

# Solceller



## Introduktion

Adgang til elektricitet er en så indgroet del af vores hverdag, at det er svært at forestille sig et liv uden. I husholdningen bruger vi elektricitet til lys, underholdning, madlavning, rengøring og meget andet. Udenfor hjemmet er vi i byerne vant til gadebelysning, og selvfølgelig er virksomheder og institutioner også afhængige af elektricitet. Vi har i det hele taget opbygget et samfund hvor elektricitet er uundværlig for at samfundet kan fungere.

For årtier tilbage blev elektricitet overvejende produceret i store kraftværker ved afbrænding kul, hvilket medførte udledning af store mængder CO<sub>2</sub>. men efter man har fundet ud af at dette jo har store klimamæssige konsekvenser, så er man begyndt at omstille til mere miljøvenlige alternativer. Mest iøjnefaldende i landskabet er de store vindmøller, der nu står for en stor del af den danske grønne elproduktion. I 2021 producerede vindmøller 44 % af den elektricitet der var brug for i Danmark-

Der er et ønske om helt at udfase kulkraftværker og andre CO<sub>2</sub>-udledende produktionsmetoder, blandt andet ved hjælp af forskellige lovgivninger. Der bliver for eksempel stillet krav til at der i forbindelse med store offentlige byggerier, skal indtænkes bæredygtige løsninger, der kan handle om energibesparelser i selve byggeprocessen, men også i efterfølgende brug af byggeriet. Det betyder blandt andet at man i forbindelse med byggeriet af det nye universitetshospital i Odense har anlagt en stor solcellepark, der kan producere en del af den elektricitet hospitalet kommer til at bruge.

Mange steder i Danmark er store solcelleparker allerede anlagt og flere er under konstruktion. Der er delte meninger om hvorvidt det er en god ide at anlægge disse store solcelleanlæg, der når de er bygget producerer elektricitet uden udledning af CO<sub>2</sub>, men som på den anden side i nogles øjne ødelægger naturskønne områder, og står for en varierende elproduktion, der ikke følger elforbruget, så de alligevel skal suppleres med mindre miljøvenlige alternativer.

I det følgende skal vi se på fordele og ulemper ved at bruge solceller, som en del af Danmark el-infrastruktur.

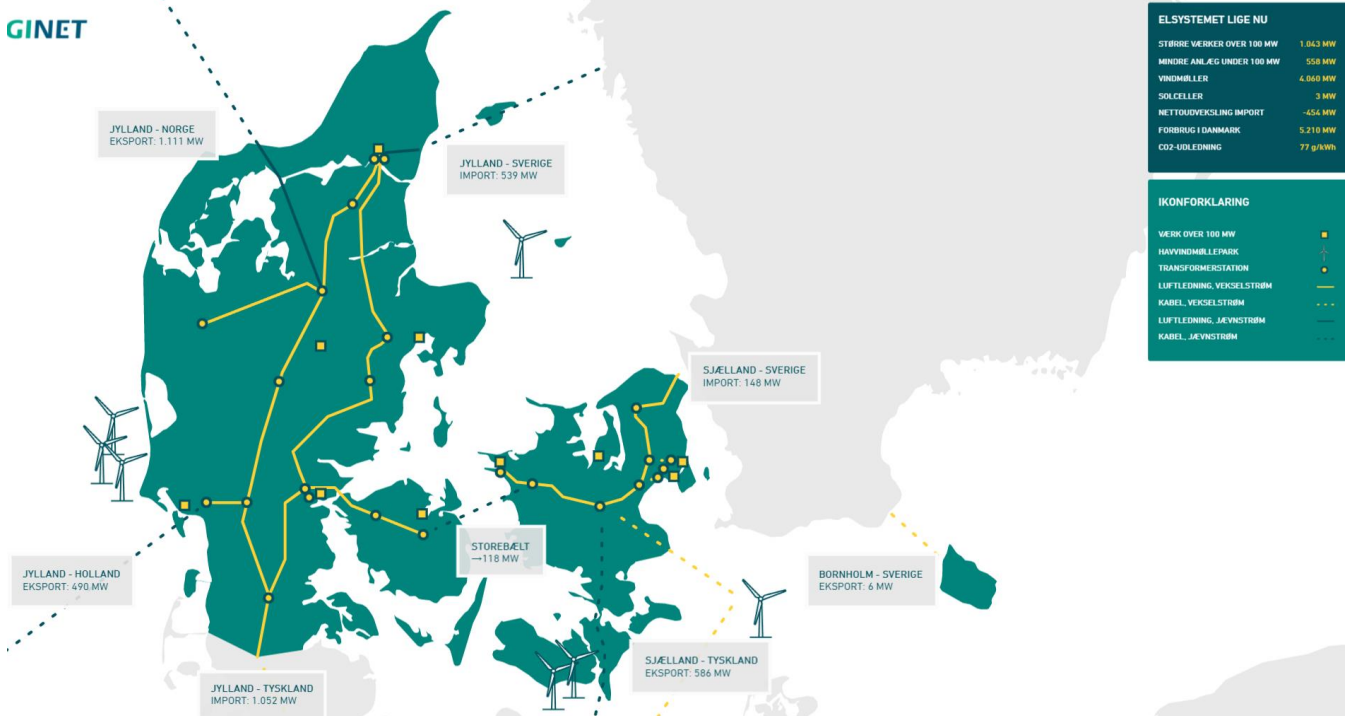
## Elforbrug og -produktion i Danmark.

På *energinet.dk* kan man følge den aktuelle produktion og forbrug af elektricitet i Danmark, og man kan også finde historiske data 14 dage tilbage.

De aktuelle data viser elproduktion fra de 10 store kraftværker, f. eks. Fynsværket, som afbrænder kul, affald og biomasse for at producere elektricitet. Disse værker producerer typisk også fjernvarme, hvilket forøger værkernes nyttevirkning, som ved ren elproduktion er ca. 50 %, hvor overskudsvarmen blot vil være spildt. Men hvis denne overskudsvarme også benyttes, øges nyttevirkningen til omkring 90 %. Udover de store kraftværker, er der også mindre kraftværker, der producerer elektricitet. Disse vil typisk være lokale fjernvarmeværker, som udover deres primære funktion; at producere varme, har installeret el-generatorer, som kan startes ved behov. Disse

værker afbrænder typisk bio- og naturgas eller biomasse. Desuden kan produktionen fra vind og sol ses.

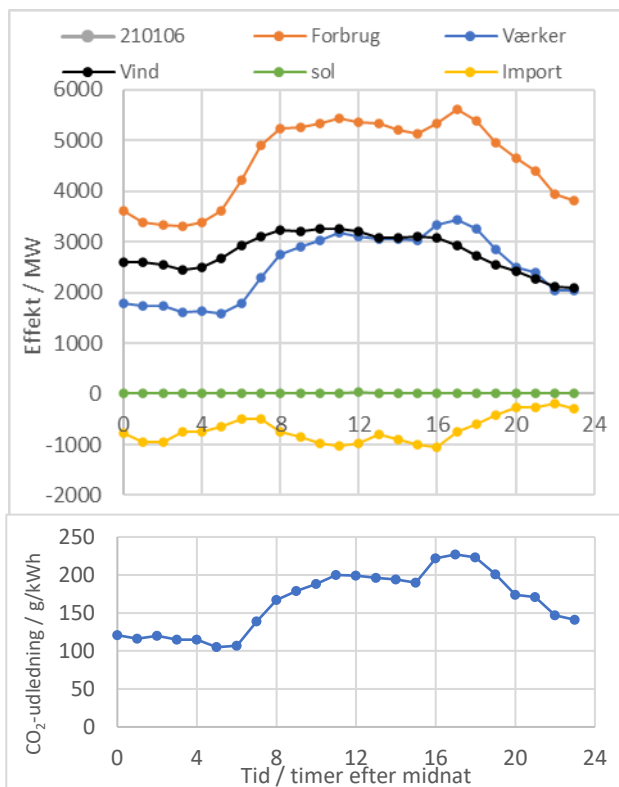
Det danske el-distributionsnet er også forbundet med store kabler til Sverige, Norge, Tyskland og Holland, så elektriciteten kan eksporteres, hvis der produceres mere end der forbruges, og omvendt kan der importeres hvis produktion ligger lavere end forbruget.



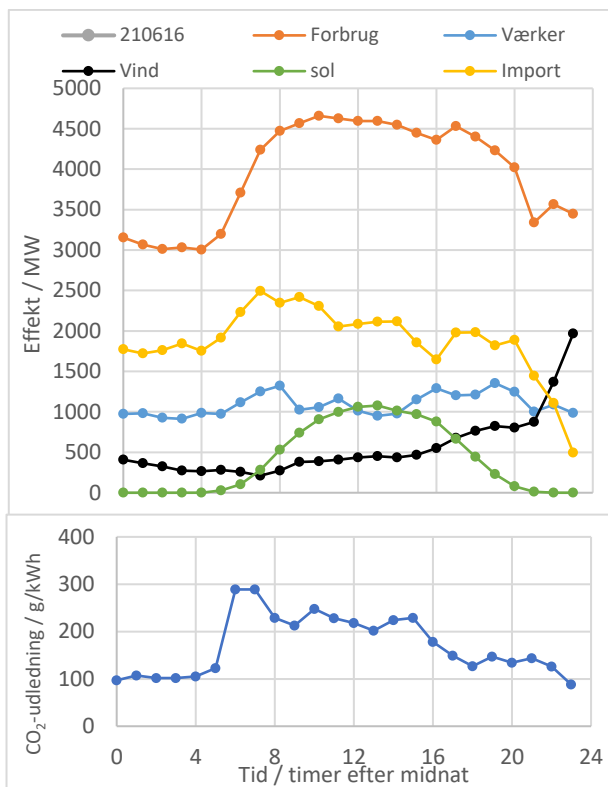
figur 1: Screenshot fra energinet.dk.

Figur 2 nedenfor viser data fra energinet fra en vinterdag, hvor solpaneler stod for 0,1 % af elforbruget, mens vindmøller producerede lidt over 60 % af denne dags forbrug. Små og store kraftværker, som skal forsyne kunder med fjernvarme, skruer op for kedlerne og dermed også elproduktion, så de står for 54 %. Denne dag produceres altså mere elektricitet end der er brug for, og da elektriciteten ikke kan opbevares, skal den sælges til udlandet, hvilket betyder at ”importen” i figur 2 er negativ, og altså er en eksport.

Figur 3 er en tilsvarende figur for onsdag den 16. juni, denne dag skinnede Solen, og dermed blev der produceret solenergi, der stod for 10,6 % af forbruget denne dag. Vinden stod kun for 14,2 % af forbrug. Denne varme sommerdag var efterspørgslen af fjernvarme lille, så kraftvarme-værkerne havde skruet ned for kedlerne, så de kun producerede 27,6 % af forbruget. Det betød denne dag et underskud i produktion, så der måtte importeres elektricitet fra udlandet, og denne import stod for ca. 48 % af dagens elforbrug.



figur 2: Data fra onsdag 6/1 2021



figur 3: Data fra onsdag 16/6 2021

I figur 2 og 3 viser den orange graf hvordan elforbruget varierer i dagens forløb. Det ses at generelt er forbruget større om vinteren, men også at forbrug er større om dagen end om natten. Omkring klokken 17 – 18 er der en top i forbruget, der kan forklares med at her begynder mange at lave aftensmad, hvilket altså er ganske energikrævende. Generelt ligger det daglige elforbrug i Danmark på 80 – 110 GWh – og private husstande står for ca. 25 % af dette forbrug.

Figureerne viser også hvor meget CO<sub>2</sub> pr. produceret kWh, der udledes. Ikke overraskende ses at CO<sub>2</sub>-udledningen følger kraftvarmeværkernes produktion, mens den falder når der produceres meget vindmølleenergi.

## CO<sub>2</sub> udledninger

Hvis man vil sammenligne miljøpåvirkning af forskellige energikilder, er det nødvendigt at vide f. eks. hvad deres respektive CO<sub>2</sub> udledninger er. Selvom solceller og vindmøller jo anses som særligt grønne alternativer, så står de alligevel for nogen udledning af CO<sub>2</sub>. Hovedsagelig udledninger, der opstår under produktion og opsætning, men også på grund af den nødvendige infrastruktur, der skal føre elektriciteten fra kilden til forbrugeren.

Det er meget kompliceret at vurdere denne udledning for solceller og vindmøller, især da udledningen nok bliver mindre og mindre på grund af mere effektive produktionsmetoder. Men i IPCC's rapport *Climate Change 2021 – The Physical Science Basis* har man alligevel gjort forsøget og i tabel 1 findes medianværdier fra rapporten. Tabellen viser f. eks. at hvis elektriciteten produceres udelukkende ved afbrænding af kul vil der udledes 820 g CO<sub>2</sub>-ækvivalenter for hver kWh, der produceres. Med CO<sub>2</sub>-ækvivalenter menes, at hvis der udledes flere typer drivhusgasser, som udover CO<sub>2</sub>, kan være metan eller lattergas, så svarer den samlede effekt til 820 g ren CO<sub>2</sub>.

Kilde	Livscyklus udledning
Kul	820
Biomasse	230
kernekraft	12
Solceller	48
Landvindmøller	11
Havvindmøller	12

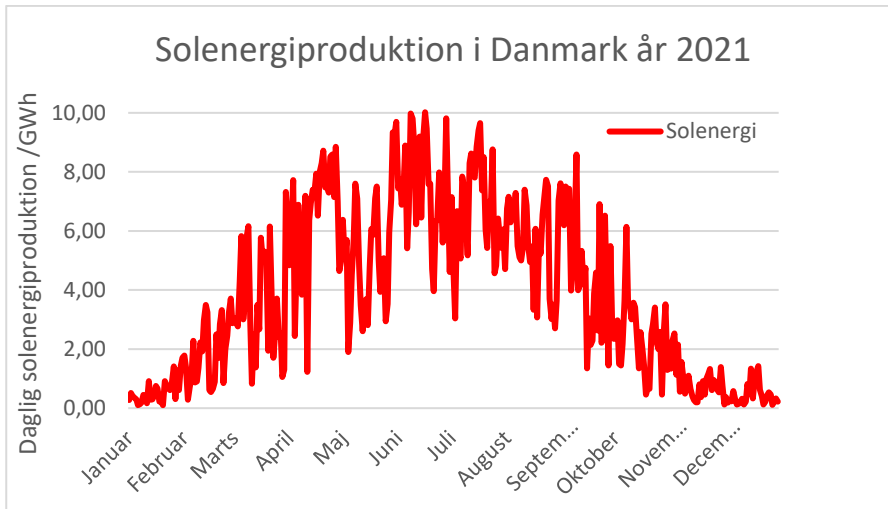
Tabel 1: Udledning af CO<sub>2</sub> ækvivalenter i g/kWh for forskellige energikilder.

Tabellen viser altså at vindenergi og kernekraft udleder mindst, mens solceller udleder 4 gange mere. Biomasse udleder ca. 20 gange så meget, og det selvom biomasse regnes som CO<sub>2</sub>-neutralt, fordi en tilsvarende mængde CO<sub>2</sub>, der udledes når biomassen afbrændes, har været oplagret i planterne inden de afbrændes. Så udledningen her kommer fra det der udledes når biomassen høstes/fældes og transporteres.

## Elproduktion med solpaneler

Som det fremgår ovenfor, kan solpaneler være med til at mindske CO<sub>2</sub>-udledning fra den elektricitet vi bruger i Danmark, selvom de ikke er helt så miljøvenlige som vindkraft, så er de gode alternativer til afbrænding af biomasse og specielt kul. En anden fordel er også, at de netop producerer elektricitet om dagen, hvor forbruget er højt.

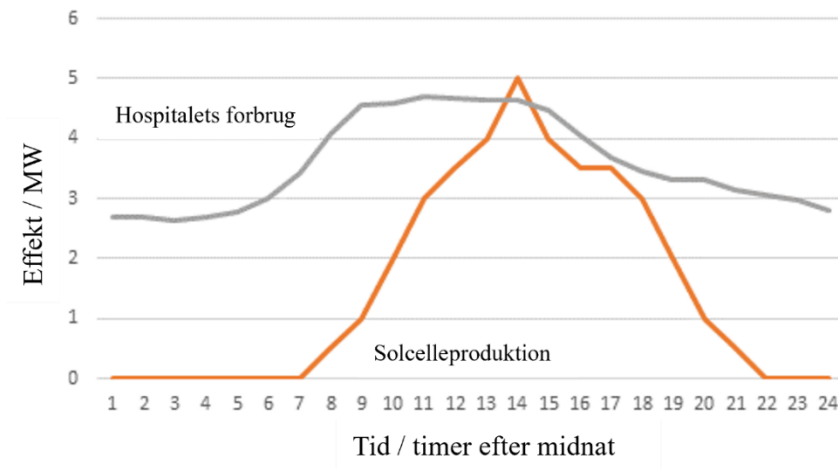
Dog er der også problemer. Solen skinner ikke så meget om vinteren hvor forbruget generelt er højere end om sommeren, og Solen skinner ikke lige meget hver dag, så det er svært at planlægge forbruget efter hvor meget Solen skinner. Figur 4 viser produktion i GWh pr. dag fra solpaneler i Danmark i løbet af år 2021. Her ses det tydeligt, at der produceres mindre i vintermånederne end i sommermånederne. I 2021 viste maj sig som en særlig solfattig måned, hvor produktionen var ca. halvdelen af hvad man ellers kunne forvente. Disse naturlige variationer gør at det er vanskeligt at vurdere hvor meget elektricitet man egentlig kan få ud af et solcelleanlæg.



Figur 4: Elproduktion fra solpaneler i Danmark i 2021.

## Solcelleanlæg ved nyt Odense Universitets Hospital

Vi skal nu se på hvordan et konkret solcelleanlæg kan bidrage til den elektricitet, der skal bruges på det nye hospital, der bygges ved universitetet i Odense. Data der bruges, er leveret af folk der har forbindelse til byggeriet. Med nogle opgaver skal det undersøges hvor stor andel af elforbruget solcellerne kan dække, og om det i virkeligheden er en god ide rent økonomisk at få installeret et solcelleanlæg.



Figur 5: Forventet elforbrug og maksimal solcelleproduktion ved OUH.

Det solcelleanlæg der er bygget i nærheden af hospitalet, vil give en elproduktion om sommeren når Solen skinner, som vist med den orange kurve i figur 5. Her ses det at anlægget er dimensioneret til at give en maksimal produktion, der lige akkurat kan dække hospitalets elforbrug.

### Opgave 1

Brug figur 5 til af vurdere det det totale daglige energiforbrug for OUH i kWh. Hospitalets forbrug er vist ved den grå kurve.

## Opgave 2

Energien i solstråler ved jordoverfladen er omkring  $950 \text{ W/m}^2$ . Der er installeret  $25\,000 \text{ m}^2$  solceller (på et område der er  $45\,000 \text{ m}^2$ ). Antag at solcellerne har en nyttevirkning på 20 %. Beregn hvor stor en elektrisk effekt solcellerne maksimalt kan producere, når solstrålerne står vinkelret på cellerne.

## Opgave 3

Hvor stor er den daglige elproduktion om sommeren, når det kan antages at den daglige elproduktion for solcellerne i kWh er 10 gange maksimalproduktionen i kW (bestemt i opgave 2). Hvor stor en procentdel dækker solcelleenergien hospitalets daglige forbrug?

## Opgave 4

Den årlige energiproduktion for solcellerne antages at være 140 gange den daglige produktion fundet i opgave 3. Hvor stor en procentdel dækker den årlige produktion af hospitalets årlige forbrug?

## Opgave 5

Det kostede nyt-OUH ca. 1000 kr. pr.  $\text{m}^2$  at købe og installere solcellerne. Hvor lang tid går der for at disse penge er tjent hjem, hvis hospitalet skulle betale 3 kr./kWh for elektriciteten købt udefra?

## Opgave 6

Brug din egen husstands daglige forbrug (antag at det ikke varierer i løbet af året) til at beregne hvor stort et solcelleanlæg I skal installere derhjemme, hvis hele forbruget skal dækkes af solcellestrøm.

Hvad vil det koste at installere, hvis prisen pr.  $\text{m}^2$  er den samme som for nyt-OUH?

*(prisen vil nok i virkeligheden være noget højere, da prisen pr.  $\text{m}^2$  er en hel del lavere for store anlæg end for et privat anlæg)*

## Videre perspektiver

Det skulle gerne være klart at der er fordele og ulemper ved at få elektricitet fra solcelleanlæg. Forskning i nye typer celler gør at det bliver billigere og mere miljøvenligt at producere nye solcellepaneler, men det ændrer ikke på, at man ikke kan regne med at Solen skinner når man har brug for elektriciteten.

Med udsigten til at Danmarks bilpark, efterhånden skal udskiftes fra at bruge benzin og diesel til at bruge elektricitet, er der nok ingen tvivl om at forbruget af el vil stige i fremtiden, og her vil en del af produktionen kunne være fra solpaneler. Elbilernes batterier kan være med til at løse problemet med lagring af elektriciteten som vi har i dag, hvor man bliver nødt til at bremse vindmøller hvis der produceres mere end der er brug for. Med hensyn til lagring arbejdes, der i øjeblikket også med

såkaldt *power-to-X*-teknologier, hvor elektricitet bruges til at lave brint ved elektrolyse, eller til at lave metan, som kan bruges direkte i forbrændingsmotorer.

Solpaneller kan bruges som et grønnere alternativ til energikilder med store CO<sub>2</sub> udledninger. De har dog den ulempe at de ikke lever for evigt. Det anslås at deres levetid er ca. 25 år, og efterhånden som de bliver for gamle og skal kasseres, kan de skabe et affaldsproblem, fordi de indeholder grundstoffer, der er giftige, og ikke må ende op i naturen. Der skal altså forskes i hvordan solcellerne, ligesom alt andet kasseret elektronik, kan genanvendes. Ikke mindst fordi mange af de grundstoffer, der bruges i produktionen, er en begrænset ressource her på Jorden og de bliver dyrere og dyrere efterhånden som de bliver opbrugt.

## Opgave 7

Når nye solcelleparker skal bygges, vil man ofte kunne finde ganske livlige diskussioner om hvorvidt de er gavnlige i forbindelse med den grønne omstilling Danmark er i gang med. I nedenstående to kommentarer er valgt nogle formuleringer fra avisernes læserbreve hvor henholdsvis tilhængere og modstandere, der argumenterer for deres sag.

Nu skal du selv tage stilling til om du tilhører modstanderlejren eller om du er tilhænger af at mere af Danmarks elforsyning kommer fra solpaneller. Vælg en af nedenstående kommentarer angående brug af solceller og skriv et modsvar. Du skal altså argumentere mod kommentaren, og dine argumenter skal underbygges med relevante eksempler, lad dig gerne inspirere af hvad du har læst her.

*Kommentar 1: Det er en rigtig god ide at bruge solceller til at producere noget af al den elektricitet vi skal bruge. Når solcellerne først er sat op, leverer de gratis elektricitet i mange år, uden at der udledes CO<sub>2</sub>. Pladsen hvor solcellerne står kan bruges som græsmark til dyr. De kan placeres tæt på forbrugerne så man ikke skal bruge lange elkabler tværs over landet.*

*Kommentar 2: Solceller er en rigtig dårlig ide. De tager en masse plads som kunne bruges til noget mere fornuftigt. De er dyre at sætte op og der udledes en masse CO<sub>2</sub> når de produceres. De virker jo ikke om natten hvor vi jo har brug for elektrisk lys, så da skal man alligevel have strømmen fra andre energikilder.*