

# °REPORT 2016:09

## Visjoner av lavkarbon Norge



CICERO Report 2016:09

# Visjoner av lavkarbon Norge

Asbjørn Torvanger, Christian Bjørnæs, Harald Francke Lund, Bob E.H. van Oort  
Desember 2016

**CICERO** Senter for klimaforskning  
P.B. 1129 Blindern, 0318 Oslo  
Telefon: 22 85 87 50  
Faks: 22 85 87 51  
E-post: [admin@cicero.uio.no](mailto:admin@cicero.uio.no)  
Nett: [www.cicero.uio.no](http://www.cicero.uio.no)

CICERO Center for International Climate  
and Environmental Research  
P.O. Box 1129 Blindern  
N-0318 Oslo, Norway  
Phone: +47 22 85 87 50  
Fax: +47 22 85 87 51  
E-mail: [admin@cicero.uio.no](mailto:admin@cicero.uio.no)  
Web: [www.cicero.uio.no](http://www.cicero.uio.no)

---

**Tittel:** Visjoner av lavkarbon Norge

**Forfatter:** Asbjørn Torvanger, Christian Bjørnæs, Harald Francke Lund, Bob E.H. van Oort.

---

CICERO Rapport 2016:09

---

**Finansieringskilde:** Enova

---

**Prosjekt:** Low-carbon Norway

---

**Prosjekt leder:** Asbjørn Torvanger

---

**Kvalitetsansvarlig:** Erlend Andre T. Hermansen

---

**Nøkkelord:** Lavkarbon; Klima-robust; Visjon; Teknologiske framskritt; Norge

---

**Sammendrag:** Vi har utviklet visjoner av Norge i 2050 som et lavkarbon og klimarobust samfunn, basert på innspill fra en referansegruppe fra næringsliv, organisasjoner, myndigheter, forskningsmiljø og miljøorganisasjoner. De viktigste kjennetegnene for lavkarbon Norge er:

Veitrafikk og skipstrafikk har blitt karbonfrie; Flytrafikken er basert på bio-drivstoff; I energisektoren har det skjedd en stor utbygging av fornybar energi, mens petroleum har gått betydelig tilbake; Prosessindustrien er blitt karbonfri ved hjelp av nye teknologier, bruk av biomasse, og karbonfangst og –lagring; Karbonfangst og –lagring har blitt koplet til biomasse-energi, slik at noe CO<sub>2</sub> fjernes fra atmosfæren; Klimagassutslippene fra bygnings-sektoren har blitt kraftig redusert på grunn av null-utslipps hus som standard, byggematerialer med mindre klimaavtrykk, og resirkulering av byggematerialer; En større del av befolkningen bor i kompakte og miljøvennlige byer; Diett, matproduksjon og jordbruket er fundamentalt endret - det er stort sett slutt på animalsk proteinbruk; Avfall, materialer, råstoffer, vann, og varme fra avløpsvann resirkuleres og gjenbrukes effektivt. Veien mot lavkarbon Norge har vært mulig gjennom en langsiktig og troverdig strategi fra norske myndigheter, underbygd av tilstrekkelige tiltak, instrumenter og støtte.

---

**Språk:** Norsk

---

Rapporten kan bestilles fra:  
CICERO Senter for klimaforskning  
P.B. 1129 Blindern  
0318 Oslo

Eller lastes ned fra:  
<http://www.cicero.uio.no>

The report may be ordered from:  
CICERO (Center for International Climate and  
Environmental Research – Oslo)  
PO Box 1129 Blindern  
0318 Oslo, NORWAY

Or be downloaded from:  
<http://www.cicero.uio.no>

# Innhold

Visjoner av lavkarbon Norge.....	1
Sammendrag – Et lavkarbon Norge.....	1
Forord .....	2
1 Introduksjon og metode.....	3
2 Globale perspektiv .....	5
2.1 VERDEN 2050.....	5
2.2 TEKNOLOGI, PRODUKSJON OG FORBRUK .....	6
2.3 UTSLIPP AV KLIMAGASSER OG TILPASSING TIL KLIMAENDRINGENE .....	7
2.4 RAMMEVILKÅR OG KLIMAPOLITIKK.....	8
2.5 UTFORDRINGER OG TILPASNING .....	8
3 Et lavkarbon.....	10
3.1 HOVEDBILDET FOR NORGE.....	10
3.2 SEKTORENE.....	14
3.2.1 Energi.....	15
3.2.2 Industri.....	16
3.2.3 Havbruk.....	17
3.2.4 Jordbruk .....	17
3.3 TILPASNING.....	18
3.4 RAMMEVILKÅR OG INSTRUMENTER.....	21
3.5 BARRIERER.....	22
3.6 FAMILIEN I 2050 .....	22
Litteratur .....	24





## Sammendrag – Et lavkarbon Norge

Vi presenterer visjoner av Norge i 2050 som et lavkarbon og klima-robust samfunn, basert på innspill fra en referansegruppe fra næringsliv, organisasjoner, myndigheter, forskningsmiljø og miljøorganisasjoner. Det viktigste globale bakteppet er at verden har klart å kutte utslippene av klimagasser slik at den globale utslippsbanen er i tråd med Paris-avtalens mål om å unngå en menneskeskapt klimaendring på mer enn 1,5 - 2 °C til år 2100. De viktigste kjennetegnene for lavkarbon Norge er:

- Veitrafikk og skipstrafikk har blitt karbonfrie, takket være nye teknologier og digitalisering, elektrisk drift, hydrogen som drivstoff, og biodrivstoff.
- Flytrafikken er basert på biodrivstoff.
- I energisektoren har det skjedd en stor utbygging av fornybar energi, mens petroleum har gått betydelig tilbake.
- Prosessindustrien er blitt karbonfri ved hjelp av nye teknologier, bruk av biomasse, og karbonfangst og –lagring.
- Karbonfangst og –lagring har blitt koplet til biomasse-energi, slik at noe CO<sub>2</sub> fjernes fra atmosfæren.
- Klimagassutslippene fra bygningssektoren har blitt kraftig redusert på grunn av nullutslipps-hus som standard, byggematerialer med mindre klimaavtrykk, og resirkulering av byggematerialer. Mer fleksible bomiljøer og intelligente styringssystemer har redusert arealbehov og klimagassutslipp.
- En større del av befolkningen bor i kompakte og miljøvennlige byer, der det meste av transportbehovet dekkes av kollektive transportmidler og ulike former for bildeling.
- Diett, matproduksjon og jordbruket er fundamentalt endret. Det er stort sett slutt på animalsk proteinbruk. Landbrukssektoren robotiseres, mens genmodifisering, drivhus, algeproduksjon og laboratorieprodusert mat erstatter mye av produksjonen av protein. Mer proteiner kommer fra biomasse fra skogen – som dekker mer areal og er tettere enn før.
- Avfall, materialer, råstoffer, vann, og varme fra avløpsvann resirkuleres og gjenbrukes effektivt slik at fosfor og andre viktige ressurser inngår i et godt fungerende kretsløp.
- Veien mot lavkarbon Norge har vært mulig å gå gjennom en langsiktig og troverdig strategi fra norske myndigheter, underbygd av tilstrekkelige tiltak, instrumenter og støtte.

# Forord

Denne rapporten er laget på oppdrag av Enova, som i april 2016 inviterte en del forskningsmiljøer til å lage utredninger om «Framtidsbilder – Det norske lavutslippssamfunnet». Enova valgte ut CICERO og fire andre forskningsmiljøer til å lage slike rapporter. CICEROs rapport ble ferdigstilt 26. september 2016.

# 1 Introduksjon og metode

Vi har valgt å beskrive visjoner av Norge i 2050 som et lavkarbon og klima-robust samfunn. Det viktigste globale bakteppet er at verden har klart å kutte utslippene av klimagasser slik at den globale utslippsbanen er i tråd med Paris-avtalens mål om å unngå en menneskeskapt klimaendring på mer enn 1,5 - 2 °C ved utløpet av inneværende århundre. I tillegg har vi hatt et blikk på teknologiutviklingen, og at ressurstilgang og økosystem-tjenester på noen områder kan bli flaskehals fram til 2050. De viktigste kildene vi har brukt for å utarbeide visjonene er nevnt i litteraturlista.

For å utarbeide disse visjonene har vi etablert en referansegruppe med kunnskapsrike og erfarne representanter fra organisasjoner, næringsliv, akademia, og myndighetene. Disse representantene er fordelt mellom sektorene energi, industri, transport, bygninger, arealbruk/biomasse, og vann/avløp/avfall, samt Norge overordnet. Disse sektorene er valgt ut på bakgrunn av betydningen for norske klimagassutslipp, behovet for tilpassing til forventede klimaendringer, og den økonomiske betydningen. Vi har utfordret intervju-objektene på situasjonen i Norge i 2050, med utgangspunkt i det globale bakteppet, og knyttet til sektoren den enkelte kommer fra. I alt er 21 personer intervjuet. Innspillene fra referansegruppen har vi brukt for utvikle våre visjoner av lavkarbon Norge i 2050.

Som forventet med vår 'bottom-up' metode har oppsummeringen av innspillene fra referansegruppen til et samlet sett av visjoner vært krevende. Det er konvergens på mange punkter, om enn divergens på noen. Vi har redigert innspillene ved å samle dem under temainndelingen i det globale avsnittet og sektorene i Norge som er valgt ut, og lagt vekt på å få fram de store linjene og synspunkter som deles av mange i referansegruppen. De forskjellige innspillene og komponentene i visjonene har vi i noen grad prøvd å gjøre kompatible, men det gjenstår mye før dette kan betegnes som en, konsistent visjon. For å tydeliggjøre dette bruker vi derfor visjon i flertall – visjoner. Vi har også prøvd å lage visjoner som er troverdige, i alle fall teoretisk sett mulige, og som beskriver et samfunn som er attraktivt å leve i. Mange vil nok synes at visjonene kan være i overkant optimistiske når det gjelder vår evne til å finne og gjennomføre løsninger på 'klimakrisen'. Vi må da huske på at intervjuobjektene ble bedt om å ta utgangspunkt i at vi er på vei til å nå klimamålet i Paris-avtalen. Det er mange problemstillinger knyttet til løsningene og teknologiene som skisseres og sammenhengen/konsistensen mellom disse, men disse går vi ikke inn på. Veien til lavkarbon Norge 2050 sier vi lite om; er «evolusjon» nok, eller



trenges det «revolusjon»? Vår beskrivelse av visjonene peker likevel på en del komponenter som må på plass for å komme til våre visjoner av Norge 2050, for eksempel når det gjelder myndighetenes rolle.

## 2 Globale perspektiv

### 2.1 Verden 2050

Fram til 2050 ble utviklingen av verden mest påvirket av globalisering av økonomien og på de fleste andre områder, og av nye teknologiske gjennombrudd. Men globaliseringen har også ført til at noen grupper har havnet utenfor. Dette har økt skepsisen til globaliseringen, og ført til mer nasjonalisme i mange land, noe som gjorde internasjonalt samarbeide mer krevende.

Paris-avtalen er spinkel og lite forpliktende, men var likevel startskuddet på det store skiftet. Summen av land som tok ansvar medførte at det virkelige begynte å skje noe. Verden ble mer global. De største landene inngikk en klimaavtale, der det legges vekt på krav om at karbonintensiteten ved mange typer produksjon og aktiviteter må ligge under et visst maksimalt nivå. Siden mange store land og grupper av land som Kina, USA, og OECD-landene gjennomførte omfattende klimapolitikk, nådde verden et vippe-punkt og mindre land ble presset til å være lojale og bli med. Dette førte til at den globale klimapolitikken ble nokså konsistent.

Klima- og miljøaspekter fikk større betydning i internasjonal handel og transport. Paris-avtalen medførte mange nye internasjonale regler på utslipp, inkludert karbonprising, og regler for redusert bruk av fossilt brensel. På globalt nivå ble det iverksatt sanksjoner mot land som ikke klarte å holde sine klimaløfter. Krav til gjennomføring av livsløpsanalyser ble grunnlaget for at produkter og tjenester med høyt klimaavtrykk måtte betale klimagebyrer eller fikk importforbud.

Det er teknologien som har drevet ned klimagass-utslippene de siste tiårene. Til tross for Brexit klarte Europa sammen med California å drive den grønne veksten, mens kineserne fulgte tett på. Norden samarbeidet bedre enn før.

Verden ser i 2050 veldig annerledes ut enn i 2016. En større del av befolkningen bor tettere og i byer, og det har blitt mye mer urbanisering. Folk reiser mer, men på mye mer klimavennlige måter. Bedre informasjonsteknologi gjør at alt er interaktivt. Delingsøkonomien har tatt fullstendig over. Vi har overskudd av energi (fornybar), som reduserer konflikter i verden og derfor skaper mer stabilitet.

Vi har sett store teknologiskifter, som har redusert kostnadene ved å ta bruk teknologien som er nødvendig for å nå det klimatilpassede lavkarbonsamfunnet. De som har utviklet patenter knyttet til batteri, negative utslipp og innen marin sektor (biomasse) har tjent mange penger. Før 2020 var det knyttet mye rikdom til handel og varehuskjeder, mens de rikeste i 2050 er programvareutviklere og tjenesteleverandører. Det finnes store internasjonale selskaper som

driver det grønne skiftet med utspring i California. Rederiene er lite lønnsomme, siden mellomleddene tar fortjenesten.

Land og regjeringer har blitt flinkere til å drive igjennom nye løsninger gjennom å tenke langsiktig og forutsigbart. Nye løsninger har vokst frem gjennom innovativt samarbeid. Særlig har man lyktes med å jobbe tettere med leverandørene. Ressursknapphet har blitt løst med effektive markeder, mens løsning av økologiske problemer har vært vanskeligere, spesielt de som er knyttet til globale fellesgoder – som klima.

Tuvalu har ikke druknet, men halvparten av befolkningen har flyttet. Tørkeområdene har vokst og nye har kommet til. Klimaendringer og befolkningsvekst har ført til mangel på ferskvann i store deler av verden. Press på regnskogen i Brasil og andre områder har redusert biodiversiteten.

## 2.2 Teknologi, produksjon og forbruk

Teknologisk utvikling har vært avgjørende for å følge en utviklingsbane som er i tråd med 2 °C målet i Paris-avtalen. Energi og strøm blir lagret bedre, slik at langtransport blir unødvendig og ulønnsomt. Sol og vind har fått lavere kostnad og andelen økt betraktelig. Andelen til fossil energi er på mindre enn 25 %. Sol, vind og elektrisk transport har blitt avgjørende, supplert med hydrogen. Hydrogen lagrer energi fra sol og vind.

Karbonfangst og -lagring (CCS) har blitt nødvendig, men ikke utløst av markedene. CCS vil bare være knyttet til de største punktutslippene. Biomasse-CCS spiller en begrenset rolle, mye fordi areal-behovet er så stort at biomasse-produksjon i stor skala ikke er mulig.

Transport er blitt fossilfritt i store deler av verden, og det finnes en generell tilrettelegging for økt bruk av biodrivstoff (som midlertidig erstatning for fossile drivstoff) og alternative lavutslippsenergikilder. Elektrisk transport er standard fra 2035, fordi dette blir billigst. Vi har førerløse biler. Transportsektoren er helt utslippsfri. Hydrogen brukes til tyngre transport. 'Hyper-loop' er utviklet for enkelte strekninger. Veiene er utstyrt slik at batteriene i bilene kan drives eller lades under kjøring. Togene er blitt raskere og konkurrerer med flyene på kort- og mellomdistanser. Elektriske busser er vanlig. Batteriteknologien er utviklet videre. Flyindustrien er en utfordring, men nye, lettere materialer, biodrivstoff og mer effektive motorer har redusert utslippene.

Mens biodrivstoff har vært en satsning i en overgangsfase mot et karbonnøytralt samfunn, og bruken av biodrivstoff var stor i land- og luftbasert transport, så er biodrivstoff fra trevirke og marine ressurser på vei ut igjen i 2050, og det er en stor grad av elektrifisering. Det er arealkonflikter mellom bioenergi og andre formål. Mange land har inngått bilaterale avtaler for å sikre markeder og handel med bio-ressurser. USA produserer biomasse for Europa slik at EU kan nå sine mål. Utviklingen av bio-ressurser har kommet lengst i velstående land, men for å begrense klimaendringene har kunnskapsdeling mellom land vært avgjørende. Konkurransen mellom produsentene er likevel hard, og velstående land leder. Dette styrker europeisk landbruk på verdensmarkedet, mens utviklingsland er mest presset. Disse endringene har ført til folkevandringer slik at i-landene må håndtere store potensielle folkeforflytninger.

Bygninger er pluss-hus, blant annet utstyrt med varmepumper. Den fornybare energien kommer først og fremst fra sol og vind. Prisen på hydrokarboner har gått ned slik at lønnsomheten til produsentene er betydelig redusert.

Lokal mat som klimatiltak har mindre betydning når transport har blitt fossilfritt. Mat produseres der forholdene er best. Trevirke blir i økende grad brukt i plast- og gummiproduksjon, og som erstatning for plast.

### 2.3 Utslipp av klimagasser og tilpassing til klimaendringene

Globalt blir tilgang på nok ferskvann med god nok kvalitet en utfordring lenge før 2050. Vannmangel fører til ned-tapping av grunnvann. Mye tørke i land rundt ekvator fører til for liten matproduksjon. Det har også skjedd store arealendringer i områder som er marginale for jordbruk, som videre har ført til folkeflyttinger mot mer gunstige klimasoner, stort sett nordover.

Mens klimaendringene er begrenset til 1.5-2 °C på globalt nivå, er store deler av verden påvirket av tørkeperioder eller perioder med for mye nedbør og flom. Vann har blitt et stort problem, men også en viktig ressurs. Avfall har også blitt et problem, særlig i byer. En sterkere urbanisering og kystbosetning har funnet sted, spesielt i sørlige land som er mye påvirket av tørke. Økt globalt fokus på sirkulær ressursbruk har resultert i nye teknologier for å produsere ferskvann av avløpsvann, og til og med drikkevann. I tørkeområder er teknologi for å utnytte grunnvann viktig for å skaffe vann. Andre steder har man utviklet teknikker for avsalting for å utvinne ferskvann fra havvann. Tilgang på vann påvirker matproduksjonen, og det er investert mye i vanngjenvinning, forbedringer i produksjonsprosesser, og redusert bruk - som dryppteknologier i landbruket.

Mens byer er sårbare for store mengder med nedbør, som påvirker klimarobustheten, er byene ikke like «tette» som før. Nye 'climate-smart cities' har mange teknologier som grønne tak, grønne områder, og åpning av vannveier for å redusere avløpsproblemer, tilrettelegge for infiltrering av regnvann, og som forsinker infiltrering, og for å fange opp og gjenbruke vannet.

Eierskap til biomasse har blitt viktig, og ettersom det er stor globalt etterspørsel etter bio-ressurser i form av mat, biodrivstoff, og proteiner produsert fra cellulose - i stedet for at importert soya brukes til dyrefor. Det har blitt stor velstandsvekst i områder i verden som er rike på bio-ressurser. I nordlige strøk er det økt satsing på matproduksjon, men oppvarmingen og økt produksjon kan ikke erstatte 'land-tapet' i andre deler av verden. Jordbruket har vært en driver for avskoging, for arealendringer, og endringer i matproduksjonen.

Nordlige og industrialiserte land må redusere utslippene akkurat som andre land, og den økte matmangelen og utslippsreguleringene legger premissene for endringer i uproduktive landarealer til skog, økt satsing på skog som karbonlager, og på en industrialisering, med mer intensiv arealbruk og økt produksjon. Dietten, matproduksjonen og jordbruket endres fundamentalt - det er stort sett slutt på animalsk proteinbruk. Landbrukssektoren robotiseres mens genmodifisering, drivhus, algeproduksjon og laboratorieprodusert mat erstatter mye av produksjonen av protein.

Markeder, statlig tilrettelegging, og statlig og privat finansiering er tilpasset den økte satsningen på bio-, vind-, vann- og sol-energi, som erstatter fossil energi. Denne tilretteleggingen sørger for

at investeringsrisikoen har sunket, og nye, innovative og mer lønnsomme produkter og metoder blir tatt i bruk, som stimulerer en mer bio-basert økonomi globalt.

## 2.4 Rammevilkår og klimapolitikk

De nasjonale klimaplanene under Paris-avtalen er vage og svært ulike, slik at en vurdering ('stocktaking') og sammenligning mellom land over tid blir svært utfordrende. Effekten av avtalen avhenger av nasjonal gjennomføring med nødvendige reguleringer, og av at reguleringene strammes inn over tid. En fundamental omstilling av samfunnet er nødvendig for å nå Paris-målene, med et omstilt energisystem. Verden har satt klare premisser for å redusere utslippene av både langlevde og kortlevde klimagasser. Mye av den grønne teknologien finnes i dag, men den må bli billigere. Andre motiver for omstilling har ofte vist seg å være viktigere enn klima, slike som behovet for urbanisering, redusert forurensing, sikker leveranse av energi, og utbygging av nye næringer. En global CO<sub>2</sub>-pris ble vanskelig å få til. I stedet kom regionale tiltak og selektive virkemidler. Karbonprising og klimakvoter har spilt en viss rolle, men ble mindre viktig enn teknologi-standarder, der forskjellige virkemidler har variert mellom land.

Globalt ser vi en mye bedre ressursutnyttelse enn tidligere. Stater og sektorer gjenbraker i mye større grad ressursene (sirkulær ressursbruk). For en full omstilling til lauslippetsamfunnet viste det seg at det var nødvendig å tenke mer helhetlig på jord-, arealbruk, og skog.

En viktig global rammebetingelse for grønn omstilling er tilstrekkelig finansiering av tiltakene, relatert til ansvaret for klimaendringen. Teknologi fra i-landene har blitt gjort tilgjengelig for u-landene. U-landene har ikke behov å gå igjennom i-landenes fossile fase. De globale institusjonene snakker bedre sammen, for eksempel UNFCCC og WTO.

## 2.5 Utfordringer og tilpasning

På grunn av klimaendringen og andre påvirkninger blir biodiversiteten presset (som blant annet betyr utrydding av arter). Det har også blitt større press på mange fiskeressurser. En del områder der det bor folk i 2016 vil bli ubeboelige i 2050 på grunn av stigning i havnivået, tørke, og ekstremt vær - som fører til oversvømmelser og erosjon.

Tilgangen på strategiske råvarer har blitt en knapphet på globalt nivå, og dette har strategisk betydning for utviklingene i globalt, europeisk og norsk industri. Knappheten er en viktig drivkraft bak omdannelsen fra lineære økonomier til sirkulære økonomier. Ikke bare sjeldne jordmetaller, men også stoffer som fosfor er blitt kritisk råvarer. EU og flere land i Europa, deriblant Norge, har derfor iverksatt strategier for å gjøre seg mindre avhengig av importert fosfor og andre råvarer gjennom økt gjenvinning av materialer (og i mindre grad minsket forbruk). Gjenvinning og bruk av slam til landbruket er økende i mange land.

Mens vann er mangelvare i sørlige strøk, så er mangel på fosfor den begrensende faktoren for matproduksjon i nordlige strøk. Fosfor blir gjenvunnet fra avløpsvann. Som erstatning for fosfor blir reststoffer fra skog og landbruk pløyd inn i jorda direkte eller i form av bio-kull. Mer

konsentrert nedbør har ført til avløpsproblemer, som har stimulert teknologiendringer og bruk av naturlige avløpsveier der det er tett befolkning.



## 3 Et lavkarbon Norge

### 3.1 Hovedbildet for Norge

Viktige drivkrefter for samfunnsutviklingen i Norge har vært globaliseringen og den generelle teknologiutviklingen. Vi har redusert utslippene og tenker tilbake på den tiden da vi forurenset med skrekk og gru. I tråd med karbonbudsjettet for å nå målene i Paris-avtalen er klimagassutslippene i 2050 nede på 1-2 tonn per år per nordmann. Med betydelige negative utslipp vil vi kunne redusere temperaturstigningen ytterligere enn 2 °C.

Det har skjedd viktige teknologiske framskritt i industrien som har redusert etterspørselen etter fossile energibærere. Material-teknologier og bioteknologier har vist seg å ha stort potensiale, spesielt bio-ressurser i havet. Det har skjedd store framskritt på bruk av biomasse-energi fra skogen og havet. Energiproduksjon fra biomasse fra havet kombineres med havbruk og akvakultur. CCS har blitt viktig for industrien, men ikke koblet til fossile energivarer. CCS har hatt behov for mye ny infrastruktur.

Sju bokser i teksten gir en mer detaljert framstilling av situasjonen for transport, vann/avløp/avfall, energi, prosessindustrien, arealbruk og biomasse, og bygninger.

Mens mange av de teknologiske utviklingene allerede er på plass for å få til en karbonnøytral verden i 2050, så er teknologien og informasjonsteknologi omfattende bygd ut for å støtte den nødvendige grønne transformasjonen. Internett støtter i stor grad klimatjenester, gjennom ekstremværværslinger og rådgivningstjenester i klimatilpasning, og gjennom livsyklusanalyseverktøy for å identifisere muligheter for ytterligere utslippsreduisering. To typer teknologier har blitt særlig viktige i:

- 1) Transportsystemene, som utviklingen av andre generasjon biodrivstoff er avhengig av, og
- 2) Bioteknologi - større satsinger på genmodifiserte organismer med økt energioptak, landbrukstekniske endringer i gjødsling, etc. Laboratorieprodusert matproduksjon har blitt oppskalert.

De nye teknologiene og kunnskapen relatert til robotisering og matproduksjon i landbruk og akvakultur har blitt eksportprodukter, sammen med Norges rene vannkraft og skogsbiomasse. Offensiv havforskning har gitt oss en internasjonalt fordel. Ved siden av de biologiske ressursene er kompetanse om biomasseforedling en ny og viktig ressurs. Norge har satset på å styrke ingeniørutdanningen for å få infrastrukturen på plass, og er med på den globale økningen i utvikling og bruk av nanoteknologi.

Også i 2050 vil Norge være dominert av fornybar energi, men energisektoren har opplevd store endringer. Vannkraft er fremdeles viktigst, men det har skjedd en betydelig utbygging av vindenergi, solenergi, og biomasse-energi. Petroleums-næringen er kraftig redusert på grunn av minkende reserver, mer konkurranse fra fornybar energi, endringer i transport-sektoren, mindre

etterspørsel etter petroleumsprodukter på grunn av livsstilsendringer, og press fra klimapolitikken. Petroleum blir stort sett brukt som råstoff til bruk av produksjon av materialer. Næringsbasisen har blitt bredere, men mindre vekt på råvarer. Et bedre samvirke mellom infrastruktur-sektorer i byer gjør at det nå er koordinering og samhandling mellom etater og departementer i å grave opp gater, som også sørger for en redusert klimaavtrykk. Det har skjedd store framskritt på bruk av biomasse-energi fra skogen og havet. Energiproduksjon fra biomasse fra havet kombineres med havbruk og akvakultur.

Vann har fått en ledende rolle i den nasjonale økonomien, med en fortsatt stor satsing på blant annet vannkraft som klimavennlig energikilde, og med en økt satsing på akvakultur langs kysten og på land. Norge er dermed fremdeles stor på energi. Norge er blitt koblet tettere til det europeiske kraftmarkedet. Med sin store tilgjengelighet av vann som den mest basale tjenesten balanserer Norges økonomi på eksport av kunnskap, teknologi, og (vann)energi. Likevel har EU og land med vannmangel kommet lengre enn Norge i utviklingen av gjenvinningsteknologi.

Samfunnet har sett store endringer som følge av en økt befolkning, økt fokus på klima og bærekraft, og økte teknologiske løsninger. Det vil være en sterkere kobling mellom mobilitet, nettbruk og energibruk. Informasjonsteknologi og automatisering vil føre til at mange mister jobben. Befolkningen er høyt utdannet. Forbruket er vridd mer over fra materielt forbruk til opplevelser. Det er økt fokus på materialvalg. Det er usikkert om aluminium eller tre vil vinne mest fram. Det er mer delingsøkonomi, og andre transportløsninger innebærer at færre vil eie store sportsartikler (kajak, ski, etc. vil leies der de brukes). Vi tenker mer sektorovergripende og landovergripende, noe som har resultert i mer samarbeid om å løse oppgaver. Vi beveger oss videre inn i sirkulær økonomi, for eksempel innen materialbruk, der det er mer gjenbruk og resirkulering.

Den sirkulære økonomien som er utviklet er avgjørende. Fôrindustrien og matindustrien ser helt annerledes ut. Forskjellige sektorer arbeider i større grad sammen. Det er mer fokus på matavfall og matsvinn, og bruk av reststoffer og resirkulering har blitt integrert på tvers av sektorene. Derfor finnes det nærmest ikke noe avfall mer. Vann og avløpssektoren leverer slam som løser mangelen på fosfat i landbruket. Skogen blir brukt til karbonlagring, i form av økt trevirke og bio-kull, som igjen blir brukt i landbruket. Trevirke brukes også som erstatning for plast- og gummiproduksjon.

## Boks 1. Transport.

Verden er blitt vesentlig mer globalisert. Veksten i transportsektoren er likevel stabilisert. Informasjonsteknologi-løsninger som videokonferanser har ikke kunnet erstatte alle transportbehov. Vi bestiller ting hjem og er mye på nett; post og butikk kommer hjem til deg. Logistikkbransjen er innovativ. Transportsektoren er i stor grad utslippsfri. Elektrifiseringen er drevet frem av de store bilprodusentene, som for alvor kom på banen på 2020-tallet. Bilene lades eller drives av 'elektriske' veier.

Urbaniseringen har fortsatt og transportsektoren er digitalisert. Blant annet på grunn av plassmangel er det mindre vanlig å eie bil. De nye generasjonene eier stort sett ikke bil, men deler heller på biler. Slike deleordninger har vi allerede sett starten på for flere tiår siden. Antall kjøretøy er vesentlig redusert. Allerede på 2020-tallet ble det meget uvanlig og dyrt å eie bil innenfor ring 3 i Oslo. Parkering på gateplan innen ring 2 i Oslo er ikke lenger mulig. Dette har ført til større trivsel og livskvalitet i byene. Fortsatt finnes det biler mindre tett bebygde områder og på landet, men disse går på elektrisitet. Folk går og sykler mye mer, noe som er bra for folkehelsen. Av sosiale grunner kommer vi fortsatt til å reise mye. Men, færre vil eie egen hytte på fjellet. Hyttene er forbeholdt de rikeste fordi transport er blitt mye dyrere. Privatbilisme har blitt erstattet av et bredere fokus på mobilitetstjenester.

For kollektivtrafikken har det blitt utviklet nye løsninger som har hatt stor vekst. 'Hyper-loop' er utviklet for enkelte strekninger. Bussene er veldig annerledes enn for få tiår tilbake. Drosjenæringen er nærmest forsvunnet, men det er ikke nødvendigvis bildelingstjenesten Uber som er vinneren grunnet færre private personbiler. Også trikken har blitt utfordret av de nye transport-løsningene. I stedet har det blitt mange ulike transporttilbydere, både offentlige og private. Nye løsninger og teknologier både for hjemkjøring av varer og for persontransport har blitt utviklet på kort tid av mange nye, profesjonelle aktører. Det finnes førerløse busser og biler som henter på stasjon. Nabobiler brukes for å komme seg til hytta. Over noen tiår har t-banen blitt vesentlig utbygd. Togtilbudet har blitt bygd ut, og dieseltogene går på hydrogen.

Tyngre kjøretøy bruker biodrivstoff og hydrogen kombinert med batteri. Flytrafikken går i mye større grad på biodrivstoff. Den siste personbilen med utslipp ble solgt i 2025. Energi lagres i transportmidlene. Selvkjørende kjøretøyer har blitt standard. De små kjøretøyene importerer vi fra Asia. Flysektoren slet med å kutte utslippene sine. Flyreiser var knyttet til klima-skam, men man flyr fortsatt mye i 2050, men med et mer bevisst forhold til nytten og alternativene for reiser og kommunikasjon.

Skipstrafikken har blitt mye mindre utslippsintensiv. Fergeflåten går på strøm (batteri). Båtene veier mye mindre enn før. Det finnes fortsatt forbrenningsmotorer på de store containerskipene, men med økende innslag av biodrivstoff. Norge er fortsatt en stor sjøfartsnasjon og norsk skipsfart er verdensledende på el-båter. Alle småbåter går på el. Vi bygger ikke alle skipene i Norge, men vi har utviklet løsninger for batteri i skips-sektoren og andre høyteknologi-produkter til den maritime næringen. Dette står for en vesentlig del av den norske verdiskapingen. Det er stor satsning på bio-økonomien og den norske verdikjeden for hydrogen. Olje og gass sektoren er blitt store på produksjon av hydrogen.

Det er mer samarbeid på tvers av landegrenser, for eksempel når det gjelder infrastruktur for ladning av batterier. Systemene har blitt standardisert slik at de kan fungere mellom land.

Konsumet har gått ned, men det er ikke mangel på mat. Mye nytt har skjedd innen matproduksjonen. Dietten har endret seg i retning mindre kjøtt, mer vegetabilsk mat, fisk og sjømat, supplert av andre proteinkilder. Matproduksjonen er både småskala og storskala, for eksempel med mer produksjon av mat i Oslo. Det finnes flere genmodifiserte produkter.

Kulturnæringen og turismen har vokst. Det er lite skigåing i Norge, men vi klammer oss til å være en vinternasjon. Helsesektoren har mindre institusjonspreg og flere behandles hjemme. Skatter og avgifter er tilpasset delingsøkonomien. Noen store selskaper driver utviklingen, men det er også mange små bedrifter som finner løsninger. Forretningsideer går fra å produsere ting til å levere løsninger.

Forsikringsindustrien har vært en leder på klimarisiko. Industrien er først og fremst motivert av fortjenestepotensialet med grønn omstilling, ikke samfunnsansvar og etikk. Industrier som har hatt fremgang er havbruk, bygg, skipsfart, og informasjonsteknologi. Koblingen mellom informasjonsteknologi og energi har vært viktig for å klare å kutte utslippene fra bygninger. Vi er blitt blant verdens ledende på ressursutnyttelse og foredling av råstoff, noe som er viktig for å utvikle en sirkulær økonomi.

Selv om karbonprisen økte på 2030 tallet ble aldri CO<sub>2</sub> prisen den drivkraften som man forventet. Det var vilje og velfungerende samfunn (markeder og demokrati) som gjorde at vi klarte å omstille oss. Offentlig sektor hang etter fordi den var for lite effektiv. Dagens brede velferdsstat ble for dyr og måtte derfor reduseres, slik at innbyggerne er blitt mer avhengig av private løsninger. Offentlig sektor fikk imidlertid mer kompetanse på anbud og ble dermed mer aktive kjøpere av lavkarbon og klimarobuste tjenester. Det hjalp også at man fikk større enheter (kommunesammenslåing) som etterspurte innovasjon.

Det har vært satset stort på vedlikehold av vann og avløpsinfrastruktur, der Norge hadde et stort etterslep.

Det er stort press på grensene i form av mange klimaflyktninger fra land som rammes av tørke på grunn av klimaendringene, spesielt fra stater som er dysfunksjonelle og har rask befolkningsøkning.

Norge har antagelig ikke klart å posisjonere seg internasjonalt i det grønne skiftet i særlig grad fordi vi har vært for stivhengige og lite omstillingsdyktige, blant annet på grunn av (tidligere) høy lønnsomhet i en del bransjer, slik som olje og gass. Men vi har vært innovative der vi har grepet sjansen, særlig innen skipsfart, sol, vind, mobilitet og digitalisering. Vi har merket nedgangen fra oljekrisen, men vi klarte å skape nye arbeidsplasser innen fornybart. I Norge var vi de første til å teste ut noen løsninger. Vi klarte å fokusere på det vi er gode på, nemlig å ta i bruk teknologiene. Vi er fortsatt et rikt land med et velfungerende marked som hungrer etter ny teknologi. I den forbindelse utviklet vi noen nye teknologier og løsninger som vi eksporterer. Norge var verdens laboratorium for å ta i bruk elbiler. Vi tok viktige grep før 2020. Regjeringens utvalg om grønn konkurransekraft var det første viktige steget. Det har utviklet seg helt nye forretningsmodeller i forbindelse med nye teknologier som 3D-printing, robotteknikk og selvkjørende biler.

## **Boks 2. Vann, avløp, og avfall.**

*Vann og avløp:* Har vært en foregangssektor i å frigjøre Norge fra fossilt brennstoff. Mange vannkraft-teknologier og energigjenvinning har vært på plass lenge. Kunnskapen og investeringene har økt slik at også bølgeenergi, havstrømmer, og varme fra vannet blir brukt som energikilder. Det totale vannforbruket har ikke endret seg, selv med en økende befolkning, men er blitt effektivisert. Det er store ressurser i avløpsvannet, der mer enn 95 % av avløpsslammet blir tatt tilbake til jordbruket. Særlig fosformangel har blitt en begrensning på matproduksjonen. Mens fosfor i avløpsvannet har blitt bundet til rensekjemikalier har teknologien utviklet seg for å få en enda bedre utnyttelse av denne ressursen.

*Avfall:* Er først fremst blitt råstoff for ny produksjon, som har redusert mengden ressurser som brukes betydelig. Som ressurs og ettertraktet handelsvare har reststoffer og resirkulering blitt integrert på tvers av sektorene. Avfalls- og gjenvinningsbransjen har dermed endret seg fra å være en aktør som henter og håndterer avfall, til å bli en produsent, distributør og selger av resirkulerte råvarer, råstoff, drivstoff, og brensel. Fokus på matavfall og matsvinn har økt, og salgsløst løser matavfalls-problemet med å sende det til energigjenvinning, og for omdanning til gjødsel for å dekke fosfor-mangelen. Overskudd i matproduksjonen blir derfor med på en nødvendig økning i produksjonen i andre viktige sektorer.

*Lokale løsninger og effektivisering:* Sektorene arbeider i større grad sammen. Produksjon av fisk og vegetabilsk matproduksjon blir kombinert i 'aquaponics', noe som har redusert avfallsproduksjon og forbedret resirkuleringen av råstoffer. Det er energiøkonomisering i alle ledd. På nasjonalt og lokalt nivå er Norge selvforsynt med energi, med lokale anlegg for biogass fra slam og mikro-vannkraft. I tillegg til vann- og avløpsrør er også mye av avfallshåndteringen lagt til avløpsanlegg under vann og under bakken, med mange lokale løsninger og husholdninger koblet rett på dette kildesorterings-nettverket. Det finnes også mange næringsbaserte løsninger, som pant på brukte klær, leie av klær, bytting av klær, omdanning av glass til vei- og anleggsprodukt. Sjeldne jordarter og metaller gjenvinnes fra elektrisk og elektronisk avfall, og gjenbruk av bygge- og rivningsmaterialer.

*Tilpasning:* Klimaendringene har gjennom årene gitt en overbelastning av nettverket og en forverring av råvann-kvaliteten til drikkevannet. En stor satsing på økt behandlingsskapasitet i avløpsrør og renselanlegg har minsket trykket på disse systemene. Oppgraderingen fanger nå opp det tidligere vanntapet på 25-30 %. En økning i effektiv utnyttelse, økt gjenbruk, reparasjon, og gjenvinning av restavfallet har medført at det nærmest ikke finnes avfall mer.

## **3.2 Sektorene**

På grunn av at flere bor i byer, som er kompakte og miljøvennlige, der mye av transporten er kollektiv og på skinner, er behovet for personbiler kraftig redusert. Behovet for bensin og diesel til personbiler og annen transport er nesten borte takket være elektriske motorer sammen med gode batterier, og hydrogen som drivstoff. Mye av drivstoffet til flytrafikken kommer fra biomasse og hydrogen fra gass kombinert med CCS. Lufttransporten har økt. Man prøver å gå

bort fra asfalteringen av veier, mens mye av landtransporten er rettet mot regionale senter der lokal bruk av råstoffer, produksjon og foredling og kunnskap er mer integrert.

Størsteparten av befolkningen jobber nå i tjenestesektoren. Fiskeriene, havbruk og industri er viktige bransjer i næringslivet. Det er mange forretningsmuligheter når det gjelder batteri, elektriske ferjer, biomasse, havbruk, og synergier mellom olje og gass.

### **3.2.1 Energi**

I 2050 er det fortsatt litt oljeproduksjon og forbruk i Norge, og fortsatt produserer og bruker vi gass. Fossile energivarer har blitt kostbare. CO<sub>2</sub> prisen er fortsatt lav. Olje- og gass-anlegg i drift har holdt det gående fordi de har vært billige å drive, men det har vært få eller ingen nye investeringer. Olje- og gassnæringen har kuttet kostnader betydelig i Norge og produserer nesten uten utslipp. Likevel har denne næringen mistet mye konkurransekraft fordi fornybar kraft har blitt billigere og billigere, og fordi olje- og gassnæringen ikke klarer å tiltrekke seg de største talentene. Mange flinke studenter vil jobbe innenfor de grønne næringene. Bedre sol- og vindteknologier kombinert med ny batteriteknologi har sørget for at prisene på denne energien har stupt. Man har lykket godt med energilagring. Mange nye former for energilagring er basert på hydrogen, høyde (pumpekraftverk) og trykk.

Vindkraftproduksjonen har økt betydelig og da særlig havmøller. Statkraft har fått en mer fremtredende rolle også internasjonalt, men Statoil hadde sin storhetstid på begynnelsen av 2000-tallet.

Digitalisering av el-nettet med integrering med solceller, el-biler og el-sykkel har ført til store framskritt. Biodrivstoff og hydrogen til privatbiler har ikke tatt helt av. Energisektoren leverer ikke lenger bare strøm til forbrukerne, men andre tjenester, der alt er integrert. Norske kraftselskaper fulgte ikke med i utviklingen, i motsetning til andre nordiske aktører. Delingsøkonomien spiller en stor rolle. Selskaper som Fortum og Hafslund tilbyr helt nye og digitaliserte tjenester.

En stor leverandørindustri har vokst fram, der man har funnet nye produkter å satse på. Hydrogen produseres i Grenlands-området basert på naturgass, der CO<sub>2</sub>-utslippene er redusert ved hjelp av CCS. Norge er blitt en stor leverandør av hydrogen til Europa, som har skjedd på bakgrunn av tverrpolitisk enighet om en slik satsning.



### **Boks 3. Energi, karbonfangst og -lagring.**

Sol-, vind- og biomasse-energi er passet inn i kraftsystemet slik at disse sammen med vannkraft gir størst kapasitet og fleksibilitet når sol og vind varierer. Noe av overskuddet i strømproduksjonen lagres som produsert hydrogen. Bioenergi blir viktigere, der bio-gass er en reserve når det er lite sol og vind.

Selv om CO<sub>2</sub>-fangst og -lagring har hatt et stort potensiale i Norge har teknologien hatt en trang fødsel på grunn av høye kostnader relativt til karbonprisen, og på grunn av konkurranse med andre teknologiske løsninger for å redusere CO<sub>2</sub>-utslippene, først og fremst billigere fornybar energi og mye høyere energieffektivitet både i produksjon og forbruk. CCS startet i olje- og gass-sektoren, men utviklingen har gått trått. Vi kom langt med karbonfangst og -lagrings løsninger til 2030, og etter 2040 har denne teknologien blitt vanlig. CCS er tilstrekkelig utviklet til å håndtere en del av utslippene fra fossil energibruk og industri. CCS og lagring av europeisk CO<sub>2</sub> under Nordsjøen har blitt en annen næringsvei. Prosessindustrien har utviklet og installert CCS. Biomasse-energi koblet til CCS er med på å fjerne noe CO<sub>2</sub> fra atmosfæren.

Noen flere strømkabler til kontinentet er bygd. Regulering av etterspørselen etter strøm over noen tidsintervaller vil hjelpe på leveringskapasiteten, som er viktigere enn før. På grunn av klimaendringene blir magasinering, flom-sikring, og integrering av systemene viktigere enn i dag.

Petroleumsnæringen har funnet sin rolle i omstillingen, som ledende på miljøvennlig drift, og utvikling av bedre energi-teknologier. Mer effektiv hydrogen-produksjon, til transport og industri, er en lovende næringsvei.

#### **3.2.2 Industri**

Vi har fortsatt prosessindustri i Norge. Verden trenger metaller og gjødsel. Fornuftige rammevilkår har gjort at prosessindustrien har null-utslipp innen 2050. Prosessindustrien i Norge er en del av EUs kvotemarked. EU har signalisert at reduksjonen blir ligge på minst 80 % til 2050. Vi beholder posisjonen basert på fornybar kraft, men denne sektorens andel av BNP har gått ned. Prosess-kjemiske virksomheter har blitt bio-baserte. Mange teknologiske nyvinninger har funnet sted i virksomheter som Borregaard. Petrokjemiske virksomheter har gått over til å bli biokjemiske. Det er stor konkurranse fra andre nordiske land og Canada. Det har blitt teknologiske sprang, blant annet på CCS og biomasse-CCS, men industrien har hatt behov for mye drahjelp fra myndighetene. CCS og biomasse-CCS er tilgjengelig i 2050, men utviklingen av disse teknologiene har vært avhengig av mye offentlig støtte.

#### **Boks 4. Prosess-industrien.**

Utslippene fra prosessindustrien ble kraftig redusert før 2050. Fossilt karbon er erstattet av nye reduksjonsmidler (som hydrogen). CCS fjerner en del av CO<sub>2</sub>-utslippene. Biomasse-karbon koblet til CCS bidrar i noen grad til netto fjerning av CO<sub>2</sub> fra atmosfæren. I tillegg har innfasing av inerte anoder ved aluminiumsproduksjon redusert utslippene av CO<sub>2</sub>. CCS ble mindre aktuelt enn mange forventet fordi utslippsfrie prosesser, fornybar strøm og biomasse kom raskt inn. Derfor har karbonprising, også gjennom kvotehandling, vært et mindre effektivt virkemiddel for å redusere klimagassutslippene enn for eksempel teknologi-standarder og offentlig støtte til forbedring av teknologiene.

Selv om det har kommet nye og bedre teknologier og strammere reguleringer har eldre anlegg kunnet produsere lenge fordi driften fremdeles var lønnsom.

Et godt samarbeid mellom myndighetene og industrien har vært avgjørende.

### **3.2.3 Havbruk**

Fiskeri har blitt viktigere for nasjonen. Fram til 2050 har havet skapt flest arbeidsplasser for oss som nasjon, særlig innen algeproduksjon og fiskeoppdrett. Vi har fått kontroll med luseproblematikken, og som en følge av det har vi tredoblet protein-mengden som blir produsert fra maritime ressurser –både i havet og på land. Oppdrettsnæringen produserer sitt eget fôr. Alger er bare en liten del av den maritime sektoren. Maritim sektor har forblitt arbeidsintensiv, men anleggene ble flyttet til havs. Industrien som leverte til olje og gass leverer nå til havbruksnæringen, som produserer mat og energi som bi-produkt.

### **3.2.4 Jordbruk**

Arealforvaltning er et satsningsområde. Norsk støtte til bevaring av regnskog i tropiske områder (REDD+) viste seg å være veldig viktig og har bygget mye kompetanse i Norge. Vi har utviklet en arealforvaltningskultur i Norge der vi har funnet en god balanse mellom produksjon og vern (inkludert karbon-negative løsninger). Kjøttforbruket har gått ned, og nordmenn spiser i gjennomsnitt to kjøttmiddager per uke. Arealknappheten tilsier høyere pris på landbruksprodukter. Mer av matproduksjon er industrielt basert. Landbruk er fremdeles litt puslete i Norge. Det er fortsatt jordbruksaktivitet ut fra en distriktpolitiske begrunnelse, i tillegg til noen strategiske hensyn til forsyningsikkerhet i en verden med mer press på jordbruksressursene. Klimagassutslippene fra landbruket har gått ned. Noe metanutslipp fra jordbruk er naturlig og regnes som karbonnøytralt.

### **Boks 5. Arealbruk og biomasse.**

Norges arealbruk og biomasse-bruk består av land (skog, jordbruk, beiteareal og bebyggelse) og vann. På land har urbaniseringstrenden fortsatt, og den økte befolkningen bor i tettere byer og regionale 'nav' der mange sektorer er knyttet tett opp mot hverandre. Det er også store endringer i arealbruken på havet og i distriktene.

*Matproduksjon:* Marin eller akvakultur-basert produksjon av protein er blitt stort, og overtar for noe av den landbaserte matproduksjonen. Fisk blir i økende grad dyrket i akvakultur, og kombinert med vegetabilsk matproduksjon i 'aquaponics'. Alge-produksjonen er økende for protein og farmasøytisk industri. Norge har effektivisert bruken av fjordene, der regulering av forsureningen med brevann og kalk gir økt produksjon. Fjordene spiller også lokalt en større rolle for kystbonden, som bruker alger bl.a. for gjødsel. Landbruket legges om til mindre kjøttproduksjon og økt vegetabilsk matproduksjon. Norge ligger relativt langt fremme i automatisering og robotisering av landbruket. Utvikling av dronebruk effektiviserer gjødsling og kjemikaliebruk, og øker proteinproduksjonen. Den sirkulære bio-økonomien sørger for mindre matsvinn, og økt gjenbruk av bio-ressurser i landbruket til fordel for en høyere produksjon. M.a.o. blir det produsert mer, kastet mindre, og arealbruken er mer intensiv og effektiv. Matproduksjonen forskyves til grønnsaksproduksjon og produksjon i havet. Som et resultat blir Norge nesten selvforsynt mht. matproduksjon.

*Skog:* Endringene i matproduksjon fører til store endringer i landbruksarealene. Skogens rolle i norsk klimaregnskap er fundamental, og den skogssatsingen gjør at 50 % av karbonutslippene kan bindes i skog. Det er også slutt på myr dyrking til fôr-produksjon, som sørger for at mye karbon også bindes i jorda og i biomasse. Den økte skog-biomassen blir også brukt til annet en energi, som f.eks. høyteknologisk produksjon av lignin til farmasi, cellulose til fôr og biodrivstoff, og til forskning. Skog blir også brukt i erosjonsvern.

*Tilpasning:* Fiskeriene fokuserer mer på andre arter, mens landbruket har blitt mer klimarobust enn skogbruket. Insekter, sopp og ekstremvær gjør skade i skogen, men ikke nok til å ha større økonomiske konsekvenser. Mer klimarobuste trær har blitt utviklet for å støtte den økte skogsatsningen.

### **3.3 Tilpasning**

Klimaendringer har ført til problemer for infrastrukturen, mest knyttet til ekstrem nedbør og skader fra flom. Prosessindustrien har merket lavere strømpriser på grunn av mer regn, men også mer skader på infrastruktur, og noen ringvirkninger knyttet til klimarelaterte hendelser hos våre handelspartnere, som forstyrrer produksjonen og vareleveranser.

Det har blitt mer hjemme-jobbing for folk når været er ekstremt. Transportløsningene kan ikke dimensjoneres for de mest ekstreme hendelsene - for eksempel ekstremt stort snøfall.

Man har kommet fram til avklaringer av ansvar, blant annet rollen til forsikringsselskapene, og gjort tiltak som forebygger klimarelaterte skader, samt fått til en bedre finansiering av tiltakene. Denne avklaringen har fjernet mye usikkerhet og har stimulert nye satsninger.

Infrastrukturen knyttet til vann og avløp er blitt mer robust og tilpasset endringer og større svingninger i vannkretsløpet, som har fulgt klimaendringene. Investeringer i grønn infrastruktur (naturbaserte løsninger, for eksempel parker og andre grønne arealer) i byene har redusert flomproblemene. Grønne arealer har også fordeler i form av bedre trivsel og en positiv effekt på folks helse. Stigning i havnivået har ført til noen problemer for infrastrukturen, og for næringslivet (for eksempel for raffinerier, som ligger nær sjøen). Mer klimarobust infrastruktur er derfor bygd ut.

Bygningene er mer klimarobuste. Norge har lyktes med fremtidsrettet politikk på plassering av bygg med hensyn til stigning på havnivået, og håndtering av flom nær vassdrag gjennom sterk statlig veiledning og bedre retningslinjer for kommuner og utbyggere.

I Norden har vi klart å tilpasse oss klimaendringene på en bra måte. Likevel har vi måttet akseptere en høyere risiko og flere dødsfall som følge av hendelser som skred og flom. På grunn av høye kostnader klarer vi ikke å forhindre alle slike klimavirkninger –det er for dyrt å hindre at alle kjellere skal fylles med vann ved ekstrem nedbør. Det er umulig for forsikringsbransjen å dekke alle kostnader knyttet til flom. Samfunnet har derfor funnet en god arbeidsdeling mellom private husholdninger, det offentlige, og forsikringsbransjen. Man bygger ikke lenger der man vet det er stor risiko for flom. Konsulentbransjen tjener penger på å hjelpe til med tilpasning (flom-sikring m.m.). NVE og Statkraft leverer kompetanse internasjonalt på flom-sikring.

Avfall er også redusert på mange måter, grunnet en bedre ressursutnyttelse globalt sett, og har blitt til en ny ressurs. Matavfall, som sto for en stor del av utslippene, reduseres langs hele produksjon og konsumlinjen. Bedre distribusjons- og forpakingssystemer, og et større fokus på næringsinnholdet og bruk av all mat fremfor 'pen' mat, der EUs regler på form og utseende har blitt endret, bidrar til redusert avfall. Reststoffer blir fanget opp og re-introduert i systemet og lenket opp mot andre sektorer gjennom energivinning, proteingjenvinning, og brukt som gjødsel. Gjennom økt satsing på bærekraftige og gjenbrukbare materialer har også avfall fra ikke nedbrytbare produkter gått ned, som f.eks. trevirke, som i økende grad blir brukt i plast- og gummiproduksjon, og som erstatning for plast.

### **Boks 6. Bygninger - Slik bor vi i 2050.**

- \* Bygg er en viktig sektor med muligheter for store bidrag til avkarbonisering.
- \* Huset ditt produserer mer energi enn du selv trenger.
- \* Smarte styringssystemer løser mange av hjemmets små og store problemer.
- \* Bilen er hjemmets batteri.
- \* Huset ditt utveksler energi med naboen.
- \* De aller fleste materialene inngår i kretsløp.

Norske nabolag ser ikke veldig annerledes ut i 2050 enn 2016. Opp mot 80 % av husene står fremdeles. Likevel er energiforbruket og klimautslippene fra bygg kraftig redusert. Nye bygg er såkalte nullutslipp-hus. Et nullutslipp-hus kompenserer for utslipp i forbindelse med produksjon av byggematerialer, oppføring, vedlikehold, drift og gjenvinning av brukte materialer. Huset produserer mer ren fornybar energi enn det bruker selv. Denne energien brukes enten av eldre hus i samme nabolag eller som drivstoff i el-bilen. Nabolagene er altså koblet sammen i såkalte 'zero emission neighborhoods', som utnytter at bygg har forskjellige forbruksmønstre og utveksler energi mellom hus, og mellom hus og biler ved behov.

Byggematerialer framstilles nesten uten klimagassutslipp. Gjennom en kombinasjon av CCS og at nyere betong absorberer mer CO<sub>2</sub> under tørking, har produsentene klart å fremstille nullutslipps-betong. Denne betongen har mindre behov for armering, noe som ytterligere reduserer utslippene. De aller fleste materialene som er produsert etter 2025 kan gjenbrukes/resirkuleres og inngår i mer eller mindre faste kretsløp. Nær halvparten av materialene aluminium, stål, gips og glass som er i omløp brukes i bygg. Disse kretsløpene utgjør derfor en vesentlig del av den sirkulære økonomien. At byggematerialene er CO<sub>2</sub>-gjerrige og ressurseffektive er en stor fordel for nullutslipp-hus – det reduserer nemlig kravene til ekstra energiproduksjon.

Vi sluttet å bygge mange små boliger på begynnelsen av 2020-tallet. De siste 30 årene har det vokst frem fleksible bomiljøer der antall private rom er redusert, mens antall flerbruksrom er økt. For eksempel er det ikke lenger vanlig med store spisestuer, nå som mange bomiljøer har selskapslokaler man kan låne.

I de nye husene er hverdagen blitt mye enklere. Tingenes internett og smart bruk av informasjonsteknologi gjør at oppgaver som før tok mye tid, nå løses automatisk. Innkjøp av mat er i stor grad automatisert. Roboter tar husarbeidet, og familie-logistikken blir lett takket være kunstig intelligens.

### **Boks 7. Bygninger - Hvordan klarte vi omstillingen?**

Allerede på begynnelsen av 2000-tallet vedtok Norge at kravene til nye bygg gradvis skulle strammes til. TEK15 hadde krav om nær passiv-hus. Fra 2020 ble det krav om nær nullutslipp i driftsperioden, og fra 2030 har alle nye hus måttet være nullutslipp-hus i et livsløpsperspektiv. Disse kravene var ikke nok alene. Alle aktører i bygge-kjeden skal tjene penger på hverandre. Det skapte mye mistillit, og kommunikasjonen mellom aktørene var dårlig. Enova og Siva iverksatte tiltak for at aktørene skulle snakke bedre sammen, og myndighetene innførte virkemidler som øke samspillet og samarbeidet i sektoren.

For det andre var det viktig å finne forretningsmodeller som gjorde det attraktivt å være fleksibel. For at utvekslingen av energi i 'zero emission neighborhoods' skulle skje optimalt var vi nødt til å gjøre det mer lønnsomt å dele enn å spare på energi. Disse forretningsmodellene omfatter både profesjonelle aktører og enkeltindivider.

Det ble stilt smartere krav gjennom store offentlige innkjøp. Siden 2020 har det offentlige blitt flinke til stille funksjonsbaserte krav heller en produktbaserte krav. Det har gitt raskere utvikling av nye produkter og har også bidratt til næringsutvikling.

## **3.4 Rammevilkår og instrumenter**

Myndighetene har laget en forpliktende plan for å bygge landet om til et lavkarbon samfunn. På grunn av Norges naturressurser er dette mindre krevende enn for de fleste andre land. På den andre siden er det 'stivhengighet' i petroleumsvirksomheten, som har gjort det krevende å redusere. Offentlige virkemidler har vært nødvendige for å støtte tilstrekkelig teknologiutvikling. Virkemidlene er komplementære, for eksempel skogpolitikk som støtter industriell omstilling. Staten ble en aktiv bidragsyter i det grønne skiftet gjennom store forbedringer i politisk helhetstenkning og endringer i skattelegging, bl.a. for å stimulere endringer i forbruk og reisevaner. Det er blitt 100 % satsing på klima, der staten har lagt til rette for grønn utvikling i transport, bygg, og endringer i arealbruk som har betydd mye for nasjonalt klimaregnskap.

Gjennom sterk statlig styring, en bedre samordnet stat, og bruk av insentiver og et tydelig system har Norge fått rammevilkårene på plass for å kunne satse på vann som Norges og kommunenes nye grønne energivare. Den nødvendige FoU-satsingen ble finansiert blant annet gjennom øremerking av skatt, som et nytt vann- og avløpsgebyr.

Selv om transport har gått over på ikke-fossile brennstoffer, har mye tøffere rammer for transport, arealplanlegging og stedsutvikling vært nødvendige. Befolkningen har i økende grad bosatt seg i urbane sentre eller regionale nav med integrerte aktiviteter.

For stor støtte til fornybar energi har periodevis ført til en uhensiktsmessig lav pris på strøm. Samarbeid med EU i klimapolitikken har alt i alt ført til økt norsk innsats, selv om dette samarbeidet har fristet til å legge stor vekt på finansiering av tiltak i andre land framfor tiltak i Norge.

For petroleums-næringen har tilgang på lete-arealer i Nordsjøen vært avgjørende. Myndighetene har stimulere teknologiutvikling, blant annet gjennom støtte til pilot-anlegg, men med mest



mulig nøytrale ordninger over teknologier og næringer. Man har prøvd å unngå sær-norske løsninger.

Global asymmetri i klimapolitikken har ført til selektive tiltak for prosessindustrien. Global løsning og karbonpris har vært nødvendig, og systemet må være forutsigbart. Prosessindustrien er sårbar for utgifter knyttet til kvotesystemer eller karbonskatt, som kan føre til industri-lekkasje til de landene som har svakest klima- og energipolitikk. Siden norsk produksjon er mer effektiv enn i andre land vil slik lekkasje lett kunne øke de globale utslippene. Staten har styrt FoU-retningen for Norge. Forutsigbare rammevilkår og tilstrekkelig offentlig stimulering til omstillings av industrien har vært avgjørende.

### 3.5 Barrierer

Kommunikasjon mellom myndigheter og befolkningen har vært vanskelig og en hindring for grønn omstilling. Et eksempel er publikums skepsis til et oppgradert avløpsnett for vann fordi dette betyr store kostnader og omfattende gravearbeider med redusert fremkommelighet på kort sikt, mens de store fordelene kommer senere. Klimaproblemene krever omfattende og langsiktige løsninger. God tillit til politikerne er nødvendig for at innbyggerne skal støtte en omstilling for å kunne ivareta det kollektive ansvaret, siden dette på kort sikt kan medføre noen ulemper.

Det er stor usikkerhet knyttet til politikk og reguleringer, noe som er en utfordring for blant annet energisektoren. Forutsigbare rammevilkår, som legger godt til rette for langsiktig tenkning og investeringer, er fundamentalt. De viktigste barrierene mot grønn omstilling er: manglende kunnskap og motstridig innstilling til utfordringene vi står overfor; manglende samspill mellom næringslivet og myndighetene nasjonalt og internasjonalt; utilstrekkelige og for kortsiktige insentiv-ordninger for å stimulere bedriftenes og folks omstilling; og manglende strategisk satsing på noen områder, for eksempel hydrogen, CCS, og digitalisering.

De viktigste driverne for den grønne omstillingen er teknologisk endring stimulert av teknologi-standarder, offentlig støtte, og karbonprising. Kvotesystemer med lave priser har hatt liten effekt. På grunn av store forskjeller mellom bransjer må reguleringene i hovedsak være på bransjenivå.

### 3.6 Familien i 2050

Det er ikke radikale endringer i livet til en vanlig norsk husholdning. Av hensyn til miljøet og på grunn av interessene til folk har vi klumpet oss sammen i byer, slik at flere bor i byer i 2050. Oslo har blitt en millionby. Delingsøkonomien, internett-baserte teknologier, og sosiale media er blitt stadig viktigere. Norske familier har måttet omstille seg når det gjelder reisevaner og kosthold. Det er større segregering i samfunnet. Mye har skjedd innenfor medisin og velferd. Levealderen har økt, man spiser andre ting, man forbruker mindre, og man er del av en sirkulært system. Husholdningene har blitt mer bærekraftige. Det er andre og bedre rekreasjonsmuligheter enn tidligere.

På grunn av den økte befolkningen og automatiseringen i forskjellige sektorer har arbeidsdagene endret seg mot en tredagers arbeidsuke. Mange jobber også hjemmefra. Det er mer fleksibilitet i hvordan vi jobber, og ikke det samme grad av pendling som vi hadde i 2016. Samfunnet har blitt mer segregert, med desentraliserte sosiale media og 'apper', etc. På den andre siden har kompakte, grønne byer mange sosiale fordeler, blant annet i form av møteplasser for folk.

Mange av husholdningene produserer strøm fra sol og vind som periodevis leveres på nettet. De er derfor både forbrukere og produsenter (såkalte 'prosumers'). Boligene har blitt bedre isolerte, mer klimavennlige, og har innebygde løsninger for vannresirkulering. Energibruken er også bedre tilpasset og automatisert i forhold til uteklimaet og familiens tilstedeværelse (tar for eksempel hensyn til arbeidstimene eller ferie i reguleringen av temperatur og ventilasjon).

Det finnes færre biler blant folk, noe som sparer masse plass og har ført til triveligere bymiljø. Gjenbruk, reparasjoner og delingsordninger har blitt viktigere.

For en gjennomsnittsfamilie i Norge i 2050 er det mange lokale løsninger, med økt bruk av regnvann, og med mye mindre behov for å transportere vann i lange rør som i dag. Mange husholdninger har installert lokal håndtering av våtorganisk avfall gjennom separate rørsystem, og de har en liten biogassreaktor og et veksthus for å kombinere lokal avfallshåndtering, matdyrking og energiproduksjon. Avanserte løsninger for distribusjon, avfallshåndtering og sortering har blitt introdusert. Men gjenbruk på husholdningsnivå er lite effektivt, og skjer derfor på forskjellig nivåer i samfunnet; ofte direkte mellom sektorer.

## Litteratur

Miljødirektoratet (2014), Kunnskapsgrunnlag for lavutslippsutvikling, Rapport M-229, Oslo.

<http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M229/M229.pdf>

New Climate Economy (2015), Better Growth – Better Climate, The New Climate Economy Report, The Synthesis Report, the Global Commission on the Economy and Climate.

[http://newclimateeconomy.report/2014/wp-content/uploads/2014/08/BetterGrowth-BetterClimate\\_NCE\\_Synthesis-Report\\_web.pdf](http://newclimateeconomy.report/2014/wp-content/uploads/2014/08/BetterGrowth-BetterClimate_NCE_Synthesis-Report_web.pdf)

Norsk Industri (2016), Veikart for prosessindustrien – Økt verdiskaping med nullutslipp i 2050.

[https://www.norskindustri.no/siteassets/dokumenter/annet/veikart-for-prosessindustrien\\_web.pdf](https://www.norskindustri.no/siteassets/dokumenter/annet/veikart-for-prosessindustrien_web.pdf)

O'Neill, B., E. Kriegler, K.L. Ebi, E. Kemp-Benedict, K. Riahi, D.S. Rothman, B.J. van Ruijven, D.P. van Vuuren, J. Birkmann, K. Kok, M. Levy, W. Solecki (2015), The roads ahead: Narratives for shared socioeconomic pathways describing world futures in the 21st century, Global Environmental Change.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.01.004>

Xyntéo (2013), Climate Science – A perspective for business leaders.

[http://www.statkraft.com/globalassets/old-contains-the-old-folder-structure/documents/en/climate-science-report\\_tcm10-28821.pdf](http://www.statkraft.com/globalassets/old-contains-the-old-folder-structure/documents/en/climate-science-report_tcm10-28821.pdf)



### **CICERO (Center for International Climate and Environmental Research - Oslo)**

CICERO (Center for International Climate and Environmental Research - Oslo) was established by the Norwegian government in 1990 as a policy research foundation associated with the University of Oslo. CICERO's research and information helps to keep the Norwegian public informed about developments in climate change and climate policy.

The complexity of climate and environment problems requires global solutions and international cooperation. CICERO's multi-disciplinary research in the areas of the natural sciences, economics and politics is needed to give policy-makers the best possible information on which to base decisions affecting the Earth's climate.

The research at CICERO concentrates on:

- Chemical processes in the atmosphere
- Impacts of climate change on human society and the natural environment caused by emissions of greenhouse gases
- Domestic and international climate policy instruments
- International negotiations on environmental agreements

CICERO (Center for International Climate and Environmental Research - Oslo)

P.O.Box 1129 Blindern, N-0318 Oslo, Norway

Visiting address: CIENS, Gaustadalléen 21, 0349 Oslo

Telephone: +47 22 00 47 00

E-mail: [post@cicero.oslo.no](mailto:post@cicero.oslo.no)     [www.cicero.uio.no](http://www.cicero.uio.no)