Transportøkonomisk institutt
Stiftelsen Norsk senter for samferdselsforskning

NORSK Sammendrag

Metoder, prosesser og eksempelberegninger for å analysere strategier mot en karbonnøytral transportsektor i 2050

Nye modelleringsmuligheter

TØI rapport 2119/2025 • Forfattere: Paal Brevik Wangsness, Anne Madslien, Wiljar Hansen, Christian Steinsland, Niels Buus Kristensen, Inger Beate Hovi, Bjørn Gjerde Johansen, Daniel Ruben Pinchasik, Askill Harkjerr Halse • Oslo 2025 • 127 sider

Hvordan planlegger man for en karbonnøytral tronsportsektor i 2050? Man har gjerne en prosess for å identifisere de relevante virkemiddelpakkene som kan drive transportsektoren mot målet. En slik prosess kan gjerne kalles for *backcasting*. I dette prosjektet videreutvikler vi backcastingsprosessen ved å konkretisere ulike strategier eller virkemiddelpakker på et vis som gjør at de kan testes ut i transportmodeller og makroøkonomiske modeller. På den måten kan effektene av strategiene vurderes kvantitativt og helhetlig.

Vi har utviklet en prosess for koordinert kjøring av de ulike modellene som et samlet modell-apparat, ofte kalt soft-linking. Med modellapparatet har vi testet ut fire ulike eksempelstrategier. Soft-linking av modellene fungerer etter hvert godt og gir rimelige, konsistente resultater. Selv om enkelte deler av modellapparatet fortsatt trenger videreutvikling, vurderes helheten som et solid grunnlag for videre arbeid. Metoden demonstrerer at kombinasjonen av backcasting og eksisterende modellverktøy kan brukes til å analysere strategier for transport-sektoren og danne et faglig fundament for videre utvikling av Nasjonal transportplan.

Samferdselsdepartementet er i 2025 i en prosess med å undersøke hvorvidt «visjonsstyrt» planlegging kan være en del av norsk transportplanlegging. De har gitt et **metodeoppdrag** til transportvirksomhetenes felles metodegruppe for Nasjonal transportplan om å undersøke i hvordan og i hvilken grad det faglige grunnlaget for å vurdere måloppnåelse og fremtidig transportetterspørsel kan forbedres. Dette innebærer å prøve ut en backcastingsprosess og undersøke hvilke metoder som er best egnet til å støtte opp om visjonsstyrt planlegging. Denne rapporten dokumenterer TØIs bistand til dette oppdraget. Bistanden er knyttet til å:

1. etablere en metodikk for overgang fra backcasting til modell og analyse
2. etablere en prosess for bruk av et større batteri av transportmodeller og en regional-økonomisk generell likevektsmodell

3. teste ut denne nye modelleringsprosessen på en rekke forskjellige eksempelstrategier for å oppnå en karbonnøytral transportsektor innen 2050 mens Norge som helhet omstiller seg til lavutslippssamfunnet
4. teste ut hvordan man kan vurdere samfunnsnytte av et knippe eksempelprosjekter når man legger til grunn forskjellige eksempelstrategier.

En 8-trinns-prosess for å velge ut virkemidler til strategier

Rapporten beskriver en **8-trinns prosess som skal muliggjøre analyse av ulike strategier** mot lavutslippssamfunnet gjennom bruk av modellene RTM, NTM6, NGM og NOREG 2. Denne prosessen har til formål å hjelpe det overordnede strategiske arbeidet med å gå fra tidligfase-arbeidet med bl.a. analyser av trender, kvalitativ utvikling av scenarier og definering av mål til å kunne **identifisere strategier med konkrete virkemiddelpakker som kan analyseres i kvantitative modeller**. Parallelt ble det utviklet et Excel-verktøy til å støtte prosessen, slik at man på systematisk vis kan gjøre vurderinger (både individuelt og i grupper) og ta avgjørelser ved hvert trinn i prosessen fram mot de modellbaserte analysene. I denne Excel-fila er det også laget en omfattende bruttoliste med potensielle virkemidler, med beskrivelser av hvordan de kan implementeres i modellene.

Prosessen i de åtte trinnene er skissert under. I rapporten er alle disse åtte punktene beskrevet og utdypet ved hjelp av et «gjennomgående eksempel».

1. **Etabler referansebane – både «frozen policy» (Steg 0) og implementeringen av relevante EU-krav (Steg 1).** Basert på ulike kilder kan man etablere framskrivninger av innfasingen av mer klimaeffektiv- og nullutslippsteknologi i ulike deler av transportsektoren i et scenario hvor dagens politikk holdes uendret fram mot 2050. Videre må det vurderes hvordan referansebanen vil se ut dersom vedtatt EU-politikk, spesielt ReFuelEU Aviation og FuelEU Maritime, blir implementert i Norge.

2. **Analyser gjenværende utslipp i 2050.** Hvis hovedmålet for strategiene er å oppnå null utslipp fra transportsektoren innen 2050, så vil hovedfokuset være på tiltak hos de transportformene som har mest gjenværende utslipp. For de transportformene som har en (tilnærmet) 100 % utslippsfri kjøretøyflåte i god tid før 2050, vil det være liten effekt av ytterligere tiltak som adresserer deres utslipp.

3. **Vurder hvilke *tiltak* som adresserer disse gjenværende utslippene**. For transportsektoren har Miljødirektoratets arbeid med Klimatiltak munnet ut i totalt 31 tiltak (27 tiltak for landtransport og luftfart og 4 tiltak for sjøfart). Dette har fungert som utgangspunkt i det gjennomgående eksempelet hvor vi kun har forholdt oss til de foreliggende tiltaksbeskrivelsene fra Miljødirektoratet.

4. **Kvalitativt vurdér størrelsesordenen på tiltakenes effekt.** Basert på kvalitativ scoring får vi systematisert individuelle vurderinger av hvor stort utslag ulike tiltak kan forventes å gi for gjenværende utslipp for et gitt transportmiddel (f.eks. lastebiltransport). Det er laget et opplegg i det støttende Excel-verktøyet for konsekvent gjennomføring. I oppsettet vil den kvalitative scoren man gir oversettes til en prosentvis reduksjon av gjenværende utslipp for et gitt transportmiddel.

5. **Velg ut de tiltakene som har vesentlig effekt.** Dette er et trinn for prioritering. Basert på de kvalitative vurderingene i trinn 4 kan prosjektgruppa velge ut de tiltakene som er vurdert til å ha en tilstrekkelig effekt.

6. **Undersøk virkemidler som stimulerer tiltakene/tilpasningene.** Miljødirektoratet har skissert en rekke med virkemidler som underbygger hvert tiltak. Arbeidsgruppen kan hente fram de virkemidlene som Miljødirektoratet beskriver i forbindelse med hvert av

tiltakene som i forrige trinn vurderes og ha vesentlig effekt, og supplere med flere. Nettopp disse virkemidlene skal være en viktig del av strategiene for å eliminere de gjenværende utslippene i referansebanen.

7. **Sett sammen kombinasjoner av virkemidler for de 4 strategiene.** Premisser:

   a) Hver strategi skal resultere i at direkte utslipp fra transportsektoren som reduseres til tilnærmet null i 2050, eller i hvert fall minst 90 % lavere enn 1990-nivået (iht. klimaloven). Eksempelstrategiene har ikke indirekte utslipp utenfor transportsektoren, som en del av sin målformulering, men det legges fortsatt til grunn at det brukes sterke klimapolitiske virkemidler (en høy CO_2-avgift) ellers i økonomien for at modelleringen skal fange opp at norsk økonomi er en omfattende klimaomstilling fram mot 2050.

   b) I praksis vil dette bety at all transport baserer seg på nullutslippsteknologi eller 100 % innblanding av nullutslippsdrivstoff. Dette vil gjelde for alle strategier.

   c) I 2050 har man for alle praktiske formål et absolutt krav om nullutslippsløsninger ved transport i Norge.

   d) Sentrale aspekter som vil skille disse strategiene fra hverandre er:

      i. Hvem som tar regningen – blir det transportbrukere eller skattebetalerne?

      ii. Hva blir det resulterende omfanget av mobilitet og frakt i sektoren?

      iii. Hvordan blir sammensetningen av mobilitet og frakt fordelt på ulike transportmidler?

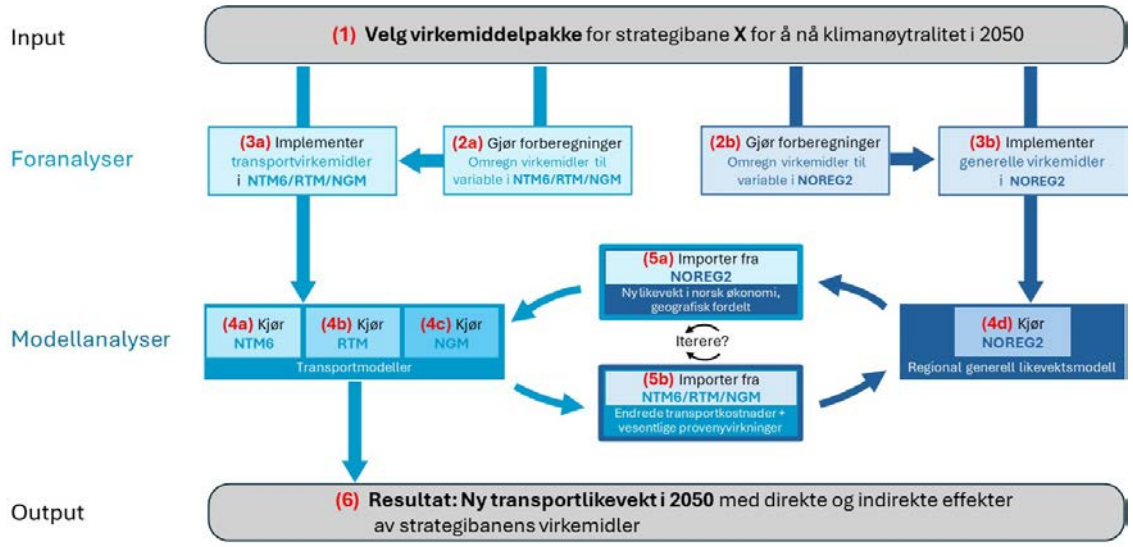
   Resultatet fra dette trinnet gjennom våren 2025 resulterte i at følgende virkemiddelpakker er vurdert til videre modellering i strategibanene, der vi tar utgangspunkt i «UFF-rammeverket» (Unngå, Flytte, Forbedre).

Tabell S 111: Virkemiddelpakker i 2050 i de ulike strategiene som er modellert i metodeprosjektet.

Nr.	Virkemiddelbeskrivelse	Teknologi-banen «Forbedre» (F)	Den balanserte banen (UFF)	Redusere-banen (UF)	Kostnads-effektivitet-banen (KE)
1	Økte CO2-avgifter og EU-ETS kvotepriser på andre sektorer	Ja	Ja	Ja	Ja (2)
2	Krav til nullutslippsløsninger for lastebiler	Ja	Ja	Ja	
3	Krav til nullutslippsløsninger for godsskip og passasjerferger	Ja	Ja	Ja	
4	Innfasing av SAF utover EU-kravet i luftfarten, opptil 100 %	Ja	Ja	Ja	
5	Passasjeravgift for å finansiere innfasing av SAF utover EU-kravet		Ja	Ja (1)	
6	Subsidiering av merkostnad til nullutslippsløsninger med påfølgende skattebyrde	Ja			
7	Distansebasert veiprising for personbiler		Ja	Ja (1)	Ja
8	Distansebasert veiprising for lastebiler		Ja	Ja (1)	Ja
9	Arealrestriksjoner og mer fortettet bosetning		Ja	Ja	Ja
10	Sterkere restriksjoner på bygging og arealbruk			Ja	
12	Tilrettelegging for at mer hjemmekontor skal erstatte bilreiser		Ja	Ja (1)	
13	Tilrettelegging (eller krav) for at digitale møter skal erstatte flyreiser		Ja	Ja (1)	
19	Reduserte satser på tog og langdistanse-busser på strekninger og tidspunkter med ledig kapasitet		Ja	Ja	
62	Krav om elfly på kortbanenettet (men bare hvis vurdert som billigere enn SAF)	Ja			
63	Krav til nullutslippsløsninger på dagens strekninger med dieseltog	Ja	Ja	Ja	
64	Distansebasert prising av marginale skadekostnader for tog			Ja	Ja
65	Distansebasert prising av marginale skadekostnader for skip			Ja	Ja

(1) Sterkere enn i UFF
(2) Potensielt høyere enn i de andre strategiene, da ingen absolutte krav til nullutslippsteknologi

8. **Detaljberegn CO_2-effekten og andre effekter av strategiene i modeller, og iterer imellom modellene.** I dette trinnet vil det omfattende modelleringsarbeidet bli gjennomført ved bruk av RTM, NTM6, NGM og NOREG 2. Vi ønsker å modellere hvordan 2050-likevekten i vårt fremtidsscenario endrer seg fra «Frozen Policy»-Referansebanen (Steg 0) til Vedtatt-EU-politikk-banen (Steg 1) og til de fire strategibanene. En idealisert fremstilling av dette modelleringsarbeidet vises i figuren under:



Innsikter fra 8-trinnsprosessen

Innsikt 1: Uavhengig av om ReFuelEU Aviation og FuelEU Maritime (Steg 1) vurderes som en del av en referansebane, eller som en felleskomponent i alle strategiene, så vil denne vedtatte EU-politikken være svært utslagsgivende. Den vil sannsynligvis bidra til de største utslippskuttene på veien fra Referansebanen (med «frozen policy») til en transportsektor med null utslipp. Den vil dermed naturligvis også drive fram størsteparten av de samlede kostnadene knyttet til å oppnå lavutslippssamfunnet.

Innsikt 2: Dersom målet er null utslipp fra transport i 2050, så er det tvingende nødvendig at all transport som gjennomføres er basert på nullutslippsløsninger. Det betyr at transporten må ha en CO_2-intensitet på null per energienhet brukt, f.eks. basert på elektrisk fremdrift, avansert biodrivstoff, syntetisk drivstoff eller muskelkraft ved aktiv transport. Dette følger av en såkalt «transport emission identity», her vist for persontransport:

GHG = Transportarbeid x Drivstoffeffektivitet x Drivstoffets CO_2-intensitet

(tCO2e) (10^6 personkm) x (MJ/personkm) x (gCO_2e per MJ)

For at utslipp skal komme helt ned til null må minst en av komponentene i identiteten drives ned til null. Gitt at det fortsatt skal være transport, og det ikke kan gjennomføres transport uten noen form for energi, må nødvendigvis *Drivstoffets CO_2-intensitet* drives ned til null.

I UFF-tankegang (Unngå-Flytte-Forbedre) vil dette bety at Forbedre er nødt til å spille en vesentlig rolle for å oppnå målet om null utslipp i 2050. Hvor mye man reduserer gjennom Unngå og Flytte i 2050, *utover det som drives fram av kostnadene knyttet til tilstrekkelig Forbedre*, er et spørsmål om samfunnskostnader og omfordeling. Derimot kan fordelingen mellom Unngå, Flytte eller Forbedre ha betydning for utslippsvolumene mellom 2025 og 2050.

Innsikt 3: Når man skal analysere en transportsektor med null utslipp i 2050, og legger til grunn at målet skal nås, kan man for alle praktiske formål modellere dette som et *absolutt krav til nullutslippsløsninger i 2050 for alle transportformer*. Om man tar utgangspunkt i en CO_2-avgift som er ekstremt høy eller et absolutt krav vil dermed ikke ha noe å si i 2050, da all transport med CO_2-utslipp uansett må være skiftet ut. Med en slik «hjørneløsning» i 2050, har det heller ingenting å si for kostnadseffektiviteten. Dermed vil et absolutt krav til nullutslippsløsninger i 2050 for alle transportformer være blant de mest sentrale virkemidlene for å ha en utslippsfri transportsektor i 2050. Dette gjelder for strategiene Teknologibanen, UFF-banen og UF-banen.

Innsikt 4: Hvordan kostnadene av å overholde absolutte krav til nullutslippsløsninger i 2050 for alle transportformer blir fordelt, er en svært viktig skillelinje mellom ulike strategier. Hvis disse kostnadene belastes bruken av transport (som i UFF og UF-strategien), så vil det stimulere til en rekke «Flytte»- og «Unngå»-tilpasninger. Hvis derimot transportbrukerne skal skjermes, men merkostnadene heller dekkes av subsidier fra staten (som i Teknologibanen), vil det derimot ikke bli noe direkte insentiv til å gjøre noen «Flytte»- og «Unngå»-tilpasninger. Den økte skattebyrden som må til for å dekke subsidiene vil imidlertid gi en indirekte effekt ved redusert transportetterspørsel gjennom redusert disponibel inntekt.

Innsikt 5: For en konsistent analyse av strategier, må teknologiutviklingen forutsettes som eksogen. Det betyr at enhetskostnadene for f.eks. *Sustainable Aviation Fuel*, elektriske lastebiler eller karbonnøytral ammoniakk til skipsfarten forutsettes å være identiske i 2050 uavhengige av strategi. Det som imidlertid skiller strategiene, er hvem som tar regningen og hvordan det påvirker øvrige tilpasninger både i transportsektoren og annen økonomisk aktivitet.

Innsikt 6: Foreliggende framskrivinger indikerer at de mest vesentlige gjenværende utslipp i 2050 i Referansebanen med «Frozen Policy» vil komme fra luftfart, og godstransport med lastebil og skip. Dette indikerer at strategier for en transportsektor med null utslipp i 2050 bør prioritere virkemidler for å redusere nettopp disse utslippene.

Innsikt 7: Basert på foreliggende framskrivinger vil nullutslippsløsninger for noen transportformer være billigere i drift i 2050 enn nåværende fossilbaserte løsninger. Dette gjelder bl.a. elektriske lastebiler og elektrifiserte dieseltogstrekninger. Imidlertid vil det være kostnader knyttet til investeringer i lade- og fylleinfrastruktur som må gjøres i tidsrommet mellom nå og 2050. Hvordan disse kostnadene dekkes vil dermed ha mye å si for transportmiddelfordelingen i de ulike strategiene. Dersom kostnadene dekkes av skattebetalerne (som i Teknologibanen) vil transportlikevekten i 2050 bli preget av en (relativ) økning i transportformene som får lavere driftskostnader (f.eks. lastebiler). Bildet kan bli annerledes hvis investeringskostnadene til lade- og fylleinfrastruktur blir veltet over på transportbrukerne (som i Kostnadseffektivitetsbanen).

Konklusjon

Rapporten har vurdert i hvilken grad prosessen fra kvalitativ backcasting til kvantitativ modellering gir en tilfredsstillende operasjonalisering av strategier. Erfaringene viser at metodikken fungerer godt som et strukturert rammeverk for å utvikle logisk konsistente virkemiddelpakker tilpasset ulike strategiprofiler. Gjennom de første seks trinnene i åttetrinnsprosessen sikres en stringent tilnærming til å identifisere og prioritere tiltak som adresserer de gjenværende utslippene i referansebanen. Dette bidrar til å rette oppmerksomheten mot virkemidler med størst effekt og til å utforme strategier som er målrettede og sammenhengende. Metoden har også vist seg egnet til å beskrive virkemidlene på en måte som gjør dem implementerbare i de kvantitative modellene, slik at strategiene kan vurderes helhetlig og sammenlignes på tvers.

Prosessen viser at de eksisterende transportmodellene, som tradisjonelt har vært brukt innen «predict and provide»-planlegging, også kan anvendes i visjonsstyrt planlegging når de kobles til en systematisk backcasting-tilnærming. Ved å kombinere kvalitativ strategiutvikling med et videreutviklet, soft-linket modellapparat kan man kvantifisere effekter, kostnader og robusthet for ulike strategier. UFF-rammeverket (Unngå–Flytte–Forbedre) har vist seg nyttig for å strukturere virkemiddelvurderingene. Analysene illustrerer at *Forbedre* er en nødvendig hoveddriver for å nå målet om nullutslipp i 2050, mens graden av *Unngå*- og *Flytte*-tilpasninger avhenger av det framtidige kostnadsnivået for nullutslippsløsninger og hvorvidt strategien legger vekt på andre aspekter, som areal- og energibruk, i tillegg til klimagassutslipp.

Soft-linking-prosessen mellom modellene viser at de fungerer godt samlet sett. Til tross for noen oppstartsvansker er det oppnådd en mer strømlinjeformet samkjøring mellom modellene, og resultatene fremstår som rimelige og internt konsistente. Særlig verdifullt er koblingen mellom NOREG 2 og transportmodellene, som gjør det mulig å analysere hvordan ulike virkemidler påvirker næringsstruktur og godstransport. NOREG 2 kan undervurdere de samlede omstillingskostnadene, men gir et troverdig bilde av retningen på økonomiske endringer. De fire eksempelstrategiene viser tydelige og logiske forskjeller i hvordan en karbonnøytral transportsektor kan oppnås, og modellapparatet fanger opp disse forskjellene på en konsistent måte.

Samlet vurderes metodikken og modellopplegget som et solid grunnlag for videre arbeid. Prosessen viser at det er mulig å bygge bro mellom kvalitativ backcasting og kvantitativ modellering, og at soft-linking av eksisterende modeller kan gi relevante og troverdige resultater for fremtidige strategier. Med noe videreutvikling og kalibrering vil modellapparatet være godt egnet til å analysere gjennomarbeidede strategier i kommende faser av Nasjonal transportplan.