

Tal og fakta

Solenergi i Danmark



dansk skraft



Kolofon

Redaktion: Dansk Solkraft & Advice A/S

Layout: Advice A/S

1. udgave: Maj 2021

Indholdsfortegnelse

1.

Introduktion

Om Dansk Solkraft	05
Forkortelser	06
Executive Summary	08

2.

Den nye epoke for solenergi

En drivkraft i den grønne omstilling	11
Historisk prisfald	12
Vækst i solenergi	13
Forventninger til fremtiden	14

3.

Sol over Danmark

En voksende andel af det danske energiforbrug	17
Kombinationen af sol og vind	18
Status på solceller i Danmark	20
Eksisterende solcelleparker i Danmark per maj 2021	23
Solcelleparker i fremtiden	24
Lavbundsjord og solceller	25
Biodiversitet og solcelleparker	26

4.

Den nære, lokale beslutningsproces

Det lokale samarbejde om etableringen af en solcellepark	29
Beslutningsproces for en solcellepark – skridt for skridt	30
Grøn pulje til lokalområder ved solcelleparker	32

5.

Produktion og recirkulering af solcellepanelet

Silicium – kernen i solcellen	36
Udvinning af silicium	36
Bortskaffelse af solcellemoduler	37
Komponenter i et solcelleanlæg	37

6.

Et fremtidssikret elnet

Et fremtidssikret elnet	40
-------------------------	----

7.

Kildefortegnelse

Kildefortegnelse	42
------------------	----



Om Dansk Solkraft

Dansk Solkraft er en sammenslutning af solcellebranchens førende virksomheder, som ønsker at udbrede forståelsen for og tilslutningen til solenergi. Dansk Solkraft består af virksomhederne BeGreen, Better Energy, European Energy, Eurowind Energy, GreenGo Energy og Nordic Solar. Vi har det til fælles, at vi arbejder med solenergi på en bæredygtig og skånsom måde med respekt for både mennesker og naturen. Vi er nemlig ikke i tvivl om, at solen er genvejen til den grønne omstilling.

kW = kilowatt
MW = megawatt
GW = gigawatt
TW = terawatt

1 MW = 1.000 kW
1 GW = 1.000 MW
1 TW = 1.000 GW

TWh = terawatt-time
(10^{12} watt i en time = 1 mia. kilowatt i en time)

IEA = Det Internationale
Energiagentur

IRENA = Det Internationale
Agentur for
Vedvarende Energi

Effekt og kapacitet

I beskrivelsen af solcellernes produktion af elektricitet skelnes mellem solcellernes evne til at producere (kapacitet, måles i Watt), og den faktisk leverede elektricitetsmængde (energi, måles i kWh). Hvis vi eksempelvis har en vision om at installere 10 GW solcellekapacitet i Danmark, kan vi ikke umiddelbart vide, hvor meget energi disse solceller reelt vil producere. Denne energimængde afhænger af, hvor meget solen skinner, panelernes installationsvinkel, årstidsvariationer og forskellige elektriske tab, men kan opsummeres for hele året i et antal fuldlasttimer. Når vi ser på alle typer af anlæg under ét (herunder både på tage og på marker med alle typer af teknologi), kan vi estimere et gennemsnitligt antal fuldlasttimer i Danmark på 1.380, hvilket vil føre til en samlet årlig energiproduktion på 13,8 TWh (10 GW x 1.380 timer).

I dette eksempel relateres fuldlasttimerne til AC-kapaciteten som også er den kapacitet, som benyttes i Energistyrelsens opgørelser og fremskrivninger. Andre analyser, som fx. fokuserer mere på selve solcellerne, kan i stedet henvise til den installerede DC-kapacitet, som kan være et bedre mål, hvis man skal vurdere, hvor stort et areal solcellerne optager.



Executive summary

Blot halvanden times sol er nok til at dække hele verdens årlige energiforbrug. Energien fra solen findes i rigelige mængder, men repræsenterer i dag kun en lille del af verdens energisammensætning¹. Både i Danmark og globalt er større udnyttelse af energi fra solen en af de helt åbenlyse løsninger for at sikre den grønne omstilling. Solenergi er en omkostningseffektiv, konkurrencedygtig og på alle måder fordelagtig grøn teknologi, som kan være med til at indfri potentialet i den grønne omstilling i de kommende år.

Siden 2010 er omkostningen ved at producere strøm fra solcelleanlæg på marker faldet med 82 procent, hvilket har medført, at solenergi kan levere grøn strøm på konkurrencevilkår og udfordre de fossile brændsler på pris. Prisfaldet gør det dermed muligt at opskalere solenergi i et stort omfang, og med en proces på 1-2 år fra ansøgning til anlæggelse kan solenergi hurtigt levere vedvarende energi til Danmark. Globalt går udviklingen stærkt, og i EU var solenergi den energiform, som med 15 procent voksede mest i 2020². Selvom solskinstimerne i Danmark er sæsonbestemte, er solcelleanlæg ikke kun forbeholdt lande med mange årlige solskinstimer. Energien fra solens stråler udgør et betragteligt uudnyttet potentiale, også i Danmark.

Danmark har 33 store solcelleparker etableret over hele landet pr. maj 2021. De dækker tilsammen størstedelen af de 3,4 procent af Danmarks samlede energiproduktion, der i 2020 kom fra solenergi, resten kom fra husstands-anlæg. Ifølge Dansk Solkrafts beregninger vil udbygningen med solenergi vokse stærkt i dette årti og udgøre en samlet kapacitet på 10 GW i 2030, svarende til 25 procent

af danskernes elforbrug og optage ca. 0,5 procent af det danske landbrugsareal i 2030. De etablerede solcelleparker optog i 2020 ca. 0,04 procent af Danmarks landbrugsareal.

En stor fordel ved at etablere solcelleparker på danske marker er udsigten til at forbedre både klima og biodiversitet. Når lavbundslande i landbruget udtages til fordel for solcelleparker, reduceres landbrugets CO₂-udledninger, da markerne ikke længere drænes. I 2018 udledte lavbundslande, hvad der svarer til udledningen fra 1,8 millioner benzin- og dieslbiler, og dermed er reduktionspotentialet betragteligt. Samtidig betyder erstatning af landbrug med solcelleparker, at biodiversiteten får bedre vilkår. En dansk undersøgelse har vist, at biodiversiteten kan forbedres med op til 61 procent i løbet af en 30-årig periode ved omlægning fra landbrugsjord til solcelleparker. I sig selv udgør komponenterne i et solcelleanlæg samtidig en minimal belastning af klima og ressourcer, og i deres gennemsnitlige levetid genererer solcellepaneler 30 gange så meget energi, som der skal til for at producere dem.

I dag er etableringen af solcelleparker bygget op omkring en lokal beslutningsproces, som inddrager alle lokale parter i projektet. Den lokale forankring er vigtig, for udbredelsen af solenergi – og andre vedvarende energiformer – kræver, at vi som samfund accepterer, at den grønne strøm bliver en del af vores omgivelser. Solceller er en unik, bæredygtig ressource, der i de kommende år vil fylde mere i dagligdagen og blive integreret i lokal-samfund over hele verden med det formål at skabe en bedre og renere fremtid for alle.





**“90 minutters sol
er nok til at dække
hele verdens årlige
energiforbrug”**

IEA 2011.

Kapitel 2

Den nye epoke for solenergi

En drivkraft i den grønne omstilling

Potentialet i at udnytte solens energi er stort. Også i Danmark. Modsat fossile brændstoffer er solenergi en uudtømmelig energikilde, og hverken adgang til energikilden, materialer eller areal begrænser udbredelsen af solcelleanlæg. Solens stråler kan skabe mulighed for grøn strøm og varme til milliarder af mennesker verden over, som i dag overvejende baserer deres forbrug på fossile brændsler.

Med klimaloven fra 2019 har vi i Danmark forpligtet os til at reducere drivhusgasudledningerne med 70 procent i 2030 sammenlignet med 1990-niveauet. Indfrielsen af målet er afhængig af, at vi sætter turbo på udbygningen

af vedvarende energi. Vi skal bruge alle slags grønne energikilder – landvind, havvind, sol, etc. – til at forsyne energisektoren, varmesektoren, transporten, industrien og landbruget med grøn strøm.

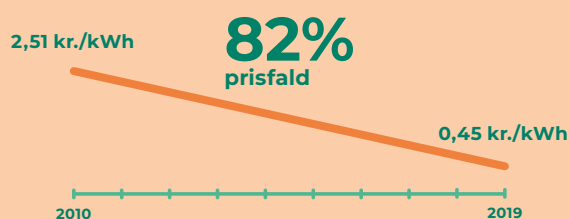
I Energistyrelsens Klimastatus- og fremskrivning fra april 2021 forventes det, at Danmarks elforbrug i 2030 vil være tæt på 100 procent dækket af vedvarende energikilder, samt at andelen af vedvarende energi i det samlede energiforbrug vil udgøre op mod 60 procent³. En af de væsentlige årsager til denne forventning er væksten og fremtidsudsigterne for udnyttelsen af solenergi i Danmark.

Historisk prisfald

Solenergi står over for en ny epoke rent prismæssigt. Prisudviklingen er gået så stærkt, at kun de færreste har kunnet forudse situationen. Udbredelsen af solceller vokser kraftigt på verdensplan og med hastigt faldende produktionsomkostninger kan solceller i dag produceres i stor skala og dermed dække en betragtelig del af verdens energibehov.

Solceller kan i dag levere grøn strøm på konkurrencevilkår og alene på pris udkonkurrere fossile brændsler. Det skyldes især drastiske prisfald i løbet af 2010'erne, hvor omkostningen ved at producere strøm fra solcelleanlæg på marker er faldet med mindst 82 procent⁴.

Internationalt prisfald på solcelleparker



Kilde: IRENA 2020.

Prisen på solenergi er faldet hurtigere end priserne på flere almindelige forbrugsgoder ifølge Det Internationale Agentur for Vedvarende Energi (IRENA)⁴, og i 2020 udnævnte Det Internationale Energiagentur (IEA) solenergi til den billigste kilde til elektricitet i verdenshistorien. I de kommende år forventes en omfattende global vækst, hvor solceller med de rette rammevilkår omkostningseffektivt kan forsyne samfund med grøn energi.

Drivkræfterne bag udviklingen

Prisfaldet har flere forskellige årsager. For det første har den massive vækst i solcellemarkedet medført en større produktionsvolumen, hvilket har bidraget til de faldende priser. Solcelleanlæg har samtidig fastholdt en 23 procents læringskurve siden 1976, hvilket vil sige, at omkostningerne er blevet reduceret med 23 procent, hver gang den akkumulerede installerede kapacitet er fordoblet⁵.

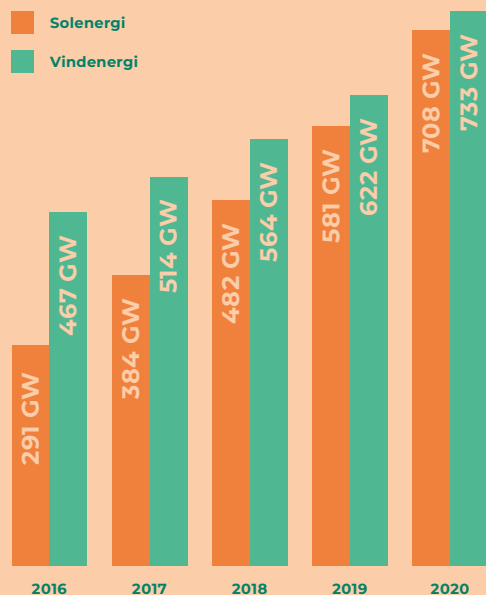
Dertil kommer, at produktionsteknikken er blevet optimeret. I takt med at teknologiske udviklinger har gjort solceller mere effektive, er produktionsapparatet blevet udvidet, hvilket har ført til væsentligt lavere produktionsomkostninger – særligt i stor skala. Samtidig har installationsomkostningerne for solcelleparker været støt faldende siden slutningen af 2000'erne⁶.

Vækst i solenergi

På verdensplan har solcelleanlæg oplevet et gennembrud uden lige. Ifølge Det Internationale Agentur for Vedvarende Energi (IRENA) er andelen af installeret solcellekapacitet mere end fordoblet over de seneste fem år. I 2016 var der installeret solcellekapacitet svarende til næsten 300 GW på verdensplan, og i 2020 er kapaciteten globalt vokset til over 700 GW⁷. Globalt er vindenergi også i kraftig vækst, men solenergi udbredes så stærkt, at de to energiformer udgør næsten lige store dele af den nuværende installerede kapacitet.

Ifølge forskere fra Aarhus Universitet har solenergi globalt set fastholdt en 50 procents årlig vækstrate i elproduktionen fra cirka 12 TWh i 2008 op til 880 TWh i 2018. Hvis denne vækstrate fastholdes i løbet af perioden 2020-2030, vil det globale udbud af elektricitet fra solanlæg i 2030 være større end den samlede globale efterspørgsel på elektricitet i 2019⁵. Selvom udviklingen næppe vil være nær så kraftig i fremtiden, peger pilen fortsat mod en betydelig udbygning af energiproduktion fra solcelleanlæg.

Installeret sol- og vindkapacitet globalt i perioden 2016 til 2020



Kilde: IRENA 2020.

Solenergiens globale vækst i perioden 2008 til 2018



Kilde: Victoria et al. 2021.

Forventninger til fremtiden

Historisk set har det været vanskeligt at forudse prisen på solenergi og dens aftryk på energisektoren. Da Det Internationale Energiagentur (IEA) i efteråret 2020 annoncerede solenergi som verdens billigste kilde til elektricitet, opjusterede IEA samtidig forventningen til mængden af solenergi i 2040 med 43 procent sammenlignet med forventningen i 2018⁸.

Men bare et halvt år senere i maj 2021 har IEA opjusteret deres forudsigelser for både sol- og vindenergi med yderligere 25 procent⁹. Således forudser IEA, at solenergi vil være den primære drivkraft i den globale vækst af vedvarende energianlæg, idet solenergi hvert år efter 2022 forventes at sætte rekord i antallet af nye etablerede anlæg. Det skyldes, at de store prisfald på solenergi har gjort solenergi billigere end nye kul- eller gasfyrede kraftværker i langt de fleste af verdens lande⁸.

Net-zero i 2050

I maj 2021 publicerede IEA rapporten "Net Zero by 2050 – A Roadmap for the Global Energy Sector", som for første gang slår fast, at der ikke er plads til nye fossile investeringer, hvis vi skal nå målet om maksimalt 1,5 graders global opvarmning. IEA angiver samtidig, at alle de teknologier, der er nødvendige for at reducere de globale udledninger inden 2030, allerede eksisterer, og at de politikker, der kan drive deres implementering, allerede er bevist¹⁰.

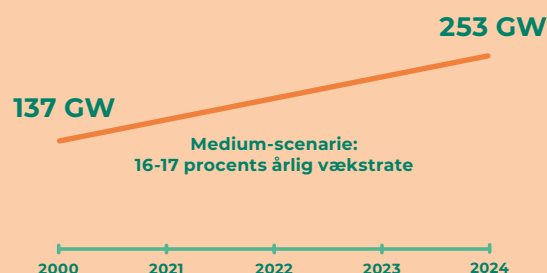
Solenergi forventes at spille en nøglerolle i denne omstilling, og rapporten anslår en udbygning med 630 GW solenergi pr. år fra 2030 for at nå net-zero målet. Det svarer til at installere kapacitet på niveau med verdens nuværende største solcellepark hver eneste dag efter 2030. I 2050 forventer IEA, at solenergi er verdens største kilde til energi.

Udviklingen i Europa

På europæisk plan forventer brancheforeningen for solenergi i Europa, SolarPower Europe, næsten en fordobling af solcellekapaciteten i Europa fra 137 GW i 2020 til 253 GW frem mod 2024, hvilket vel og mærke er i deres medium-scenarie med en forventet årlig vækstrate på mindst 16-17 procent. I 2030 forventer SolarPower Europe på baggrund

af EU-medlemsstaternes Nationale Energi- og Klimaplaner (NECP), at der vil være installeret 335 GW solenergi¹¹. Udviklingen kan blive yderligere stimuleret af nye politiske støttetiltag.

Forventede stigning i solcellekapacitet for EU-lande 2020 til 2024



Kilde: SolarPower Europe 2020.

I 2050 forventer SolarPower Europe, at solenergi vil være en dominerende faktor i langt de fleste europæiske landes energisystemer. På baggrund af modeller, der tager højde for den forventede prisudvikling, integration og udbygning af elnettet, sektorkobling og opgørelser på årsbasis, estimerer en række energiforskere, at solenergi vil udgøre op mod 45 procent af al elektricitet i EU i 2050^{12,13}.

Solenergi vil få en mere prominent rolle i fremtidens energisystem. Spørgsmålet er blot, hvor hurtigt udviklingen vil gå? Flere uforudsigelige faktorer såsom graden af teknologisk udvikling, nationale initiativer, udbyggelser af transmissionsnet, administrative barrierer, tilgangen af ressourcer m.m. har indflydelse på, hvilken rolle solcelleanlæg vil spille i fremtidens energisystem. Også i en dansk kontekst.

“Solenergi er den billigste kilde til elektricitet i verdenshistorien“

IEA 2020 i World Energy Outlook⁹.



**“ 25% af danskernes
elforbrug kan i
2030 dækkes af
solenergi “**

Dansk Solkraft.

Kapitel 3

Sol over Danmark

En voksende andel af det danske energiforbrug

Solenergi har oplevet et så markant prisfald, at det i dag også kan betale sig at opsætte solceller i et land som Danmark. Men hvor meget ny solenergi kan vi forvente i Danmark frem mod 2030?

Fra 2020 til 2021 har Energistyrelsen markant opjusteret deres forventning til den fremtidige solcellekapacitet i Danmark. I Energistyrelsens Basisfremskrivning fra juni 2020 forventede man en samlet solcellekapacitet på 6,7 GW i 2030¹⁴, mens styrelsen i deres Klimastatus og -fremskrivning fra april 2021 forventede, at solcellekapaciteten i Danmark vil udgøre 8,5 GW i 2030. Det er en markant ændring i fremskrivningen på bare et enkelt år. Energiestyrelsen antager i den nye fremskrivning, at kapaciteten i årene 2022-2024 hvert år vil blive øget med 1,1 GW solenergi. Fra 2025-2030 forventer styrelsen en årlig udbygning på 500 MW, men det er behæftet med stor usikkerhed.

Hos Energinet har man kendskab til nye mulige solcelleprojekter med en samlet kapacitet på op til 16 GW inden 2025¹⁵. Mange solcelleprojekter forbliver dog i projektfasen og bliver aldrig gennemført, og derfor er 16 GW i 2030 næppe et realistisk scenarie.

Tidligere estimerede Energistyrelsen, at solceller maksimalt vil stå for 15 procent af Danmarks elproduktion i 2030, men i deres Klimastatus og -fremskrivning 2021 vurderer Energiestyrelsen, at de 15 procent ikke længere vil holde stik. Fortsat faldende teknologiomkostninger samt bedre effektivitet betyder nemlig, at det ikke kan bestemmes præcist, hvornår markedet for solceller er mættet. Udbygningen antages i høj grad at ske på markedsvilkår.

Begge Energistyrelsens fremskrivninger er baseret på en 'frozen policy' tilgang, hvor der kun inddrages forventede effekter af allerede vedtagne politikker. Fælles for fremskrivningerne er, at solceller vil udgøre hovedvægten af nye vedvarende energikilder fra 2020-2030 sammenlignet med både hav- og landvind¹⁶.

De kommunale processer og godkendelsesrater samt behovet for netforstærkninger vil ifølge Energiestyrelsen blive afgørende faktorer for, hvor hurtigt udbygningen med solenergi kommer til at forløbe. Det øgede fokus på den

Forventet kapacitet af solenergi i Danmark i 2030



Kilde: Energistyrelsen Klimastatus og -fremskrivning 2021 og Dansk Solkraft 2021.

grønne omstilling vil også kunne påvirke udbygningens hastighed, ligesom nye tariffer og regulatoriske omkostninger kan sætte tempoet ned¹⁷.

Energistyrelsen forventer samtidig, at elforbruget vil være stigende fra 2020 og frem, hvorfor der skal føres mere vedvarende energi ind i elnettet for at dække udviklingen¹⁸. Det stigende elforbrug medfører en yderligere efterspørgsel på strøm fra vedvarende energikilder, hvis ikke det voksende energibehov skal føre til øgede drivhusgasudledninger. Helt konkret forventer Energiestyrelsen, at elforbruget vil stige fra 31,9 TWh i 2019 til 50 TWh i 2030, hvilket svarer til en stigning på 57 procent¹⁶.

Forudsigelserne om, hvor meget solenergi Danmark realistisk set kan forvente at have etableret i 2030, er således ikke entydige. Flere forhold peger på, at Danmark formentligt vil have en større andel solenergi i 2030, end hvad Energiestyrelsen har estimeret. Herunder forhold som det voksende elforbrug, markeds- og prisudviklingen og behovet for grøn omstilling for at opfylde klimamålet om 70 procents reduktion i 2030.

Baseret på Dansk Solkrafts viden om markedet er det forningens bedste vurdering, at det er realistisk, at Danmark vil have etableret 10 GW solenergi fra solcelleparker i 2030 svarende til en samlet el-dækningsgrad på 25 procent¹⁹. Det svarer til næsten 50 procent af den nye udbygning med vedvarende energi, der er behov for, hvis Danmarks elforsyning i 2030 skal være 100 procent baseret på vedvarende energi, som det er forventningen hos Energiestyrelsen.



Kombinationen af sol og vind

Fremtidens bæredygtige samfund har behov for alle slags vedvarende energikilder, og netop kombinationen af sol- og vindenergi har store fordele, som Danmark har god mulighed for at udnytte i betragtning af vores erfaring med vedvarende energikilder.

Sammenlignet med andre europæiske lande er Danmark kommet langt med den grønne omstilling af energisektoren – særligt takket være vores anvendelse af vindenergi.

I Danmark er vi globale frontløbere, når det drejer sig om at styre projekter og lede etableringen af vedvarende energianlæg. Det skyldes et stærkt erhvervsliv samt en effektiv og konstruktiv offentlig forvaltning. Den danske erfaring med vindmølleparker er nyttig, når vi etablerer solcelleparker, fordi vi ved, hvordan man producerer, etablerer og styrer energiprojekter, så budget og tidsplan overholdes. Tilmed er etableringsomkostningerne pr. watt for danske markanlæg blandt verdens laveste, hvilket

opvejer de færre solskinstimer, og dermed gør det muligt at levere strøm på markedsvilkår til noget nær de laveste priser i Europa²⁰.

Andelen af solenergi i den danske elforsyning er sammenlignet med andelen af vindenergi relativt lav. Med de vedvarende energiformer er udfordringen, at energien ikke kan lagres i tilstrækkelig grad, og det stiller store krav til fleksibilitet i udnyttelsen af energien både i elnettet og på forbrugssiden. Den udfordring kan til dels overkommes ved en intelligent kombination af sol- og vindenergi.

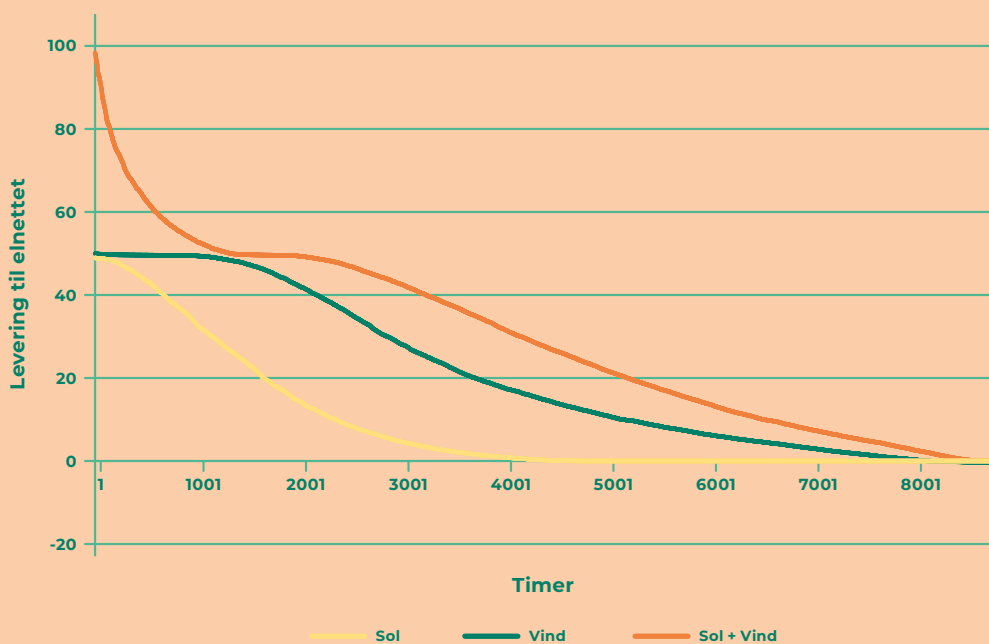
Ligesom for vindenergi er solenergiens produktionskapacitet afhængig af vejret og årstiden. Vindmøller genererer kun strøm, når det blæser, og omvendt kan solceller kun producere strøm om dagen, men tilsammen kan de to energiformer i høj grad supplere hinanden og dermed på forskellige tidspunkter afdække det samlede elforbrug i samfundet.

På de danske breddegrader er der en anseelig sæsonvariation på solcelleanlægs produktionskapacitet. En fordel ved denne sæsonvariation er, at vindkraft typisk har modsatte sæsonudsving i forhold til solenergi, og at de to teknologier således komplementerer hinanden over årstiderne²¹.

Tilmed viser beregninger fra Dansk Solkraft, at når sol- og vindenergi deler en netforbindelse, så udnyttes kapaciteten i elnettet langt bedre og medfører kun et lille spild.

Figuren nedenfor viser, at hvis man i et fiktivt eksempel tilslutter 50 MW sol og 50 MW vind i det samme tilslutningspunkt, behøver man ikke nødvendigvis kapacitet svarende til de samlede 100 MW fra elnettet. Det er tilstrækkeligt med 80 MW, hvis det er det, der er til rådighed i elnettet. I de timer hvor begge anlæg producerer maksimalt, må anlæggene acceptere, at de ikke kan eksportere alt, men kun hvad der svarer til de 80 MW. Det sker dog kun relativt få timer om året, og det samlede tab – mellem 100 og 80 MW på figuren – er kun 1,5-2 procent af den samlede energimængde.

Varighedskurve for 50 MW sol og 50 MW vind i samme nettilslutningspunkt



Kilde: Dansk Solkraft.

Status på solceller i Danmark

Strøm fra solceller udgør i dag en forholdsmeæssig lille andel af den vedvarende energi i energiforsyningen, men solcellekapaciteten i Danmark slår år efter år rekord. I 2019 producerede danske solceller 963 GWh svarende til 3,4 procent af den samlede energiproduktion ifølge Energi-nets Miljørapport 2020²². Størstedelen af solenergiproduktionen i 2020 kom fra de 33 danske markanlæg, der tilsammen udgjorde en kapacitet på 582 MWAC i 2020.

Solceller sættes typisk op på store flade arealer, hvor der er plads til anlæggene i stor skala. Det kan være på marker, eller det kan være på taget af bygninger – fx. fabrikker eller lignende. Solenergi fra markanlæg er de sidste syv år steget fire gange mere end produktionen fra privat- og taganlæg. Der er forskellige fordele og ulemper ved at

anvende marker eller industritage til placering af solcelleanlæg, som det ses i tabellen.

Solcelleanlæggene i Danmark er i overvejende grad fordelt over hele landet. Regionerne Midtjylland, Syddanmark og Sjælland har flest solcelleparker, mens Nordjylland og Hovedstaden indtil videre har en lavere andel. De regioner, der har flest solcelleparker, har desuden også mange private solcelleanlæg på eksempelvis hustage, hvilket er med til at forøge forskellen mellem regionerne, når man ser på den samlede solcellekapacitet. Tabellen nedenfor viser en regional oversigt over alle typer af solcelleanlæg pr. maj 2021; hvor meget de producerer, og hvor de er placeret i landet.

Typer af solcelleanlæg i Danmark og deres regionale placering per maj 2021

Samlet installeret MWAC	Nordjylland	Midtjylland	Syddanmark	Hovedstaden	Sjælland	I alt
Private taganlæg	65	149	138	63	80	495
Kommercielle taganlæg	14	42	38	35	20	149
Industrielle taganlæg	4	15	18	11	6	54
Markanlæg	79	190	116	14	183	582
Samlet	162	396	310	123	289	1280

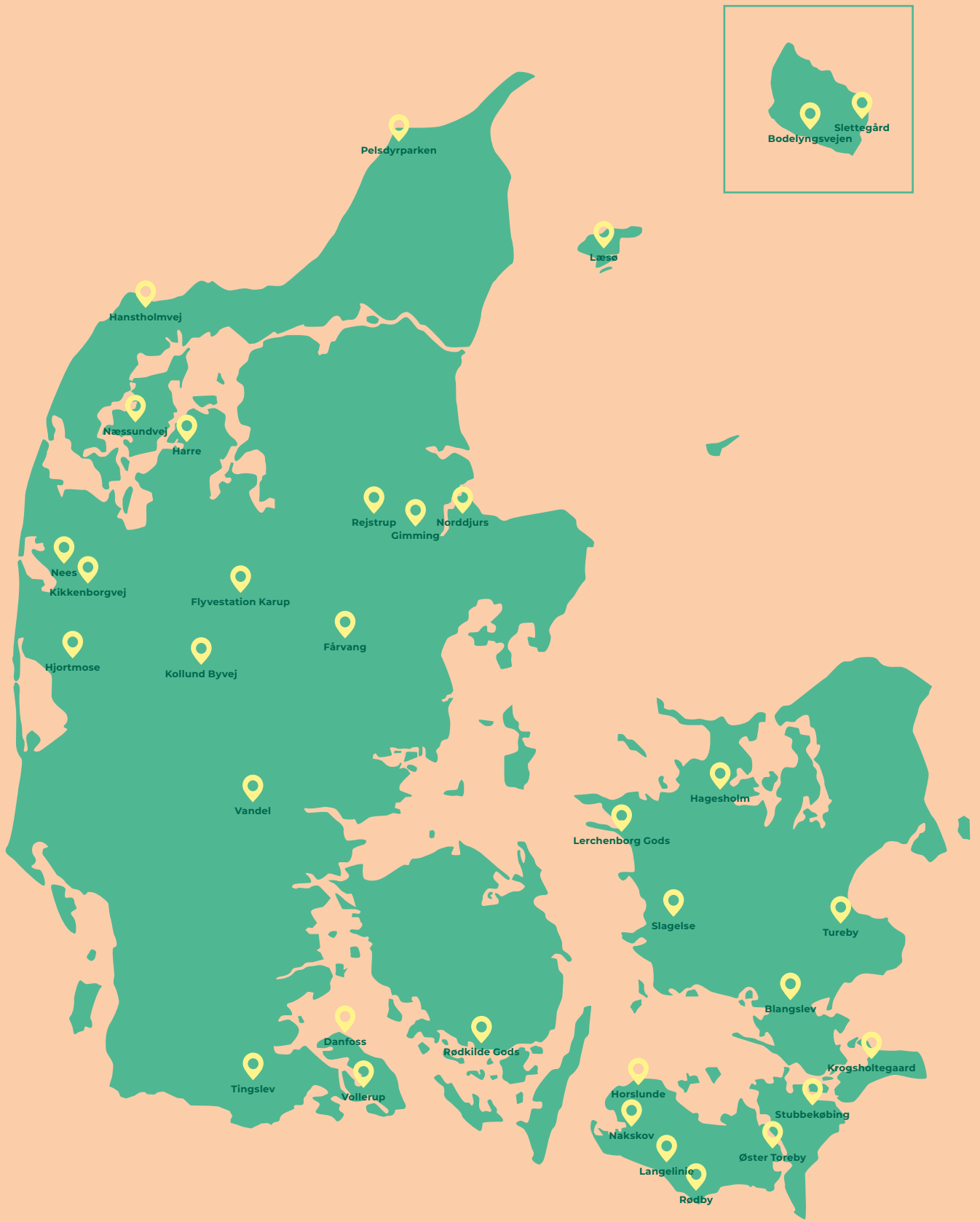
Kilde: Dansk Solkraft.

Fordele og ulemper ved mark- og taganlæg:

- El fra solcelleanlæg på industritage vurderes at koste mellem 450-1100 kr per MWh, mens prisen er højere for privatboliger.

Til sammenligning vurderes prisen per MWh for solcelleparker at være mellem 200-250 kr.⁶

- Solcelleanlæggene kan gøres større på markerne og har dermed stordriftsfordele. Dermed vil markanlæg fylde mere i landskabet, hvor taganlæg vil være synlige på tagene.
- Markanlæg er en god investering for mange landmænd og kan bruges til at udtage lavbundsjord.
- Ved at bruge markanlæg på lavbundsjord kan der skabes mere biodiversitet og reducere landbrugets CO₂-udledninger.
- Industritagene ligger tæt på, hvor en stor del af energien forbruges, hvorfor det potentielt vil kunne belaste elnettet mindre.



Eksisterende solcelleparker i Danmark per maj 2021

Jylland (angivet i MWAC)

Vandel I (50,0)	75,0
Vandel II (25,0)	
Hanstholmvej	42,0
Nees I (35,0)	39,8
Nees II (4,8)	
Harre	37,6
Næssundvej	25,7
Norddjurs	22,6
Rejstrup	22,6
Tingslev	20,0
Hjortmose	19,1
Vollerup	16,8
Gimming	16,0
Kikkenborgvej	16,0
Fårvang	12,0
Læsø	6,7
Pelsdyrparken	5,0
Danfoss	2,5
Flyvestation Karup	2,2
Kollund	2,0

Fyn (angivet i MWAC)

Rødkilde Gods	2,0
---------------	-----

Sjælland (angivet i MWAC)

Blangselv	50,0
Lerchenborg Gods	43,6
Slagelse I (10,8)	24
Slagelse II (13,2)	
Hagesholm	6,8
Tureby	5,0
Krogsholtegaard	1,2

Lolland (angivet i MWAC)

Horslunde	21,1
Nakskov I (2,4)	12
Nakskov II (2,8)	
Nakskov III (6,8)	
Øster Toreby	7,0
Langelinie	6,8
Rødby	3,2

Falster (angivet i MWAC)

Stubbekøbing	2,5
--------------	-----

Bornholm (angivet i MWAC)

Bodelyngsvejen	6,8
Slettegård	6,8

Solcelleparker i fremtiden

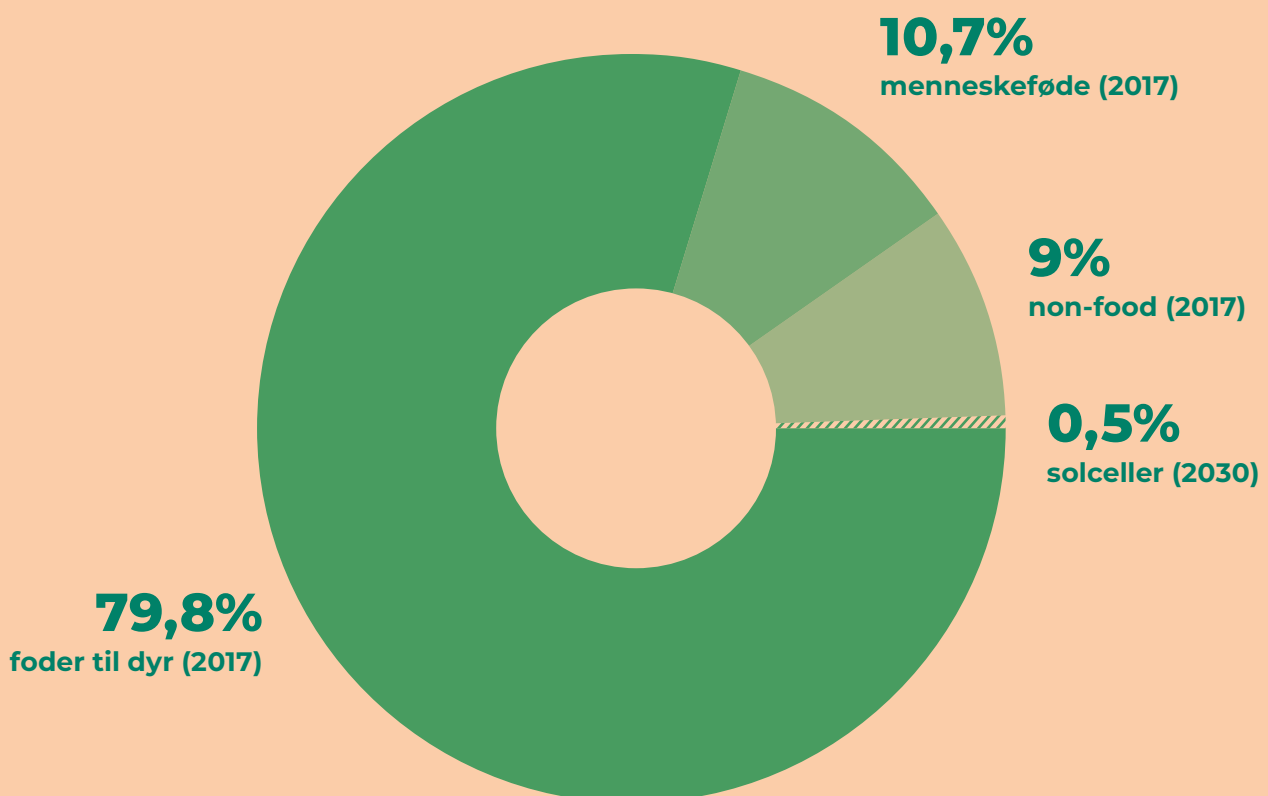
Dansk Solkraft har præsenteret et scenarie, hvor der frem mod 2030 bliver installeret op mod 200 markanlæg (omkring 50 MW i størrelse), hvilket i alt vil resultere i en samlet solcellekapacitet på 10 GW. Derudover forventer Dansk Solkraft, at antallet af private anlæg fordobles, og at der opsættes 5.300 nye store taganlæg.

Det er en vigtig forudsætning for at indfri forventningerne om de store mængder ny solenergi i Danmark, at teknologineutrale udbud understøtter, at udbygning af vedvarende energi kan ske på markedsvilkår. Hvis det lykkes at skabe de rette rammevilkår for skalering, er det ikke urealistisk, at grøn elproduktion kan leveres uden statsstøtte i Danmark, og særligt de store solcelleparker har et godt udgangspunkt for at kunne opføres støttefrit.

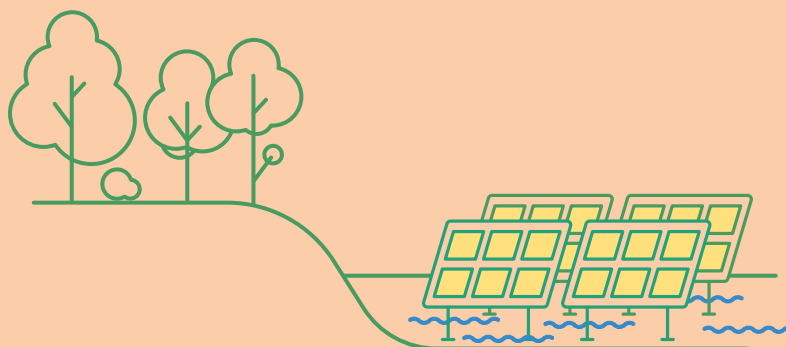
Udbygning af solcelleparker, som vil stå for størstedelen af den fremtidige energiproduktion fra solenergi, kræver imidlertid plads.

Ifølge Dansk Solkrafts beregninger vil markanlæg optage ca. 12.500 hektar i 2030, hvilket vil svare til 0,5 procent af Danmarks samlede landbrugsareal, der i 2017 udgjorde 2.601.531 hektar²³. De etablerede solcelleparker optager på nuværende tidspunkt 1.145 hektar, svarende til omtrent 0,04 procent af Danmarks landbrugsareal.

Danmarks Naturfredningsforening har anslået, at 9,5 procent af den danske landbrugsjord benyttes til non-food afgrøder såsom raps eller energipil til biodiesel²³. Til sammenligning vil de 12.500 hektar solcelleparker i 2030 kun udgøre lidt over 5 procent af dette areal, såfremt landbrugsjorden altså udelukkende blev taget fra disse typer marker. Ved at udtage en forholdsvis lille del af landbrugsjorden, vil man altså kunne producere en stor mængde af den vedvarende energi, som er nødvendig for den grønne omstilling.



Kilde: Danmarks Naturfredningsforening²³.



Lavbundsjord og solceller

Udbygningen med solcelleparker kræver et tæt og godt offentligt og privat samarbejde, så det sikres, at jordudtagningen for solcelleparkerne etableres de mest hensigtsmæssige steder. Danmarks Naturfredningsforening anslår, at 7 procent af landbrugsjorden i Danmark eller godt 170.000 hektar består af lavbundsjord, der står for 50 procent af landbrugets samlede CO₂-udledning²⁴.

Klimarådet har estimeret, at der samlet blev udledt 4,8 millioner CO₂ fra lavbundsjord i 2018, hvilket svarer til udledningen fra cirka 1,8 millioner benzin- og dieselmotorer²⁵.

Effekten af både udtagningen og den grønne produktion af energi vil forstærke de klimamæssige effekter af solcelleanlæggene og kan dermed bidrage til, at Danmark når sit klimamål. Hvis man udtager alt lavbundsjord i Danmark og etablerer solcelleanlæg i stedet, vil solpanelerne, ifølge

Dansk Solkrafts beregninger, kunne dække 392 procent af det samlede elforbrug i Danmark. Ved 100 procents dækning af elforbruget vil der altså stadig være 125.000 hektar lavbundsjord, der kan bruges til andre formål som eksempelvis mere vild natur.

Udtagning af lavbundsjord kan skabe grundlag for positive miljø- og klimamæssige effekter, hvis det bruges til de rigtige formål. Når lavbundsjord ikke anvendes til landbrug, er det unødvendigt med sprøjtegifte samt gødning, og mængden af CO₂ i markerne forbliver lagret, når jorden ikke længere skal bearbejdes.

Solcelleanlæg på marker kan altså være en ideel løsning til at udtage den CO₂-tunge landbrugsproduktion på en måde, der samtidig vil kunne sikre indkomst for den enkelte landmand.

Andel af det danske elforbrug, som solceller på lavbundsjord kan dække

Hektar lavbundsjord	45.000 hektar	100.000 hektar	170.000 hektar
Procentdel af det danske energiforbrug	100%	222%	392%

Kilde: Dansk Solkrafts beregninger.

Biodiversitet og solcelleparker

I Blanglev på Sjælland er det blevet undersøgt af miljøkonsulenter fra Habitats, hvordan omlægningen af konventionel landbrugsjord til solcelleparker påvirker biodiversiteten. Med udgangspunkt i metodikken beskrevet i Biological Diversity Protocol og de biodiversitetstiltag, der er iværksat, vurderes det, at det positive aftryk på biodiversiteten (det såkaldte Positive Biodiversity Footprint) stiger fra 0,6 procent før anlæggelse til omkring 20 procent efter anlæggelse, cirka 25 procent efter 5 år og i bedste fald helt op til 61 procent over 30 år²⁶.

Anlægges solcelleparker på lavbundsjord, grundvandsinteresser eller i nærheden af sårbar natur, kan

solcelleparker derfor også skabe bedre forhold for naturbeskyttelse og miljøkvalitet.

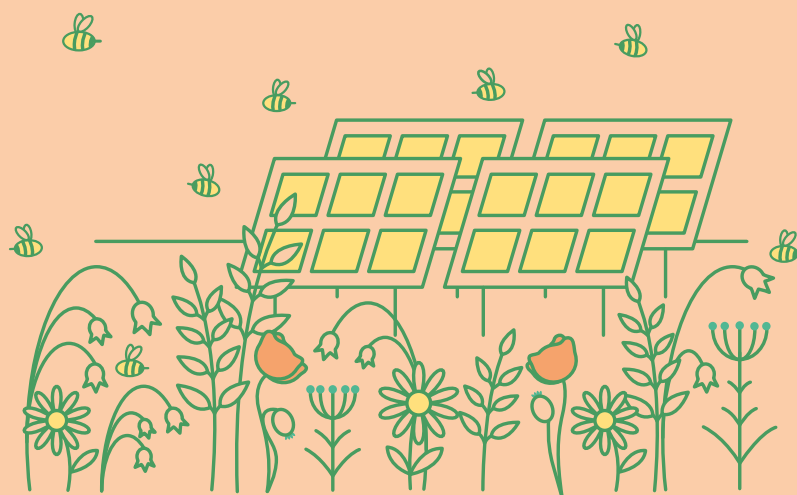
Landbruget er i dag en udpræget monokultur, der begrænser mængder af arter, som lever på den dyrkede jord. Ved at opsætte solcelleparker på landbrugsjorden har man mulighed for at skabe en større grad af polykultur, da jorden ikke anvendes til at dyrke en specifik afgrøde, men frit kan udvikle sig som levende hegn under solcellepanelerne. Man kan også vælge at hjælpe naturen på vej ved at så planter, opstille bistader eller insekthoteller under solcellerne, der tilsammen er med til at øge biodiversiteten.





Et større eksperimentelt studie fra Storbritannien i 2016 har ligeledes fundet, at biodiversiteten forbedres på flere punkter, når man omlægger en mark til en solcellepark – og det både for plante- og dyreliv. Studiet konkluderede, at marker udtaget til solceller førte til en stigning i mængden og mangfoldigheden af bredbladede planter, græs, sommerfugle, humlebier og fugle. Eksempelvis viste undersøgelsen, at selvom bl.a. sanglærker ikke slår rede under selve solpanelerne, så slår de rede og finder føde inden for solcelleparkens grænser. Samtidig viste undersøgelsen, at mængden af forskellige slags plantearter på solcellemarker i gennemsnit blev mere end fordoblet sammenlignet med traditionelle landbrugsmarker²⁷.

Der er i det hele taget gode muligheder for at bruge solcelleparkerne i kombination med andre projekter til gavn for lokalområderne. Solcellerne kan fx. placeres i nærheden af trafikerede veje, så de er med til at skærme for larmen, og i områder med meget vind kan de bruges til at bryde vinden, så natur- og beboelsesområder bliver mere beskyttet⁵. Gennem et tæt lokalt samarbejde kan solcelleparkerne derfor bidrage til at løse udfordringer for både lokale beboere og miljøet.



Den nære, lokale beslutnings- proces

Det lokale samarbejde om etableringen af en solcellepark

At etablere en solcellepark i Danmark fra idé på tegnebrættet til det tidspunkt, hvor parken bliver realiseret, er en længere lokal demokratisk proces. Processen sikrer, at lovgivningen overholdes, og at lokalsamfundet inddrages, så der tages hensyn til de behov og ønsker, som beboerne i lokalområdet har.

Den kommunale forvaltning og ikke mindst borgerne er eksperter i deres lokalsamfund, og derfor er de helt centrale samarbejdspartnere, når der skal etableres solcelleparker i deres nærmiljø. Den lokale forankring af beslutningsprocessen gør det muligt at indgå i direkte

dialog og finde frem til de bedste, fælles løsninger. Det kan hænde, at lokale kræfter har et bedre forslag til placeringen af en solcellepark eller andre idéer, som man ellers ikke havde taget i betragtning. Derfor tages de lokale altid med på råd.

Alle kommuner skal ifølge planloven have en kommuneplan, som er den politisk besluttede plan for udviklingen af kommunens fysiske rum. Kommuneplaner gælder for en periode og revideres med jævne mellemrum. De skal altid i offentlig høring, inden de vedtages.



Beslutningsproces for en solcellepark – skridt for skridt

I løbet af anlæggelsen af en solcellepark foregår en sideløbende demokratisk proces, som inddrager alle interessenter for den specifikke park. Offentlige høringer vil ofte føre til projektgrupper bestående af borgere, som udarbejder idekataloger med inputs til udvikleren af solcelleanlægget, om hvordan det skal se ud, og hvor solcelleparken optimalt placeres med hensyntagen til alle interessenter på området.

På den baggrund har udviklerne af større solcelleparker i Danmark forpligtet sig til ikke at inddæmme landsbyer i solcelleparker. Denne indbyrdes aftale i branchen er med til at sikre, at udbredelsen af solceller kan ske på frie markedsvilkår samtidig med, at udbredelsen ikke fører til uhenigtsmæssige forhold for de lokale borgere.

1. Dialog mellem udvikler og landmand

En udvikler af solcelleanlæg går i dialog med en landmand, der er interesseret i at få anlagt solceller på sin grund. Det kan både være i form af salg eller leje af jord. Udvikler og landmand bliver enige om vilkårene og indgår en kontrakt for aftalen.

2. Kommunalbestyrelsen hører

Den politiske interesse for at få ny solenergi i kommunen undersøges uformelt. Oftest er kommunalbestyrelsen interesseret, men det varierer fra kommune til kommune. Nogle kommuner har allerede udpeget områder til vedvarende energi i deres kommuneplan – andre skal ændre kommuneplanen, før et solcelleprojekt kan blive en realitet.

3. Projektplan

I samarbejde med eksterne eksperter udarbejder udvikleren af solcelleparker en projektplan til kommunen, som indeholder selve ansøgningen, en beskrivelse af projektet og et eventuelt forslag til revidering af kommuneplanen, hvis det er nødvendigt.

4. Screening

Hvis der skal laves et tillæg til kommuneplanen, foretages en screening for at vurdere, om projektet kan få væsentlige miljøkonsekvenser for eksempelvis drikkevand eller et sårbart naturområde. Hvis projektet vurderes til ikke at få væsentlige miljøkonsekvenser, har offentligheden fire uger til at klage over afgørelsen til Natur- og miljøklagenævnet.

5. Miljøvurdering og debatfasen

Hvis afgørelsen af screeningen er, at der skal laves en miljøvurdering, igangsættes en forudgående offentlighedsfase på minimum to uger, også kaldet debatfasen. I debatfasen har borgere, organisationer og virksomheder mulighed for at fremsætte forslag til, hvad miljøkonsekvensvurderingen skal omfatte og forslag til alternative løsninger. Kommunen skal herefter forholde sig til de indkomne kommentarer og forslag.



Grøn pulje til lokalområder ved solcelleparker

Der findes forskellige initiativer med det formål at give lokale områder med solcelleparker en gevinst i form af støtte til bæredygtige tiltag, der vil komme området omkring solcelleparkerne til gode. Et af disse tiltag er en grøn pulje.

Puljen kan søges af lokale borgere, der bor i nærheden af vedvarende energianlæg såsom vindmøller eller solcelleparker. Som følge af § 14, stk. 1-4 i lov om fremme af vedvarende energi er enhver kommunalbestyrelse forpligtet til at oprette en grøn pulje, som udviklere af vedvarende energianlæg skal indbetale til (BEK nr. 742 af 30/05/2020²⁸). Per 1. januar 2021 er satsen for solcelleanlæg på 40.000 kr. per MW²⁹.

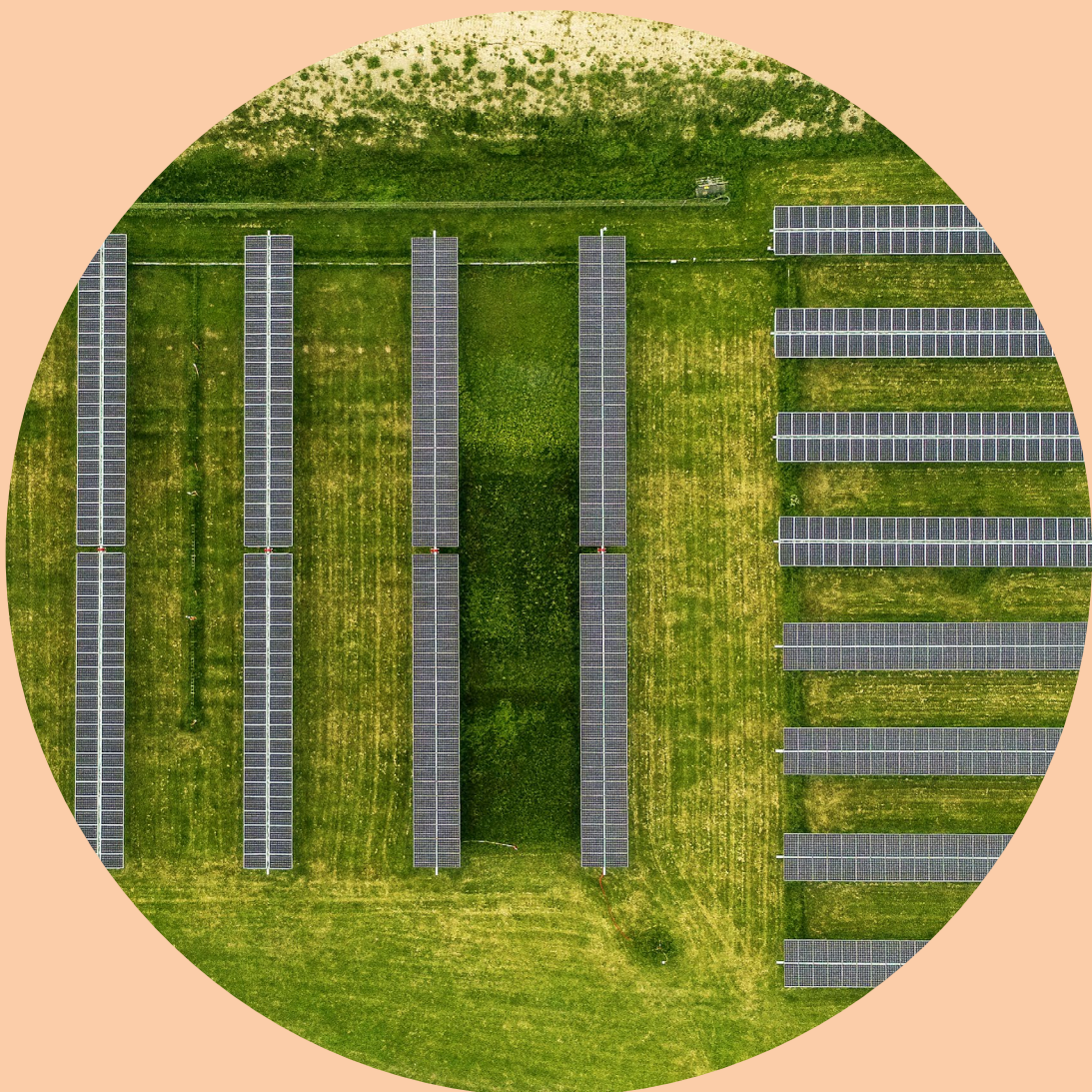
**Satsen for solcelleanlæg
per 1. januar 2021**

**40.000 kr.
per MW.**

Kommunalbestyrelsen i de enkelte kommuner administrerer selv puljen, og det er pålagt udviklere af vedvarende energianlæg at indbetale et beløb per opstillet MW til kommunen. Indbetalingen er et engangsbeløb fra udviklere af vedvarende energianlæg, og midlerne kan anvendes til at forbedre forholdene for nære naboer eller til grønne tiltag. Naboer inden for 200 meter af et solcelleanlæg har som en del af VE-bonusordningen mulighed for at få en årlig skattefri udbetaling svarende til en del af anlæggets kapacitet i hele anlæggets levetid³⁰.

Ved tildeling af midlerne kan kommunalbestyrelsen prioritere at give tilsagn om tilskud fra grøn pulje til kommunale tiltag for:

- Projekter nær naboer til vedvarende energianlæg.
- Projekter vedrørende grønne tiltag i kommunen.
- Projekter fra naboer til vedvarende energianlæg.
- Projekter vedrørende tiltag i kommunen.





Kapitel 5

Produktion og recirkulering af solcellepanelet

Alle materialer, der indgår i eller anvendes til fremstillingen af solcellemoduler, er grundlæggende almindeligt forekommende og ufarlige, både i deres frembringelse og brug³¹. Solcellepaneler består af en række komponenter, der alle er kendte teknologier uden miljømæssige skadevirkninger. Komponenterne kan umiddelbart indsamles og bortskaffes efter brug uden at efterlade et miljømæssigt aftryk på arealet, som fuldt ud kan reetableres til landbrugsdrift, såfremt det måtte være ønsket.

Ser man på 'energy payback time' (EPBT), der kvantificerer hvor lang tid, en bestemt teknologi skal bruge på at generere den samme mængde elektricitet, som blev brugt til

fremstillingen, er solcellers EPBT i dag meget lav. For solcellepaneler er EPBT faldet til omkring ét år i 2019. Fordi den garanterede levetid for et solcellepanel er omkring 30 år, vil et panel i hele dets levetid generere 30 gange mere energi, end der blev brugt til at fremstille det³².

Solcellernes materialeforbrug er desuden faldet kraftigt de seneste 15 år og i dag genanvendes mere end 75 procent af materialerne internationalt. Den rate forventes at stige ganske kraftigt i perioden frem mod 2030. For sølv og silicium er genanvendelsesraterne i dag henholdsvis 94 procent og 97 procent⁵.

Silicium – kernen i solcellen

Den proces, som udgør kernen i solcellens omdannelse af lysenergi til elektrisk energi, forudsætter anvendelse af et halvledende materiale som fx. silicium. Når lyset i materialet giver energi til strømgenerende elektroner og huller, vil de trækkes ud til de to metalliske kontakter med modsat polaritet og igangsætte en jævnstrøm i de eksterne kabler.

Silicium er på alle måder et ufarligt materiale, der findes i rigelige mængder i naturen – faktisk er silicium det næstmest hyppige grundstof i jordskorpen. Det rene silicium udvindes fra kvarts (det samme materiale som strandsand)

gennem en energiintensiv smelteproces. Det norske selskab Elkem er verdensledende på området, og der anvendes typisk vandkraftbaseret elektricitet, anoder med kulstof samt træflis i processen. Efterfølgende oprenses denne silicium yderligere i en kloreret gasfase. De fleste fabrikker, der kan oprense metallisk silicium til den nødvendige renhed, findes i USA, Korea og Kina.

Udover et betydeligt energiindhold i processeringen er der ikke kendte negative miljømæssige problemstillinger forbundet med fremskaffelsen af dette råmateriale.

Udvinding af silicium

Silicium er en nøglekomponent for de fleste nye solcellemoduler og udvindes og oprenses næsten over hele verden. Størstedelen af siliciumproduktionen ligger i Kina, hvilket betyder, at verdens solcelle-opstillere i høj grad er afhængige af nogle få og store producenter med få og store underleverandører.

Både danske og europæiske udviklere af solcelleanlæg er opmærksomme på de særlige dilemmaer det kan stille branchen, når man er afhængige af få og store leverandører. Derfor arbejdes der i europæiske og nationale brancheforeninger på at skabe større gennemsigtighed i alle led af forsyningskæden og udvikle metoder, der gør det lettere at spore panelernes oprindelse.

På den lange bane er det et ønske fra både danske og europæiske udviklere af solcelleanlæg, at der etableres en selvstændig silicium-industri i Europa. Således har den europæiske brancheforening, SolarPower Europe i 2021 lanceret European Solar Initiative, der sigter efter at opskalere et europæisk økosystem for produktion af solcelle-paneler i 2025.

Branchen arbejder desuden ud fra et sæt retningslinjer, som skal være med til at sikre, at branchen opretholder et højt bæredygtighedsniveau og tager socialt ansvar for udvikling af branchen.



Bortskaffelse af solcellemoduler

Levetiden for solceller er på omkring 30 år, hvorefter de vil blive udskiftet med nyere moduler. Når solcellerne udskiftes, kan de sædvanligvis fortsat omdanne strøm, om end deres produktionsevne er faldet. Ligesom et batteri i en telefon over tid bliver slidt, vil solceller også med tiden miste noget af deres kapacitet til at konvertere solstråler til strøm.

I den udstrækning solcellerne fortsat kan benyttes, vil de derfor blive genanvendt, før de bliver bortskaffet. Når solceller efter cirka 30 års levetid skal udskiftes i Danmark, vil det være hensigtsmæssigt, at de fortrinsvis vil blive sendt til andre lande, hvor et højt antal solskinstimer kompenserer for den faldende effektivitet.

I forbindelse med den endelige bortskaffelse af det udtjente solcellemodul, er det afgørende, at modulet bliver transporteret til et autoriseret og godkendt genbrugsanlæg. Der findes i dag kun ganske få af denne type anlæg i Europa, hvilket skyldes panelernes meget lange driftstid. Der er dermed ganske få udtjente moduler til rådighed for industriel genanvendelse.

Selvom markedet for industriel håndtering af udtjente solcellemoduler i dag er begrænset til ca. 500-600 MWp per år, findes der allerede 15 genanvendelsesanlæg, der adresserer denne problemstilling. Det teknologiske grundlag herfor er således grundlæggende på plads, og der er gode muligheder for at sikre en meget høj genbrugsandel for både dioder, glas, aluminium, kobber og silicium.

Komponenter i et solcelleanlæg

Når solcellepanelerne installeres i markanlæg, er det som hovedregel med montage til faste stakstativer, som er opsat i lange lige rækker, så panelerne vender mod syd og er vinklet 20-25 grader i forhold til vandret. Det giver et ensartet visuelt indtryk, når man ser på anlægget på afstand.

Ved nedtagning repræsenterer disse komponenter en positiv økonomisk og materialemæssig værdi i et livscyklusperspektiv. Ikke mindst metallerne i kabler og stativer forventes at bidrage betydeligt til en reduktion af de samlede nedtagningsomkostninger. De elektroniske komponenter er omfattet af det europæiske WEEE-direktiv og forventes genanvendt gennem tidssvarende recirkuleringsprocesser.

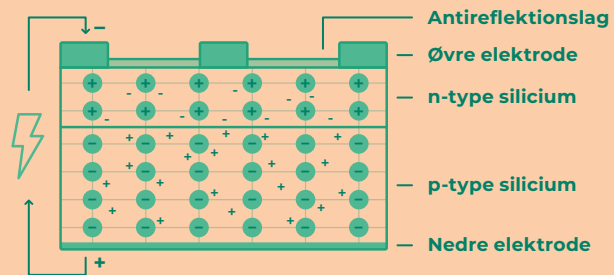
Solcellen kan udnytte energien fra solen i en direkte omdannelse fra lysenergi til elektrisk energi uden brug af hjælpestoffer eller mekanisk bevægelse. Der sker ingen slitage eller kemisk nedbrydning i selve solcellen, og

levetiden er derfor alene bestemt af holdbarheden af de materialer, der sammenlimer (EVA/POE) og beskytter (glas, aluminium) cellen samt de elektriske lodninger (tin/bly coated kobber), ledninger (lederbaner baseret på sølv) og kabler (kobber), der forbinder solcellen med det elektriske kredsløb.

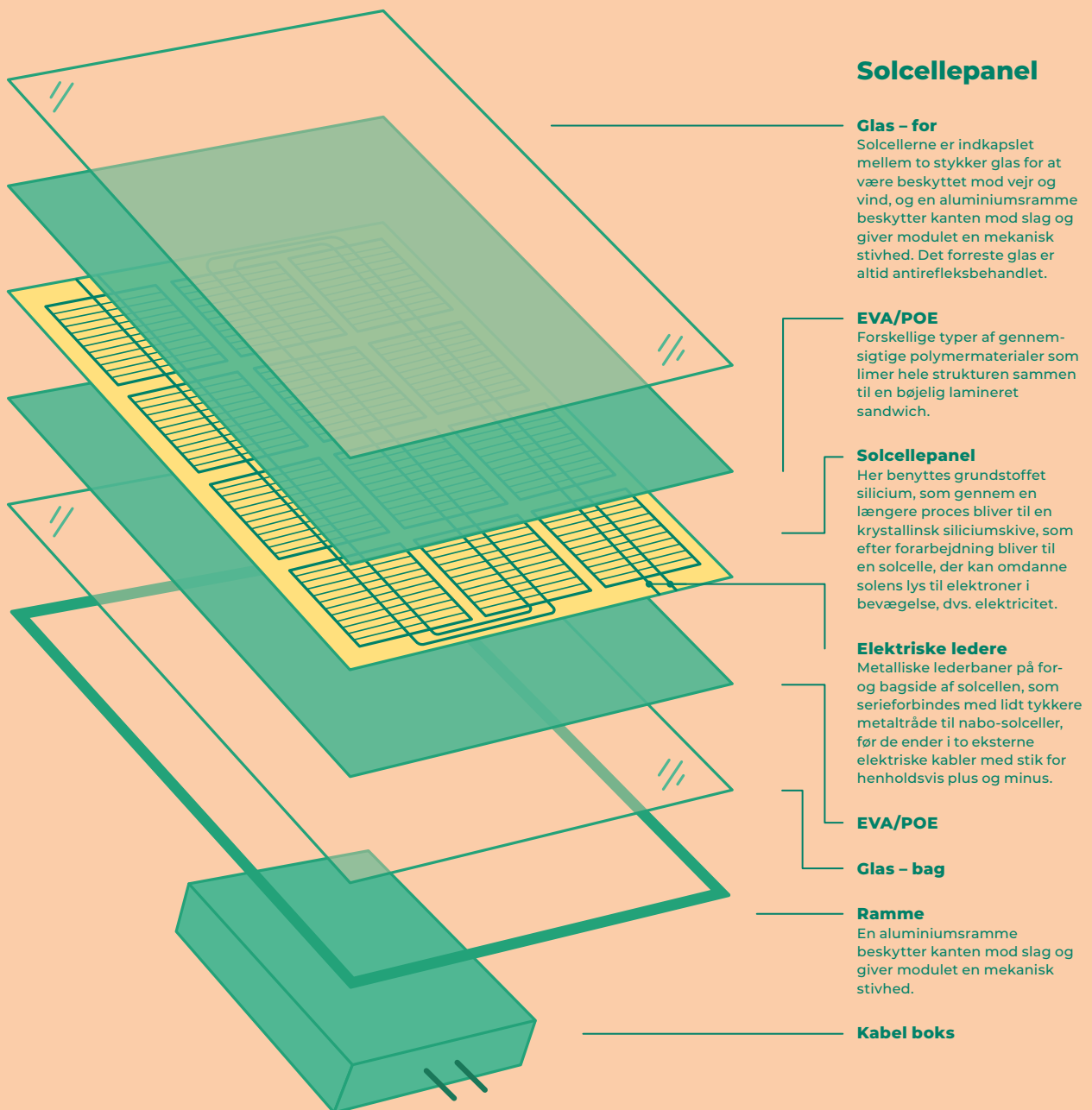
Energien fra lyset optages af solcellens elektroner, som sættes i bevægelse og genererer en elektrisk strøm ud af solcellen. Det lys, vi modtager fra solen, består af mange forskellige bølgelængder (farver) og udgør tilsammen et spektrum for hvidt lys. På trods af alle optiske og elektriske tab relateret til udnyttelsen af solens spektrum, indfangning af lyset i solcellen, omdannelse af lys til ledningsbærere og ekstraktion af ledningsbærere gennem lederbaner, vil panelet uden yderligere servicering kunne levere 20 procent af al den energi, det modtager videre, som brugbar elektricitet.

Komponenter i et solcelleanlæg

Solcelles opbygning

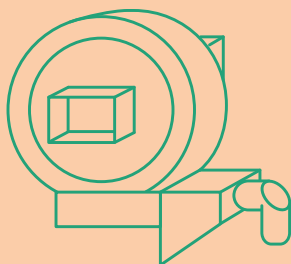


Solcellepanel



Motor

Såfremt panelerne løbende drejes mod solen gennem en tracker-løsning, vil der også være installeret motorer til at dreje den bom, som solcellerne er monteret på.

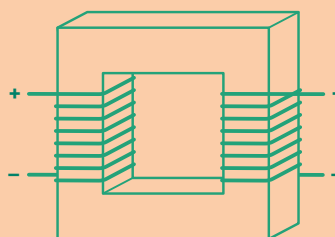


Vekselrettere

Inverterne – også kaldet vekselrettere – indeholder elektroniske kredsløb og konverterer jævnstrøm fra solcellen til vekselstrøm. Vekselretteren er typisk ophængt på montagestrukturen og er beskyttet mod direkte regn under panelerne.

Kabler

Anlægget består af kabler til både jævn- og vekselstrømmen, der skal lede strømmen fra panelerne videre. DC-kabler er lavet af kobber og typisk fastgjort til stativerne, hvor de forbinder solcellepanelerne med inverterne. AC-kabler er lavet af aluminium og typisk nedgravet, hvor de forbinder inverterne med transformatorerne. Alle kabler er beskyttet af PVC kapper.



Transformator

Både mindre fordelingstransformatorer samt de større effekttransformatorer består af to magnetisk tætkoblede spoler (ofte af kobber) samt en lamineret siliciumholdig stålkerne. Transformatoren omsætter vekselstrøm ved én spænding og strømstyrke til en tilsvarende effekt ved et andet spændingsniveau.



Montagestrukturer

Stativerne er lavet af galvaniseret stål med en antikorrosionsbelægning. Disse stativer produceres ofte i Danmark bl.a. hos en industrivirksomhed på Fyn.

Et fremtids-sikkert elnet

Det kræver en markant udbygning af vedvarende energi og en omfattende elektrificering at nå klimamålene i 2030. Forudsætningen for denne omstilling er et stærkt elnet³³.

Det danske elnet står over for en række strukturelle tilpasninger, heriblandt et skifte fra central til decentral produktion, et betydeligt større elforbrug samt øgede netudbygninger og reinvesterings. Udgangspunktet for sidstnævnte er et milliardstort investeringsefterslæb i elnettet³⁴, som siden 1978 blot har oplevet en realvækst i netinvesteringerne på ca. 1,1 procent.

I 2019 viste en opgørelse fra Dansk Energi, at elnetselskaberne skal investere 29 mia. kr. frem mod 2030 blot for at sikre, at den ældste del af elnettet fortsat har samme kapacitet som i dag³⁵. Hertil kommer nye netinvesteringer for at kunne rumme elforbruget fra nye elbiler, varmepumper, datacentre, Power-to-X-anlæg m.m.

Det tager gennemsnitligt to år at etablere en solcellepark, mens udbygningen af transmissionsnettet kan tage op til fem år, og for at undgå at der opstår flaskehalse, har Energinet oprettet et digitalt kapacitetskort til udviklere af solceller og kommunale beslutningstagere, så etableringen af vedvarende energi såsom solceller sker på den mest samfundsoptimale placering³⁶. Dette bidrag afhjælper flere logistiske udfordringer, om end der alt andet lige vil være et behov for udbygningen af transmissionsnettet inden 2030, hvis vind- og solenergi skal kunne drive elforsyningen, når man også tager det voksende energibehov i betragtning. Elnettet skal med andre ord udbygges for at kunne tage imod de 10 GW solenergi i 2030, som Dansk Solkraft estimerer er realistisk.





Kapitel 7

Kilde- fortegnelse

1. IEA (2011), Solar Energy Perspectives, IEA, Paris www.iea.org/reports/solar-energy-perspectives
2. Agora Energiewende and Ember (2021): The European Power Sector in 2020: Up-to-Date Analysis on the Electricity Transition: ember-climate.org/project/eu-power-sector-2020/
3. Energistyrelsen (2021a). Klimastatus og -fremskrivning 2021 (KF21). Tilgængelig på: ens.dk/sites/ens.dk/files/Basisfremskrivning/kf21_hovedrapport.pdf
4. IRENA (2020). Renewable Power Generation Costs in 2019, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
5. Victoria et al. (2021). Solar photovoltaics is ready to power a sustainable future. Joule. doi.org/10.1016/j.joule.2021.03.005
6. Lazard (2020): Lazard's Levelized Cost Of Energy Analysis. Version 14.0. Tilgængelig på: www.lazard.com/perspective/levelized-cost-of-energy-and-levelized-cost-of-storage-2020/
7. IRENA (2021), Solar Energy Data, International Renewable Energy Agency. www.irena.org/solar.
8. IEA (2020), World Energy Outlook 2020, IEA, Paris www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020
9. Carbon Brief (2021). 'Exceptional new normal': IEA raises growth forecast for wind and solar by another 25%. 11. maj 2021 af Simon Evans. Tilgængelig på: www.carbonbrief.org/exceptional-new-normal-iea-raises-growth-forecast-for-wind-and-solar-by-another-25
10. IEA (2021), Net Zero by 2050 – A Roadmap for the Global Energy Sector, IEA, Paris www.iea.org/reports/net-zero-by-2050
11. SolarPower Europe (2020). EU Market Outlook for Solar Power 2020-2024. Tilgængelig på: www.solarpowereurope.org/wp-content/uploads/2020/12/3520-SPE-EMO-2020-report-11-mr.pdf?cf_id=23124
12. Child, M., Kemfert, C., Bogdanov, D., and Breyer, C. (2019). Flexible electricity generation, grid exchange and storage for the transition to a 100% renewable energy system in Europe. *Renew. Energy* 139, 80–101.
13. Victoria, M., Zhu, K., Brown, T., Andresen, G.B., and Greiner, M. (2020). Early decarbonisation of the European energy system pays off. *Nat. Commun.* 11, 6223.
14. Energistyrelsen (2020). Basisfremskrivning 2020. Tilgængelig på: www.ens.dk/basisfremskrivning
15. Energinet (2020a). Elnettet udfordres af solcelleboom – nyt kort viser muligheder og begrænsninger. Tilgængelig på: energinet.dk/Om-nyheder/Nyheder/2020/09/20/Elnettet-udfordres-af-solcelleboom-nyt-kort-viser-muligheder-og-begraensninger
16. Energistyrelsens Klimastatus og -fremskrivning (2021): El og fjernvarme, sektornotat nr. 8A. Tilgængelig på: ens.dk/sites/ens.dk/files/Basisfremskrivning/8a_kf21_sektornotat_-_el_og_fjernvarme.pdf
17. Energistyrelsens Klimastatus og -fremskrivning (2021): Solceller, forudsætningsnotat nr. 4D. Tilgængelig på: ens.dk/sites/ens.dk/files/Basisfremskrivning/8a_kf21_sektornotat_-_el_og_fjernvarme.pdf
18. Den forventede stigning i elforbruget skyldes elektrificering i produktionserhvervene, en øget brug af varmepumper til bygningsopvarmning i husholdningssektoren, etablering og udbygning af datacentre, indfasningen af store varmepumper i fjernvarmesektoren, elektrificeringen af transportsektoren samt et øget elforbrug til fremstilling af syntetiske grønne brændstoffer (Power-to-X-anlæg). Energistyrelsen (2021). Klimastatus og -fremskrivning hovedrapport (KF21). April 2021. ens.dk/sites/ens.dk/files/Basisfremskrivning/kf21_hovedrapport.pdf
19. 10 GW kapacitet med et antal fuldlasttimer på 1.380 timer om året hver eneste år vil generere en energimængde på 10 GW x 1.380 timer = 13,8 TWh. Det samlede elbehov i 2030 er ifølge Energistyrelsens Basisfremskrivning 2020 50 TWh (uden nettab). Det betyder, at 10 GW altså 13,8 TWh/50 TWh uden nettab svarer til ca. 25 procent af det årligt krævede el-energiforbrug.
20. IEA PVPS (2020). Trends In Photovoltaic Applications 2020. Task 1, Strategic PV Analysis and Outreach. Tilgængelig på: iea-pvps.org/trends_reports/trends-in-pv-applications-2020/
21. Heide, D., Greiner, M., von Bremen, L., and Hoffmann, C. (2011). Reduced storage and balancing needs in a fully renewable European power system with excess wind and solar power generation. *Renew. Energy* 36, 2515–2523.
22. Energinet (2020b). Miljørapport 2020. Tilgængelig på: energinet.dk/Om-publikationer/Publikationer/Miljoerapport-2020
23. Danmarks Naturfredningsforening (2018). Sådan ligger landet – tal om landbruget 2017. Tilgængelig på: issuu.com/danmarksnaturfredningsforening/docs/dn_saadan_ligger_landet_2018
24. Danmarks Naturfredningsforening (2021). Lavbundsjerne. Tilgængelig på: www.dn.dk/vi-arbejder-for/landbrug/lavbundsjerne/
25. Klimarådet (2020). Kulstofrige lavbundsjord. Offentliggjort d. 19. november 2020. Tilgængelig på: klimaraadet.dk/da/analyser/kulstofrige-lavbundsjord
26. Habitats (2020). Measuring Biodiversity Improvements at Solar Plant in Blangsløv (DK). Tilgængelig på: www.nbbnbdp.org/uploads/1/3/1/4/131498886/be_blangsløv_study_case_final.pdf
27. H. Montag, G. Parker & T. Clarkson (2016). The Effects of Solar Farms on Local Biodiversity; A Comparative Study. Clarkson and Woods and Wychwood Biodiversity. Tilgængelig på: www.clarksonwoods.co.uk/download/Solar_Farms_Biodiversity_Study.pdf
28. Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet (2020a). Bekendtgørelse om grøn pulje, BEK nr. 742 af 30. maj 2020. Tilgængelig på: www.retsinformation.dk/api/pdf/214511
29. Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet (2020b). Lov om ændring af lov om fremme af vedvarende energi og lov om elforsyning (Udbud af Thor Havvindmøllepark og forhøjelse af beløbssats til grøn puljeordning), LOV nr. 2065 af 21. december 2020. Tilgængelig på: www.retsinformation.dk/eli/ita/2020/2065
30. Energistyrelsen (2021b). VE-bonusordningen. Tilgængelig på: ens.dk/ansvarsomraader/stoette-til-vedvarende-energi/fremme-af-udbygning-med-vindmoeller/ve-bonusordningen
31. IEA PVPS (2021). Designing New Materials for Photovoltaics: Opportunities for Lowering Cost and Increasing Performance through Advanced Material Innovations. Task 13, Performance, Operation and Reliability of Photovoltaic Systems. Tilgængelig på: iea-pvps.org/key-topics/designing-new-materials-for-photovoltaics/
32. Louwen, A., van Sark, W., Faaij, A., & Schropp, R. (2016). Re-assessment of net energy production and greenhouse gas emissions avoidance after 40 years of photovoltaics development. *Nature Communications* 7.
33. Energinet (2020c). Langsigtede udviklingsbehov i elnettet. Tilgængelig på: energinet.dk/Om-publikationer/Publikationer/Elnettet-i-2040
34. Kommissionen for grøn omstilling af personbiler (2021). Delrapport 2: Veje til en veludbygget ladeinfrastruktur. Februar 2021. Tilgængelig på: fm.dk/media/18388/delrapport-2_veje-til-en-veludbygget-ladeinfrastruktur_web.pdf
35. Dansk Energi (2019). Er elnettet klar til elbilerne? Analyse af effekt- og investeringsbehov i eldistributionsnettet. Tilgængelig på: www.danskeenergi.dk/udgivelser/gor-elnettet-klart-til-elbilerne
36. Energinet (2020d). Kapacitetskort 2020. Tilgængelig på: energinet.dk/Om-publikationer/Publikationer/Kapacitetskort-2020

