

# Innovasjon er nøkkelen til klimasuksess

Jan Bråten<sup>1</sup>

*Denne artikkelen har fire hovedbudskap for klimapolitikken: (1) Vi har et enormt behov for innovasjon hvis vi skal klare å begrense global oppvarming til 2°C. Vi må utvikle en rekke utslippsfrie løsninger og gjøre dem billige, slik at mange tar dem i bruk. (2) Erfaringene viser at målbevisst innovasjon kan gi dramatiske kostnadskutt for utslippsfrie løsninger. Innovasjon kan utrette mirakler. (3) For å lykkes må vi satse tungt og langsiktig på forskning, og vi må bruke målrettede virkemidler for å få i gang en omfattende utbygging av nye løsninger. Utbygging gir innovasjon og utløser stordriftsfordeler – begge deler gjør at kostnadene ved klimatiltak går ned. (4) Innovasjon handler ikke bare om teknologi. Vi trenger også samfunnsmessig innovasjon for å utvikle egnede lover og reguleringer, institusjoner og virkemidler, og vi trenger en felles forståelse for endringsprosessene vi skal gjennom. Denne artikkelen er et bidrag til en slik forståelse.*

## 1. Et enormt behov for innovasjon

Klimautfordringen og en rekke regionale og globale miljøutfordringer skaper et enormt behov for innovasjon. Vi må lære oss å gjøre mange ting på nye måter. Jeg skal her fokusere på klimautfordringen, men minner om at verden også opplever betydelige forurensningsproblemer, forsurening av havet (på grunn av CO<sub>2</sub>-utslipp) og en dramatisk reduksjon i antall arter (anslått til mellom 100 og 10.000 ganger normalt tempo). Halvparten av tropisk skog er forsvunnet siden 1950 og i følge WWF er [livet i havet halvert på drøyt 40 år](#). Alle disse utfordringene forsterker behovet for innovasjon.

For å nå togradersmålet må utslippene av klimagasser kuttes til null i dette århundre, og de samlede globale utslippene bør begynne å gå ned i løpet av få år (se figur nedenfor). Dette er krevende fordi utslippene er knyttet til nesten all menneskelig produksjon og fordi folketall og produksjon vil vokse betydelig. Uten store omlegginger i *hvordan* vi produserer varer og tjenester og *hva* vi produserer, vil utslippene øke betydelig.

Utslipp av klimagasser kommer fra mange former for landbruk og endringer i bruk av landarealer, fra en rekke industriprosesser (sement, stål, aluminium) og fra mer enn 80 prosent av verdens energiforbruk (kull, olje og gass). Energi står for ca 2/3 av de totale utslippene av klimagasser. Energi driver fabrikker, anleggsmaskiner og transport, og gir oss dessuten strøm til lys, varme, kjøling, små og store datasystemer og mye mer. Mens svekkelsen av ozonlaget var knyttet til noen få gasser som det var relativt lett å erstatte, er klimaproblemet i dag – direkte eller indirekte – knyttet til nesten all produksjon av varer og tjenester.

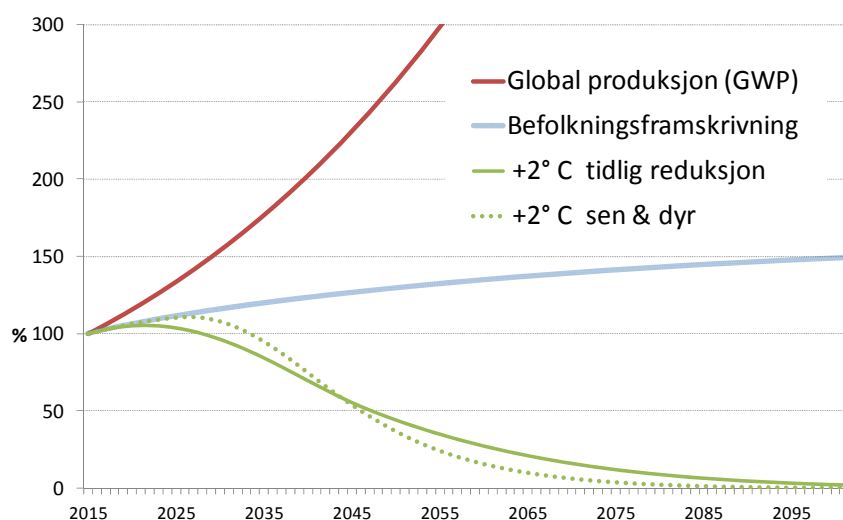
---

<sup>1</sup> Jan Bråten er samfunnsøkonom og har i tillegg studert filosofi, sosiologi og matematikk ved Universitetet i Oslo. Bråten har utgitt rapporten [En kostnadseffektiv og virkningsfull klimapolitikk](#) som gir en bred drøfting av temaene som diskuteres i denne artikkelen. Bråten har jobbet med energi- og klimapolitikk siden 1994. Han var partner i ECON Analyse til 2005 og er nå sjeføkonom i Statnett. Denne artikkelen uttrykker Bråtens personlige vurderinger.

Verdens befolkning er nå [7,4 milliarder](#) og øker med 83 millioner per år. Vi blir trolig mer enn 9 milliarder i 2050 og rundt 11 milliarder i 2100. Da er vi nesten 50 prosent flere som skal ha mat, hus og andre produkter.

Heldigvis er verden på vei ut av fattigdom. Siden 1950 er global produksjon av varer og tjenester omtrent 18-doblet, mens folketallet nesten er tredoblet. Produksjonen vokser mye raskere enn folketallet. De siste årene har veksten i verdensøkonomien ligget rundt 3 prosent per år. Noen mener det er en svak vekst. Samtidig vil en gjennomsnittlig vekst på kun 2,5 prosent per år gi en *åttedobling* (8x) av global produksjon fra nå til 2100. I år 2100 kan global produksjon bli 100 – 200 ganger så stor som den var i 1950.

Det meste av veksten vil komme i relativt fattige land. Vi har ingen rett til å nekte dem den velstanden vi selv nyter godt av, og det er heller ikke mulig. Men vi må ta inn over oss hva den økonomiske veksten betyr for klimaet: *vi trenger enda raskere kutt i utslipp per produsert enhet.*



Figur 1. Figuren viser en mulig utvikling fra 2015 i produksjon av varer og tjenester (rød kurve), befolkning (blå) og to utslippsbaner som kan være forenlig med å begrense global oppvarming til 2°C.

Fra nå til 2050 vil en økonomisk vekst på 2,5 prosent per år bety at samlet produksjon øker med 137 prosent, som vist med den røde kurven i figuren. I utslippsbanen som er vist med heltrukket grønn linje, skal de globale utslippene reduseres med 56 prosent fra nå til 2050. For å kunne redusere totale utslipp med 56 prosent samtidig som samlet produksjon øker med 137 prosent, *må vi redusere utslipp per produsert enhet med hele 81 prosent*. Skal vi klare det må en stor del av energisystemet og svært mange typer produksjon bli utslippsfrie til 2050. I de neste tiårene må vi derfor, på område etter område, utvikle nye utslippsfrie løsninger. Og mot slutten av århundret må vi ha nullutslipp på nesten alle områder.

Det er trolig teknisk mulig å lage et helt utslippsfritt energisystem med dagens teknologi. Men det vil være dyrt, veldig dyrt. Når det er dyrt er det også vanskelig å få alle land med. Vi trenger derfor utslippsfrie løsninger som ikke er for dyre - helst bør de bli billigere enn de fossile løsningene. Da kan videre utvikling gå av seg selv.

## 2. Innovasjon har skapt mirakler og kan gjøre det igjen

Heldigvis har vi god erfaring for at aktiv innsats for innovasjon kan skape mirakler. Her er noen eksempler fra rapporten *Revolution Now*, utgitt av US Department of Energy, 2013.

- For solcellepaneler falt kostnadene med *99 prosent* på 35 år
- For onshore vindkraft falt kostnadene med *90 prosent* på 32 år
- For LED-lys falt kostnadene med *85 prosent* på fire år fra 2008 til 2012
- For batterier til elbiler (li-ion) falt kostnadene med mer enn *50 prosent* på fire år fra 2008 til 2012

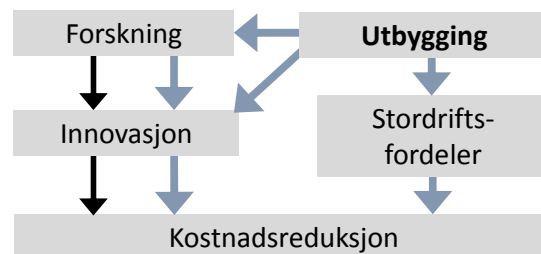
For alle disse teknologiene har kostnadene fortsatt å falle etter 2013, og det er ingen tegn til at denne utviklingen skal stoppe på en stund. Det skjer også mange andre forbedringer. Energi-effektiviteten til en rekke produkter har blitt radikalt forbedret. Toyota har kuttet kostnadene ved [brenselceller](#) med *95 prosent* på 7 år og har et mål om 98-99 prosent kutt i kostnadene. Samtidig har størrelsen og vekten på brenselcellene blitt halvert, slik at de nå passer bedre i en bil. Det finnes også løfterike innovasjoner knyttet til produksjon (elektrolyse) og lagring av hydrogen.

I mange land er sol- og vindkraft nå billigere enn ny kullkraft. Det store fallet i kostnader gjør at Kina, India og en rekke andre land i økende grad foretrekker sol- og vindkraft fremfor kullkraft. Mer enn 75 prosent av ny fornybar energi bygges nå utenfor Europa og mange utviklingsland satser tungt. Kina er den største utbyggeren av vind- og solkraft i verden. Uten prisfallet for sol- og vindkraft ville Kina, India og mange andre utviklingsland bygget ut mye mer kullkraft og dermed låst energisystemet til større utslipp i mange tiår fremover.

LED-lys er i økende grad en foretrukket løsning til belysning, fordi det er billigst, sikrest og best. Og enda bedre løsninger kan være på vei. Batterielektriske kjøretøy og løsninger basert på hydrogen, blir mer og mer konkurransedyktige. I løpet av et tiår kan de bli konkurransedyktige uten støtte. Lenge før dette kan elektrifisert transport (biler, busser mm) være den foretrukne løsningen i storbyer som plages av luftforurensning og støy. Høye brenselpriser og CO<sub>2</sub>-avgifter kan fremme omstillingen i transportsektoren, men teknologiutviklingen er helt avgjørende for at det skal skje.

Den teknologiske fremgangen i eksemplene over er skapt ved omfattende forskning, ofte over flere tiår, og ved en økende utbygging av de nye løsningene etter hvert som kostnadene faller. *For å utvikle gode og billige løsninger må man jobbe systematisk med alle sider av en ny teknologi.* Solcellepaneler er ikke blitt billige på grunn av noen få ideer, men på grunn av tusenvis av forbedringer i hele produksjonslinjen: billigere fremstilling av råvarene og riktig kvalitet, effektiv utnyttelse av råvarene, effektiv produksjon av solcellepanelene, gode styringssystem, effektiv montering og godkjenning samt egnet finansieringsmodell. Tilsvarende forbedres vindkraft både ved bedre materialer, bedre design, bedre tekniske løsninger i generator og kraftoverføring, bedre plassering i terrenget og ved bedre styringssystemer. Også bedre kunnskap om virkninger på miljøet er viktig for å få best mulig totalløsning.

Samspillet mellom forskning, utbygging og kostnadsreduksjoner er illustrert i figuren. De svarte pilene til venstre i figuren viser en allment akseptert sannhet: Forskning gir innovasjon og kostnadsreduksjon. Det er bred enighet om at myndighetene må støtte forskningen, siden de som utvikler nye løsninger kun høster en begrenset del av gevinsten. Men en god politikk for utvikling av nye løsninger stopper ikke ved støtte til forskning. Ved å få i gang *utbygging* av nye teknologier bidrar man til ytterligere og raskere innovasjon og man realiserer dessuten betydelige stordriftsfordeler. Dette er illustrert med de blå pilene.



Dette er illustrert med de blå pilene.

Utbygging stimulerer innovasjon på to viktige måter: (1) *Learning by doing*. Utbygging og drift gir viktig praktisk erfaring og ideer til forbedringer. Dette gir innovasjoner i næringen og stimulerer til forskning for å forbedre løsningene. (2) *Man skaper et marked for innovasjon*. Bedrifter vil vanligvis ikke drive innovasjon for et marked som kanskje oppstår om noen år. Når markedet derimot er etablert og blir tilstrekkelig stort, kan selv en liten forbedring på ett trinn i verdikjeden gi betydelig inntekt. Det motiverer til innovasjon.

En større utbygging av en ny teknologi utløser også stordriftsfordeler. Når Tesla om et par år får på plass sin gigantfabrikk for li-ion batterier, er det anslått at dette spranget i produksjonsvolum alene vil gi en kostnadsreduksjon på minst 30 prosent.

*Når kostnader ved klimatiltak går ned, vil flere land – som vi har sett – ta i bruk de nye løsningene. Det gjør at kostnadene kan falle ytterligere og vi er inne i en positiv spiral. Vi bør skape mange flere positive spiraler.*

### 3. Vi trenger pionerer og målrettede virkemidler

Danmark var svært viktig for den tidlige utviklingen av vindkraft. Senere ble flere land med for å dra lasset. Tyskland satsing på solcellepaneler var avgjørende for å få i ned kostnadene. I starten var disse satsingene veldig dyre, men nå er solcellepaneler og vindkraft de billigste løsningene mange steder i verden. Utfordringen er at vi trenger mange slike løsninger, både i energisektoren og på andre områder.

En del økonomer har hevdet at Danmarks og Tysklands satsing på sol- og vindkraft ikke har vært kostnadseffektiv, siden man kunne redusert nasjonale utslipp billigere ved for eksempel å skifte fra kullkraft til gasskraft. Det hadde naturligvis vært fint om man også hadde gjort et slikt skifte, men en overgang fra kull til gass ville ikke løst det langsiktige behovet for utslippskutt. Overgang fra kull- til gasskraft gir en halvering av utslippene. Uten karbonfangst og lagring (CCS) kommer man ikke lenger ned. Ved å gå foran med vind- og solkraft har Danmark og Tyskland startet en prosess som har gitt verden to viktige og relativt billige utslippfrie løsninger. I et langsiktig og globalt perspektiv har dette vært lønnsomme satsinger. Og klimapolitikk må vurderes i et langsiktig og globalt perspektiv.

I Norge har noen ment at støtten til elbiler gir altfor dyre utslippsreduksjoner. Igjen må vi vurdere tiltaket i et langsiktig og globalt perspektiv: Norge har, sammen med noen andre land, bidratt til å skape markedet som var nødvendig for å få ned kostnadene.

*Dessverre tror noen økonomer at generelle CO<sub>2</sub>-avgifter er nok for å få i gang utviklingen av nye utslippfrie teknologiene. Det er feil, både praktisk og teoretisk.*

*Praktisk.* I starten er kostnadene ved å bygge ut umodne teknologier ofte svært høye. Solkraft kostet i starten hundre ganger mer enn nå og vindkraft kostet ti ganger så mye som i dag. For å få i gang utviklingen trenger man en målrettet støtte som er høy nok til å få fart på utbyggingen. Så kan støtten senkes etter hvert som teknologien blir bedre og billigere. Det er i praksis umulig å lage en generell støtteordning som kan få i gang utbyggingen av dyre, umodne teknologier. Det vil bli altfor dyrt og det vil gi urimelig støtte til billigere løsninger. Det er heller ikke mulig å få i gang utbyggingen av dyre og umodne teknologier ved en generell CO<sub>2</sub>-avgift. Det ville krevd et helt urealistisk avgiftsnivå. Nå koster sol- og vindkraft kun en brøkdel, men fortsatt er det politisk krevende å få opp kvoteprisen for CO<sub>2</sub> i EU til et nivå som kan drive utbyggingen av vind- og solkraft videre.

*Teoretisk.* Fra et samfunnsøkonomisk perspektiv skal vi i klimapolitikken korrigere to sentrale svakheter i markedet. Den første svakheten er at det koster for lite å skade klimaet. Det kan vi løse med en tilstrekkelig høy CO<sub>2</sub>-avgift. Den andre svakheten er at de som utvikler nye utslippfrie løsninger kun får en liten andel av gevinsten ved innovasjonen. Uten aktive stimuli fra myndighetene

får vi derfor mye mindre innovasjon enn det som er optimalt. For å løfte innovasjonen til et optimalt nivå, trenger vi, som vist, både ambisiøs satsing på *forskning* og støtte til omfattende *utbygging*. Utbygging er viktig siden det stimulerer innovasjon i hele verdikjeden og dessuten utløser stordriftsfordeler. Det er økonomisk fornuftig å bruke store ressurser på områder hvor potensialet for kostnadsreduksjoner er stort og hvor løsningene kan anvendes i stor skala over hele verden, som for eksempel ved elektrifisering i transportsektoren. For å styre innsatsen til de mest lovende områdene trenger vi målrettet innsats.

#### 4. Vi trenger også *samfunnsmessig innovasjon*

Utslippsfri teknologi må tas i bruk på en måte som gir gode løsninger for samfunnet som helhet. En bærekraftig samfunnsutvikling krever utvikling av lover, reguleringer, institusjoner og holdninger. Vi må planlegge våre byer, våre transportsystemer og energisystemer annerledes og bedre. Vi må utvikle grønne skattesystemer som kan drive fram omstillingen i full bredde. I næringslivet må vi utvikle forretningsmodeller som løser de nye utfordringene.

Erfaringene viser at organisering og holdninger ofte henger sammen. Reformen forutsetter tilstrekkelig aksept i befolkningen. Samtidig vil gode reformer ofte få større tilslutning når de først er gjennomført. Dette så vi ved innføringen av røykeloven i Norge og vi har sett det i byer som har innført rushtidsavgifter. I Stockholm innførte man først rustidsavgift som en prøveordning. Etter testperioden ble det flertall i en folkeavstemning for å gjøre ordningen permanent. Vi har hatt egnet teknologi for rushtidsavgifter i 25 år. Snart er Norge politisk modent for å ta den i bruk.

Vellykkede reformer ett sted kan gjøre det lettere å få aksept for tilsvarende reformer andre steder. Det skyldes både at man kan lære av det pionerene har gjort, og dermed sikre et godt resultat, og at det er lettere å argumentere for en modell som har fungert godt i praksis. Suksess avler suksess.

Land som går foran i klimapolitikken bidrar både til teknologisk og samfunnsmessig innovasjon.