

Er det klimasmart med solceller i Bergen?

1 Problemstilling:

Kan vi få så mye elektrisk energi fra 100 kvadratmeter takflate, at det gir klimagevinst om vi bruker energien til å drive en el-bil? Og hvor mye vindturbineenergi kan vi spare?

Underspørsmål:

1. Hvor mye energi kan vi få fra taket vårt gjennom et år?
2. Hvor mange liter bensin kan vi da erstatte?
3. Hvor mye CO₂ slippes det ut per liter Brent bensin?
4. Hvor mye utslipp sparer vi brutto?

Hvor stor er besparelsen med å kjøre el-bil, netto, om vi regner livsløpsutslipp?

1

Vi vil bruke egne målinger, og sammenligne med beregninger fra andre tak, for å svare på spørsmålet.

Vår egen måling:

Et solcellepanel som måler 5X10 cm gir 0,02 A og 2 V. Flere målinger bekrefter denne produksjonen, som bra i solskinn med optimal plassering av panelet.

Effekten av panelet er i disse tilfellene $0,02A \cdot 2V = 0,04W$

Oppskalert til 1 kvadratmeter blir dette en produksjon på $0,04W \cdot (10000/50) = 8W$

Bergensveret.no sier oss at dagen vi har undersøkt, var det mer enn 100W innstrålt effekt fra solen per kvadratmeter landareal i 11 timer, fra klokken 08 til 19. En vanlig dag midt i mars hadde vi 6 timer, i november ingen.

Etter studier av bergensveret.no, topografien på stedet vårt, og takets vinkel, regner vi med at vi kan ha produksjon gjennomsnittlig 5 timer hver dag, i 10 måneder.

Et første anslag over produksjonen blir da:

En dag med 5 timer gir energien $8W \cdot 5 = 40Wh$. På 100 m² gir dette $4000 Wh = 4 kWh$
 $4kWh \cdot 300 \text{ dager} = 1200 kWh$.

Sammenligning:

Nå sammenligner vi med et 'ekte' anlegg¹. Trolig vil store, komplette paneler, gi en langt høyere virkningsgrad enn våre enkle små paneler, med en diode som motstand.

Sweco-bygget på Fantoft angir en produksjon på 41 MWh i 2017, på 400 kvadratmeter, altså 10MWh per 100 kvadratmeter = 10 000 kWh. At de produserer 8 ganger så mye som vi ville fått til med å dekke taket med de små forsøkspanelene, er ikke så overraskende. Det skulle være greit for oss å få til halvparten, 5000 kWh, fjerdedelen av det en husholdning bruker i året.

2 og 3

1 liter bensin tilsvarer en energimengde på 9 kWh. Teoretisk har vi altså produsert nok energi til å erstatte $5000kWh/9kWh = 555$ liter bensin.

¹ <https://stromberg.solarlog-web.eu/sweco.html?c>

Vi bruker nå opplysninger om kjørelengde for norske biler, 12000 km/år², og opplysninger om CO₂ utslipp well-to-wheel, fra faktaarket.

Med et forbruk på 6 liter/100 km vil bensinbilen bruke

$12000/100 \cdot 6 = 720$ liter bensin per år.

Ifølge faktaarket³ gir 1 liter bensin 2,8 kg, CO₂-utslipp.

Bensinbilen vi vil erstatte med en elbil slipper altså ut, direkte og indirekte, $2,8 \cdot 720 = 2016 \text{ kg CO}_2\text{-ekvivalenter}$, 2 tonn året. Det tilsvarer 168 gram per kilometer ($2016 \cdot 1000 / 12000$).

⁴Bilfabrikkens tall for utslipp per kilometer ligger rundt dette tallet.

For å erstatte 720 liter bensin, må vi øke effekten av takanlegget vårt med 23%, eller øke arealet til 123 kvadratmeter.

4

Det er svært omdiskutert hvor lang tid/kilometer det tar å 'gjenvinne' produksjonen av en elbil.⁵

Det ser ut til å være enighet om at det krever 10 tonn CO₂-ekvivalenter å produsere en bil med batteripakke på 40kWh. Det vil altså ta 4-5 år før elbilen gir gevinst. Etter det er gevinsten ren netto, 2 tonn CO₂-ekvivalenter per år.

Dette kan vi skalere opp med størrelsen på den norske bilparken⁶, og gå videre med tanker om ny batteriteknologi, lastebiler, og industriutslipp.⁷

5

Hvor mye vindturbinene energi sparer vi?

En typisk vindturbin i Norge produserer 14GWh per år (kilde NVE)

Med 10 MWh, 0,010 GWh ser vi at vi vil trenge 100 ganger arealet for å produsere 1GWh, altså 10 000 m² solceller, og 14 ganger dette igjen, 140 000 kvadratmeter med solceller for å erstatte én typisk vindturbin. Det høres mye ut, men vindturbiner tar mye plass de også. På grunn av vindskygge-effekten kan ikke turbinene stå så tett. Det er typisk 1-3 turbiner per kvadratkilometer, 1 million kvadratmeter. 1 turbin trenger altså et areal på minst 300 000 kvadratmeter. Om vi igjen ser på arealet for å få lik effekt fra solcellene, er sammenligningen overraskende og enkel: Det trengs mindre enn halvparten av arealet for å gi samme produksjon med solceller.

Diskusjon

Beregningen av hvor stor effekt vi kan få ut av et solcelleanlegg på taket, er usikker. Med småskala forsøk får vi usikre målinger med korte serier. Vi vet heller ikke hvor mange soltimer vi får med hvor sterk sol, i årene fremover. Vi ser likevel at estimatet vårt bringer oss i

² <https://www.ssb.no/transport-og-reiseliv/statistikker/klreg/aar>

³ På argumentsiden: <https://ektedata.uib.no/oppgaver/er-solceller-lurt-i-bergen/> eller her: http://www.miljokommune.no/Temaoversikt/Klima/Klima--og-energiplanlegging/omregningsverktoy_tabeller/Omregningsfaktorer-energivare-til-kWh/

⁴ <https://www.nve.no/energiforsyning/kraftproduksjon/vindkraft/?ref=mainmenu>

⁵ <https://elbil.no/hvor-klimavennlige-er-elbiler/>

⁶ <https://www.ssb.no/transport-og-reiseliv/statistikker/bilreg/aar>

⁷ <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/statistikker/klimagassn/aar-endelige>

nærheten av målingene på de store anleggene. Hvis vi regner forsiktig, har vi bakgrunn for å si at jo – solceller på 100 kvadratmeter tak gjør det mulig å lade en el-bil. Sesongvariasjonene har vi ikke diskutert her.

Et spørsmål er om elbil-ladingen vår virkelig vil spare klimaet, avhenger også av livløpsberegninger på biltypene, og hvordan vi regner avtrykket av en fossilbil. Denne diskusjonen har vi bare antydning, gjennom å vise til de danske beregningene. Her la vi til grunn utslipp med bare avtrykksfri energi, ikke dansk energimix.

Bedre batteriteknologi, mer effektive solceller eller større anlegg som også har energilagring, tror vi vil gjøre vurderingene mer positive i elbilens favør.

Så til spørsmålet; kan solceller ersatt vindturbiner i Norge:

1 turbin trenger et areal på minst 300 000 kvadratmeter. Om vi igjen ser på arealet for å få lik effekt fra solcellene, 140000 kvadratmeter, er sammenligningen overraskende og enkel: Det trengs mindre enn halvparten av arealet for å gi samme produksjon med solceller.

Arealene er likevel svært ulike. Vindparkene bruker naturområder, der bare en liten del av arealet er bebygget. Innvendingene mot parkene er likevel mange, også basert på naturvern.

Solcellene bruker i hovedsak bebygget areal, eller areal i kombinasjon med jordbruk.⁸

Både tak og vegger kan brukes til solceinnstallasjon. Skolebygg som Vestsiden Ungdomsskole i Kongsberg viser at det kan bli meningsfulle areal ved å ta bygningsmassen i bruk.

⁸ <https://www.statkraft.no/nyheter/solkraft/>