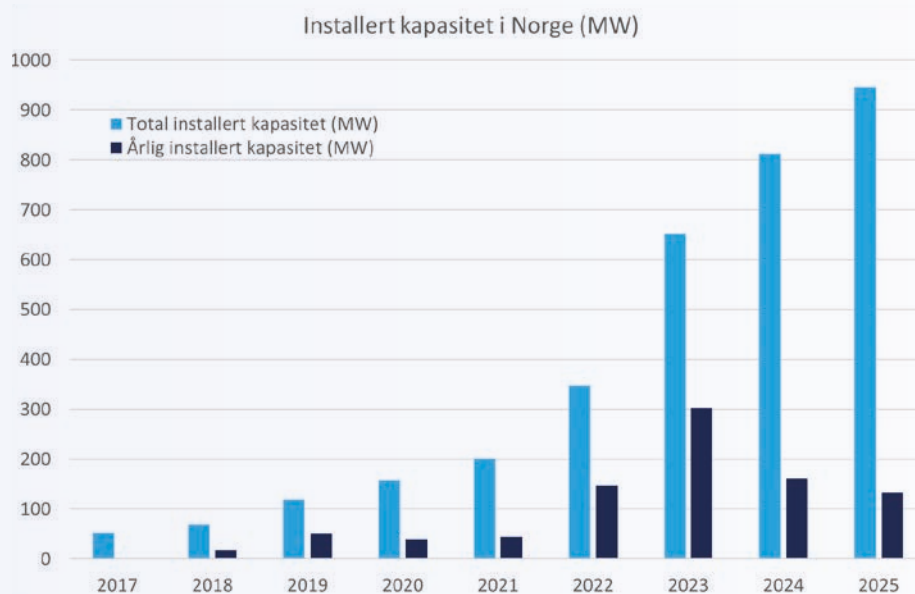
Installert solkraftkapasitet

Bruken av solkraft i Norge økte raskt i årene fra 2015 til 2023. De to siste årene har imidlertid installasjonsratene gått markant ned grunnet vanskelige markedsforhold. Installert kapasitet har vokst fra drøyt 15 MW i 2015 til i underkant av 950 MW i skrivende stund¹⁷. Strømpriskrise og usikkerhet i kjølvannet av krigen i Ukraina ledet til voldsom vekst i etterspørselen etter solcelleanlegg også i Norge. Bransjen opplevde vekstrater på om lag 100% både i 2022 og 2023. Dette førte til at vi i 2023 alene så rundt 299 MW med nye solcelleanlegg installert her til lands. I denne perioden kom også Energikommisjonens rapport «Mer av alt – raskere» som ba om rask utbygging av blant annet solkraft i Norge, og det ble fra politisk hold satt et ambisiøst mål for utbygging av solkraft i Norge på 8 TWh innen 2030.

I 2024 falt imidlertid installasjonsraten med mer enn 40% til 177 MW, og falt ytterligere til 133 MW i 2025¹⁸. Årsakene til dette er sammensatte, men innføringen av strømstøtteordningen kombinert med høy rente og svak krone har påvirket lønnsomheten spesielt i privatmarkedet. Dette har resultert i et betydelig antall nedleggelse, konkurser og permitteringer i den delen av den norske solbransjen som sikter mot installasjoner i hjemmemarkedet.

De aller fleste solcelleanleggene i Norge er installert på boliger, næringsbygg og offentlige bygg, og samlet sett står disse anleggene for nær all produksjonskapasitet i Norge til nå. I løpet av de siste par årene har de første bakkemonterte solkraftverkene av en viss størrelse også sett dagens lys. NVE behandler i dag om lag 75

Utviklingen i akkumulert og nyinstallert solkraftkapasitet (MW) i Norge



Grafen viser den historiske utviklingen i akkumulert og nyinstallert solkraftkapasitet i Norge. Tallene er hentet fra Elhub.no og før etableringen av denne fra Olje- og Energidepartementet – Kilde: Marstein/IFE

17) Tall basert på Elhub.no fra etablering og tall fra Olje- og Energidepartementet for installasjon før dette

18) Elhub.no



Testanlegget til IFE på Kjeller - Bilde: IFE

konsesjoner knyttet til etablering av bakkemonterte solkraftverk, i tillegg til dette har flere prosjekter allerede fått innvilget konsesjon¹⁹. Flere av disse anleggene er i drift i dag. Fra 1. juli 2025 har kommunene fått myndighet til å behandle søknader for solkraftverk opp til 10 MW etter plan- og bygningsloven.

Norsk solbransje – en internasjonalt orientert bransje

Dette veikartet presenterer og analyserer den norske solbransjen og dens muligheter for videre vekst. I denne omgang vil vi derfor begrense diskusjonen til det helt overordnede. I rapportene «Utredning av aktiviteten i de norske energinæringene i 2023»²⁰ og «Utredning av aktiviteten i de norske energinæringene i 2024»²¹ beregnes omsetning og sysselsetting i de norske energinæringene. Det er viktig å påpeke at selve kraftproduksjonen er ekskludert: fokus er på leverandørindustriene. I 2024 var den totale omsetningen for fornybarnæringen var ifølge denne utredningen på 100,4 milliarder NOK. Solenergi stod for en total omsetning på 14,3 milliarder, en vekst fra 13,3

milliarder året før. Det er verdt å påpeke at solkraft kun er overgått av havvind, som i lang tid har vært et uttalt satsingsområde i Norge. Av omsetningen i solbransjen kom 3,4 milliarder fra nasjonal omsetning i 2024, en reduksjon fra en omsetning på 4,2 milliarder NOK i 2023. Imidlertid ble dette mer enn kompensert for av en økning i både eksportomsetning og utenlandsomsetning fra 9,1 til 10,9 milliarder NOK i samme periode. Solenergi var nest størst målt etter både eksportomsetning og utenlandsomsetning av samtlige fornybarnæringene. Sysselsettingen i den norske solbransjen ble i samme rapport anslått til å ligge på rundt 2000 årsverk i 2024, ned fra 2400 i 2023. Dette skyldes i stor grad lavere installasjonsrate i Norge.

Flere selskaper i den norske solbransjen har evnet å konkurrere seg inn i en global bransje med voldsom omsetning i fortsatt rask vekst. Dette er et svært godt utgangspunkt for videreutvikling av en norsk solbransje med stor omsetning både hjemme og ute.

19) Tall fra NVE.no sin oversikt over konsesjonssaker i Norge

20) "Utredning av aktiviteten i de norske energinæringene i 2023", Multiconsult, Vista analyse og UiS (2024)

21) "Utredning av aktiviteten i de norske energinæringene i 2024", Multiconsult, Vista analyse og UiS (2025)

Forventet markedsutvikling til 2030 i verden og i Norge

Den eksplosive veksten i antallet solkraftverk globalt har vært vanskelig å forutse, vekstratene har overgått nesten alle tidligere prognoser. Selv det som ble vurdert som et optimistisk scenario i det tidligere publiserte Veikart for den norske solkraftbransjen mot 2030 har i ettertid vist seg å være for konservativt²². For å kunne diskutere fremtidig utvikling på en meningsfull måte tar vi for oss et spenn av scenarier. Disse inkluderer blant annet et nullvekstscenario og noe vi anser som konservativt optimistiske scenarier. Muligheten for vekst utover disse scenariene er i høyeste grad til stede. For Norge er usikkerheten i fremtidig utvikling særlig stor, av flere grunner som vi kommer tilbake til.

Forventet markedsutvikling globalt mot 2030

Ny installert kapasitet vokste med 33% fra 450 GW i 2023 til 600 GW i 2024. Med tanke på den høye installasjonstakten i dagens solbransje vil videre vekst i nærheten av dette gi svært raske endringer i den globale energimiksen. Det er flere grunner til å tro at vi skal se en viss reduksjon i veksten i installasjonsratene fremover. Til tross avtakende vekst vil vi hvert år fremover se et voldsomt volum av nye solkraftverk bli tilkoblet. I 2025 forventes nye installasjoner på mellom 700 og 750 GW, noe som representerer en vekst fra 17 til 25%.

Årsakene til reduksjonen i vekstrate er sammensatte. Et viktig moment er usikkerhet. Vi lever i dag i en mer urolig verden enn på lenge, noe som blant annet har gitt utslag i økende handelskonflikter. Konflikt og krig kan gi ytterligere økte kostnader og forsinkelser i prosjektgjennomføring langs hele verdikjeden. I tillegg kan vi se en lavere vilje og evne til å gjennomføre langsiktige investeringer i fornybar kraftproduksjon, spesielt i de mer prissensitive markedene. Politisk endring i ulike land og regioner er også en årsak.

Utviklingen i større markeder, spesielt Kina, men også blant annet India, EU og USA i årene mot 2030 vil dermed få store konsekvenser for det totale bildet.

En annen årsak er at utviklingen av energisystemet ikke har holdt tritt med veksten i fornybar, variabel kraftproduksjon fra sol- og vindkraft. 25 land har i dag fra 10% til langt over 20% av solkraft i kraftmiksen. Disse opplever stadig oftere konsekvenser av en omfattende utbygging uten tilsvarende investeringer i nettfosterking og systemfleksibilitet. Vi ser et økende antall timer der solkraftproduksjon strupes, betydelige prisfall i timer med høy solkraftproduksjon, deriblant en økning i antallet timer med negative kraftpriser. Slike markedsforhold utgjør en direkte barriere for videre utbygging, særlig dersom prosjektene mangler inntektsstabiliserende mekanismer som energilagring eller langsiktige kraftkjøpsavtaler (PPA). Det er positivt at en stor og raskt økende andel av solkraftverk i alle markedssegmenter nå bygges med integrerte batterisystemer for å motvirke dette. I boligsegmentet er andelen nye solcelleanlegg som bygges med integrerte batterisystemer anslått til å være 40 % og 25 % for større næringsbygg og offentlige bygg²³.

22) Veikart for den norske solkraftbransjen mot 2030*, FME SUSOLTECH og Solenergiklyngen (2021)

23) *International Technology Roadmap for PV 2025*, VDMA (2025)

Det vil investeres minst 25 000 milliarder NOK i ny solkraftkapasitet på mellom 3 000 og 5 000 i perioden 2025 – 2029. Hva betyr dette for Norge?

1. Enorme investeringer i solkraftverk vil gi enorme muligheter for videre vekst for eksportrettede og internasjonalt rettede norske selskaper langs hele verdikjeden.
2. Solkraft er sterkt undervurdert i mange framtidsscenarioer. Oppdaterte scenarier er viktig for å unngå feilinvesteringer i kraftproduksjon og infrastruktur. vil påvirke utviklingen i Norge mot 2030.

I tillegg har vi i flere markeder har realisert flere av de mest tilgjengelige prosjektene, både på tak og bakke²⁴. Konsesjons- og tillatelsesprosesser er allerede en viktig flaskehals som kan øke i betydning.

Et utvalg av scenarier for utviklingen i installert solkraftkapasitet ved inngangen til 2030 er vist i tabellen under. Tallene i tabellen angir forventet installert kapasitet ved inngangen til 2030. Samtlige scenarier representerer redusert vekst i installasjonsratene fremover. Vi tar med et eget «Nullvekstscenario» i sammenlikningen. Dette er basert på en akkumulert installasjonskapasitet ved inngangen til 2024 på 2 200 GW som antas etterfulgt av en stabil installasjonsrate på 700 GW/år deretter. Selv med dette scenariet når vi en total kapasitet på hele 5 700 GW innen 2030. Dette tilsvarer en årlig kraftproduksjon på om lag 7 500 TWh, 50 ganger Norges samlede kraftproduksjon.

Det er i denne sammenhengen verdt å påpeke tre ting:

- Scenariene indikerer nye installasjoner fra 3 100 GW til 5 000 GW innen 2030.
- Scenariene gir nær eller mer enn en tredobling i installert kapasitet innen 2030.
- Flere scenarier gir en årlig installasjonsrate på >1 000 GW/år på vei inn i 2030.

Dersom vi inkluderer videre vekst gjennom året 2030 kan vi sammenlikne resultatet med COP28 målet om en tredobling av fornybar kraftkapasitet til 11 000 GW i løpet av 2030. I scenariene over vil solkraft alene stå for ~50 – 75% av dette. Det er derfor helt på sin plass å hevde at solkraften leder an i det grønne skiftet.

	SPE low	Nullvekst	IEA	SPE med	SPE high
Totalt før 2030	5 300 GW	5 700 GW	5 700 GW	6 100 GW	7 200 GW
Nytt 2025 – 2029	3 100 GW	3 500 GW	3 500 GW	3 900 GW	5 000 GW

SPE: Solar Power Europe sine scenarier fra Global Market Outlook for solar power 2025 – 2029, IEA: International Energy Agency sitt scenario fra Renewable Energy 2025. Sistnevnte lander på samme installerte kapasitet som vårt nullvekstscenario.

24) "Global Market Outlook for solar power 2025 – 2029", Solar Power Europe (2025)

Til tross for at veksten i EU flater ut vil vi se betydelige årlige installasjonsrater hvert år fra 2025 – 2029.

Hva betyr dette for Norge?

1. Til tross for utflating vil EU årlig installere store mengder solkraftverk, og vil forbli et viktig marked. Dette gir muligheter for internasjonalt rettede norske selskaper.
2. EU innfører direktiver for å håndtere utfordringer knyttet til energiomleggingen. Håndtering av et betydelig etterslep knyttet til implementasjon av relevante direktiver i Norge vil påvirke utviklingen i Norge mot 2030.

Forventet markedsutvikling i Europa mot 2030

Veksten i installert kapasitet forventes å avta i Europa og EU i årene fremover. Installasjonsratene forventes dermed å stabiliseres, men på et fortsatt svært høyt nivå. Solar Power Europe har anslått at veksten i installert kapasitet i 2025 har falt for første gang på et tiår, riktignok med beskjedne 0,7%²⁵. Installasjonsraten i 2025 blir på i overkant av 65 GW. I sitt midlere scenario for solkraftutbygging i EU antar Solar Power Europe at installasjonsratene vil reduseres videre i 2026 og 2027 før veksten tiltar frem mot 2030. Deres midlere scenario gir totalt 718 GW av installert solkraftkapasitet innen 2030, et tall som nå ligger bak målet om 750 GW i REPowerEU. I dette scenariet vil nyinstallasjoner i 2030 ligge på 66 GW, som er det første året installasjonsraten igjen vil overstige årets installasjonsrate i dette scenariet.

Til tross for en rask økning i solkraftanlegg i boliger i kriseårene 2021 – 2023 forventes skiftet i markedsandeler mot større prosjekter på offentlige bygg og næringsbygg og, ikke minst, mot storskala, bakkemonterte solkraftverk å fortsette. Fremtidig utbyggingstakt av alle større solkraftverk avhenger imidlertid av at regulatoriske flaskehals og utfordringer knyttet til nettintegrasjon håndteres effektivt. I tillegg må det utvikles lønnsomme prosjektmodeller som tar høyde for begrenset systemfleksibilitet på kort sikt. Som tidligere nevnt benyttes batterisystemer i stadig økende grad som sikring mot både kannibalisering og prisvolatilitet.

25) "EU Solar Market Outlook 2025 – 2030", Solar Power Europe (2025)

Forventet markedsutvikling i Norge

Markedet i Norge har de siste årene vært preget av høy volatilitet, med rekordhøy vekst i installasjoner gjennom kriseårene 2022 og 2023 og deretter et drastisk fall i installasjonsrate i 2024 til et nivå som har fortsatt gjennom 2025. Spesielt innføringen av Strømsstøtteordningen og påfølgende Norgespris pekes på som en sentral årsak: ordningene har fjernet viktige drivere for utbygging. Det er uklart om det er vilje og evne til å finne verktøy som sikrer at det vedtatte utbyggingsmålet på 8 TWh innen 2030 oppnås.

Grunnet stor usikkerhet skisserer vi to scenarier for utbygging av solkraft i Norge mot 2030. I det ene scenariet («Sannsynlig») vil installasjonsraten stabiliseres rundt dagens nivå. Verken markedsbetingelser eller reguleringer leder til ny, rask økning. I dette scenariet når man snaut 2 TWh/år med solkraftkapasitet innen 2030. Dette er i tråd med NVE sin oppdaterte kraftmarkedsrapport, som antar at veksten videre vil være preget av redusert utbyggingstakt i bolighus, samt prissmitte fra kontinentet som allerede har gitt lave kraftpriser i de mest solrike timene og påvirker anleggenes verdifaktor²⁶. NVE antar generelt en lav utbygging av ny kraftproduksjon i Norge frem mot 2030 fordelt på 1 TWh solkraft og 3 TWh vannkraft. Allerede i dette scenariet vil dermed solkraft spille en sentral i norsk kraftutbygging. Samtidig vil bidraget være langt under det både solbransjen og regjeringen har sett for seg.

I det andre scenariet («8 TWh») gir endringer i markedsbetingelser, støtteordninger og/eller reguleringer betydelig raskere vekst, og målet om 8 TWh/år i 2030 oppnås. Dette vil kreve utbygging av solkraftverk på bygg og bakke med om lag 9 GW samlet kapasitet. Forenklede beregninger viser at en utbygging

i størrelsesorden 8 TWh innen 2030 aggregert kan skape mellom 16 000 og 30 000 årsverk i solbransjen og en verdiskapning på inntil 32 milliarder norske kroner fratrukket import av komponenter²⁷.

Til tross for at målet om 8 TWh i dag virker uoppnåelig kan flere virkemidler raskt gi økt utbygging. Strengere miljøkrav i bygg kan spille en viktig rolle som vil kunne lede til en umiddelbar økning i installasjonsrate. Et eksempel på dette kan være innfasing av EUs bygningsenergidirektiv eller at tilsvarende endringsforslag fremmet i TEK blir vedtatt. Strømdeling kan også få positive konsekvenser, selv om effekten av dette på lønnsomhet fortsatt diskuteres og vil avhenge av ordningens endelige utforming. Forslaget om innføring av en Norgespris for salg av solstrøm som er fremmet i årets statsbudsjett kan også få betydning. Samtidig er det et betydelig volum av bakkemonterte solkraftverk under utvikling i Norge.

En annen viktig faktor er markedsbetingelsene, spesielt forventede kraftprisbaner og graden av prissmitte fra kontinentet. Uten virkemidler som reduserer risikoen forbundet med lønnsomhet, for eksempel i form av tidsavgrensede støtteordninger, nye kontraktsmekanismer eller pilotregimer, er det lite sannsynlig at markedet alene vil lede til realisering av utbygging i det nødvendige omfanget for å nå 8 TWh innen 2030.

Uansett markedsvolum forventes solcelleanlegg på større tak på offentlige bygg og næringsbygg og bakkemonterte solkraftverk å stå for den største andelen av nye installasjoner frem mot 2030. For utvikling og vekst i den delen av den norske solbransjen som er rettet mot dette segmentet vil forutsigbare regulatoriske og markedsmessige forhold være viktige.

26) "Langsiktig kraftmarkedsanalyse 2025", NVE (2025)

27) "Verdiskapning og ringvirkninger av solkraftutbygging i Norge frem mot 2040", Thema consulting (2021)

De store utfordringene

Solbransjen har i mange år levert installasjonsrater som overgår forventningene, noe som har vært avgjørende for å opprettholde tempoet i det grønne skiftet. Videre rask vekst er kritisk for å nå internasjonale klima- og energipolitiske mål. En ønsket økning i den globale utbyggingstakten av solkraftverk vil lede til flere utfordringer som vil vokse i betydning. Utfordringene er i stor grad løsbare, og representerer også et betydelig potensial for innovasjon og verdiskapning. I det følgende gjennomgår vi de viktigste av disse og skisserer sentrale løsninger. Mangel på skalerbare og lønnsomme løsninger vil kunne lede til fallende aksept for utbygging av fornybar energi, med potensielt store konsekvenser for oppnåelsen av internasjonale klima- og energipolitiske mål.

Det er viktig å understreke at utfordringene ikke har lik kommersiell betydning, og at noen blir akutte og begrensende før andre. Spesielt lønnsomhet og nettintegrasjon begrenser veksten i flere markeder allerede i dag. Løsninger på fremtidige utfordringer må derfor designes med tanke på at de skal konkurrere i et marked der de mest umiddelbare flaskehalsene allerede vil være løst.

Lønnsomhet

Solkraft er allerede den billigste kilden til ny kraftutbygging målt etter snittprisen for hver kWh produsert gjennom anleggenes levetid (LCOE) i mange land, en situasjon som vil forsterkes ytterligere mot 2030²⁸. Dette betyr imidlertid ikke at solkraftverk automatisk blir mer lønnsomme. Hovedårsaken til dette er solkraftproduksjonens samtidighet: produksjonen fra uregulerte solkraftverk i samme marked følger i stor grad de samme døgnprofilene. Dette leder til at vi i stadig flere markeder opplever svært lave og til og med negative strømpriser i de timene solkraftverkene produserer mest. Uten egnede tiltak, og med en fortsatt raskt økende andel solkraft i nettet, vil situasjonen forverres fremover. Både regulatoriske grep, nye produkter og forretningsmodeller introduseres for å møte utfordringene knyttet til samtidighet og prisvolatilitet i solkraftproduksjonen.

Et sentralt regulatorisk grep er EUs reviderte el-markedsdirektiv (2024), som blant annet fremmer Power Purchase Agreements (PPA) som frivillige avtaler for langsiktig prissikkerhet og har en ny forpliktelse for medlemslandene til å bruke to-veis differansekontrakter når de gir offentlig støtte til nye fornybare- og lavkarbonkraftverk. Både PPA og differansekontrakter er ansett som gode verktøy for å gi produsenter mer forutsigbarhet og redusert investeringsrisiko. Effekten av disse tiltakene vil avhenge av hvordan de implementeres i medlemslandene og hvordan utfordringer med nettintegrasjon blir håndtert. Det er verdt å nevne at de samme løsningene i mange sammenhenger vil være nødvendig for fremtidig lønnsomhet for vindkraft på bakke og til havs.

El-markedsdirektivet introduserer også konseptet energideling, som gjør det mulig for småskala prosjekter å handle strøm med nærliggende forbrukere, samtidig som de fritas for nettleie. Norge har foreløpig ikke innført den forrige revideringen av EUs el-markedsdirektiv fra 2018. Imidlertid vil en første ordning for strømdeling i næringsområder innføres ved inngangen til 2026.

I forhold til nye produkter og forretningsmodeller er det flere parallelle utviklingsløp. Det er rask vekst i storskala hybride solkraftverk, spesielt batteristøttede solkraftverk som er optimalisert for lønnsomhet både gjennom mer lønnsom kraftleveranse og deltakelse i nettstøttemarkeder. Samtidig er det også rask vekst i distribuerte solkraftverk i bygg der solcelleanleggene integreres med lokale fleksible laster, elbilladere og energilagere som tar ned kraftkostnadene lokalt. Batterier tas i stadig større grad i bruk i nye solkraftverk av alle størrelser²⁹ og batteristøttede solkraftverk forventes å bli konkurransedyktige i de aller fleste markeder fremover. På grunn av raskt prisfall på batterisystemer er det nå slik at vi i de mest solrike strøkene i verden kan se batteristøttede solkraftverk levere konkurransedyktig kraft hele døgnet hver dag gjennom hele året³⁰.

Nettintegrasjon

Integrasjon av solkraftverk i nettet vokser raskt frem som en svært viktig utfordring. Dette er en utfordring med flere ulike sider. I et stort antall markeder er det i dag en betydelig treghet i prosessene knyttet til nettilknytning. Det tar utviklere mye tid å gjennomføre utredninger og innhente informasjon nettselskapene ber om. Det tar i tillegg tid for nettselskaper og regulatorer å behandle relevante søknader. Forsvarlig behandling er viktig for å sikre forsyningssikkerhet også i fremtiden. Solkraftverk med en samlet kapasitet på minst 1 650 GW antas i dag å stå i kø i slike prosesser³¹. Kapasitet og kompetanse hos regulatorer og nettselskaper er en av hovedårsakene.

28) "The momentum of the solar energy transition", F.J.M.M. Nijssse et al., Nature Communications (2023)

29) "International Technology Roadmap for PV 2025", VDMA (2025)

30) "Solar electricity every hour of every day is here and it changes everything", Ember (2025)

31) "IEA Renewables 2025", IEA (2025)

I tillegg er kapasiteten til nett og nettilkoblingspunkter begrenset i mange områder. For å utnytte nettkapasiteten mest mulig effektivt, og dermed minimere utbyggingskostnader, er det en fordel med kraftverk med høy kapasitetsfaktor. Kapasitetsfaktoren angir hvor stor andel av den maksimale installerte kapasiteten som faktisk utnyttes over tid, og er derfor avgjørende for hvor godt nettet blir brukt. Uregulerte solkraftverk har en relativt lav kapasitetsfaktor fordi produksjonsprofilen følger solens gang. Globalt har allikevel kapasitetsfaktoren til uregulert solkraft økt fra et gjennomsnitt på 13,8 % i 2010 til 16,2% i 2023³². Dette skyldes blant annet en økt utbygging i solrike områder, utvidet bruk av solfølgende trackere og tosidige (bifacial) solcellepaneler, samt overdimensjonering av solcelleanleggenes kapasitet (DC) i forhold til vekselretterne og/eller nettets kapasitet (AC). Kapasitetsfaktoren vil øke videre gjennom mer utstrakt bruk av batterier og utbredelse av hybridkraftverk, som for eksempel sol- og vindkraftverk som ofte belaster nettet på ulike tidspunkter. En viktig drivkraft for slike hybridløsninger er nettopp ønsket om å maksimere verdien av eksisterende nettkapasitet og redusere behovet for ny infrastruktur. Økningen i kapasitetsfaktor kan være svært betydelig med batterisystemer!

Smart styring av vekselrettere, batterier og hybridkraftverk vil også bli kritisk viktig for å sikre kraftkvalitet i nett dominert av sol- og vindkraft.

Lokal energisystemintegrasjon av solkraft i bygg og industrielle anlegg er en annen og komplementær tilnærming for å redusere utfordringer knyttet til nettilkobling. På sikt forventes bredere sektorkobling mellom kraft, varme/kulde og molekyler (hydrogen, ammoniakk) også å bli viktigere³³.

Areal

Tilgang på areal er en sentral utfordring i flere markeder, og denne utfordringen ventes å øke ytterligere som følge av økt behov for areal til fornybar kraftproduksjon. Behovet for areal kan lede til utfordringer knyttet til naturtap, samfunnsaksept og redusert vekstrate på grunn av begrenset kapasitet i regulatoriske prosesser og konsesjonsarbeid.

En grunnleggende utfordring i arealdiskusjonen er at store, flate og sammenhengende landarealer nær nettilkoblingspunkter ofte er attraktive for andre formål: normalt gir disse arealene de laveste utviklingskostnadene for solkraftverk.

Det arbeides bredt med flere løsninger på dette. En første og viktig løsning er å jobbe videre for å øke andelen solcelleanlegg på tak ytterligere. I Europa styrkes dette gjennom bygningsenergidirektivet. En annen løsning er å finne frem til alternative arealer for utbygging av solkraft. Her er både utbygging på infrastruktur, langs vei og jernbane, på andre «grå» arealer viktige. I tillegg kommer betydelige muligheter for såkalt «dual use», det vil si bruk av det samme arealet til flere formål. Dette er fremhevet i EUs reviderte Renewable Energy Directive (REDIII) og gjelder blant annet synergistisk utbygging og drift av jordbruk og solkraft («agrisol») og flytende solkraft. Hybride kraftverk der solkraftverk plasseres i, på eller nær andre kraftverk som vind- og vannkraftverk er også viktige i denne sammenhengen.

I REDIII er det i tillegg krav om å gjennomføre kartlegging av Renewable Acceleration Areas (RAAs) der den miljømessige påvirkningen av utbygging vil være minimal.

32) "Renewable Energy Generation Costs 2023", IRENA (2024)

33) "Snapshot of Global PV Markets", IEA PVPS (2025)

Agrivoltaiske anlegg (agrisol) der arealet fortsatt klassifiseres og brukes som jordbruksareal, men der det samtidig produseres kraft, løftes frem som en prioritert kategori innenfor både energi- og jordbrukspolitikken. EUs felles landbrukspolitikk (Common Agricultural Policy, CAP) er relevant i denne sammenhengen. EUs medlemsland har innlemmet solkraftproduksjon i CAP, og agrisol («agro-PV»/«agri-PV») er eksplisitt nevnt i de strategiske planene til Tyskland, Italia, Nederland og Slovenia.

En eventuell implementasjon av et slikt rammeverk i Norge vil forutsette at regulering og virkemidler tydelig skiller mellom tradisjonelle bakkemonterte solkraftverk og agrivoltaiske solkraftverk der jordbruksproduksjon opprettholdes eller styrkes. En slik differensiering vil gi tydeligere føringer for planmyndigheter, forvaltning og investorer, og kan redusere konfliktnivået knyttet til arealbruk vesentlig.

Et siste moment er at nyere regulering i EU for bærekraft setter krav til "meningsfull involvering" av interessenter. Samhandling mellom utbyggere og lokalsamfunn er kritisk for en sosialt bærekraftig utbygging og for å oppnå samfunnsaksept for fornybar energi.

Bærekraft

Det installeres i dag et voldsomt antall solcellepaneler, kabler, omformere og festestrukturer og andre komponenter i solkraftverk hver eneste dag. Med en årlig installasjonsrate på over 1 milliard solcellepaneler blir behovet for både miljømessig og sosialt bærekraftig produksjon, sirkulære verdikjeder, lange produktlevetider, gjenbruk og resirkulering viktig.

Solkraft er i utgangspunktet et bærekraftig valg miljømessig. Gjennom livsløpet produserer solkraft over 95 % mindre utslipp enn kull og over 90 % mindre enn gass. Klimagassutslippene fra produksjon av solcellepaneler falt med 45 % i perioden 2011–2021, ifølge IEA. Dette skyldes betydelige forbedringer i produksjonsprosesser og en gradvis overgang til bruk av lav-karbon elektrisitet³⁴. Likevel må solkraft, på lik linje med andre verdikjeder, kontinuerlig jobbe med å gjøre industrien enda mer bærekraftig i alle faser fra produksjon og bruk til avhending. En rekke tiltak er gjennomført i EU, og flere er på trappene.

Åpenhetsloven ble innført i Norge i 2022. Loven påbyr selskaper å utføre og tilgjengeliggjøre årlige aktsomhetsvurderinger i tråd med OECDs retningslinjer for internasjonale selskaper. OECDs modell for aktsomhetsvurderinger beskriver 6 trinn for hvordan virksomheter kan jobbe mot en mer ansvarlig og bærekraftig forretningspraksis. Solenergiklyngen publiserte i 2023 en veileder for aktsomhetsvurderinger i Norsk Solbransje, denne ble oppdatert i 2025³⁵. Tilsvarende trådte Aktsomhetsdirektivet, eller Corporate Sustainability Due Diligence Directive (CSDDD), i kraft i EU i 2024. Direktivet stiller krav til store selskaper (i første omgang selskap med flere enn 5000 ansatte) om å utføre aktsomhetsvurderinger og utarbeide klimaomstillingsplan. EUs aktsomhetsdirektiv har mange fellestrekk med den norske åpenhetsloven, men er ikke enda innført i Norge.

34) "Sustainable Solar", Solar Power Europe (2024)

35) "Bærekraftig og ansvarlig forretningspraksis: Veileder for aktsomhetsvurderinger i norsk solbransje", 2. versjon, Fornybar Norge (2025)

Direktivet om selskapers bærekraftsrapportering, Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD), ble innført i EU og Norge i 2024. Direktivet har som formål å øke kvaliteten, sammenlignbarheten og transparensten i selskapers bærekraftsrapportering. Den dekker miljø, sosiale forhold og styring. Foretakene må rapportere etter et rammeverk kalt European Sustainability Reporting Standards (ESRS) og få rapportene attestert. Enkelte land har etablert rammeverk som belønner solkraft med lavt karbonavtrykk. I Frankrike har det i over ti år vært krav om beregning av karbonavtrykk for moduler som deltar i offentlige anbud. Moduler med lavt karbonavtrykk kan oppnå ekstrapoeng og dermed by høyere strømpris. Sør-Korea innførte et lignende system i 2020.

I EU har innføringen av økodesignkrav for solceller og vekselrettere vært under forberedelse i flere år. Formålet med disse kravene er å heve bærekraftstandarden gjennom felles krav til alle solkraftprodukter i EUs indre marked. Økodesignkravene for disse produktene skal innføres sammen med en egen energimerking for solcellepaneler. Denne merkingen er planlagt å gi informasjon om panelets ytelse og dets karbonavtrykk. Økodesignkravene vil sannsynligvis også innføre nye regler for sirkulær design for solcellepaneler og vekselrettere.

EU arbeider også med en ny lovgivning som fremmer bærekraftig solkraft gjennom Net Zero Industry Act (NZIA). Denne loven etablerer rammeverket for å styrke nullutslippsteknologier i EU, inkludert solkraft, ved å innføre kriterier for robusthet og bærekraft i nasjonale anbud for fornybar energi og andre former for offentlig innkjøp.

Skalering

Antallet komponenter som installeres og integreres i solkraftverk er enormt. For å muliggjøre lønnsom og robust utvikling, drift, vedlikehold, nettintegrasjon og markedsoperasjoner vil digitalisering måtte spille en stadig viktigere rolle langs hele prosjektverdikjeden for solkraftverk.

Dette er et felt i rivende utvikling, og også norske selskaper spiller viktige roller her. For å håndtere den økende prosjektmengden på både bakke og tak vil digitale verktøy for screening av egnede lokasjoner og robust prosjektutvikling bli avgjørende. I tillegg blir datadrevet drift og vedlikehold stadig viktigere for å sikre høy produksjon gjennom anleggenes levetid, muliggjøre levetidsforlengelser og redusere driftskostnader. Også produksjonsmodellering og forecasting vil få økt betydning, ettersom de legger til rette for lønnsom og stabil nettintegrasjon, effektiv og mer lønnsom deltakelse i kraftmarkedene og smart styring av lagring, laster og hybride løsninger.

Kapasitet / kompetanse

Solbransjen har vokst svært raskt de siste årene og er i dag den absolutt største av fornybarnæringene målt etter ansatte. Tilgang på kvalifisert personell vil fortsette å være en viktig utfordring i årene som kommer, både globalt, i EU og i Norge. Dette gjelder både kapasitet og kompetanse for å utvikle, installere og drifte et økende antall solkraftverk i hvert enkelt land/marked, for å redusere behandlingstid knyttet til tillatelser og nettintegrasjon, og også å muliggjøre økt innovasjon og verdiskaping innenfor dette svært viktige markedet internasjonalt. For en bredere energibransje vil solkraftkompetanse bli stadig viktigere: solkraft forventes å bli den største kraftkilden i verden om relativt få år, og vil få svært stor betydning for utviklingen av kraftmarkedene rundt om i verden.



Bygningsintegrert solcelleanlegg i Oljedirektoratets fasade - Bilde: FUSen

Den norske solbransjen

Omsetning, sysselsetting og kraftproduksjon

Norge har i dag en bred solbransje med aktivitet langs hele verdikjeden for solkraftprosjekter. På bestilling fra Energidepartementet foretas det hvert år en utredning for å kartlegge omsetningen i de norske fornybarnæringene. Utredningen tar for seg omsetning og norskbaserte årsverk. Omsetningen deles inn i nasjonal, eksport og utenlandsomsetning og inkluderer utstyrsleveranser, utbygging og rådgivingstjenester. Kraftsalg holdes imidlertid utenfor.

I 2024 omsatte den norske solbransjen for totalt 14,3 milliarder NOK, hvorav 3,4 milliarder NOK var knyttet til nasjonal omsetning 10,9 milliarder NOK knyttet til eksport og utenlandsomsetning. Solbransjen sysselsatte om lag 2000 årsverk samme år. Solbransjen omsatte nest mest av samtlige fornybarnæringer inkludert hydrogen og karbonfangst og -lagring (CCS) i Norge, og ble bare slått av havvindindustrien. Sistnevnte har lenge vært et betydelig satsningsområde i Norge³⁶. Omsetningen økte med 1 milliard NOK fra 2023. Til tross for redusert nasjonal omsetning ble dette mer enn kompensert for av veksten i internasjonal omsetning. Dette er et felt med stor aktivitet som i stor grad preges av et fåtall større aktører innen utbygging og drift.

NVE estimerer at det ble produsert 0,24 TWh som så ble matet ut på nettet fra solcelleanleggene i Norge i 2024. Dette er under halvparten av en total estimert solkraftproduksjon på 0,52 TWh samme år. Dette gjenspeiler at de aller fleste anlegg i Norge hittil er installert i bygg med tanke på betydelig lokalt energiforbruk av kraft.

Utvalgte dypdykk i dette veikartet

I veikartet har vi valgt å gjøre dypdykk i de største markedssegmentene, i tillegg til et lite utvalg av segmenter i rask utvikling internasjonalt. Segmentene vi ser nærmere på er:

- 1. Storskala solkraftverk: Internasjonal aktivitet.** Dette er segmentet som i dag står for størst omsetning nasjonalt. Muligheten for videre vekst anses som svært stor. Dette er samtidig også det største markedssegmentet internasjonalt.
- 2. Sol i bygg.** Så godt som all utbygd solkraftkapasitet i Norge er å finne på bygg, og dette er også det største markedssegmentet i EU. Gjeldende og forventet regulering kan gi store muligheter for videre vekst både nasjonalt og internasjonalt.
- 3. Storskala solkraftverk i Norge.** Til tross for at noen få og relativt små bakkemonteerte solkraftverk hittil er bygget ut i Norge forventes antallet å øke i årene fremover. NVE behandler om lag 75 relevante konsesjoner. I tillegg kommer en rekke mindre prosjekter (<10 MW) der kommunene har beslutningsmyndighet. Selv om dette samlet utgjør et stort prosjektvolum er det allikevel stor usikkerhet knyttet til hvor mange av disse prosjektene som faktisk realiseres. Viktige hindre er knyttet til manglende lønnsomhet eller nettilgang.
- 4. Hybridkraftverk.** Det har blitt svært vanlig å integrere batterier i solkraftverk i alle markedssegmenter i dag. I tillegg øker antallet kraftverk som kombinerer solkraftverk med annen kraftproduksjon raskt. Dette feltet forventes å vokse svært raskt i årene som kommer og kan mobilisere en bredere norsk industri.
- 5. Flytende solkraft.** Til tross for at dette markedssegmentet står for en relativt liten andel av den totale solkraftinstallasjonen i verden utgjør en samlet kapasitet på ~10 GW et betydelig volum. Det er store muligheter for videre vekst og flere norske aktører har satset på å utvikle teknologier mot dette segmentet.
- 6. Solkraft for landbruket: Agrisol.** Agrisol er et tema som på kort tid har fått svært stor oppmerksomhet, både ute og her hjemme. Til tross for at dette er et ungt markedssegment med stort behov og rom for videreutvikling av egnede løsninger forventes dette raskt å få stor betydning for tilgang til areal.

36) "Utredning av aktiviteten i de norske energinæringene i 2024", Multiconsult, Vista analyse og UiS (2025)

Verdikjeden for solkraftprosjekter

Figuren under viser verdikjeden for solkraftprosjekter. Det er betydelig aktivitet blant norske selskaper innen både prosjektutvikling, utbygging (EPC), eierskap, drift og vedlikehold. Aktivitetene er rettet både mot det norske hjemmemarkedet og internasjonal aktivitet.

Aktiviteten innen dekommisjonering er i dag begrenset: det er få solcelleanlegg som har nådd sin forventede sluttdato. Dette markedssegmentet som blant annet inneholder gjenbruk og resirkulering vil bli stadig viktigere i årene som kommer.

Verdikjeden for solkraftprosjekter



A wide-angle photograph of a vast solar farm at sunset. The rows of solar panels stretch far into the distance, creating a strong sense of perspective. The sky is a mix of orange, yellow, and blue, with the sun low on the horizon. The ground between the rows is dry and dusty. In the background, there are some low hills or mountains under the twilight sky.

Dypdykk 1:

Storskala solkraftverk – internasjonalt



Markedsandelen for storskala solkraftverk er økende og nærmer seg raskt 2/3 av årlig installert solkraftkapasitet. Lave utbyggingskostnader og lav oppfattet risiko forbundet med denne typen prosjekter i markedet er begge viktige faktorer som bidrar til dette.

Markedsandelen for storskala solkraftverk er økende og nærmer seg raskt 2/3 av årlig installert solkraftkapasitet³⁷. Lave utbyggingskostnader og lav oppfattet risiko forbundet med denne typen prosjekter i markedet er begge viktige faktorer som bidrar til dette. Norske selskaper involvert i utvikling, bygging, drift og eierskap av storskala solkraftverk står i dag for den største andelen av omsetningen i den norske solbransjen. Denne aktiviteten utgjør en betydelig del av den internasjonale omsetningen. Totalt utgjorde internasjonal aktivitet 10,9 milliarder NOK av en total omsetning for den norske solbransjen på 13,3 milliarder NOK³⁸. Med den forventede videre veksten i utbygging av storskala solkraftverk internasjonalt representerer dette feltet en spesielt stor mulighet for et bredt spekter av norske selskaper. Konkurransedyktighet er essensielt: den internasjonale konkurransen er svært hard.

Beskrivelse / teknologi

Flere norske selskaper har god konkurranseevne innenfor utvikling, bygging og drift av bakkemonterte solkraftverk internasjonalt. En overordnet utfordring for utviklere av storskala solkraftverk er å vinne frem med prosjekter i sterk konkurranse og medfølgende prispress. Prosjekter må vinne svært kompetitive anbudsrunder og samtidig sikre eierne langsiktig lønnsomhet. Inngående kunnskap om faktorer som bestemmer fremtidige kostnader og inntekter knyttet til utvikling, bygging og påfølgende drift av solkraftverk er derfor svært viktig. Denne delen av solbransjen viser også ofte betydelig innovasjons- og tilpasningsevne, både hva angår innfasing av ny teknologi og optimalisering mot lokal regulering og markedssituasjon.

Prosjektutvikling

Å sikre lønnsomhet er en kritisk og samtidig krevende øvelse som krever god innsikt i en rekke forhold. Hvert solkraftverk representerer en betydelig investering, ofte på flere milliarder NOK. Solkraftverkene forventes

å produsere kraft over en garantiperiode på fra 20 til 30 år for å sikre så høy lønnsomhet som mulig. I et slikt tidsperspektiv er det betydelig usikkerhet forbundet med en rekke viktige faktorer som langtidsprognosene for solinnstråling og kraftproduksjon, komponentenes langtidsytelse og holdbarhet, reguleringer og ikke minst markedsbetingelser som rentenivå og kraftprisbaner.

Selskapene i dette feltet har spesialisert seg på å navigere i dette komplekse landskapet for å sikre lønnsomhet. I prosjektutviklingsfasen er det essensielt å ta ned risiko i så stor grad som mulig. Dette krever både god tilgang til relevante data for både historiske og forventede forhold i ressurs og marked, god teknisk innsikt i alle relevante komponenter, i tillegg til effektive og presise modelleringsverktøy. Siden en stor andel av finansieringen av storskala solkraftverk er basert på lån er det svært viktig å kvantifisere og dokumentere ulike typer risiko, noe som ofte refereres til som «bankability».

37) "Snapshot of Global PV Markets", IEA PVPS (2025)

38) "Utredning av aktiviteten i de norske energinæringene i 2023", Multiconsult, Vista analyse og UiS (2024)

Modellering er et viktig verktøy for å få kontroll på forventet produksjon fra solkraftverket og dets daglige og årlige variasjon gjennom hele prosjektets levetid. Før ett eller flere egnede prosjekter er identifisert kan det være nødvendig å analysere et større antall arealer. Ettersom prosjektet modnes bygges stadig mer presise modeller, men viktige begrensninger her er data og ressurser. Dette arbeidet leder frem til en investeringsplan og et avtaleverk som skal sikre lønnsomhet, for eksempel gjennom ulike former for markedsdeltakelse eller gjennom langsiktige kraftkjøpskontrakter (Power Purchase Agreement – PPA). Innfasingen av batterisystemer i solkraftverkene medfører at slike kraftverk i mye større grad enn tidligere deltar og høster lønnsomhet i kraftmarkeder, kapasitetsmarkeder og reservemarkeder/nettstøttemarkeder. Dette øker kompleksiteten forbundet med prosjektutvikling og krever tilpasning til lokalt marked og lokal regulering.

Utbygging (Engineering, Procurement and Construction – EPC)

Når prosjektet er tilstrekkelig modent legges et detaljert design for kraftverket, komponenter og software anskaffes og solkraftverket bygges og settes klart til drift. Nye teknologier blir tatt i bruk så fort de er tilstrekkelig testet og validert. I løpet av det siste tiåret har vi sett komplett innfasing av nye høyeffektive solcellepaneler, bruk av større solcellepaneler, innfasing av tosidige (bifacial) solcellepaneler og rask vekst i bruken av solfølgende trackere. I tillegg har det skjedd rask utvikling både innen vekselrettere og batterisystemer (Battery Energy Storage Systems, BESS). Også innen drift og vedlikehold er utviklingen rask. Overvåking, drift og vedlikehold vil beskrives mer utfyllende senere, men investeringer i relevant hardware og software inkluderes ofte i investeringsbudsjettene og setter leverandører av slike tjenester under prispress.

Også i denne fasen er kvalitetssikring svært viktig. Innkjøp av produkter i tråd med moderne sertifisering, tredjepartstester og tester ved innkjøp og installasjon før godkjenning er viktige verktøy. Til tross for at selskapene har fokus på dette utgjør den raske teknologiske utviklingstakten en utfordring. Selv om de nyeste produktene i markedet har måttet passere nødvendige laborietester for godkjenning finnes det rett og slett ikke lang driftserfaring for flere komponenter med plutselig stor utbredelse. Større feil vil utløse garantier, men mindre variasjoner vil kunne få konsekvenser for lønnsomhet i et lengre tidsperspektiv. Utvikling av metoder for å predikere langtidsytelse for nye teknologier eller solkraftverk i nye miljøer er derfor også et svært aktivt forskningsfelt. Integrasjon av overvåkningssystemer vil bli stadig viktigere: disse gjør det mulig for anleggseierne å detektere avvik i produksjon tidlig og å følge opp garantisaker. I denne sammenhengen er det verdt å påpeke at garantisaker i sammenheng med større solkraftverk fort involverer store beløp. En evaluering av likviditeten til teknologileverandørene og deres evne til å overleve en garantisak er derfor en viktig del av risikohåndteringen. Vurderinger av miljømessig og sosial bærekraft knyttet til planlagte investeringer og byggeprosessen inngår som en naturlig del av dette stadiet.

Drift og vedlikehold og markedsoperasjoner

Et betydelig skifte er på gang innen solbransjen. Et svært vellykket fokus i tidlig fase på å redusere kostnader og øke produksjonsvolumer har ledet til en samlet installert kapasitet som i skrivende stund raskt nærmer seg 3000 GW rundt om i verden, et tall som vil vokse raskt frem mot 2030. I løpet av de siste årene har utvikling av løsninger og strategier for kostnadseffektiv drift og vedlikehold

av et raskt økende antall solkraftverk fått stadig større plass i både forskning og næring. Drift og vedlikehold vil være kritisk for å sikre at det raskt økende volumet av solkraftverk yter som forventet gjennom levetider på flere tiår.

Drift og vedlikehold av solkraftverk er et felt preget av rask utvikling og samtidig en betydelig grad i variasjon. Dette gjelder blant annet selskapenes erfaring og deres valgte nivå for drift og vedlikehold. Lønnsomhet, langtidssytelse og -pålitelighet avhenger alle sterkt av både teknologivalg, lokalmiljø og de valgte løsningene for overvåkning, digital beslutningsstøtte og fysisk drift og vedlikehold. Et overdimensjonert og dyrt system vil kunne erodere lønnsomhet. Et underdimensjonert system kan på sin side føre til at ytelsen på anleggene faller under forventningene på sikt. En rekke ulike teknologier lanseres i markedet for overvåkning og påfølgende drift. Blant nyere eksempler er vekselrettere med integrert diagnostikk og vaskeroboter.

Synergier forbundet med drift av porteføljer av solkraftverk er en nøkkel til kostnadsreduksjon. Det samme er datadrevet drift- og vedlikehold. Her er sanntidsanalyse av driftsdata fra anleggene en svært viktig basis. I tillegg til tidsserier av data fra omformere og sensorer i solkraftverkene kommer tidsserier fra batterisystemer, driftsspesifikt utstyr og ofte også bilder fra rutinemessig droneovervåkning. Dette er et felt der norske selskaper igjen ligger langt framme. I tillegg til eiere av og driftsansvarlige ved solkraftverk med egne

verktøy har vi også selskaper som leverer systemer for driftsstøtte av solkraftverk med en betydelig internasjonal portefølje. Verdien av drift og vedlikehold er stor, og kan gi flere prosentpoeng høyere produksjon fra anleggene over tid³⁹. Dette er et felt med et betydelig volum av forsknings- og innovasjonsprosjekter i Norge.

I driftsfasen blir også selskapenes markedsoperasjoner viktig. Med innfasingen av batterisystemer og andre hybridkraftverk blir mulighetene for å høste lønnsomhet i ulike markeder større, men samtidig blir både utvikling, design, bygging og drift av anleggene mer komplekse. Også her er digitale verktøy viktige. I tillegg til sanntidsdata er også framskrivninger («forecasts») av solkraftproduksjon og kraftpris på kort og lengre sikt viktige. En bred norsk kraftbransje har betydelig erfaring og kompetanse som i stor grad kan overføres til internasjonal virksomhet i dette voksende feltet.

Marked

Storskala solkraftverk står for den langt største andelen installert kapasitet globalt i dag, med voksende markedsandel på nær 2/3 av det totale solkraftmarkedet. Dersom dette tallet står seg fremover vil vi se en installasjon på mellom 2 000 GW (lavt scenario) og ~2 700 GW (høyt scenario), noe som tilsvarer investeringer på mellom 10 000 og 27 000 milliarder NOK fra 2025 til og med 2029 med et antatt spenn i kostnader på 5 – 10 NOK/W avhengig av anleggenes totale infrastruktur. Spesielt innfasingen av BESS kan gi økte investeringer og samtidig øke lønnsomheten.

39) "Effekter av energiforskning", Menon og Multiconsult (2025)

Hvordan lykkes?

- 1. Rammebetingelser:** Det jobbes raskt med å iverksette løsninger for å håndtere flere viktige utfordringer knyttet til lønnsomhet, prisvolatilitet, nettilgang og tillatelse. I EU er blant andre el-markedsdirektivet og fornybarenergidirektivet viktige. Innføringen av disse og andre tilsvarende tiltak vil kunne få stor konsekvens for den videre veksten i bakkemontert solkraft både i EU og i resten av verden.
- 2. Deling av erfaring og kompetanse:** Verdikjedene for utvikling, bygging og påfølgende drift av storskala solkraftverk har godt rom for et bredere utvalg av norske selskaper enn det vi ser i dag. For at disse skal evne å finne frem til relevante produkter og tjenester er god innsikt i både kravspesifikasjoner og prising svært viktig.
- 3. Data og modeller:** Gode metoder, data og modeller som muliggjør presis beregning av lønnsomhet og risikoreduksjon er et viktig konkurransefortrinn. Dette gjelder blant annet presis produksjons- og kostnadsmodellering, samt tilstrekkelig fokus på lønnsomhet, ytelse og pålitelighet under innkjøp, installasjon og påfølgende drift.
- 4. Hybridisering (Dypdykk 4):** I løpet av de siste årene har hybridisering, spesielt gjennom integrasjon av batterisystemer i solkraftverkene, blitt en nøkkel til både lønnsom drift og nettilgang. Feltet er i rivende utvikling, og involvering krever både god teknologiforståelse og god forståelse av lokale markeder.
- 5. Drift og vedlikehold:** For å sikre høy produksjon over anleggenes lange levetid til så lav kostnad som mulig er utvikling og implementasjon av stadig mer kostnadseffektive systemer og løsninger for lønnsom drift og vedlikehold viktig. Dette er et felt i rask utvikling. Mange løsninger viser seg imidlertid å være enten for dyre eller uegnet i den relevante konteksten. Selskaper som ønsker å utvikle og tilby slike systemer og løsninger er avhengige av en svært god teknologi- og markedsforståelse.



Dypdykk 2:

Sol i bygg



Solcelleanlegg i bygg har mange fundamentale fordeler. De nyttiggjør seg av allerede beslaglagte arealer. De produserer kraft på samme sted som den brukes, noe som kan redusere belastningen på nettet.

Solcelleanlegg i bygg har mange fundamentale fordeler. De nyttiggjør seg av allerede beslaglagte arealer. De produserer kraft på samme sted som den brukes, noe som kan redusere belastningen på nettet. De er en form for kraftutbygging som møter sjeldent lav folkelig motstand i de aller fleste land. De er ofte nødvendige for miljøsertifiserte bygg og vil i årene fremover bli påkrevd i et svært stort antall bygg i EU, i tråd med bygningsenergidirektivet. Samtidig er det tekniske potensialet enormt, både på verdensbasis og her hjemme. Selv om hvert enkelt tak er lite blir summen av alle solcelleanlegg i bygg enorm. Distribuert utbygging av solkraft står for hele 43% av de akkumulerte solkraftinstallasjonene i verden, en stor andel av disse anleggene er solcelleanlegg i bygg. Andelen er høyere i EU, der hele 60% av solkraftutbyggingen i 2024 bestod av distribuerte anlegg, og enda større i Norge. Her hjemme er så godt som all solkraftkapasitet frem til i dag installert på tak.

Beskrivelse / teknologi

I de langt fleste tilfellene installeres solcelleanlegg på allerede komplette bygg. Dersom solcelleanlegget inngår som en aktiv del av selve bygningskroppen, for eksempel som erstatning for tak- eller fasadematerialer kalles disse anleggene bygningsintegreerte solcelleanlegg (Building-Integrated PV, BIPV).

Både prisen, anleggsstørrelsen og selve installasjonen avhenger av om et solcelleanlegg installeres på et bolighus eller på større næringsbygg eller offentlige bygg. På skråtak på bolighus bygges stort sett små anlegg som gir relativt sett høyere installasjonskostnader. I landbruket finnes større tilsvarende takflater på ulike bruksbygg som ofte kan installeres med en lavere kostnad. På store, flate tak på næringsbygg og offentlige bygg er det imidlertid utviklet en rekke dedikerte innfestingssystemer som gjør det mulig å oppnå svært lave installasjonskostnader. Uavhengig av bygningstype er det viktig å påpeke at det i de aller fleste tilfeller er slik at lønnsomheten til disse solcelleanleggene ses opp mot kraftkjøpet disse erstatter, altså reduksjonen i strømgjeldingene. I tillegg ser vi stadig oftere at

lønnsomhet vurderes bredere. Solcelleanlegg muliggjør blant annet bedre energimerking, noe som kan gi utslag forbundet med grønne lån og rentenivå og i leieavtaler.

Dersom anlegget skal installeres på et flatt tak er det i dag vanligst å installere svakt vinklede solcelleanlegg (10°) med øst- og vestvendte solcelleanlegg. I denne sammenhengen bruker man i dag ofte ballastering for å unngå gjennomføring i taket og risiko for fuktinntrenging. Flere norske selskaper har utviklet løsninger for effektiv montering og/eller produksjon på slike tak, inkludert Sun-Nets monteringsløsning for øst/vestvendte solcelleanlegg, Isola Solars bruk av tosidige solcellepaneler sammen med reflekterende materialer på tak og Over Easy Solars lave, lette og vertikalt monterte tosidige solcelleanlegg.

For å øke lønnsomhet og/eller eget forbruk av lokalt produsert solkraft integreres også solcelleanleggene her i stadig større grad med batterisystemer (BESS). Disse gjør det mulig å unngå unødvendig dyrt kraftkjøp og unødvendig lav fortjeneste ved kraftsalg. I tillegg bidrar de til å glatte ut effekttopper. I næringsbygg



Vertikalt montert solcelleanlegg i Tromsø – Bilde: Over Easy Solar

og offentlige bygg er det også ofte muligheter forbundet med integrasjon med andre fleksible laster og tilgjengelige energiressurser. I dag installeres rundt 40% av solcelleanleggene i bolighus og 25% av solcelleanleggene i større næringsbygg og offentlige bygg med BESS på verdensbasis⁴⁰.

Lønnsomhet og prispres er en felles utfordring for solcelleanlegg på bygg uansett størrelse. Det har stor betydning for hvordan disse anleggene utvikles, bygges og driftes. I prosjektutviklingsfasener bruk av tidseffektive og samtidig tilstrekkelig presise verktøy for både design og produksjonsmodellering viktig. For bolighus har en vanlig strategi vært å modellere solcelleanlegget

basert på tilgjengelige data om solressurs og bygg og deretter å lene seg på kompetente installatører for å avdekke og eventuelt håndtere vesentlige lokale avvik ved installasjonstidspunktet. I denne sammenhengen er det utviklet flere verktøy («solkart») for screening av tak som tas i bruk av installatører i deres dialog med potensielle kunder for å vurdere takenes egnethet og solcelleanleggenes potensielle lønnsomhet i tidlig fase. Større solcelleanlegg på næringsbygg og offentlige bygg er større investeringer som ofte medfører større krav i prosjektutviklingsfasen. I tillegg er det økt fokus på relevante bygningstekniske krav, deriblant takets restbæreevne, som må være tilstrekkelig til å tåle både snølast og et solcelleanlegg.

40) "International Technology Roadmap for PV 2025", VDMA (2025)



Bygningsintegret solcelleanlegg på Gjerdrum Helsehus – Bilde: FUSen

Når det kommer til drift og vedlikehold av solcelleanlegg på bygg er situasjonen ofte ganske ulik den vi ser på storskala, bakkemonterte solkraftverk. Mens vi i sistnevnte segment ser utstrakt bruk av driftstøtteverktøy for å sikre høy ytelse gjennom anleggenes lange levetid er drift og vedlikehold av solcelleanlegg i bygg et mer umodent felt. Dette er en naturlig konsekvens av anleggseierne og deres prioriteter. De som eier og drifter storskala solkraftverk har dette som primærgeskjeft. Eiere og driftere av solcelleanlegg på bygg har et helt annet primærfokus, og både kompetanse og lokal kapasitet forbundet

drift av det enkelte anlegg er begrenset. Drifts- og vedlikeholdsavtaler er et ofte brukt verktøy for å sikre en grad av robusthet for solcelleanlegg i bygg som vokser i omfang også i Norge. Flere aktører utvikler løsninger rettet mot dette markedssegmentet eller eier og leaser porteføljer med solcelleanlegg og påtar seg driftsansvar for anlegg i bygg. Dette skjer også i og fra Norge. Dette feltet forventes å bli stadig mer viktig i årene som kommer. Overvåking, drift og vedlikehold er viktig både for å sikre anleggenes langtidssytelse og pålitelighet.



Til tross for at volumet fortsatt er beskjedent er mulighetene som BIPV kan åpne opp for knyttet til både synergistisk installasjon, redusert materialbruk, reduserte kostnader og økt produksjon av kraft fra fasader og synlige tak svært stor. En vedvarende utfordring har vært relativt høye kostnader for slike anlegg. Dette er i stor grad forbundet med de relativt små volumene som etterspørres og produseres i dag. Det er verdt å merke seg at et entydig fokus på strømpris er utilstrekkelig for å vurdere lønnsomhet for BIPV. Man unngår annen bruk av materialer og tilhørende materialbruk, og kan i tillegg se synergier under installasjon av anlegget. Flere

BIPV-løsninger kan konkurrere på pris med andre ofte brukte fasadematerialer. BIPV-produkter baserer seg ofte på integrasjon av konvensjonelle silisiumbaserte solcellepaneler i bygningselementene for å holde kostnader nede, sikre høy effektivitet og pålitelighet.

Multiconsult anslår at anslagsvis 80 % av relevante anlegg vil utvikles ved og være tilknyttet lavspent distribusjonsnett, et nett som har god kapasitet for solkraft i dag⁴¹. Det er en betydelig og voksende sluttbrukerfleksibilitet i Norge, samt tilgang til data fra AMS-målere. Flexibiliteten inkluderer elektriske varmtvannsbereidere, elektrisk oppvarming, varmepumper og en voksende flåte av elbiler. Det er med andre ord flere fordeler forbundet med distribuert kraftutbygging på bygg.

Marked – Internasjonalt

Solcelleanlegg på bygg er et enormt markedssegment internasjonalt. Hele 43% av den akkumulerte solkraftkapasiteten i verden distribuert, og nesten 60% av den nye kapasiteten som ble installert i EU i 2024. Sistnevnte tilsvarer en utbygging av nesten hele Norges samlede kraftforsyning på bygg i løpet av ett eneste år. Det er godt strategisk forankret at dette segmentet skal styrkes videre i EU. Spesielt legger European Solar Rooftops Initiative og Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) opp til en betydelig økt bruk av solkraft i bygg. Solcelleanlegg vil bli påkrevd i nye næringsbygg og offentlige bygg, samt bolighus i trinnvis skjerpede krav frem mot 2030. I tillegg vil det stilles krav til ettermontering av solcelleanlegg. Skiftet fra solcelleanlegg på bolighus og mot større anlegg på offentlige bygg og næringsbygg forventes å fortsette i årene fremover.

41) "Solkraft i bygningsmassen og samfunnet", Multiconsult (2023)

Vi antar at storskala, bakkemonterte solkraftverk vil stå for en markedsandel på nær 2/3 globalt, og at den siste 1/3 utgjøres av distribuerte solcelleanlegg, primært i bygg. Vi forventer dermed en installasjon på mellom 1 000 GW (lavt globalt scenario) og ~1 300 GW (høyt globalt scenario), noe som tilsvarer investeringer på mellom 5 000 og 13 000 milliarder NOK fra 2025 til og med 2029 med et antatt spenn i kostnader på 5 – 10 NOK/W avhengig av fordelingen mellom bygningstyper og spesielt andelen anlegg som installeres med BESS.

Marked – Norge

I Norge er det et mål at solcelleanlegg på tak skal stå for en stor del av de ønskede 8 TWh/år innen 2030. Det er flere relevante regulatoriske prosesser som kan få betydning for denne utviklingen. En er arbeidet med en løsning for strømdeling i næringsområder, som blant annet kan gjøre det mulig å basere fremtidig solkraftutbygging på større og billigere installasjoner. En annen er en mulig endring i TEK i forbindelse med TEK17 der både krav om solklare bygg og krav om solcelleanlegg i yrkesbygg vurderes, i tråd med de pågående regulatoriske endringene i EU. I tillegg er EPBD til behandling i Norge.

Det er svært stor usikkerhet forbundet med markedsstørrelsen for solkraft i Norge frem mot 2030 og vi har derfor valgt å se på to scenarier. I scenariet

«Sannsynlig» fortsetter installasjonsratene som i 2024 og 2025, noe som resulterer i 2 TWh/år innen 2030. Dette representerer rundt regnet en dobling fra dagens kapasitet, og er på linje med NVEs gjeldende prognoser.

I scenariet «8 TWh» legger vi til grunn at Regjeringens mål om 8 TWh/år oppnås, noe som totalt vil kreve nær 9 GW med ny kapasitet. Dette er fortsatt godt under grensen for hva som antas å lett kunne mates inn i dagens lavspente distribusjonsnett⁴². Forenklede beregninger viser at en utbygging i størrelsesorden 8 TWh innen 2030 aggregert kan skape mellom 16 000 og 30 000 årsverk i solbransjen og en verdiskapning på inntil 32 milliarder norske kroner fratrukket import av komponenter⁴³.

En rekke verktøy har blitt brukt med hell for å stimulere til rask installasjonsrate rundt om i verden. Disse spenner fra støtteordninger rettet mot spesifikke investeringer, skatte- og momsfratak, til tilretteleggende reguleringer og krav. For å redusere presset knyttet til nettutbygging kan det være spesielt interessant å se på insentiver som fremmer lokal fleksibilitet og lokalt egenforbruk, som batterisystemer og strømdeling.

42) "Solkraft i bygningsmassen og samfunnet", Multiconsult (2023)

43) "Verdiskapning og ringvirkninger av solkraftutbygging i Norge frem mot 2040", Thema consulting (2021)

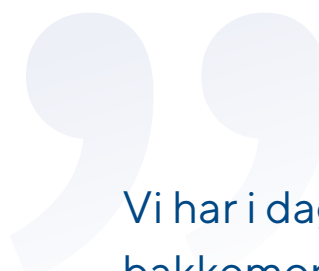
Hvordan lykkes?

- 1. Rammebetingelser:** Målet om 8 TWh utbygget solkraftkapasitet i Norge innen 2030 i Norge vil neppe nås uten betydelig bedre rammebetingelser for solkraft i Norge. EU arbeider raskt med å fase inn nye direktiver for å stimulere til videre vekst og samtidig håndtere de voksende, medfølgende utfordringene knyttet til blant annet lønnsomhet, volatilitet, nettilknytning og tillatelsesprosesser. El-markedsdirektivet, fornybarenergidirektivet og EPBD er alle viktige i denne sammenhengen. Et viktig spørsmål blir hvorvidt og hvor fort Norge vil utvikle tilsvarende rammebetingelser eller adoptere disse direktivene. For boligsegmentet er i tillegg gjeldende versjon av Norgespris en utfordring.
- 2. Bevaring av kapasitet og kompetanse:** Til tross for to år med nedgang i installasjonsrate har Norge fortsatt flere selskaper med kompetanse og kapasitet til å installere billige solcelleanlegg i bygg i henhold til både elektriske og bygningstekniske krav. Disse vil være en viktig ressurs for den ønskede veksten i årene som kommer. Bransjen er imidlertid fortsatt preget av nedleggelse og oppsigelser på grunn av synkende installasjonstall og betydelig usikkerhet i markedet. Strakstiltak som kan stabilisere eller øke installasjonsratene allerede i 2026 kan bli kritiske viktige.
- 3. Næringsbygg og offentlige bygg:** I segmentet for næringsbygg og offentlige bygg er det lønnsomhet å hente også i dag, og dette er det markedsegmentet det knyttes størst forventninger til i Norge på kort sikt. I dag er også dette segmentet preget av betydelig usikkerhet, blant annet knyttet til fremtidige kraftpriser. Strømdelingsordningen kan påvirke lønnsomheten til et større antall anlegg, men endelig nytte vil være avhengig av dens endelige utforming og begrensninger. En rask utvidelse av strømdelingsordningen til å for eksempel inneholde batterier og fleksibilitet eller inkludere et bredere spekter av yrkesbygg også fra offentlig sektor kan få stor betydning.
- 4. Hybridisering (Dypdykk 4):** I løpet av de siste årene har hybridisering, spesielt ved integrasjon av batterisystemer i solkraftverkene, blitt en nøkkel til både lønnsom drift og nettilgang. Feltet er i rivende utvikling internasjonalt, også i bygg. Det finnes en rekke stort sett urealiserte muligheter i Norge knyttet til samdrift av solcelleanlegg med batterisystemer og byggenes energisystem for både økt nytte, reduserte kostnader og mer lønnsom drift.
- 5. BIPV:** Potensialet for BIPV er i stor grad urealisert. Dette kan bli et gradvis viktigere markedsegment både i EU og Norge. BIPV er relevant for både nybygg og rehabiliteringsprosjekter. For å øke utbredelsen av BIPV er en viktig faktor å øke kunnskapen om dette i en bred bygningsbransje. For å få ned kostnader må BIPV inn i prosjekteringen så tidlig som mulig, både i nybygg og renovasjonsprosjekter.
- 6. Data og modeller:** For å muliggjøre mer presis beregning av livstidsproduksjon og pris per kWh vil tilgang til bedre data og modeller være viktig. I tillegg til ressursdata inkluderer dette også miljøspesifikke data knyttet til langtidsytelse og -pålitelighet.
- 7. Drift og vedlikehold:** Utvikling av kostnadseffektive og tilstrekkelige løsninger for drift og vedlikehold i bygg har vært en generell utfordring i den globale solbransjen. Dette er sakte i ferd med å endre seg, og spesielt lokal overvåking og digitale verktøy blir stadig viktigere i denne sammenhengen. Dette er også et svært viktig tema i Norge, det er lite åpen og tilgjengelig informasjon knyttet til kostnader og nytte av drift og vedlikehold av solcelleanlegg her.



Dypdykk 3:

Storskala solkraftverk i Norge



Vi har i dag flere mindre bakkemonterte solkraftverk i drift i Norge. NVE behandler konsesjonssøknader knyttet til ytterligere ~75 bakkemonterte solkraftverk i tillegg til de prosjektene som allerede fått innvilget konsesjon.

Vi har i dag flere mindre bakkemonterte solkraftverk i drift i Norge. NVE behandler konsesjonssøknader knyttet til ytterligere ~75 bakkemonterte solkraftverk i tillegg til de prosjektene som allerede fått innvilget konsesjon. På toppen av dette kommer solkraftverk unntatt fra konsesjonsplikten som er til behandling i kommuner rundt om i Norge. Hittil er samtlige driftssatte anlegg relativt små bakkemonterte solkraftverk sammenliknet med det vi ofte ser utenlands (< 10 MW). Dette kan imidlertid endre seg i nær fremtid da flere større bakkemonterte solkraftprosjekter blir mer modne.

Beskrivelse / teknologi

Selv om aktivitetsnivået synes høyt i dag er det usikkert hvor mange prosjekter som vil realiseres. Blant utfordringene er å få på plass konsesjoner og tillatelser i rimelig tid til en rimelig kostnad. Å finne tilstrekkelig lønnsomhet for slike kraftverk for at man kan gå videre med en investeringsbeslutning er den største problemstillingen i dag. Dette skyldes til dels solinnstrålingen i Norge, kostnadsnivået, til dels usikkerheter i både kostnads- og produksjonsestimater og usikkerhet i fremtidige kraftprisbaner. En ytterligere utfordring er begrenset nettkapasitet flere steder.

I tillegg til disse overordnede utfordringene finnes også teknisk usikkerhet. En av disse er knyttet til i hvor stor grad solkraftverkene vil evne å produsere på linje med produksjonsestimatene. Presis modellering krever både gode data om lokal innstråling og gode data knyttet til solkraftverkernes ytelse og pålitelighet gjennom hele levetiden. Dette har vært sentrale temaer i tidligere og pågående forskningsprosjekter.

En annen, mer betydelig kilde er knyttet til arealtilgang, mer spesifikt typen terreng som er tilgjengelig for bakkemonterte solkraftverk i Norge. Det pågår en viktig diskusjon i Norge knyttet til balansen mellom

jordvern, naturvern og blant annet kraftutbygging for å nå Norges klimamål. Dette er et utfordrende felt der tydeligere prioriteringer knyttet til arealbruk ville være til nytte. På de teknisk sett mest egnede arealene med tanke på solkraftutbygging er det mulig å nå installasjonskostnader under 5 NOK/W også i Norge.

Av ulike årsaker utvikles de fleste prosjektene på andre arealtyper, ofte i skog eller på såkalte «grå arealer». Her er de vanligste formene for fundamenteringsløsninger som oftest ikke egnet. I tillegg er størrelsen forbundet med spesielt grå arealer ofte begrenset, noe som kan påvirke oppnåelig installasjonskostnad negativt. Flere mindre anlegg er i dag installert i Norge med alternative monteringsløsninger som er tilpasset ulike tilgjengelige arealtyper. Allikevel er storskala installasjonskostnader, relaterte driftskostnader og pålitelighet for de nye monteringsløsningene et usikkerhetsmoment. I tillegg til terrenget spiller også klimaet inn: spesielt tele, snø og ising er viktige problemstillinger som ikke har samme betydning i de største markedene som her i Norge. Konkrete eksempler er knyttet til behovet for håndtering av snø, økt mekanisk belastning knyttet til dette, samt hvorvidt solfølgende trackere vil tåle norsk vinterklima over tid, og hvor ofte relatert vedlikehold vil være nødvendig.

Dette leder oss til en tredje kilde til usikkerhet: drift og vedlikehold. Det er begrenset åpen og delt erfaring knyttet til drift og vedlikehold av solcelleanlegg i Norge, og svært lite erfaring hittil fra bakkemonterte solkraftverk. Dette gjør beregninger av riktig nivå for drift og vedlikehold vanskelig. Både komponentvalg og påfølgende plan for oppfølging og vedlikehold av solkraftverkene i Norge vil påvirke de relaterte kostnadene.

En fjerde usikkerhet er knyttet til solkraftens rolle i det norske kraftsystemet. På grunn av en sterk sesongvariasjon vil solkraften måtte spille på lag med andre former for kraftproduksjon i Norge. Det er godt dokumentert at solkraft kan spille svært godt på lag spesielt med vindkraft, men også med vannkraft. Et viktig poeng er i tillegg at balansen mellom disse tre formene for kraftproduksjon varierer fra år til år. Solkraften kan ha betydelig større betydning i tørrår, mens betydningen vil være lavere i regntunge år med fulle magasiner. I denne sammenhengen vil vi påpeke at den største kilden til usikker lønnsomhet er forbundet med betydelig usikkerhet i kraftprisbanene over solkraftverkernes forventede levetider på 25 – 30 år.

En ytterligere utfordring i Norge er knyttet til netttilkobling. Både kapasiteten til nettet for å gi plass til ny kraftproduksjon og nettets evne til å opprettholde påkrevde nivåer av spenning og frekvens kan utfordres dersom solkraftverkernes kapasitet er stor i forhold til nettetskapasitet. Dette er foreløpig ikke tilfellet nasjonalt, selv om slike situasjoner kan oppstå lokalt. Globalt vil vi se at både nettfremmende vekselrettere og batterier vil få en svært viktig rolle fremover i denne sammenhengen. Det pågår også relevant forskning og pilotering i Norge. Behovet for slik aktivitet kan imidlertid øke, det er behov for både kompetansespredning, dokumentasjon og mobilisering av relevante aktører.

Siden tilgang til egnet areal allerede er en utfordring i Norge kan agrisol (Dypdykk 6) bli viktig også her. På store skogarealer, eng og beitearealer kan anlegg bygges med konvensjonelle bakkemonterte løsninger, men med tilpasset radavstand, høyde og drift for å muliggjøre samdrift med fôr- og beiteproduksjon, eller dersom innstråling, høyde over havet og jordsmonn tillater det, andre vekster. For norske forhold ligger det i denne sammenhengen særlig til rette for løsninger som kombinerer grasproduksjon, beitedrift og solkraft. Slike prosjekter kan gi storskala utbygging av solkraft samtidig som matsikkerhet og lokal verdiskaping ivaretas.

Marked

Det er stor usikkerhet forbundet med markedsstørrelsen for solkraft generelt og bakkemontert solkraft spesielt i Norge frem mot 2030. Flere selskaper i denne delen av bransjen peker på rammebetingelsene for utbygging av fornybar kraft er langt mindre fordelaktige i Norge enn våre naboland. I tillegg blir det påpekt at det i Norge er liten folkelig aksept for kraftutbygging på bakke kombinert med et svakt planverk, som ikke sikrer tilstrekkelig tilgang til arealer til nasjonale energi- og klimamål i dag. I tillegg er manglende forutsigbarhet, både hva angår konsesjons- og tillatelsesprosesser og markedsbetingelser en betydelig utfordring som samlet gir både høyere risiko, lengre modningstid og dermed øker prosjektkostnadene ytterligere.

Hvis vi ser på solkraftverkene som i dag er til behandling hos NVE har disse en samlet kapasitet på mellom 2 500

og 3 000 MW. Dersom disse hadde blitt raskt realisert ville de utgjøre over 1/3 av nødvendig utbygging for å nå de målsatte 8 TWh i Norge. Avhengig av arealenes og anleggenes kompleksitet ville disse anleggene samtidig samlet sett medføre et behov for investeringer på mellom 13 til over 25 milliarder NOK og samlet bidra med ~3 TWh/år. Antallet konsesjonssøknader vil øke i årene som kommer, og det er i tillegg et ukjent antall mindre prosjekter (<10 MW) til behandling hos kommunene.

Dette er imidlertid et høyst urealistisk positivt estimat i denne tidshorizonten. Frem mot 2040 vil vi kunne se en betydelig større solkraftkapasitet enn dette. Vi forventer imidlertid at flere av prosjektene vil få avslag på sine konsesjonssøknader. I tillegg må konsesjonene følges opp av positive investeringsbeslutninger. Det er allikevel god grunn til å tro at flere nye solkraftverk vil være godkjent, bygget og satt i drift innen 2030.



Hvordan lykkes?

- 1. Nye monteringsløsninger:** Et stort antall av solkraftprosjektene under utvikling er lagt til terreng der grunnforholdene begrenser egnetheten for de mest utbredte monteringsløsningene i markedet for bakkemonterte anlegg. Innfasing av nye, terrengtilpassede monteringsløsninger vil bidra til lavere installasjons- og driftskostnader i tilgjengelig terreng for bakkemonterte solkraftverk i Norge
- 2. Data og modeller:** Gode metoder, data og modeller som muliggjør presis beregning av lønnsomhet og risikoreduksjon vil ta ned usikkerhet i prosjektutviklingsfasen og være et viktig konkurransefortrinn. Dette gjelder blant annet presis produksjons- og kostnadsmodellering, samt tilstrekkelig fokus på lønnsomhet, ytelse og pålitelighet under innkjøp, installasjon og påfølgende drift.
- 3. Hybridisering (Dypdykk 4):** I løpet av de siste årene har hybridisering, spesielt ved integrasjon av batterisystemer i solkraftverkene, blitt en nøkkel til både lønnsom drift og nettilgang. Feltet er i rivende utvikling, og involvering krever både god teknologiforståelse og god forståelse markeder og regulering. Demonstrasjon av flere solkraftverk som på lønnsomt vis bidrar med nettsøtte og/eller -avlastning kan både forenkle fremtidige prosesser rundt nett-tilknytning og vise vei for fremtidige investeringer.
- 4. Drift og vedlikehold:** For å sikre høy produksjon over anleggenes lange levetid til så lav kostnad som mulig er utvikling og implementasjon av stadig mer kostnadseffektive systemer og løsninger for lønnsom drift og vedlikehold viktig. Dette er et felt i rask utvikling internasjonalt. I Norge er det imidlertid mindre erfaring rundt dette, i stor grad på grunn av den relativt lave installerte kapasiteten her hjemme. Det er viktig å finne frem til systemer og løsninger som sikrer lønnsom drift med et norsk kostnadsnivå, og som er egnet i klimaet her. Selskaper som ønsker å utvikle og tilby slike systemer og løsninger er avhengige av en svært god teknologi- og markedsforståelse.
- 5. Relevante virkemidler:** Flere relevante direktiver er innført eller planlegges innført i EU. Blant annet el-markedsdirektivet og fornybardirektivet bør nevnes i denne sammenhengen. Disse åpner opp for både raskere og mer forutsigbare tillatelsesprosesser og økt lønnsomhet gjennom virkemidler som differansekontrakter og kraftkjøpsavtaler (PPA).
- 6. Læring og deling:** For å oppnå læringseffektene som beskrives ovenfor må det faktisk bygges ut bakkemonterte solkraftverk i et visst volum i Norge. Uten utbygging vil det være vanskelig å høste relevante erfaringer. Vi mener at det bør vurderes tiltak for å etablere et visst antall pilot- og referanseprosjekter. Deling av både gode og dårlige erfaringer fra utvikling, bygging og påfølgende drift vil hjelpe en samlet bransje med å finne frem til egnede og kostnadseffektive løsninger.



Dypdykk 4:

Hybride solkraftverk



Batteristøttede solkraftverk av alle størrelser er den formen for hybridkraftverk som opplever absolutt sterkest vekst.

Solbransjens enorme vekst leder til betydelige utfordringer knyttet til både lønnsomhet og nettintegrasjon. Samtidigheten i produksjon over større markeder og regioner presser allerede kraftprisen ned når solen skinner sterkest, noe som kan erodere solkraftverkernes lønnsomhet. I tillegg går utbyggingen av solkraftverk betydelig raskere enn utbyggingen av nett. Dette gir stadig større utfordringer og forsinkelser knyttet til nettilkobling. Det blir stadig viktigere å utnytte eksisterende nett og tilkoblingspunkter mer effektivt. Der solkraftproduksjonen blir stor i forhold til nettkapasiteten kan i tillegg utfordringer knyttet til spenning og frekvens oppstå. Ulike løsninger fases inn i markedet for å unngå at disse forsterkes i årene som kommer. Mange av disse faller inn under begrepet hybridisering. Et hybrid solkraftverk er et solkraftverk som enten er integrert med energilagring, som oftest batterier, og/eller med andre former for energiproduksjon, som for eksempel vind- eller vannkraftverk, og som samlet koordinerer sine leveranser mot det samme tilkoblingspunktet. Antallet hybridkraftverk vokser raskt, og spesielt solkraftverk med integrerte batterisystemer tar stadig større markedsandeler.

Storskala hybride solkraftverk

Hybride solkraftverk har raskt blitt interessante av flere årsaker.

- **Mer stabil produksjon:** Den underliggende årsaken til at hybridkraftverk har ulike betydelige fordeler er knyttet til deres evne til å levere mer stabil kraftproduksjon. Batterier er i seg selv godt egnet til dette, og installeres i dag rutinemessig med lagringskapasitet opp mot 4 timer målt mot kraftverkernes kapasitet. I tillegg er både daglig og sesongmessig variasjon fra solkraftverk ofte svært komplementære med vind- og, i mange regioner, også vannkraftproduksjon.
- **Økt lønnsomhet:** Hybridkraftverk, spesielt med batterier integrert, gjør det mulig for et kraftverk å delta i ulike kraftmarkeder for å øke lønnsomheten ved å unngå kraftsalg ved lave priser og kraftkjøp ved høye priser (arbitrasje). Hybridkraftverk kan også være tilknyttet i kraftkjøpsavtaler (PPA) med fokus på leveranse av konstant kapasitet og/eller delta med nettstøtte i reservemarkedene.
- **Nettutnyttelse:** Ved å tilby jevnere og mer pålitelig kraftproduksjon bidrar hybridkraftverk til bedre nettutnyttelse. For hybride sol- og vindkraftverk er i tillegg produksjonen fra hver av delene stort sett komplementær. Enkelt sagt kan man ofte koble 100 MW vindkraft og 100 MW solkraft til et nett med en kapasitet på 100 MW uten at nevneverdig produksjon går til spille. Effektiv utnyttelse av eksisterende nett forventes å bli svært viktig i årene som kommer, og solkraftverk vil i økende grad kunne utvikles der det er lommer i nettkapasiteten, som ved flere vindkraftverk.
- **Reduserte kostnader:** Ved å kombinere solkraftproduksjon med annen kraftproduksjon er det mulig å oppnå vesentlige besparelser blant annet knyttet til delt elektrisk infrastruktur og tilhørende drift.

- **Arealutnyttelse:** Arealtilgangen økende utfordring for kraftutbygging generelt. Hybridkraftverk kan muliggjøre mer effektiv bruk av areal ved å muliggjøre sol- og vind- eller vannkraftproduksjon på det samme arealet. Dette kan i økende grad bli aktuelt der planverk i større grad peker ut arealer til kraftproduksjon, som vi blant annet vil se i EU. For vannkraftverk er det flere muligheter også knyttet til utbygging av flytende solkraftverk på magasinene.

Batteristøttede solkraftverk

Batteristøttede solkraftverk av alle størrelser er den formen for hybridkraftverk som opplever absolutt sterkest vekst. Globalt antas nå hele 40 % av solcelleanlegg i bolighus og 25 % av solcelleanlegg i større næringsbygg å bli installert med batterier⁴⁴. Vi ser også at et voksende antall av bakkemonterte solkraftverk kommer med batterier. I 2024 ble anslagsvis 69 GW/169 GWh med batterisystemer (Battery Energy Storage Systems, BESS) koblet til kraftsystemet rundt om i verden, noe som tok den samlede installerte kapasiteten til 150 GW/363 GWh⁴⁵. I tillegg til å løse utfordringer knyttet til lønnsomhet og nettilknytning har batterier blitt attraktive på grunn av et raskt og vedvarende prisfall.

Det er et stort antall batteriteknologier i markedet, men Li-ion batterier dominerer fullstendig blant nye installasjoner. Det er flere grunner til dette, men raskt fallende kostnader og god erfaring fra et svært stort antall anlegg er viktige faktorer. For større solkraftverk er det Li-ion jernfosfat (LFP) som er absolutt viktigst i dag.

I tillegg til å løse utfordringer for det enkelte kraftverk installeres og styres flere BESS som deler av virtuelle kraftverk (Virtual Power Plant, VPP). Feltet er fortsatt relativt ungt og forretningsmodeller og blant annet kontrollsystemer er i rivende utvikling. Muligheten for å bruke BESS til å utføre flere lønnsomme operasjoner (value stacking) er også betydelig og et felt med stor interesse. På mange måter minner dagens marked for BESS om solkraftmarkedet for noen år siden: det er fortsatt størst fokus på pris og volum. Imidlertid blir drift og vedlikehold stadig viktigere også for BESS. I den sammenhengen er det et stort behov for ytelses- og pålitelighetsdata fra BESS under relevant drift i solkraftverk.

Forsyningsikkerhet er et viktig og sammensatt begrep for BESS. Dette antas å være en kritisk komponent for å sikre forsyningsikkerheten fra energisystemer som i økende grad inneholder variabel sol- og vindkraft. Samtidig kan BESS spille en svært viktig rolle i beredskapsøyemed. Cybersikkerhet i distribuerte kraftsystemer er i den sammenhengen en høyaktuell problemstilling. Detsammereproduksjonsverdikjedene, som i dag i stor grad er dominert av kinesiske aktører på samme måte som innen solcellepaneler. Flere norske og europeiske selskaper setter sammen batterisystemer delvis basert på importert hardware og bygger inn egen software for overvåking og styring av disse. I tillegg til BESS blir omformerdefinerte nett stadig viktigere fremover for forsyningsikkerheten.

44) "International Technology Roadmap for PV 2025", VDMA (2025)

45) "Battery Report 2024", Volta Foundation (2024)

Hybride sol- og vindkraftverk vokser inn i markedet, men utgjør inntil videre et relativt lite markedssegment⁴⁶. Dette forventes å endre seg. Den komplementære produksjonen fra sol- og vindkraftverk muliggjør både økt produksjon fra samme areal og bedre utnyttelse av eksisterende nett. Det er mulig å se på både nybygg og prosjekter der eksisterende vindkraftverk forsterkes med ettermontering av tilpasset solkraftproduksjon. I 2025 åpnet både Statkraft og Equinor åpnet storskala, hybride sol- og vindkraftprosjekter i Brasil. Det er vist at potensialet for denne løsningen også kan være betydelig i Norge og Sverige⁴⁷. Solkraftverk og batterier begge spesielt godt egnede teknologier for ettermontering: det er lett å tilpasse ny solkraftproduksjon til eksisterende vindkraftproduksjon og nettkapasiteten.

Hybride sol- og vannkraftverk er også et spennende felt. Her er en ytterligere mulighet å bruke magasinene som storskala energilagere for å muliggjøre betydelig utbygging av solkraft og samtidig dekke grunnlast enten hele eller store deler av året. Dette er en spesielt interessant kombinasjon nærmere ekvator der årlige tørrsesonger med lav vannføring til dels kan kompenseres for ved utbygging av enten flytende på eller bakkemonterte solkraftverk ved magasinene.

På lengre sikt vil vi også se en økende innfasing av såkalt PV2X: kraftverk som produserer kjemikalier som hydrogen (H₂) eller ammoniakk fra solkraft.

Smartere vekselrettere

Vekselretteren gjør om likestrømmen solcellepanelene produserer til nettkompatibel vekselstrøm og er en kritisk komponent som også er i rask utvikling. Disse kommer i et stort utvalg av størrelser og med stadig mer funksjonalitet. Det er fortsatt stor etterspørsel etter både større sentralvekselrettere og distribuerte strengvekselrettere. Førstnevnte har hatt et fortrinn på pris, mens sistnevnte kan ha fordeler knyttet til pålitelighet, drift og vedlikehold. For anlegg over 10 MW installeres i dag om lag 60% med strengvekselrettere og 40% med sentralvekselrettere⁴⁸. Teknologit utvikling knyttet til vekselrettere har muliggjort at disse i økende grad kan bidra til nettstøtte, være nettformende og bidra til gjenopprettelse av nettet ved bortfall («black start capability»). Dette blir svært viktig fremover når stadig flere nett vil se store volumer av vekselretterbasert kraftproduksjon. I tillegg kommer flere vekselrettere med løsninger knyttet til beslutningsstøtte for drift og vedlikehold.

Hybridisering bak måleren

Mens storskala hybridkraftverk i stor grad settes opp for å bidra i markeder foran måleren (in Front of The Meter – FTM) er det også svært stor aktivitet tilknyttet distribuerte solcelleanlegg i bygg (Behind The Meter (BTM)). Bruken av batterisystemer (BESS) er i svært rask vekst i alle typer bygg. I boligsegmentet anslås det at nær 40% av solcelleanleggene globalt nå installeres

46) "Embracing the Benefits of Hybrid PV Systems", Solar Power Europe (2025)

47) "Retrofitting wind power plants into hybrid PV-wind power plants", Ø.S. Klyve et al., Applied Energy (2025)

48) "International Technology Roadmap for PV 2025", VDMA (2025)

49) "International Technology Roadmap for PV 2025", VDMA (2025)

med BESS, for anlegg på større næringsbygg er andelen 25%⁴⁹. I markeder der integrasjon av BESS og fleksible laster skalerer forventer vi å se et raskt økende egenforbruk som kan påvirke både strømpris og strømprisvariasjonen. Dette kan få betydning for pris tilgjengelig gjennom eksportkablene fra Norge.

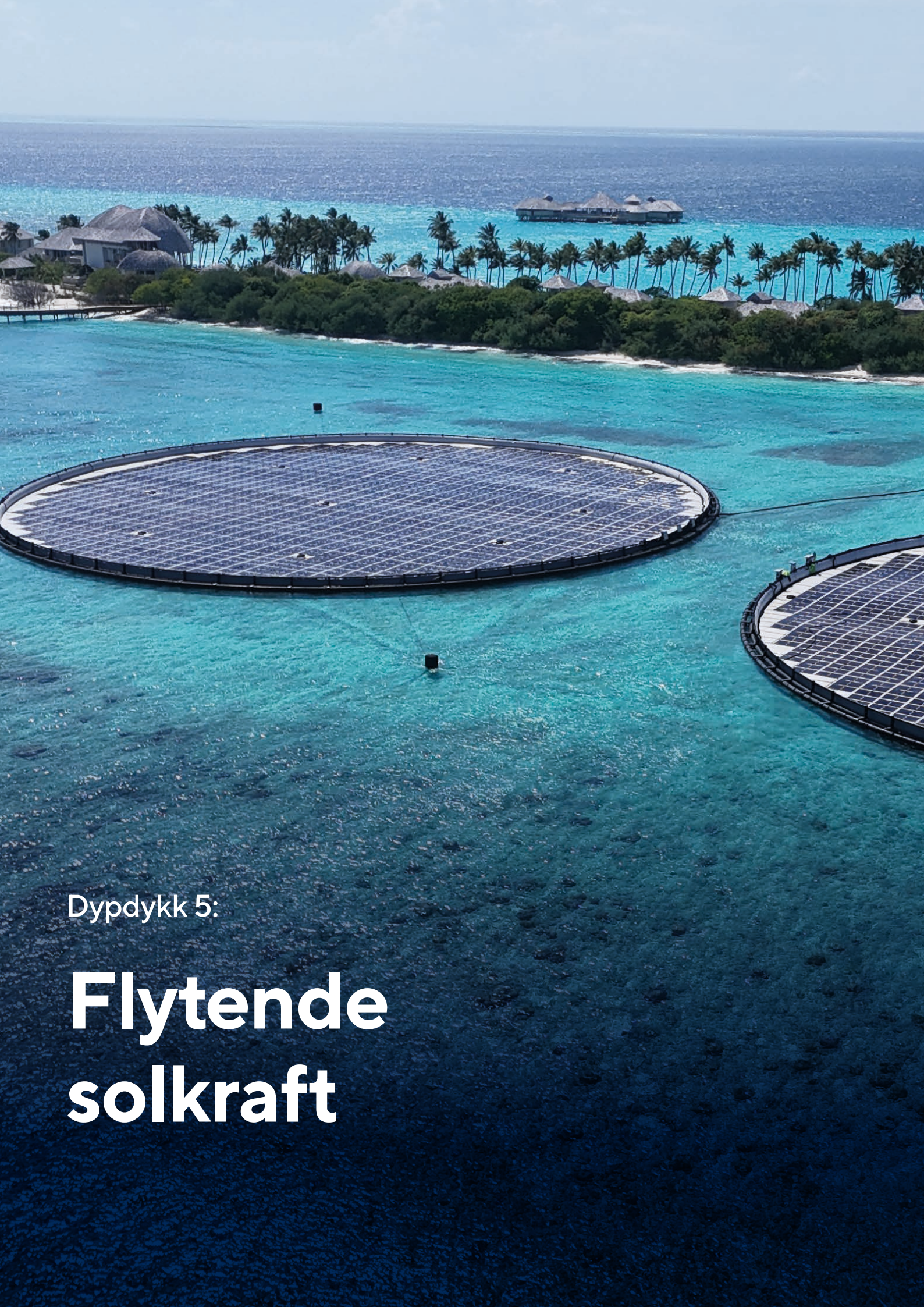
Selskapet Empower New Energy er et norsk selskap som har gjort det godt i markedet for solcelleanlegg bak måleren hos flere nærings- og industrikunder («C&I-segmentet») i flere Afrikanske land. Selskapet eier og drifter både bakkemonterte og takmonterte solcelleanlegg hos en rekke ulike aktører i dette segmentet, og mange av disse er utstyrt med BESS.

Marked

Bruken av BESS er i svært rask vekst. Det er et generelt økende fokus på beredskap og forsyningssikkerhet. Distribuert solkraftproduksjon og en økende innfasing av BESS forventes å spille en økende rolle i denne sammenhengen. Vi ser i tillegg at volumet av hybridkraftverk er i vekst, men fra et lavere nivå. Spesielt antallet hybride sol- og vindkraftverk øker. I EU er hittil 555 MW med kapasitet fra slike kraftverk installert, et relativt beskjedent volum i forhold til den totale solkraftkapasiteten (SPE Hybrid). Dette kan imidlertid øke raskt som et middel i å nå målene i REpowerEU knyttet til både sol- og vindkraftkapasitet med tilgjengelig nettkapasitet frem mot 2030.

Hvordan lykkes?

- 1. Kompetansebygging og erfaringsdeling – storskala hybridkraftverk:** Mange aktører utvikler hybride solkraftverk i dag. Det forventes at dette frem mot 2030 i stor grad vil foregå internasjonalt. Flere norske aktører har betydelig internasjonal aktivitet innen dette feltet. Økt forståelse i bransjen rundt hvordan man utvikler lønnsomme og driftssikre storskala anlegg forventes å få betydelig effekt på fremtidige investeringer. Deling av både gode og dårlige erfaringer fra utvikling, bygging og påfølgende drift av storskala hybride solkraftverk av ulike typer er viktig. I dette segmentet er det betydelig rom for å mobilisere en bredere norsk kraftbransje med løsninger som komplementerer og utfyller solkraftverkene. Bred kompetansebygging og mobilisering utover solbransjen bør derfor prioriteres.
- 2. Lokal kraftproduksjon, batterier og fleksibilitet i bygg:** Systemer som kombinerer solcelleanlegg med batterier, termisk energi og ulike fleksible laster forventes å bli viktigere i årene som kommer. Demonstrasjon av et utvalg anlegg i Norge som for eksempel bidrar til reduserte lokale energikostnader, økte inntekter fra kraftsalg og/eller deltakelse i reservemarkedene, og/eller erstatte behov for investeringer i ny nettkapasitet kan vise vei for fremtidige investeringer. Spesielt større anlegg knyttet til næringsbygg og offentlige bygg vil være relevante i denne sammenhengen. Mulighetene knyttet til økt lønnsomhet i privatmarkedet vil være sterkt påvirket av Norgespris og eventuelle avbøtende tiltak.
- 3. Ytelse og pålitelighet:** For både vekselrettere og BESS er det et økende fokus på ytelse og pålitelighet under faktiske driftsbetingelser. Komponentenes reelle levetid og driftsbehov gjennom denne påvirker i stor grad solkraftverkernes lønnsomhet og er tema for en betydelig internasjonal forskningsinnsats. Ytelse og pålitelighet bestemmer i stor grad nivået for drift og vedlikehold for disse komponentene, inkludert komponentbytter og -oppgraderinger.



Dypdykk 5:

Flytende solkraft



Det tekniske potensialet for flytende solkraft er enormt. Dersom 10 % av overflaten til alle ikke-frysende innsjøer dekkes med flytende solkraft, kan dette alene produsere omtrent like mye elektrisitet som verdens samlede forbruk i dag.

Flytende solkraft (Floating Photovoltaics, FPV) installeres på vannflater ved hjelp av flyteelementer, plattformer eller membraner, og muliggjør utnyttelse av vannarealer til kraftproduksjon. Dette reduserer presset på landarealer og har derfor raskt blitt et attraktivt alternativ, særlig i tett befolkede områder med begrenset tilgjengelig landareal.

Beskrivelse / teknologi

Gjennom det siste tiåret har flytende solkraft hatt en rask vekst og nærmer seg nå 10 GW installert kapasitet globalt. Det meste av denne kapasiteten er installert på små, rolige innsjøer, hvor både teknologi og marked anses som relativt modne. Samtidig har det også vært betydelige utbygginger på større innsjøer og vannmagasiner, samt enkelte anlegg langs kysten i Asia. I Asia er det også vanlig å installere solkraft på påler over vann, men dette regnes ikke som flytende solkraftverk i statistikken.

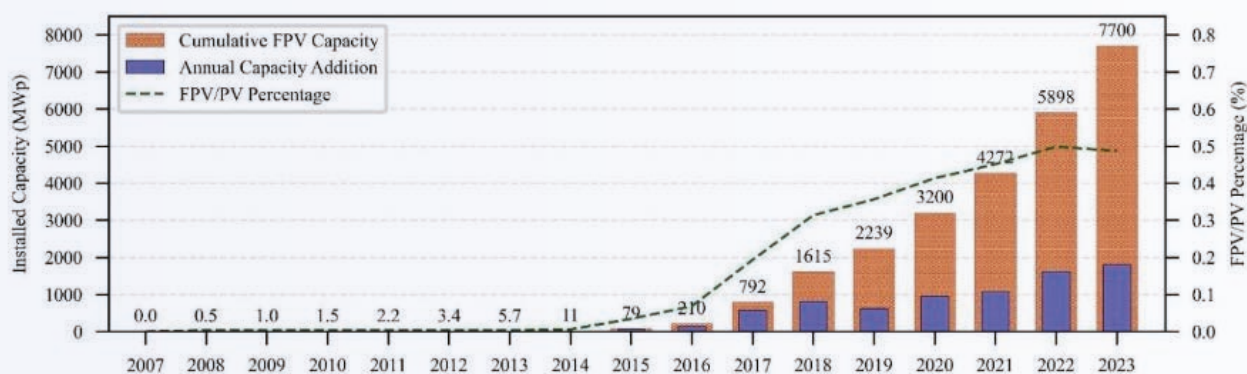
Det tekniske potensialet for flytende solkraft er enormt. Dersom 10 % av overflaten til alle ikke-frysende innsjøer dekkes med flytende solkraft, kan dette alene produsere omtrent like mye elektrisitet som verdens samlede forbruk i dag⁵⁰. Potensialet for

utbygging av marin flytende sol i kystnære strøk er svært betydelig, og teknologi for dette segmentet er kommersielt tilgjengelig i dag. Offshore flytende solkraft representerer et nærmest grenseløst potensial, men teknologien er foreløpig umoden og betydelig mer kostbar enn løsninger for innsjøer og kystnære strøk.

I den videre diskusjonen fokuserer vi på flytende solkraft for innsjøer og kystnære områder. Selv innen disse segmentene er det fortsatt behov for teknologisk utvikling innen konstruksjon, støttestrukturer, logistikk og installasjon for at flytende sol i større grad skal kunne konkurrere med bakkemontert solkraft på pris.

De viktigste komponentene som skiller flytende og landbaserte solkraftverk er flytestrukturene, forankringssystemet og ankerløsningene. I tillegg stilles

Historisk markedsvekst for flytende solkraftverk (FPV) globalt.



Historisk utvikling i installert kapasitet av flytende solkraftverk – Kilde: Walpita/IFE

50) "Global assessment of offshore floating photovoltaics: technical potential, cost-competitiveness, and deployment pathway" C.D. Rodriguez-Gallegos et al, Environmental & Environmental Science (2025)

det høyere krav til elektrisk utstyr, som ofte må være klassifisert etter motstand mot vanninntrenging (IP68). Solcellepanelene er i hovedsak de samme som for landbasert solkraft, selv om flere store leverandører tilbyr spesialtilpassede paneler for offshore bruk. Panelene installeres vanligvis med lave vinkler, typisk mellom 0 og 15 grader, for å redusere vindpåvirkning og kostnader knyttet til forankring. Lavere vinkel gir også høyere installasjonstetthet uten intern skygning, noe som bidrar til å redusere kostnaden til øvrige komponenter. For mer detaljert teknisk informasjon anbefales DNV GLs Recommended Practice⁵¹.

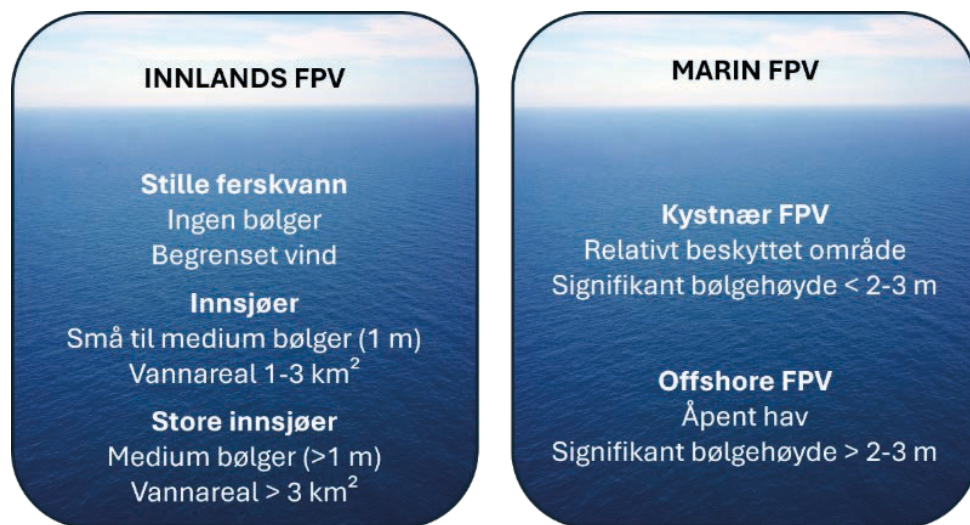
Bærekraft

Landarealer er en begrenset ressurs, og etablering av ny kraftproduksjon innebærer ofte krevende avveininger mellom samfunnets behov for energi og hensynet til naturmangfold og økosystemer. Europa er blant de mest intensivt utnyttede kontinentene i verden, med ~80 % av landarealet brukt til bosetting, produksjon, heri inkludert landbruk og skogbruk, samt infrastruktur. Flytende solkraft gir mulighet til å utnytte vannarealer til kraftproduksjon, og kan dermed bidra til å redusere

presset på verdifulle landarealer. Samtidig må også utbygging på vann balanseres mot hensyn til miljø og økosystemer. Bærekraften til flytende solkraftverk er et sammensatt tema som omfatter både miljøpåvirkning, karbonfotavtrykk, materialbruk og resirkulering, samt sosioøkonomiske og sosiokulturelle konsekvenser.

Flere nyere studier har undersøkt hvordan flytende solkraftverk påvirker vannkvalitet og økologiske forhold i innsjøer⁵². Resultatene viser at anlegg som dekker en liten til moderat andel av vannoverflaten generelt har begrenset påvirkning på vannkvalitet og økosystem. Studiene viser også at lokale forhold er helt avgjørende, og generelle retningslinjer for utbygging kan derfor være lite hensiktsmessige. Tilpassede vurderinger basert på stedsspesifikke forhold er nødvendige for å sikre bærekraftig utvikling.

Det er godt kjent at flytende solkraft også kan ha positive eller ønskede miljøpåvirkninger, som redusert fordamping, redusert algevekst, samt være oppholdssted for fugler og akvatisk liv.



51) "DNV-RP-0584 Design, development and operation of floating solar photovoltaic systems. Recommended practice", DNV-GL (2021)

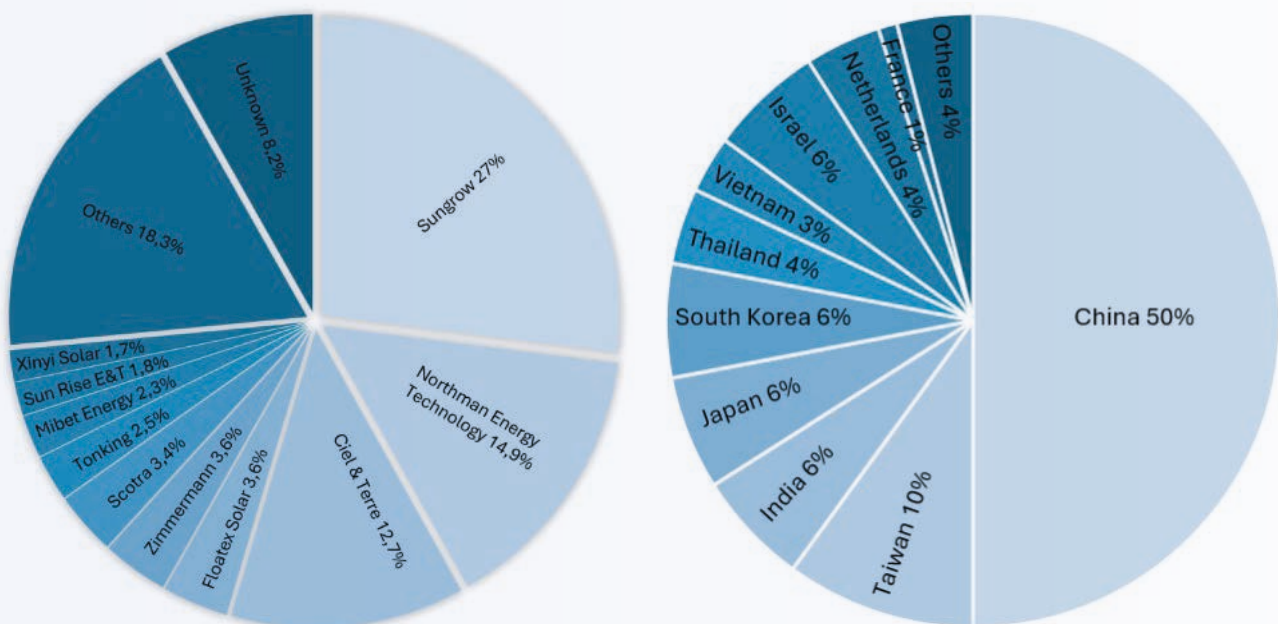
52) "Environmental and societal effects and impacts of hydro floating solar power plants", NIVA (2024)

Marked

Flytende solkraft er en ny teknologi som har vokst raskt siden 2017 og nærmer seg 10 GW installert kapasitet globalt. Kostandene for å bygge ut flytende sol er i dag noe høyere enn for et tilsvarende landbasert solkraftverk, hovedsakelig på grunn av kostnader til flytestrukturer og forankring. Flytende sol er derfor særlig attraktivt når det er lite land tilgjengelig, og dette gjenspeiles i de viktigste markedene. Asia har den klart største markedsandelen internasjonalt. I Europa har Nederland vært pådriver og har høyest installert kapasitet i dag, mens fremvoksende markeder inkluderer Frankrike og Italia. Rammevilkår vil være avgjørende for den videre utviklingen av flytende solkraft i Europa.

Kystnær flytende solkraft har et betydelig potensial og det er realistiske veier til et betydelig marked. Forventede, tidlige markeder for kystnær solkraft inkluderer øysamfunn og tettbygde, kystnære strøk. Ettersom storskala solkraftverk som oftest er mer kostnadseffektive enn flytende solkraft og fortsetter å bygges ut i raskt tempo er generell markedsmetning for solkraft en risiko. Produksjonsprofilen for flytende solkraft vil ligne på bakkemontert solkraft, men med lave vinkler vil en enda større andel av produksjonen skje midt på dagen når prisene er lavest. Også for flytende solkraftverk er derfor hybridisering med blant annet batterisystemer interessant for å motvirke dette.

Markedsandeler for og opphav til leverandører av flytende solkraftanlegg



Markedsandeler for og opphav til leverandører av flytende solkraftanlegg - Kilde: Selj/IFE

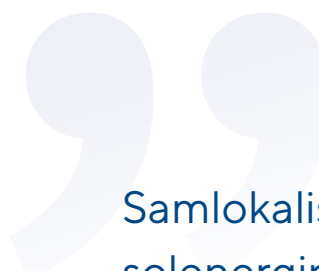
Hvordan lykkes?

- 1. Kostnadseffektivitet:** I Europa i dag er flytende solkraft avhengig av spesifikke insentiver eller subsidier. Teknologien er også ung, noen få Europeiske teknologileverandører har etablert seg med betydelige markedsandeler, mange er under utvikling. Man kan forvente en reduksjon i kostnader både fra vekst i markedet, og fra innovasjon og forbedringer i produksjonen av flytestrukturer og andre komponenter. De fleste teknologiene baserer seg på hule flytere av plast som det av logistiske hensyn kan være fordelaktig å produsere lokalt. Dette, samt store ulikheter i regelverk og rammevilkår mellom ulike land og kontinenter, gjør at utbyggingen i Europa i all hovedsak skjer med Europeisk teknologi. Produksjon av tilsvarende komponenter i Asia gir imidlertid lavere kostnader. Det er viktig at flyte-teknologiene er utformet slik at man kan benytte konvensjonelle solcellepaneler. For rask, tidlig vekst er det også en klar fordel å benytte andre hyllevarekomponenter.
- 2. Pålitelighet:** Flytende solkraftverk er ofte utsatt for sterke krefter, og det har vært tilfeller av havari, og bilder fra disse vekker mye oppsikt og oppmerksomhet. I de fleste tilfeller vil bruk av ny teknologi for flytende solkraftverk gi lengre og mer kostbare finansieringsprosesser enn mer etablert teknologi. Det er dermed svært viktig å demonstrere pålitelighet over tid, både for levetiden og økonomien i det enkelte prosjektet, men også for å redusere finansielle kostnader for fremtidige kraftverk. Nye standarder for flytende sol er under utvikling og vil bidra til større tillitt til bransjen. Erfaring hos produsentene av flytere og forankring vil også øke med konsolidering og et større marked.
- 3. Bærekraft:** Inntil nylig har det vært svært lite tilgjengelig informasjon om påvirkningen av flytende solkraftverk på vannkvalitet og økosystem. Dette er i ferd med å endre seg, noe som gir et bedre grunnlag for fremtidig regulatorisk rammeverk. Mange av dagens rammeverk, spesielt i Europa, bærer preg av en konservativ holdning. Dette hemmer den realiserbare størrelsen og dermed også kostnadseffektiviteten til hvert enkelt kraftverk.
- 4. Rammevilkår:** Det er forventet at modenhet og vekst i markedet vil gi både kostnadsreduksjoner og økt pålitelighet. Veksten de kommende årene vil være svært følsom for rammevilkår. Dette gjelder både rammevilkår for regulering av vannareal og ordninger som gir økonomisk insentiv til utbygging.
- 5. Flytende solkraft i og fra Norge:** Kombinasjon av høy breddegrad, is- og snødekte vann og relativt lav strømpris gjør at Norge bare unntaksvis oppfattes som et attraktivt tidlig marked for flytende solkraft. Et av de viktige unntakene er oppdrett der flytende solkraftverk kan erstatte både kostbar og forurensende diesel. For norske bedrifter i dette feltet betyr dette at markedet primært er internasjonalt, og at det er avgjørende å finne en nisje for vekst som kan gi de nødvendige skaleringsmulighetene for å redusere kostnader.



Dypdykk 6:

Agrisol: solkraft for landbruket



Samlokalisering av landbruk og solenergiproduksjon (agrisol), internasjonalt kjent som agrivoltaics (Agro-PV/Agri-PV), har i løpet av de siste tiårene utviklet seg fra et nisjekonsept til en raskt voksende teknologi.

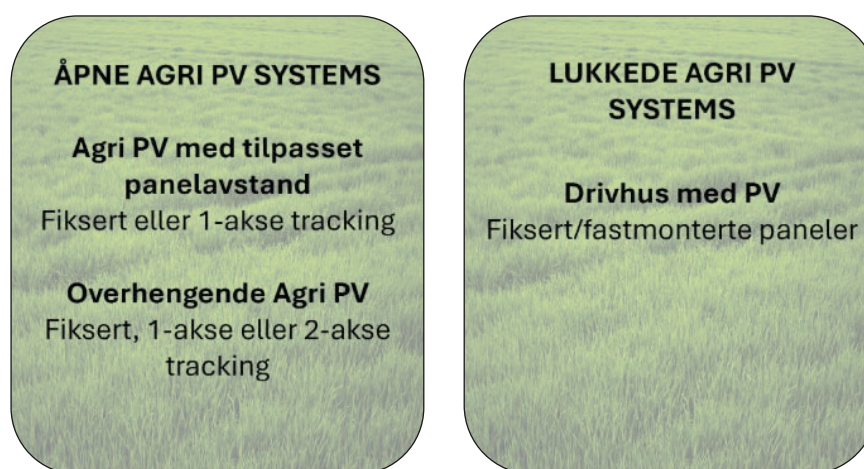
Samlokalisering av landbruk og solenergiproduksjon (agrisol), internasjonalt kjent som agrivoltaics (Agro-PV/Agri-PV), har i løpet av de siste tiårene utviklet seg fra et nisjekonsept til en raskt voksende teknologi. Den installerte kapasiteten av agrisol-anlegg økte fra beskjedne 5 MW i 2012 til 14 GW i 2021, og har fortsatt å vokse raskt siden. Begrepet fungerer som en samlebetegnelse for en rekke teknologier tilpasset ulike typer landbruk, med det til felles at de muliggjør sambruk av areal til både matproduksjon og energiproduksjon.

Beskrivelse / teknologi

Over en tredjedel av verdens landareal benyttes til jordbruk, og befolkningsveksten øker presset på matsikkerheten. Samtidig er det et akutt behov for mer fornybar energi for å redusere klimagassutslipp, og for å bevare økosystemer i møte med den globale naturkrisen. Agrisol er en løsning som kan kombinere disse hensynene.

Det er stor variasjon i design og teknologi for agrisol-anlegg, og dette påvirker kostnadsbildet i stor grad. De laveste oppnåelige kostnadene er knyttet til lavintensivt landbruk med agrivoltaiske systemer

basert på konvensjonelle løsninger for bakkemonterte solkraftverk plassert mellom jordbruksarealer, for eksempel på permanente beiteområder. De høyeste kostnadene finnes i mer komplekse systemer, som overhengende strukturer med integrerte solcellepaneler. Viktige kostnadsdrivere i sistnevnte kategori inkluderer montering av solcellepaneler høyt over bakken for å muliggjøre underliggende landbruk og bruk av ikke-konvensjonell teknologi. Som for andre solkraftverk er CAPEX for agrisolsystemer også sterkt avhengig av lokasjon, og påvirkes blant annet av avstand til nettilkobling, terreng og grunnforhold.



Overordnet kategorisering av agrisol-anlegg. Systemer med tilpasset panelavstand utgjør i dag det aller meste av installert kapasitet⁵³.

53) "Progress and challenges of crop production and electricity generation in agrivoltaic systems using semi-transparent photovoltaic technology", S. Gorjian et al., Renewable and Sustainable Energy Reviews (2022)

Bærekraft

Som for flytende solkraft, springer konseptet agrisol ut fra et behov for bærekraftige løsninger, og ønsket om å kunne bruke samme areal til flere formål, i dette tilfellet til både mat- og energiproduksjon. Mange steder er landbruksarealer under press, og utfordringer som temperaturavvik, endrede nedbørsmønstre, hetebølger, tørke og stormer utgjør en stadig større trussel mot landbruket.

Den viktigste bekymringen knyttet til bærekraft i agrisol handler om hvorvidt utbygging av solkraft på dyrkbar jord vil gå på bekostning av matproduksjonen. Dette avhenger i stor grad av hvordan solkraften integreres, men forskning og erfaring viser at agrisol i mange klima og land kan ha positive effekter på ulike typer avlinger. Solar Power Europe viser til at agrisol kan gi økt avling, redusert vanningsbehov, jevnere temperatur i jorden, økt lagring av karbon i jorden, og økt antall pollinatorer. I tillegg er inntekter fra slike anlegg ofte antikorrelert med tørkeskader på avling: i tillegg til å beskytte mot sol kan agrisol bidra til å redusere økonomisk risiko for bønder.

I land som Norge, med mindre innstråling, har vi foreløpig begrenset kunnskap om hvordan ulike former for solkraft påvirker avlinger. Det har lenge vært antatt at integrerte solkraftverk gir skyggeeffekter som reduserer avlingene. Samtidig viser nyere studier at agrisol også kan ha positiv effekt på avlinger i Norge, blant annet ved å skjerme mot vind⁵⁴.

Marked

Det forventes at det globale markedet for agrivoltaiske anlegg skal vokse betydelig i årene fremover, men markedet er vanskelig å forutsi fordi politiske rammevilkår og reguleringer betyr mye for utviklingen. Det finnes ikke gode oversikter i dag over totalt installert kapasitet for agrivoltaiske anlegg, og vi må lene oss på tall fra enkelte markeder, anslag for omsetning og kjennskap til store installasjoner. Ved utgangen av 2024 var installert kapasitet for agrivoltaiske anlegg i USA anslått til >10 GW fordelt på rundt 600 anlegg, med ulike former for agrivoltaisk drift, inkludert beite, jordbruksproduksjon, habitat for pollinatorer og drivhus. Solar Power Europe har publisert et kart over agrivoltaiske systemer i Europa⁵⁵. I EU har 14 land lagt solkraft inn under deres strategiske planer for landbrukspolitik. Blant mange viktige motivasjoner for dette er bøndernes stigende kraftutgifter, blant annet til vanning.

Pilotanlegg i Norge

Det er i dag flere pilotanlegg for agrisol i drift i Norge. Flere selskaper og forskningsmiljøer ser aktivt på feltet, både knyttet til utvikling av teknologi og løsninger for prosjekter i Norge og ute. Flere av konsesjonene knyttet til bakkemonterte solkraftverk hos NVE er i dag agrisol-anlegg.

54) "Wind sheltering in vertical agrivoltaics can increase crop yields: A modeling study for Northern Europe", E.H. Honningdalsnes et al., Energy Nexus (2025)

55) Agrisolar Digital Map by SolarPower Europe

Hvordan lykkes?

- 1. Regulering:** Agrisol ligger i et skjæringspunkt mellom jordbruk, energi og miljø, som skaper kompleksitet både i prosjekter og regulering. Solar Power Europe peker derfor på regulatoriske grep som nøkkelen til å utnytte fordelene agrisol kan gi og akselerere veksten.
- 2. Erfaringsdeling:** Deling av erfaring fra utvikling, bygging og samdrift av agrisol-anlegg vil påvirke både valg av løsninger og bruksområder og videre utvikling av både relevant lovverk, regulering og teknologi. Her er det en raskt økende aktivitet internasjonalt. Deling av erfaringer fra synergistisk drift av landbruk og solkraftverk vil også bli viktig og påvirke utvikling, design, bygging og drift av fremtidige anlegg. De eksisterende pilotene i Norge er viktige, men de er små, noe som nødvendigvis begrenser læring. Et begrenset antall større demonstrasjonsanlegg som evalueres og dokumenteres systematisk over tid vil derfor være nyttige.
- 3. Kostnadsreduksjon:** Som for solkraftverk for øvrig er kostnadsreduksjon viktig også for agrisol-teknologier. Vi forventer at kun et relativt begrenset antall teknologier og bruksområder vil vise seg å være tilstrekkelig lønnsomme og å være egnet for videreutvikling og skalering. Det vil være ulike løsninger som er mest egnet for spesifikk bruk, som beite og ulike former for mat- og fôrproduksjon.
- 4. Dokumentasjon:** For både utviklere av agrisol-anlegg og -teknologier vil det være viktig å få på plass tilstrekkelig dokumentasjon på løsningenes egnethet. I tillegg til veletablerte krav til dokumentasjon av solcelleanleggenes ytelse og pålitelighet vil også etterprøvbare tall knyttet til jordbruket, som endring i produksjon, vanningsbehov, drift- og vedlikehold, dyrehold og -velferd, være svært viktige å få på plass. Data og erfaringer fra norske agrisol-anlegg bør samles i åpne kunnskapsprosjekter slik at både bønder, utviklere, forvaltning og finansaktører får et felles faktagrunnlag. Dette vil redusere opplevd risiko og gjøre det enklere å ta investeringsbeslutninger i nye prosjekter.
- 5. Rammebetingelser:** For Norge vil utviklingen av agrisol avhenge av om det etableres forutsigbare rammer i skjæringspunktet mellom jordvern, energipolitikk og miljømål. For det første trengs klare definisjoner og kategorier. En egen juridisk kategori for agrisol-anlegg der arealet fortsatt regnes som jordbruksareal med forutsatt dokumentert jordbruksproduksjon over tid kan vurderes, i tråd med linjen i flere land. Dette vil gi forvaltningen et tydelig verktøy for å skille mellom tradisjonell nedbygging av jordbruksareal og sambruksløsninger. Agrisol-prosjekter bør møte minimumskrav til jordbruksproduksjon utarbeidet i samarbeid mellom landbruks- og energimyndigheter. Slik kan man unngå at konsepter kalles agrisol uten reell jordbruksaktivitet.
- 6. Økonomi:** For at agrisol skal få gjennomslag, må modeller for leie, medeierskap og inntektsdeling mellom grunneier, kraftaktør og vertskommune være tydelige og forutsigbare.



Vertikalt montert solcelleanlegg hos NMBU på Ås - Bilde: IFE



Dypdykk 7:

Solcellepanelet



Om lag 98% av alle solcellepaneler er laget av silisiumbaserte solceller. Disse har en rekke viktige fordeler som høy virkningsgrad, lav kostnad, egnethet for masseproduksjon og pålitelighet.

Om lag 98% av alle solcellepaneler er laget av silisiumbaserte solceller⁵⁶. Disse har en rekke viktige fordeler som høy virkningsgrad, lav kostnad, egnethet for masseproduksjon og pålitelighet. Pålitelighet er kritisk: solcellepaneler selges med produksjonsgarantier på inntil 30 år med en garantert restproduksjonsevne fra 80% til over 90% ved levetidens slutt. Dette er avgjørende for at de lave livsløpskostnadene som kan oppnås for solkraft realiseres.

Den første silisiumbaserte solcellen så dagens lys i 1954, men til tross for at teknologien er veletablert så er silisiumbaserte solcelleteknologier fortsatt i rivende utvikling. Inntil for et snaut tiår siden var nær sagt alle solceller basert på arkitekturen Aluminum Back Surface Field (Al BSF). Denne var enkel å fremstille og ga ~20% virkningsgrad i industriell produksjon. Arkitekturen Passivated Emitter Rear Contact (PERC) krever små endringer i produksjonslinjene og gir høyere virkningsgrader og tok derfor raskt over som den dominerende arkitekturen etter hvert som materialkvaliteten i solcellens hovedbestanddel, silisiumwaferen, ble tilstrekkelig i industriell produksjon til å rettferdiggjøre dette. I løpet av de siste par årene har denne i stor grad igjen blitt erstattet av arkitekturen Tunnel Oxide Passivated Contact (TOPCon).

En viktig bieffekt av overgangen fra Al BSF til PERC og TOPCon er at de to sistnevnte teknologiene kan fange sollys fra begge sider. Dette har åpnet opp for fremstilling av billige tosidige (bifacial) solcellepaneler. I dag er ~80% av alle fremstilte solcellepaneler basert på tosidige solceller og har glass på begge sider⁵¹. Dette muliggjør en betydelig økning i produksjon fra solkraftverkene (~5 - 15%) uten en tilsvarende økning i investeringer. For bakkemonterte solkraftverk tas i tillegg stadig større solcellepaneler i bruk for å redusere installasjonskostnader.

Grundig testing er viktig for å sikre at nye arkitekturer etterlever kvalitetskravene som stilles til solcellepaneler. Til tross for at det stilles strenge krav til dokumentert produktkvalitet i industrien finnes lite fortsatt lite felterfaring for de nyeste arkitekturene. Det pågår derfor et svært viktig arbeid for å bestemme deres langtidsytelse og -pålitelighet i drift og deres oppførsel under ulike klimatiske forhold rundt om i verden.

Det pågår i tillegg en stor innsats både i selskaper og forskningsmiljøer verden rundt for å kommersialisere såkalte tandemsolceller. Dette er solceller som kan oppnå dramatisk høyere virkningsgrader enn de silisiumbaserte solcellene beskrevet over. Til tross for stadig høyere virkningsgradsrekorder for slike solceller er langtidsytelsen og -påliteligheten en hovedutfordring som fremdeles ikke er løst. Dette kan raskt endre seg.

Til tross for en raskt voksende installasjonsrate er det en betydelig overkapasitet langs hele verdikjeden forbundet med produksjon av solcellepaneler. I tillegg er det en økende bekymring knyttet til Kinas komplette dominans i alle trinn av verdikjeden.

56) "Trends in Photovoltaic Applications 2025", IEA PVPS (2025)

Norsk produksjon av solcellematerialer

Norsk solbransje har historisk hatt en ledende posisjon som leverandør av silisiummaterialer, inkludert silisiumwafer, til den globale solbransjen. På grunn av en svært tøff konkurranse, spesielt fra den raskt fremvoksende kinesiske solbransjen har flere ledende selskaper lagt ned sin aktivitet i Norge de siste par årene. REC Solar Norway, Norwegian Crystals og Norsun hadde alle betydelig produksjon i Norge før de la ned sin aktivitet. Det finnes imidlertid fortsatt norske selskaper som leverer materialer inn i de enorme globale verdikjedene for fremstilling av silisiumbaserte solcellepaneler. Den største norske aktøren i dette segmentet er i dag The Quartz Corp.

Marked

Som nevnt er 98% av alle solcellepanelene i markedet i dag basert på silisiumbaserte solceller. Grovt sett kan solcellepanelene antas å stå for ~30% av investeringene i et solkraftverk⁵⁷. Det er derfor svært betydelig omsetning i denne delen av verdikjeden. Det er imidlertid også en betydelig overkapasitet, og følgelig et sterkt prispress som er krevende for aktører både i og utenfor Kina.

Anslått produksjonskapasitet og kinesisk markedsandel langs verdikjeden for 2024 vises i tabellen under⁵⁸. Med et installert volum samme år på rundt 600 GW ser vi at det er en svært betydelig overkapasitet i produksjonsvolum som forventes å gi et vedvarende prispress fremover.

	Polysilisium	Wafer	Solcelle	Solcellepanel
Produksjonskapasitet	1 625 GW	1 395 GW	1 427 GW	1 392 GW
Kinas markedsandel	94%	96,5%	90%	86%

Hvordan lykkes?

- Innpass i verdikjedene:** Innpass i verdikjedene åpner opp store muligheter, men er krevende å få. Både kostnadsnivå og forventet videre prispress kombinert med store krav til kvalitet og dokumentasjon for nye teknologier gjør det vanskelig for nye teknologier å få innpass og deretter vokse inn i markedet. Produsenter er ofte avhengige av å raskt komme opp i svært stor skala for å muliggjøre relevant kostnadsnivå.
- Europeiske verdikjeder:** Dersom EU lykkes med utviklingen av Europeiske verdikjeder for produksjon av solcellepaneler vil dette kunne åpne opp nye muligheter også for norsk prosessindustri. I tillegg vil det bli mulig å skalere med den øvrige verdikjeden. Til tross for at de langt fleste selskapene som har hatt betydelig aktivitet i dette segmentet har lagt ned sin aktivitet i Norge er det fortsatt betydelig relevant kompetanse å hente, både i industrien og i norske forskningsmiljøer, som kan støtte opp om en reetablering.

57) "International Technology Roadmap for PV 2025", VDMA (2025)

58) "Trends in Photovoltaic Applications 2022", IEA PVPS (2023)

Anbefalinger

Den norske solbransjen vil kunne spille en langt viktigere rolle i årene som kommer, både internasjonalt og her hjemme. I det følgende kommer vi med noen utvalgte anbefalinger som kan bidra til raskere vekst, økt omsetning og verdiskaping, og samtidig gi raskere tilgang til sårt tiltrengt miljøvennlig kraftproduksjon både i Norge og verden.

Generelle anbefalinger:

- **Solkraftstrategi:** Det bør utvikles en helhetlig solkraftstrategi. Denne vil kunne bidra til å sikre at fremtidige vedtak av relevans for solbransjen her hjemme er i tråd med overordnede mål, og samtidig til at det utvikles verktøy som støtter opp om økt internasjonal aktivitet i et enormt, men samtidig kompetitivt marked. Dette vil være en viktig støtte for både næring og offentlig sektor i Norge.
- **Forskning, utvikling og innovasjon:** En bred portefølje av relevante forsknings-, utviklings- og innovasjonsprosjekter vil være viktig for å både sikre robust, bærekraftig og samfunnsmessig videre vekst, samt å bidra til det enkelte selskaps konkurransedyktighet i en stor, men også kompetitiv bransje. En betydelig portefølje av bredere kompetanseprosjekter, mer spissede innovasjonsprosjekter i industrien og europeisk finansierte prosjekter har alle vært svært viktige verktøy for utviklingen av solbransjen Norge har i dag.

Anbefalinger rettet mot hjemmemarkedet

- **Forutsigbarhet og konsistens:** Sunn næringsutvikling krever forutsigbare og konsistente rammebetingelser. I dag er det ingen helhetlig plan for økt installasjon av solkraft i Norge, og flere enkeltvedtak skaper unødvendige hindre for investeringer og vekst. Et inkonsistent planverk og målkonflikter knyttet til arealbruk er en

betydelig utfordring. I tillegg til en gjennomgang av relevant regelverk vil etablering av et offentlig kompetansesenter for solkraft kunne gi viktig støtte inn mot et voksende antall saker under kommunal saksbehandling.

- **Strakstiltak:** Et bratt fall i installasjonsrate i Norge har ført til flere nedleggelse, konkurser og oppsigelser. Det er betydelig risiko for bortfall av viktig kompetanse og kapasitet som vil være nødvendig for å sikre så billig og pålitelig installasjon som mulig fremover. Strakstiltak for å stabilisere eller øke installasjonsrater kan spille en stor rolle i denne sammenhengen.
- **Hensyn til jordvern, natur og lokal verdiskaping:** Storskala bakkemonterte solkraftverk kan være nøkkelen til rask utbygging av ny kraftproduksjon i Norge. Vellykket utvikling av slike kraftverk fordrer imidlertid at hensyn til jordvern, natur og lokal verdiskaping ivaretas. I denne sammenhengen kan agrisol-løsninger i landbruket kan bli viktige.

Anbefalinger rettet mot internasjonal vekst:

- **Industriløft:** Det bør etableres grønt industriløft for solkraft som eksportnæring, på linje med for eksempel havvind. Dette kan raskt få store konsekvenser: omsetningen internasjonalt i dette feltet er allerede i dag enorm, og en rekke norske selskaper konkurrerer godt. Dette er en viktig grobunn for videre vekst.
- **Oppskalerte virkemidler:** Det er i dag en rekke virkemidler tilgjengelige i den norske verktøykassa med dokumentert effekt. Gode eksempler er Norads støtte til prosjektutvikling og den nye statsgarantien for fornybar energi. Disse virkemidlene kan oppskaleres, noe som vil kunne gi effekt allerede på kort sikt.

Veikartet er utviklet av Norsk forskningscenter for solkraft (FME SOLAR) i samarbeid med Fornybar Norge. Institutt for energiteknikk (IFE) er senterets vertsinstitusjon.

Senterpartnerne er:



Kontaktinformasjon:
fmesolar@ife.no

fmesolar.no