



MILJØ-
DIREKTORATET

RAPPORT

M-620 | 2016

Tiltakskostnader for elbil

Samfunnsøkonomiske kostnader ved innfasing av elbiler i personbilparken



KOLOFON

Utførende institusjon

Miljødirektoratet

Oppdragstakers prosjektansvarlig

Miljødirektoratet

Kontaktperson i Miljødirektoratet

Siri Sorteberg/Hans Aasen

M-nummer

620

År

2016

Sidetall

72

Utgiver

Miljødirektoratet

Forfatter(e)

Kenneth Birkeli, Borge Håmsø, Liv-Elisif Kalland, Are Lindegaard, Daniel Molin

Tittel

Tiltakskostnader for elbil - Samfunnsøkonomiske kostnader ved innfasing av elbiler i personbilparken

Sammendrag

I denne rapporten belyser vi de samfunnsøkonomiske kostnadene ved innfasing av batterielektriske biler (elbiler) til erstatning for bensin eller diesel personbiler i perioden fram mot 2030. Kostnadseffektiviteten er uttrykt som kostnad per tonn utslippsreduksjon i Norge målt i CO₂-ekvivalenter. Anslaget kan brukes for å sammenlikne og rangere alternative tiltak som kan gjennomføres for å nå et mål. Den gjennomsnittlige samfunnsøkonomiske tiltakskostnaden i perioden 2016-2030 er beregnet å være mellom 600 og 1100 kroner per tonn CO₂-ekvivalenter, noe som plasserer tiltakene i den midtre kostnadskategorien (500-1500 kr/tonn CO₂-ekv.) som brukes i Miljødirektoratets analyser.

4 emneord

Elbil Klimatiltak CO₂-reduksjon Tiltakskostnad

Forsidefoto

Kjersti Dørumsgard Moxness/Miljødirektoratet

Sammendrag

Transportsektoren står for en fjerdedel av klimagassutslippene i Europa og for en tredjedel av utslippet i Norge. Mot 2030 skal klimagassutslippene reduseres kraftig og overgangen til elektriske kjøretøy vil spille en viktig rolle i avkarboniseringen av transportsektoren. Tiltaksanalyser kan belyse hva som er rimelige og kostbare klimatiltak og slik sett styrke beslutningsgrunnlaget for hvilke tiltak som bør innføres. Det har vært behov for å oppdatere tiltakskostnaden for elbil i lys av den raske utviklingen som skjer i personbilmarkedet.

I rapporten "*Klimatiltak og utslippsbaner mot 2030*" (Miljødirektoratet, 2015), heretter kalt "lavutslippsrapporten") har Miljødirektoratet beskrevet utslippsreduksjonen ved ulike innfasingstakter av nullutslippskjøretøy. Tiltakene ble her plassert i kostnadskategorier basert på skjønsmessige vurderinger av status.

I denne rapporten har vi sett på hvordan produksjonskostnadene og egenskapene til batterielektriske biler (heretter kalt elbiler) har utviklet seg de siste årene og vurdert videre utvikling fram mot 2030. Antakelser om utviklingen i kostnader kombineres med fire ulike tiltak, som forutsetter at elbiler fases inn i ulike tempoer mot 2030, for å så kunne beregne en tiltakskostnad (kroner per tonn CO₂-ekvivalenter redusert). Formålet med analysen er å belyse kostnader ved innfasing av elbiler som bidrag til å oppfylle Norges klimaforpliktelse mot 2030. Utslipp ved produksjon av strøm er ikke inkludert og eventuelle andre utslippsendringer som oppstår utenfor Norges grenser, for eksempel utslipp ved bilproduksjon, er heller ikke medregnet. Tiltakskostnaden kan brukes for å sammenlikne kostnadseffektiviteten ved innfasing av elbil med andre mulige tiltak for å kutte utslipp i ikke-kvotepliktig sektor i Norge.

Det bør understrekes at analysen er utarbeidet for å belyse *samfunnsøkonomiske* kostnader ved innfasing av elbiler. Alle kostnader er derfor uten skatter og avgifter. Det *gjøres ikke* et forsøk på å avdekke den privatøkonomiske eller bedriftsøkonomiske kostnaden knyttet til elbiler. Et slik regnestykke er avhengig av, blant annet, hvilke incentivordninger som finnes til enhver tid. Rapporten omfatter heller *ikke* virkemiddelvurderinger og vi kommer ikke med anbefalinger til hvordan avgifter og andre insentiver bør innrettes i framtiden.

Elbilen er i rask utvikling

Elbilen har vært igjennom en betydelig teknologisk utvikling de siste årene. Etter over 100 år med utvikling av forbrenningsmotoren og bruk av bensin eller diesel som drivstoff, er det nå mye som peker på at den tradisjonelle bilindustrien står midt i en radikal endring.

Elbilsalget vokser både globalt og i Norge i takt med at stadig flere modeller tilbys på markedet. I 2010 var norske *Think* den vanligste elbilen å se i Norge. Det ble solgt cirka 300 slike små elbiler det året. På den tiden var elbilen et nisjeprodukt og selv om dagens insentiver for elektriske biler har vært på plass siden 2009, var det først da Nissan Leaf kom på markedet i 2011 at salget virkelig tok seg opp. Leaf var den første elbilen i den populære kompaktklassen. Senere, i 2013, kom også de 15 første Tesla Model S og E-Golfen kom på markedet i 2014. I 2015 var E-golfen Norges mest solgte bil. Sterke insentiver kombinert med et stadig bedre tilbud av elbiler på markedet har gjort at salget av elbiler har hatt en

eksponentiell vekst de senere årene. På knappe fem år har elbiler gått fra å være et nisjeprodukt til å utgjøre en vesentlig andel av det norske nybilsalget.

Bilprodusentene oppgir stadig planer om nye elbilmodeller og ifølge flere av de store bilprodusentene vil neste generasjon elbiler komme i salg i 2017-2018. Disse bilene vil ha lavere produksjonskostnader og samtidig ha batterikapasitet som øker rekkevidden betydelig. Det er spesielt tre faktorer som vi antar vil spille inn på elbilens konkurransedyktighet; lengre rekkevidde ved økt batterikapasitet, nye produksjonsplattformer som reduserer produksjonskostnadene og et økt utvalg av modeller.

Merkostnader ved elbil synker betraktelig mot 2030

For å finne merkostnaden ved å bytte ut bensin- og dieslbiler med elbiler har vi valgt ut noen representative biler å sammenligne. Vi har delt det norske bilmarkedet i to klasser, en for de større bilene og en for de mindre. Klassen *mindre biler* inneholder i vår analyse segmentene minibiler, små biler og kompaktklassen, mens klassen *større biler* inneholder mellomklassen, store biler og SUVer. Dette gjør at vi deler markedet omtrent 50/50 mellom større og mindre biler. For de mindre bilene har vi valgt å ta utgangspunkt i en sammenlikning av e-Golf med en vanlig golf. For de større bilene er det tatt utgangspunkt i en sammenlikning av de tre Teslamodellene med gjennomsnittlige større bensin- og dieslbiler.

Med utgangspunkt i de representative bilene har vi forsøkt å verdsette alle de relevante effektene ved økt innfasing av elbiler og vurdert hvordan disse vil utvikle seg over tid. De mest opplagte effektene er kostnader og besparelser knyttet til produksjon og drift av elbiler sammenliknet med bensin- og dieslbiler samt kostnader forbundet med utbygging av nødvendig ladeinfrastruktur. I tillegg har vi kvantifisert ulempen en bilist, som ellers ville ha kjørt bensin- eller dieselbil, opplever ved å kjøre elbil. Verdien av denne ulempen er anslått ved å ta utgangspunkt i dagens elbilfordeler som gir en indikasjon på hvor stor kompensasjon som er nødvendig for å få bilistene til å velge elbil i dag. Verdien av forbedret luftkvalitet for befolkningen er også verdsatt og representerer en besparelse for samfunnet. Alle disse nevnte effektene er kvantifisert i kroner. Enkelte andre mer usikre effekter har ikke latt seg kvantifisere eller verdsette.

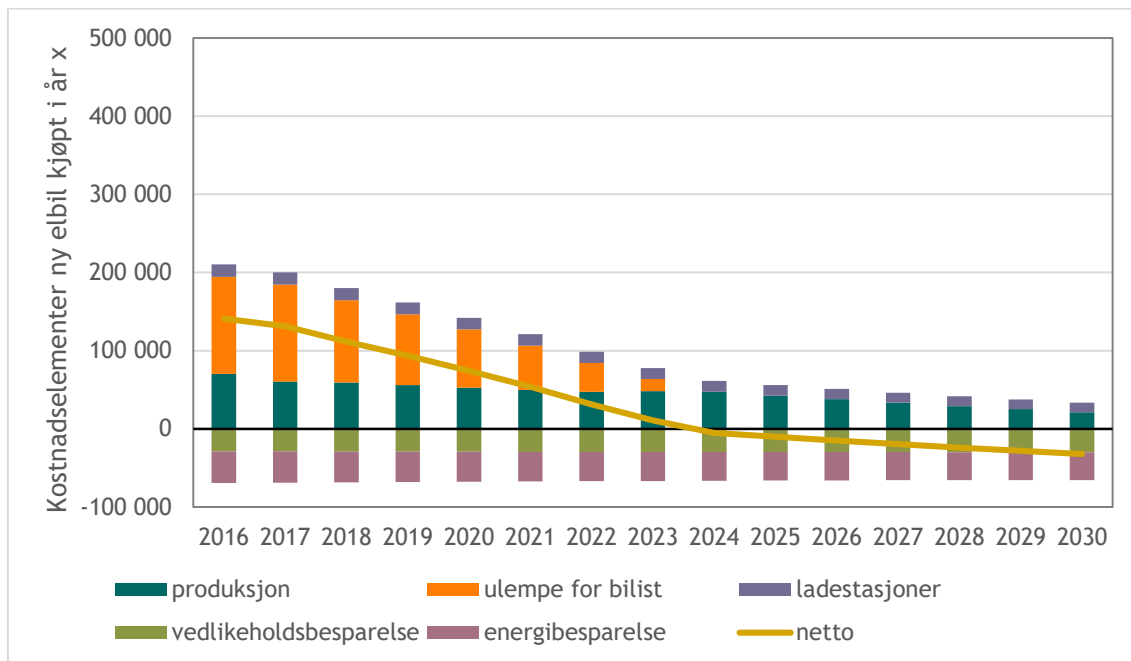
Mindre elbiler - gir nettogevinst for samfunnet fra 2024

Figur 1 viser den samfunnsøkonomiske merkostnaden, beregnet over bilens levetid, for en mindre elbil kjøpt i et bestemt år, sammenliknet med en sammenliknbar mindre bensin- eller dieselbil kjøpt i samme år. Y-aksen viser samfunnsøkonomisk merkostnad ved kjøp av elbil sammenliknet med en bensin- eller dieselbil. Besparelser kommer som fratrukket i kostnadene og ligger derfor under X-aksen. Den gule linjen viser nettoverdi av kostnader fratrukket besparelser. Figuren viser at ulempene for bilistene med våre forutsetninger, er estimert å forsvinne etter 2023 og at mindre elbiler er beregnet å gi en nettogevinst for samfunnet i fra året 2024, da før CO₂-besparelse og helseeffekter er inkludert.

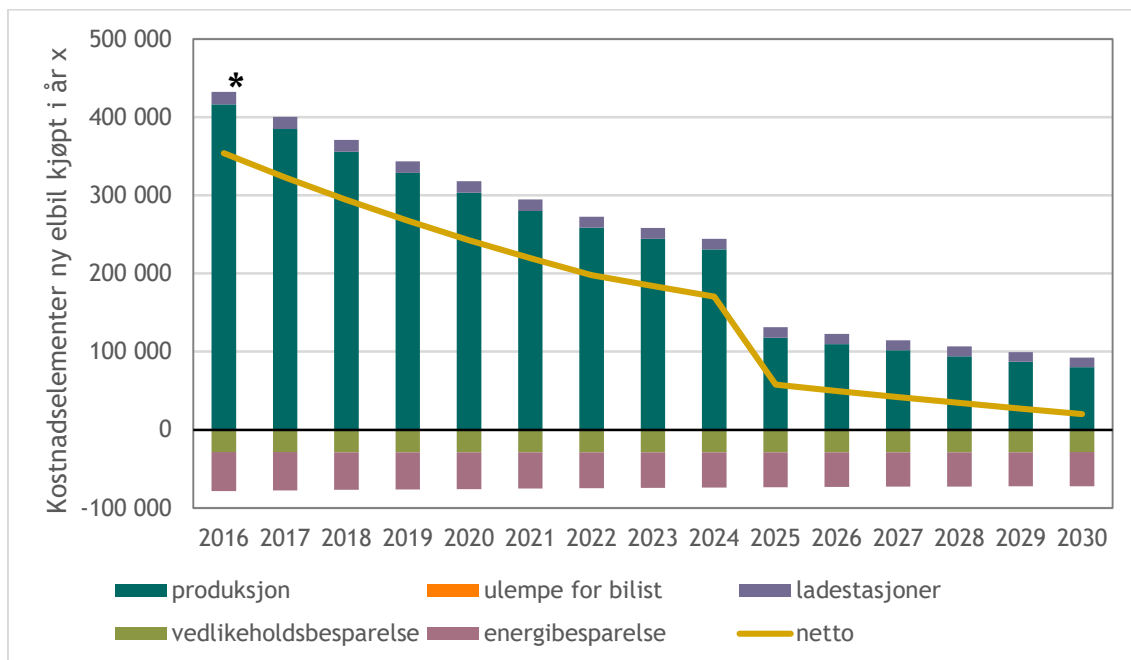
Større elbiler - vil synke kraftig i pris og har minimal merkostnad i 2030

Figur 2 på neste side viser tilsvarende graf for de større elbilene. Det framkommer her at merkostnaden i produksjonen av de større elbilene er betydelig høyere enn for de mindre elbilene. Dette kommer av at vi sammenligner en gjennomsnittlig Tesla (en relativt dyr bil), med en gjennomsnittlig bensin- eller dieselbil i storbilssegmentet. Samtidig, siden teslabilene allerede har lang rekkevidde og mange egenskaper til felles med luksusbiler, så forutsetter vi

at det ikke er forbundet en ulempe for bilisten ved overgang til en større elbil. Produksjonskostnadsdroppet i 2025 reflekterer forventningen om en modning av dette markedet. Det virker sannsynlig at det i løpet av en ti års periode vil komme flere modeller i en lavere prisklasse som fremdeles dekker behovet for flertallet av bilkjøperne slik at merkostnaden blir betraktelig lavere.



Figur 1 Merkostnad elbil sammenlignet med bensin- eller dieselbil for mindre biler. Sammenligningen er gjort per bil, for en bil kjøpt i år x.

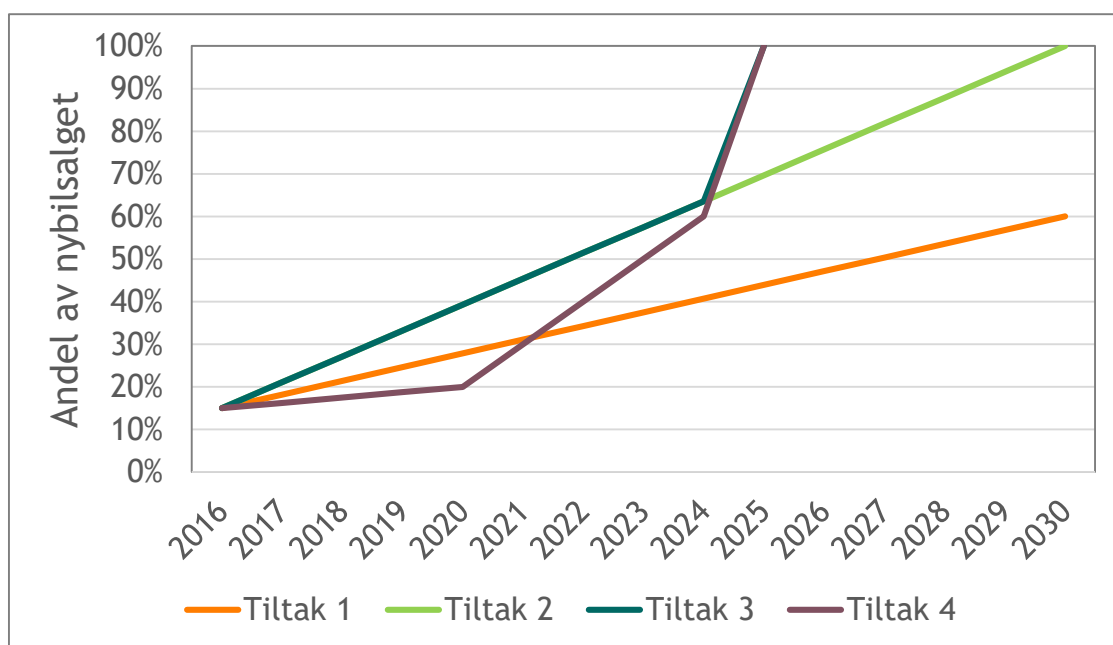


Figur 2 Merkostnad elbil sammenlignet med bensin- eller dieselbil for større biler. Sammenligningen er gjort per bil, for en bil kjøpt i år x. *Merkostnaden for de større elbilene er antakeligvis for høy de første årene. Dette kommer av at vi sammenlikner kostnaden ved en Tesla, med en gjennomsnittlig større bil. En mer reell tiltakskostnad for disse første årene ville vært å sammenlikne med en noe mer luksuriøs bensin- dieselbil som har egenskaper som likner mer på Tesla.

Forutsetninger om innfasingstakt

Utviklingen i merkostnaden per elbil kombineres så med en innfasingstakt (hvor raskt elbiler fases inn) for å kunne beregne samlede kostnader og utslippsreduksjoner over analyseperioden for å komme fram til tiltakskostnaden.

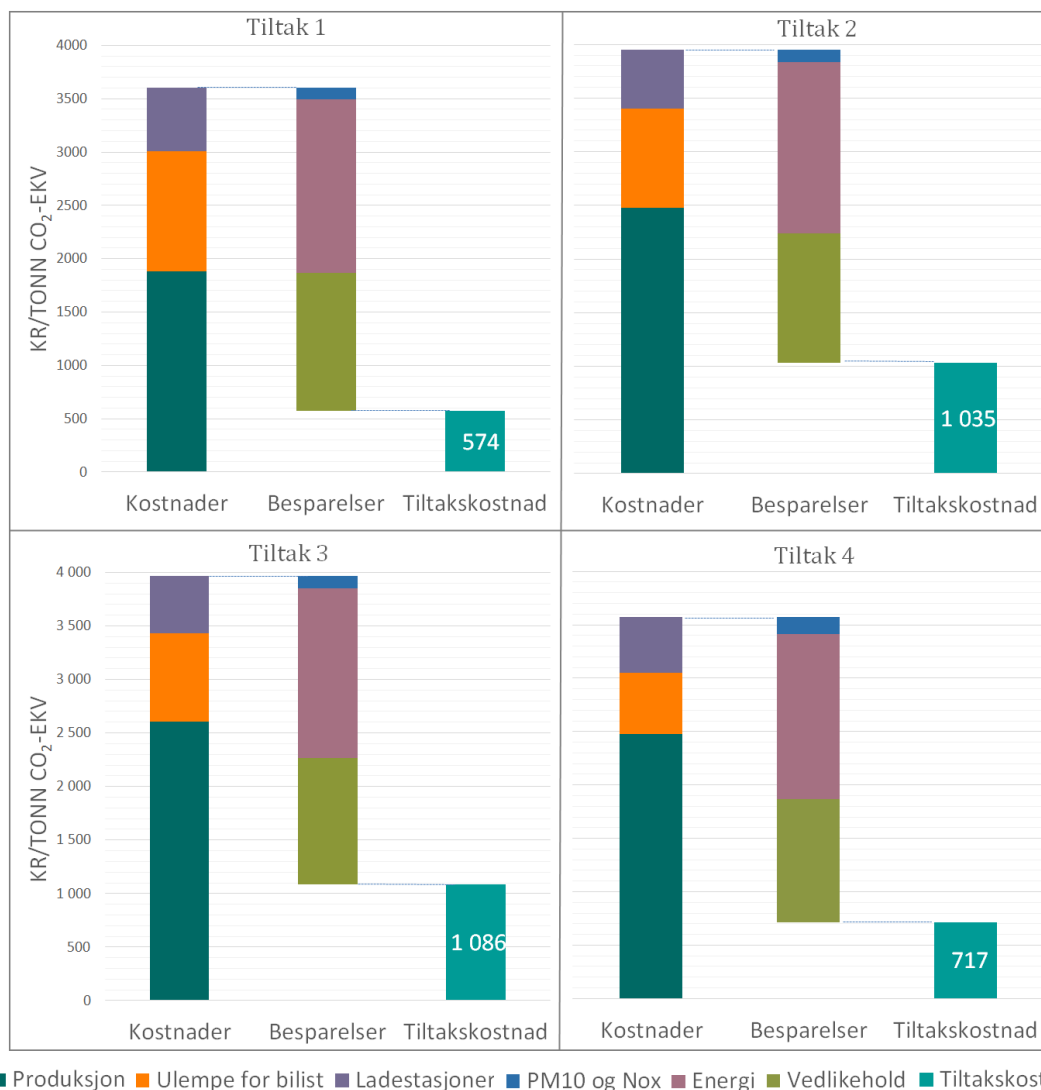
Vi har utredet kostnaden ved fire ulike tiltak med ulik innfasingstakt. Tiltakene er ment å illustrere hvordan kostnader og utslippsreduksjoner påvirkes av hvor raskt man fases inn elbiler framover. Innfasingen skjer ved at elbiler utgjør en økende andel av nybilsalget. Tiltak 1, 2 og 3 er hentet fra lavutslippsrapporten M-386, men er noe modifisert for å gjenspeile dagens salgstill. Tiltakene 1 og 2 har lineær innfasing til henholdsvis 60 prosent og 100 prosent elbilandel i nybilsalget fram til 2030. Tiltak 3 følger samme lineære innfasing som tiltak 2 fram til 2024 og gjør deretter et sprang til 100 prosent av elbilsalget i 2025. Tiltak 4 antar en saktere innfasing tidlig i perioden, og en opptrapping i innfasingstakten fra 2020 til 60 prosent i 2024 og videre til 100 prosent av nybilsalget i 2025. Innfasingstaktene i de fire tiltakene er illustrert i Figur 3.



Figur 3 Innfasingstakt gjennom andelen elbiler av nybilsalget i personbilparken for Tiltak 1-4.

Gjennomsnittlige tiltakskostnader

Den samfunnsøkonomiske tiltakskostnaden over analyseperioden knyttet til en økt innfasing av elbiler i personbilparken mot 2030 er beregnet å være mellom 600 og 1100 kroner per tonn CO₂-ekvivalenter, noe som plasserer tiltakene i den midtre kostnadskategorien (500-1500 kr/tonn CO₂-ekv.) som brukes i Miljødirektoratets analyser. For tiltak 1 er tiltakskostnaden beregnet til 570 kr/tonn CO₂-ekv. og tiltak 2 er beregnet til 1040 kr/tonn CO₂-ekv. Tiltak 3 er beregnet til 1100 kr/tonn CO₂-ekv, mens tiltak 4 med en litt saktere innfasing i starten er beregnet til 720 kr/tonn CO₂-ekv. Det er tydelig at en raskere innfasingstakt fører til høyere tiltakskostnader siden merkostnaden per elbil er høyere tidlig i perioden. Imidlertid vil en raskere innfasingstakt gi større utslippsreduksjoner (se Tabell 1).



Figur 4 Bidrag fra ulike kostnadselementer på tiltakskostnad i tiltak 1-4.

Som det fremgår av Figur 4 er det merkostnaden i produksjonen av en elbil sammenlignet med en bensin- eller dieselbil som er den største kostnadsdriveren. Vi ser videre at kostnaden knyttet til ulemper for bilistene som følge av egenskaper ved elbilene, som begrenset rekkevidde og modellutvalg, også er en vesentlig kostnad. Sparte energi- og vedlikeholdskostnader er de viktigste besparelsene.

Informasjonen vi har innhentet tyder på at teknologiutviklingen gjør at kostnadene knyttet til produksjon blir vesentlig redusert i årene mot 2030. Dette reduserer merkostnaden for elbiler og da spesielt merkostnaden for større elbiler. Videre er det forventninger om økt rekkevidde og et større modellutvalg slik at kostnaden knyttet til ulemper for bilistene reduseres og forsvinner helt innen 2024.

Sannsynlig at kostnadsreduksjonen kan gå raskere enn antatt

Merkostnadene vil reduseres mot 2030, men det er noe usikkerhet knyttet til hvor raskt denne utviklingen vil gå, og vi har derfor laget to alternative scenarier ved å endre på de

kostnadselementene det er knyttet størst usikkerhet til. Vi har laget et sannsynlig spenn for disse forutsetningene og basert på dette laget et *mer optimistisk scenario* (med raskere kostnadsreduksjon), og et *mer pessimistisk scenario* (med tregere kostnadsreduksjon).

I det mer optimistiske scenarioet blir produksjonskostnaden for de mindre elbilene lavere enn for de mindre bensin- og diesebilene bilene før 2030. I tillegg forutsettes det et tidligere fall i produksjonskostnad (som følge av det økte tilbudet) for større biler (2023 istedenfor 2025). I tillegg antar vi at vedlikeholdskostnaden for en elbil faller til en tredjedel av en bensin- eller diesebil innen 2030. I det mer pessimistiske scenarioet er det en tregere utvikling i elbilens produksjons- og vedlikeholdskostnader samt at fallet i produksjonskostnad for de større bilene kommer senere (2027 istedenfor 2025).

Tabell 1 Tiltakskostnad for basis, mer optimistisk og mer pessimistisk scenario

Tiltak	Utslippsreduksjon en i tonn CO ₂ -ekv 2021-2030 ¹	Tiltakskostnad i kr/tonn CO ₂ -ekv		
		Basis	Mer optimistisk	Mer pessimistisk
Tiltak 1	6,9 millioner	574	-800	874
Tiltak 2	11,0 millioner	1 035	-590	1 556
Tiltak 3	12,1 millioner	1 104	-553	1 837
Tiltak 4	10,1 millioner	717	-936	1 494

Hvis kostnadsutviklingen går tregere vil tiltakskostnaden bli høyere (mellom 900-1800 kr/tonn CO₂-ekvivalenter) mens i det mer optimistiske scenariet blir kostnaden negativ (mellom -900 og -600 kr/tonn CO₂-ekvivalenter) som vist i

Tabell 1. En negativ tiltakskostnad betyr at tiltaket er samfunnsøkonomisk lønnsomt også når man ser bort fra reduksjonen i klimagassutslipp. Vi har valgt å legge inn et større utslag på parameterne i det mer optimistiske scenarioet enn i det mer pessimistiske, fordi vi mener vi har brukt relativt konservative forutsetninger om kostnadsutviklingen i basisscenarioet. Dette gjenspeiles også i resultatene av scenarioberegningene.

Til tross for at det er flere faktorer som kan gjøre at tiltakskostnaden blir noe høyere mot 2030, virker det usannsynlig at tiltakskostnaden vil kunne ligge mye over 1500 kroner, selv med mer pessimistiske antakelser. På den andre siden varsler bilprodusentene stadig om nye elbiler, med lengre rekkevidde og lavere pris, som skal komme de neste årene. Derfor er det mye som tilsier at teknologi- og kostnadsutviklingen kan gå vesentlig raskere enn vi har forutsatt, slik at den reelle kostnaden vil kunne ligge nærmere det optimistiske scenariet og muligens være samfunnsøkonomisk lønnsomt uavhengig av verdsetting av klimagassreduksjoner.

¹ EU-kommisjonen har nylig foreslått bindende årlige utslippsreduksjoner for medlemslandene for perioden 2021 til 2030. Derfor er de akkumulerte utslippsreduksjonene for denne perioden beskrevet for tiltakene. Analyseperioden for tiltaksanalysen er fra 2016 til 2047.

Innhold

Sammendrag	1
1 Innledning	9
1.1 Bakgrunn	9
1.2 Problemstilling og metode	9
2 Elbilenes utvikling	13
3 Kostnadselementer og forutsetninger	17
3.1 Produksjonskostnader	18
3.1.1 Produksjonskostnad elbiler per i dag	18
3.1.2 Kostnadsutvikling batteripakke	18
3.1.3 Kostnadsutvikling øvrige komponenter	21
3.2 Drift- og vedlikeholdskostnader	22
3.2.1 Elbilens levetid og årlig kjørelengde	22
3.2.2 Drifts-/energikostnader	24
3.2.3 Vedlikeholdskostnader	26
3.3 Kostnad ved infrastruktur	27
3.3.1 Ladepunkter og stasjoner	27
3.3.2 Effekter på infrastruktur for kraftoverføring	29
3.4 Verdsetting av ulemper for bilistene	31
3.5 Helseeffekter	33
4 Resultater	35
4.1 Merkostnad per bil	35
4.2 Tiltakene og innfasingstakt	36
4.3 Tiltakskostnad	38
5 Usikkerhet og diskusjon	41
5.1 Scenarioanalyse	41
5.2 Sensitivitetsanalyse	43
5.3 Innfasingstaktens påvirkning på tiltakskostnaden	45
6 Konklusjon	47
Vedlegg I Utdypende om metode	49
Referansebanen	49
Overordnet tilnærming kostnadsberegninger	50
Endret konsumentoverskudd	52
Vedlegg II Kostnadselementer og forutsetninger i tiltaksanalysen	57
Vedlegg III Omstilling i bilparken	59
Andre typer elektriske personbiler	59

Elbilmodeller i dag og framover	60
Referanser	64

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Transportsektoren står for en fjerdedel av klimagassutslippene i Europa og for en tredjedel av utslippet i Norge. Norge har meldt inn en betinget forpliktelse til FN om minst 40 prosent utslippsreduksjon i 2030 sammenlignet med 1990-nivå og vil gå i dialog med EU om felles oppfyllelse av klimaforpliktelsen. I 2014 vedtok EU sitt mål om 40 prosent reduksjon i 2030 sammenlignet med 1990-nivå. EU-kommisjonen har nylig foreslått bindende årlige utslippsreduksjoner for medlemslandene for perioden 2021 til 2030. Her inngår også et foreløpig norsk utslippsmål for 2030. I den europeiske innsatsfordelingen blir det lagt opp til at Norge skal kutte utslippene i ikke-kvotepliktig sektor med 40 prosent i forhold til 2005 innen 2030. Et endelig forslag til måltall vil være på plass etter nærmere beregninger fra kommisjonen. Ikke-kvotepliktig sektor omfatter klimagassutslipp fra transport, landbruk, bygg og avfall.

I grunnlagsdokumentet for Nasjonal transportplan 2018-2029 foreslår transportetatene blant annet et mål om at nye privatbiler, bybusser og lette varebiler skal være nullutslippskjøretøy etter 2025. I forbindelse med behandlingen av Meld. St. 25 (2015-2016) "*Kraft til endring. Energipolitikken mot 2030*", vedtok Stortinget å be regjeringen i forslag til Nasjonal transportplan for 2015-2029 fastsette måltall for antall lav- og nullutslippskjøretøy, herunder personbiler, varebiler, busser og tunge kjøretøy i 2025 som følger vedtatte klimamål og det teknologiske potensialet fra fagetatene.

I Miljødirektoratets arbeid med å etablere et kunnskapsgrunnlag for lavutslippsutvikling har vi utredet en rekke tiltak som kan redusere klimagassutslipp i ulike sektorer. I transportsektoren er det i våre analyser innfasing av el- og hydrogenkjøretøy som gir størst potensial for utslippsreduksjoner. I rapporten "*Klimatiltak og utslippsbaner mot 2030*" (Miljødirektoratet, 2015) beregnet vi potensialet for utslippsreduksjoner ved tre ulike nivåer av innfasing av el- og hydrogendrevne personbiler. Tiltakene ble plassert i kostnadskategorier etter skjønsmessige vurderinger basert på eksisterende litteratur og på kostnadsberegningene som ble gjennomført i forbindelse med rapporten "*Klimakur 2020*" (Miljødirektoratet, 2010).

Utviklingen i elbilmarkedet har vært betydelig siden den gang, og det kommer stadig flere modeller på markedet med bedre egenskaper og rekkevidde. Hensikten med denne rapporten er derfor å komme fram til oppdaterte tiltakskostnader ved økt innfasing av elbiler.

1.2 Problemstilling og metode

I denne rapporten belyser vi kostnadene ved innfasing av batterielektriske biler eller helelektriske biler (heretter kalt elbiler) som bidrag til å oppfylle Norges klimaforpliktelse for 2030. Eventuelle utslippsendringer som oppstår utenfor Norges grenser, for eksempel som følge av bilproduksjon eller av elektrisitetsproduksjon, er ikke medregnet. Hensikten er

primært å kunne sammenligne tiltakskostnader for elbiler med andre aktuelle tiltak for å kutte utslipp i ikke-kvotepliktig sektor i Norge. Det gjøres altså *ikke* et forsøk på avdekke den privatøkonomiske eller bedriftsøkonomiske kostnaden. Dette er et annet regnestykke som blant annet vil avhenge av hvilke incentivordninger som finnes til enhver tid. Alle kostnader som brukes og beregnes i denne analysen er *uten* skatter og avgifter. Rapporten er *ikke* ment å være en virkemiddelvurdering og utover noen generelle betraktninger kommer vi derfor ikke med vurderinger eller anbefalinger av hvordan avgifter og andre insentiver bør innrettes for å nå Norges klimamålsettinger.

I rapporten estimerer vi den samfunnsøkonomiske tiltakskostnaden, eller kostnadseffektiviteten, ved innføring av elbiler til erstatning for bensin eller diesel personbiler i perioden fram mot 2030. Kostnadseffektiviteten er uttrykt som kostnad per tonn utslippsreduksjon i Norge målt i CO₂-ekvivalenter. Anslaget kan brukes for å sammenlikne og rangere alternative tiltak som kan gjennomføres for å nå et mål. Et tiltak med lavere tiltakskostnad er rimeligere (mer kostnadseffektivt) enn et tiltak med høy kostnad. For å kalkulere tiltakskostnaden av økt antall elbiler må vi beregne **merkostnaden** for samfunnet av å fase inn elbiler istedenfor å fortsette med bensin- og dieseldeler.

Den generelle metoden for beregninger og kvantifiseringer er basert på DFØs veileder i samfunnsøkonomiske analyser (DFØ, 2014) og Finansdepartementets rundskriv R-109/2014 (Finansdepartementet, 2014). Øvrig metodikk er basert på egne vurderinger der den generelle metodikken beskrives nærmere i dette kapittelet, mer spesifikke vurderinger står i tilknytning til relevante delkapittel og enkelte momenter er beskrevet mer i detalj i vedlegg I.

I beregningen av en samfunnsøkonomisk tiltakskostnad forsøker man å fange opp alle samfunnsøkonomiske effekter et tiltak har på vårt samfunn - det vil si effekter i Norge. Disse samfunnsøkonomiske effektene er kvantifisert og verdsatt i kroner så langt det har latt seg gjøre. De mest opplagte effektene er kostnader og besparelser knyttet til produksjon og drift av elbiler sammenliknet med bensin- og dieseldeler og kostnader forbundet med utbygging av nødvendig ladeinfrastruktur. I tillegg har vi kvantifisert ulempen en bilist, som ellers ville ha kjørt bensin- eller dieseldel, opplever ved å kjøre elbil. Verdien av denne ulempen er anslått ved å ta utgangspunkt i dagens elbilfordeler som gir en indikasjon på hvor stor kompensasjon som er nødvendig for å få bilistene til å velge elbil. Verdien av forbedret luftkvalitet for befolkningen er verdsatt og representerer en besparelse for samfunnet. Alle disse nevnte effektene er kvantifisert i kroner. Enkelte andre mer usikre effekter har ikke latt seg kvantifisere eller verdsette fullt ut. Dette dreier seg om redusert støy, eventuelle framtidige besparelser knyttet til distribusjon av fossilt drivstoff, og eventuelle ekstraordinære² oppgraderinger av kraftnettet dersom dette skulle bli nødvendig. Disse mulige effektene diskuteres kvalitativt.

For å kunne beregne effekt på utslippene ved ulike ambisjonsnivåer for innføring av elbiler er det nødvendig å ha et tydelig referansealternativ å måle effekten opp mot. Vi må altså ha et anslag på hva utslippene fra personbilparken vil være i årene framover *dersom* det ikke innføres flere virkemidler enn det som allerede er vedtatt i dag. En slik framskrivning av utslippene kalles en referansebane.

² Normalt vedlikehold og oppgradering er kvantifisert ved at nettleien er inkludert i strømkostnaden.

I denne rapporten er det tatt utgangspunkt i den mest oppdaterte referansebanen som er tilgjengelig. Denne er basert på framskrivninger laget i forbindelse med Nasjonalbudsjett for 2015. Referansebanen bygger på en rekke forutsetninger som for eksempel utvikling i bilparken, antall kjørte kilometer per kjøretøy og gjennomsnittlig utslipp per kilometer. I tiltakene vi utreder i denne rapporten legger vi til grunn de samme forutsetningene som er gjort i referansebanen, og justerer deretter de faktorene vi forventer å påvirke igjennom tiltakene.

Referansebanen begynner dessverre å bli noe utdatert. Blant annet er det faktiske antallet elbiler i bilparken betydelig høyere enn det som ligger til grunn i denne referansebanen. Dette betyr at en del av potensialet for utslippsreduksjoner, men også kostnader, i praksis allerede er tatt ut. Vi har likevel valgt å sammenlikne effektene med referansebanen slik at tiltakene vi utreder er sammenliknbare med andre tiltak som har vært utredet mot samme referansebane. Avviket mellom referansebane og faktisk utvikling har ingen betydning for enhetskostnadene per elbil som vi kommer fram til, men det vil ha betydning for utslippsreduksjonene og tiltakskostnaden vi beregner. Det vil derfor kunne være hensiktsmessig å gjøre en oppdatering av beregningene når ny referansebane foreligger i 2017.

Personbiler i Norge har en relativ lang levetid på gjennomsnittlig 18 år. Det betyr at det er stor treghet i utskiftingen av bilparken. I tiltaket antar vi at elbiler fases gradvis inn igjennom nybilsalget - altså at det kjøpes en ny elbil istedenfor en ny bensin- eller dieselbil. Vi antar **ikke** at noen biler skrotes før endt levetid. Dette betyr at selv ved en innfasingstakt mot 100 prosent av *nybilsalget* i 2025, vil elbilandelen av *bilparken* kun være opp mot 50 prosent i 2030. I analysen fases det inn en stadig større andel elbiler fram mot 2030. I 2030 stopper innfasingen, men vi beregner effektene ut levetiden til de bilene som er faset inn. Det er forutsatt samme levetid for elbiler som for andre personbiler. Analyseperioden er derfor 2016-2047.

Hensikten med analysen er å komme fram til en kostnad per tonn CO₂-ekvivalenter redusert. Dette beregnes gjennom å summere kostnader, trekke fra besparelser og dele på de forventete utslippsreduksjonene over analyseperioden. Nærmere bestemt er tiltakskostnaden beregnet ved annuiteten av kostnadene delt på gjennomsnittlige årlige utslippsreduksjoner. Tiltakskostnaden får da benevnningen kroner per tonn CO₂-ekvivalenter redusert. Beregningene gjøres eksklusive skatter og avgifter og kalkulasjonsrenten er satt til 4 prosent.

Kapittel 3 gir en gjennomgang av de ulike forutsetningene for analysen som gir en utvikling i merkostnaden per elbil som skiftes ut i perioden 2016-2030. Merkostnadene presenteres i kapittel 4 der vi videre beregner utslippsreduksjoner og kostnadseffektivitet ved fire ulike tiltak med ulik innfasingstakt for elbiler.

I vurderingene knyttet til dagens og framtidig teknologi- og prisutvikling har vi gjennomført en litteraturstudie av både nasjonale og internasjonale studier og analyser. I tillegg har vi, så langt det har vært praktisk mulig, søkt å samarbeide med relevante fagmyndigheter og andre aktører for å sørge for at faktagrunnlaget for kostnadsvurderingene har vært best mulig. Vi ønsker å takke Enova, NVE, Vegdirektoratet, Forskningsrådet, Oslo kommune, Transportøkonomisk institutt, Statistisk sentralbyrå og Elbilforeningen for nyttige innspill og kommentarer, samt Opplysningsrådet for Veitrafikken for tilgang til prisstatistikk og salgstall. Sluttproduktet står midlertid for Miljødirektoratets regning alene.

2 Elbilenes utvikling

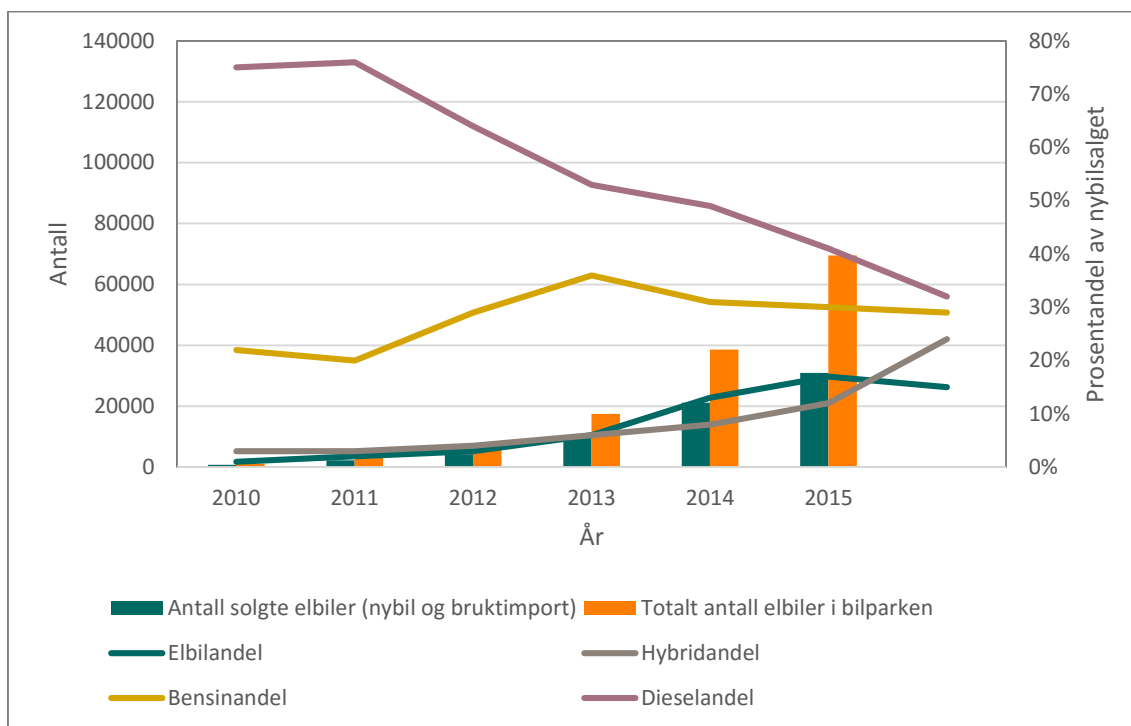
En elbil er i denne analysen definert som en batterielektrisk bil som lades fra strømmettet og bruker strøm fra et batteri til fremdrift, uten bistand fra en forbrenningsmotor. Elbilen har vært gjennom en betydelig teknologisk utvikling de siste årene. Etter over 100 år med utvikling av forbrenningsmotoren og bruk av bensin eller diesel som drivstoff, er det nå mye som peker på at den tradisjonelle bilindustrien står foran en radikal endring. Nedenfor beskriver vi først sentrale utviklingstrekk fra 2010 og fram til i dag, for deretter å beskrive forventede utviklingstrekk fram mot 2030.

Elbilandelen vokser eksponentielt - både i Norge og globalt

Elbilsalget vokser både globalt og i Norge i takt med at stadig flere modeller tilbys på markedet. Da rapporten "*Klimakur 2020*" (Miljødirektoratet, 2010) ble lagt fram i 2010 var norske *Think* den vanligste elbilen å se i Norge, med en oppgitt rekkevidde på rundt 100 kilometer (NEDC³). Det ble solgt cirka 300 slike små elbiler det året. I kostnadsberegningene i "*Klimakur 2020*" ble det lagt til grunn to typiske elbiler av samme størrelse, men med henholdsvis 14 og 28 kWh batterikapasitet. På den tiden var elbilen et nisjeprodukt og selv om dagens insentiver for elektriske biler har vært på plass siden 2009, var det først da Nissan Leaf kom på markedet i 2011 at salget virkelig tok seg opp. Leaf var den første elbilen i den populære kompaktklassen. I 2013 kom også de 15 første Tesla Model S til Norge med en oppgitt rekkevidde på 400 - 500 kilometer (NEDC), avhengig av batterikapasitet. Modellen ble levert med batterikapasitet på 60, 70 og 85 kWh. Senere har også VW Golf (Johansen, 2016) kommet i en elektrisk versjon, kalt "e-Golf". E-Golfen kom på markedet i 2014 og var i 2015 Norges mest solgte bil. Sterke insentiver, samtidig som nye og bedre modeller har blitt tilgjengelige i markedet, har gjort at andelen elbiler har hatt en eksponentiell vekst de senere årene, Figur 5. På fem år har elbiler altså gått fra å være et nisjeprodukt til å utgjøre en vesentlig andel av det norske nybilsalget.

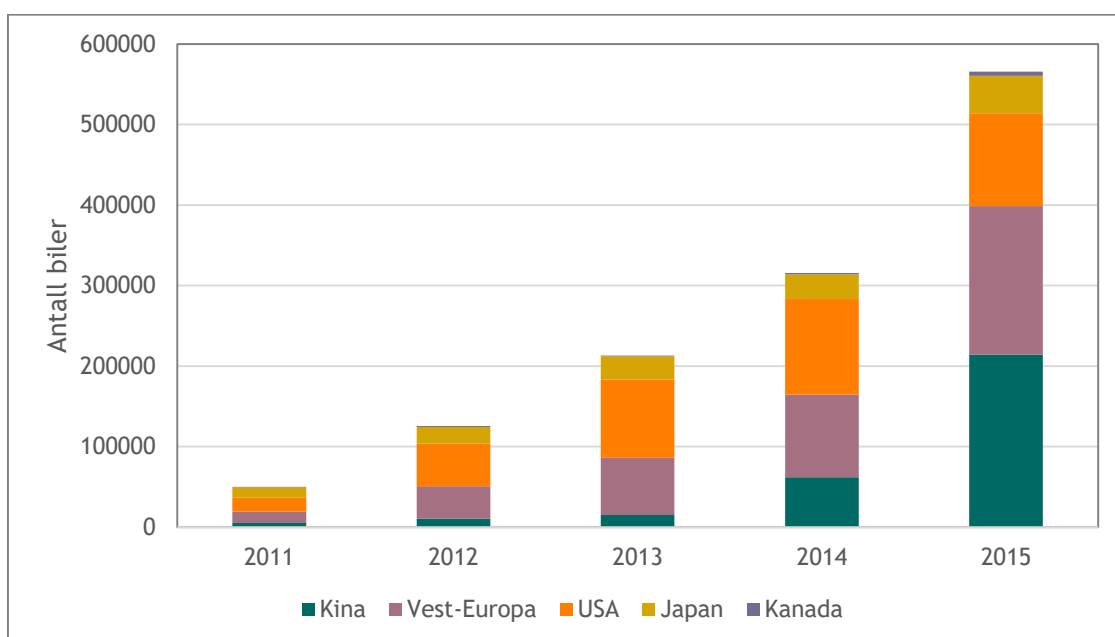
I 2014 var det registrert 2 555 443 personbiler i Norge (SSB, 2016). Det selges omtrent 150 000 (OFV, 2016) nye personbiler hvert år, og andelen batterielektriske biler var på 17 prosent i 2015 (OFV, 2016), se Figur 5. I tillegg er andelen ladbare personbiler i sterk vekst etter at avgiftsomlegging det siste året har medført at ladbare hybridbiler nå kommer vesentlig bedre ut i avgiftssystemet (Finansdepartementet, 2015).

³ Elbiler solgt i Europa har en oppgitt rekkevidde basert på den standardiserte testsyklusen "New European Driving Cycle" (NEDC). Den reelle rekkevidden vil variere etter kjøreforhold og er ofte betraktelig lavere under norske forhold.



Figur 5 Venstre akse: Antall elbiler i Norge, nybilsalget og totalt i bilparken. Sum i bilparken i 2010 er inkl. salgstill fra 2008 og 2009. Inkl. bruktimport. Høyre akse: Fordeling av markedsandeler etter motortype i årlig nybilsalg 2004-2015 for personbiler personbiler solgt i Norge. Hybrid-kategori inkl. både ladbare og ikke-ladbare hybrider. (*2016 inkluderer data til og med mai. Kilde: OFV.

Også globalt har det vært en stor vekst i salget av elbiler de senere årene. Det ble i 2015 ifølge IEA solgt til sammen over 550 000 elbiler og ladbare hybrider globalt (IEA, 2016), og den totale elbilbestanden passerte 700 000 biler. Til sammenligning ble det solgt cirka 33 000 nye elbiler og ladbare hybridbiler i Norge i 2015. Dette betyr at Norge sto for 6 prosent av det globale salget av elbiler og ladbare hybridbiler i 2015.



Figur 6 Globalt salg av ladbare personbiler (elbil og ladbar hybrid) 2011-2015, noen viktige regioner (EERE, 2016).

Utviklingstrekk mot 2030 - økt rekkevidde og flere modeller tilgjengelig

Bloomberg New Energy Finance forventer at økningen i salget av elbiler på verdensbasis vil fortsette i 2016, og mens det har tatt 20 år å selge 1 million elbiler, kommer neste million til å ta 18 måneder (Liebereich, 2016). Sterkest vekst i elbilsalget finner sted i Kina, som også er hjemmemarkedet til verdens største elbilprodusent, BYD. BYD selger elbiler nesten utelukkende i Kina og er ikke et kjent bilmerke i Europa. Bloomberg tror BYD vil kunne øke salget i 2016 tre ganger sammenlignet med 2015 (Bloomberg News, 2016).

Navigant Research anslår et globalt salg av elbiler (inkludert ladbare og ikke-ladbare hybrider) på 6 millioner biler i 2024 (Navigant Research, 2015) og at omtrent halvparten av disse bilene vil være ladbare modeller. McKinsey refererer til analysefirmaet IHS som spår at globalt salg av elbiler når 11,5 millioner i 2022, og disse vil da stå for 11 prosent av bilsalget (McKinsey&Company, 2015). SK Innovation, som har inngått et samarbeide med Mercedes om å levere batteripakker til Mercedes sine elbiler, anslår et globalt salg på 6 millioner ladbare biler i 2020 (SK Innovation, 2015).

Ifølge flere av de store bilprodusentene vil neste generasjon elbiler komme i salg i 2017-2018. Disse bilene vil ha reduserte produksjonskostnader og samtidig ha en batterikapasitet som øker rekkevidden betydelig. I tillegg oppgir stadig flere produsenter planer om nye helelektriske modeller. Det er spesielt tre faktorer som vi antar vil spille inn på elbilens konkurransedyktighet; lengre rekkevidde ved økt batterikapasitet, nye produksjonsplattformer som reduserer produksjonskostnadene, og et økt utvalg av modeller. Her oppsummerer vi de viktigste trekkene (i Vedlegg III står det mer om de forskjellige segmentene):

Lengre rekkevidde

Rekkevidden til en elbil er avhengig av batterikapasitet og energiforbruk. Elbiler solgt i Europa har en oppgitt rekkevidde basert på den standardiserte testsyklusen "New European Driving Cycle" (NEDC). De samme bilene kommer ofte ut med lavere rekkevidde ifølge tester utført av *US Environmental Protection Agency* (EPA), og den oppgitte rekkevidden betegnes derfor ofte med forkortelsen EPA. Den reelle rekkevidden for en bil vil variere etter kjøreforhold, og er ofte betraktelig lavere ved testing under norske forhold.

Modellene Tesla tilbyr i dag er de eneste elbilene i storbilklassen. Disse har allerede god rekkevidde både oppgitt (400-500 kilometer) og reelt (over 300 kilometer). Rekkevidden på de fleste elbiler i kompakt- og småbilklassen solgt i dag er derimot oppgitt til rundt 200 kilometer. Det skjer en kraftig utvikling på dette feltet og ifølge flere av de store bilprodusentene vil flere elbiler i kompakt- og småbilklassen med en reell rekkevidde på cirka 300 kilometer bli tilgjengelige i markedet de neste to årene. Først ut er Opels Ampera-e (solgt som Chevrolet Bolt i USA) i 2017. Denne ble lansert i Paris i september 2016 og har en oppgitt rekkevidde (NEDC) på cirka 500 kilometer. Teslas rimeligere alternativ i kompaktklassen, Model 3, forventes å komme på norske veier i løpet av 2017. Fram mot 2018 er det varslet versjoner av for eksempel Leaf, e-Golf og BMWs i3 med tilsvarende rekkevidde.

Det er stort potensial for kostnadsreduksjon for batterier både ved mer effektiv produksjon, forbedring av eksisterende teknologi og etter hvert utvikling av nye materialer. Fram mot 2030 er det rimelig å anta at eksisterende teknologi med litium-ion-batterier vil dominere markedet. Batterier til dagens Tesla *Model S* lages på samme måte som til den første modellen av *Roadster* som kom ut i 2006 (Teslas sportsbil), men på grunn av bedre kjemi og

produksjonsteknologi har energitettheten ifølge Tesla økt med 50 prosent (Technology Quarterly, 2015). Andre bilprodusenter viser til lignende læringseffekter (Blanco, 2016), eksempelvis får neste Volkswagen e-Golf en 30 prosent forbedret rekkevidde uten å øke volum eller vekt på batteripakken (Brandt, 2016). BMW har i sin 2017-modell av i3 oppnådd 50 prosent økt rekkevidde i en ny batteripakke med samme mål (Moberg, 2016). Daimlers leder Dieter Zetsche har uttalt at på bakgrunn av utviklingen ser batteriteknologien nå så lovende ut at en kjørelengde opp mot 500 kilometer etter lading på 15 minutter er realistisk (Steitz, 2016).

Produksjonsplattformen

Et svært viktig aspekt ved framtidens elbiler er at de vil være konstruert fra bunn av som elbil. Produksjonslinjene til de store bilprodusentene, inkludert modellplattformene som bilmodellene bygger på, har fram til nå i stor grad vært tilpasset forbrenningsmotoren. Bilindustrien er nå i ferd med å utvikle og introdusere nye plattformer som brukes til å bygge de ulike elbilmodellene. De kan ventes å være fullt introdusert i produksjonslinjene et sted mellom 2018 og 2020. Dette forklarer også hvorfor det kan ventes en kraftig økning i antall elbilmodeller i tidsrommet rett etter 2020. Den nye elbilledikerte plattformen - *MEB*⁴ - vil være tilpasset batteri og elektrisk motor fra starten av og vil dermed gi vesentlig mer kostnadseffektiv produksjon.

Flere modeller

Flere av de store bilprodusentene har varslet at de vil lansere et bredere sett av elbilmodeller i årene som kommer, noe som gir større valgmulighet for bilkjøperne. Uttalte strategier fra bilprodusentene viser at det er en tydelig kamp om framtidige markedsandeler.

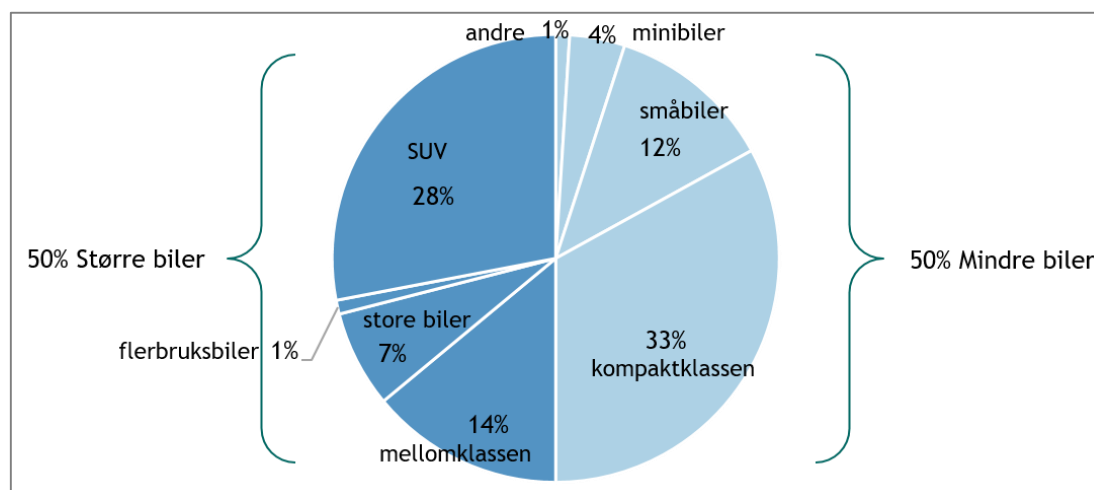
Både Volkswagen, Audi, Honda og Volvo har svært ambisiøse planer og har konkrete mål om antall elbiler de skal selge i 2025 eller 2030. Volkswagen uttalte på bilutstillingen i Frankfurt i 2015 at de i 2020 kommer til å tilby 20 modeller som enten er rene elbiler eller ladbare hybrider (Volkswagen, 2015). I etterkant er denne strategien utvidet og oppgradert til 30 helelektriske modeller i 2025 (Volkswagen, 2016). For Volkswagen betyr det at ladbare biler vil kunne stå for en fjerdedel av salget i 2025. Audi regner med å selge 700 000 elbiler, som vil tilsvare opp mot 30 prosent av salget, i 2025 (Freitag, 2016). Honda ser for seg at mesteparten av modellene de tilbyr i 2030 er elektrifiserte, dvs. enten hybrider, batterielektriske eller hydrogenbiler (Electric Cars Report, 2016). Volvo har ambisiøse planer for elektrifisering og har mål om å ha solgt en million ladbare biler innen 2025 (Volvo, 2016), og den første rene elbilen ventes på markedet i 2019 (Littorin, 2015).

Flere andre bilprodusenter har også ambisiøse planer om produksjon av elbiler, og har varslet at de vil starte opp produksjon eller komme med nye modeller i årene fram mot 2030. Mercedes ventes å lansere fire elektrifiserte modeller i 2017 (Hanley, 2016). Porsche har vedtatt å lansere den helelektriske modellen Mission E (Morris, 2016) og investerer nå en milliard Euro i nytt anlegg for produksjon av elbiler. BMW har planer om å tilby elbiler og ladbare hybrider i hele modellutvalget (BMW, 2014). Amerikanske Ford sier de kommer til å tilby 13 elektrifiserte modeller i 2020 (Ford, 2015). PSA Group, med blant annet Peugeot og Citroen, utvikler en ny felles plattform innen 2019 (Fung, 2016) og vil lansere fire elbiler til 2020 (Burgess, 2016).

⁴ MEB er en tysk forkortelse for Modular Electric Model line-up, en ny elbilledikert plattform.

3 Kostnadselementer og forutsetninger

Det er vanlig å dele inn bilmarkedet i segmenter etter bilenes *størrelse* og *bruksområde*. Bilmarkedet i Norge kjennetegnes av en høy andel av biler i SUV- og kompaktklassen. Figur 7 illustrerer hvordan nybilsalget i Norge fordelt seg mellom segmentene i 2015.



Figur 7 Nybilsalg i 2015 fordelt på segment (OFV, 2016).

I analysen har vi delt det norske bilmarkedet i to klasser, en for de større bilene og en for de mindre. Klassen *mindre biler* inneholder i vår analyse segmentene minibiler, små biler og kompaktklassen, mens klassen *større biler* inneholder mellomklassen, store biler og SUVer. Dette gjør at vi deler markedet omtrent 50/50 mellom større og mindre biler, en fordeling som har vært nokså jevn i nybilsalget de siste årene. Vi holder dette forholdet fast igjennom analyseperioden.

For de mindre bilene har vi valgt å ta utgangspunkt i en sammenlikning av e-Golf med en vanlig golf. For de større bilene er det tatt utgangspunkt i et vektet snitt av de tre Teslavariantene - Model S, kommende Model X og Model 3 - som sammenliknes med et vektet snitt av de mest solgte bensin- og diesebilene innenfor klassen for de større bilene. Startpunktet er dagens priser eksklusive skatter og avgifter, men siden vårt tidsperspektiv er fram til 2030, må vi gjøre noen forutsetninger om hvordan vi forventer at kostnadsutviklingen vil være framover.

Videre i kapitlet vil vi gjennomgå og diskutere forutsetningene som er brukt for å estimere merkostnaden per elbil og utviklingen i denne i perioden 2016-2030. På slutten av hvert delkapittel er det i **fet skrift** oppsummert hvilken forutsetning som legges til grunn og vår vurdering av usikkerheten i denne.

3.1 Produksjonskostnader

Per i dag er elbilen dyrere å produsere enn en sammenliknbar bensin- eller dieselbil. Denne merkostnaden inngår i beregningen av den samfunnsøkonomiske tiltakskostnaden. I analysen ser vi først på hva merkostnaden ved produksjon av en elbil er per i dag. Deretter, for å kunne si noe om utviklingen av merkostnaden fram til 2030, har vi delt produksjonskostnaden i to elementer; batterikostnader og kostnader knyttet til produksjon av resten av elbilen.

3.1.1 Produksjonskostnad elbiler per i dag

I dag er elbiler dyrere å produsere enn bensin- eller dieselbiler. Merkostnaden ved å produsere en elbil er estimert ved å se på prisdifferansen mellom en elbil og en bensin- eller dieselbil uten skatter og avgifter. Med dette antar vi at produksjonskostnaden ved bilene reflekteres i prisene før avgifter. Dette er en vanlig antakelse, men det kan være noe usikkert knyttet til at markedet for elbiler fortsatt er relativt umodent.

Som nevnt innledningsvis så tar vi utgangspunkt i en sammenlikning av en Volkswagen Golf og Volkswagen e-Golf for de mindre bilene. Prisen uten avgifter for 2016-modellen av disse bilene ligger henholdsvis på 182 000 kroner og 252 000 kroner, noe som gir en prisdifferanse på 70 000 kroner. For de større bilene sammenligner vi et vektet gjennomsnitt av Teslaene med et tilsvarende vektet gjennomsnitt for bensin- og dieselbilene i storbilklassene. Teslaene har enkelte egenskaper som likner mer på luksusbiler enn gjennomsnittsbilene i klassen, men per i dag finnes det ikke andre bilmerker enn Tesla i denne klassen. Man vil derfor i starten måtte gå over til disse relativt dyre bilene dersom man skal elektrifisere de større bilene. Snittpris før avgifter for Teslaene ligger på omkring 660 000 kroner, mens tilsvarende snittpris før avgifter for bensin- og dieselbilene er på omkring 215 000 kroner. Dette gir en merkostnad per produserte bil på 435 000 kroner. Det kan virke urimelig å sammenlikne en Tesla, til 660 000 kroner, med en bensin- og dieselbil til 215 000 kroner, siden en tesla per i dag antakelig erstatter biler som har en høyere pris enn gjennomsnittsbilen. Vi tar likevel utgangspunkt i dette siden det på nåværende tidspunkt ikke finnes andre alternativer for de større bilene, og, dersom man skal erstatte hele eller store deler av bilparken med elbiler raskt, vil gjennomsnittsprisen for større biler være det riktige å sammenlikne med. Om dette blir riktig vil avhenge av hvor raskt man faser inn større elbiler. Sammenlikningen med en gjennomsnittsbil vil nok trekke i retning av at vi overestimerer de reelle kostnadene i 2016, da man kan tenke seg at man først vil erstatte biler som har en høyere kostnad enn gjennomsnittsbilen.

Merkostnaden i produksjonen per elbil per 2016 inkludert batteripakke er estimert til 70 000 kroner for klassen mindre biler og til 435 000 kroner for de større bilene.

Usikkerhet i vurdering: Et relativt umodent marked, spesielt for de større bilene, gjør det at det er noe usikkerhet knyttet til hvorvidt prisen uten avgifter reflekterer de reelle produksjonskostnadene.

3.1.2 Kostnadsutvikling batteripakke

I dag er litium-ion batterier den dominerende batteriteknologien i elektriske biler. Faktisk batterikostnad er til dels forretningshemmeligheter og ikke noe bilprodusentene går ut med og det er derfor usikkerhet knyttet kostnadsanslagene som fremkommer i ulike studier. I en

artikkel fra 2016 estimerer Bloomberg New Energy Finance at prisen på litium-ion batterier har redusert med 65 prosent siden første lansering av Nissan Leaf i 2010, fra en pris på rundt 1000 dollar per kWh til en pris på rundt 350 dollar per kWh i dag (New Energy Finance, 2016). Denne prisreduksjonen er i tråd med vurderinger gjort av McKinsey som i flere analyser har anslått kostnad for batteripakke til å være cirka 380 dollar per kWh i 2015. Navigant Research anslår en noe høyere gjennomsnittskostnad på cirka 420 dollar per kWh (Abuelsamid, 2015) i 2015. Det danske klimarådet legger seg mer i tråd med de sist oppdaterte kostnadene fra Bloomberg og legger til grunn at batterikostnaden i 2016 er 340 dollar per kWh (Klimarådet, 2016). I vår analyse baserer vi oss på de sist utgitte rapportene og legger til grunn at en batteripakke koster 350 dollar per kWh. Batteripakken utgjør da rundt 25-35 prosent av den totale produksjonskostnaden.

Kostnadsutvikling fram mot 2030

Det har vært en svært rask utvikling i elbilbatterienes kapasitet og kostnad de siste årene, og det er grunn til å tro at dette vil fortsette noen år framover. Flere jobber også med utvikling av nye typer batterier og løsninger, og det er ikke utenkelig at det kommer noe helt nytt på markedet i løpet av de neste 15 årene. Å gjøre et anslag for utvikling i batteripris i analyseperioden er derfor krevende.

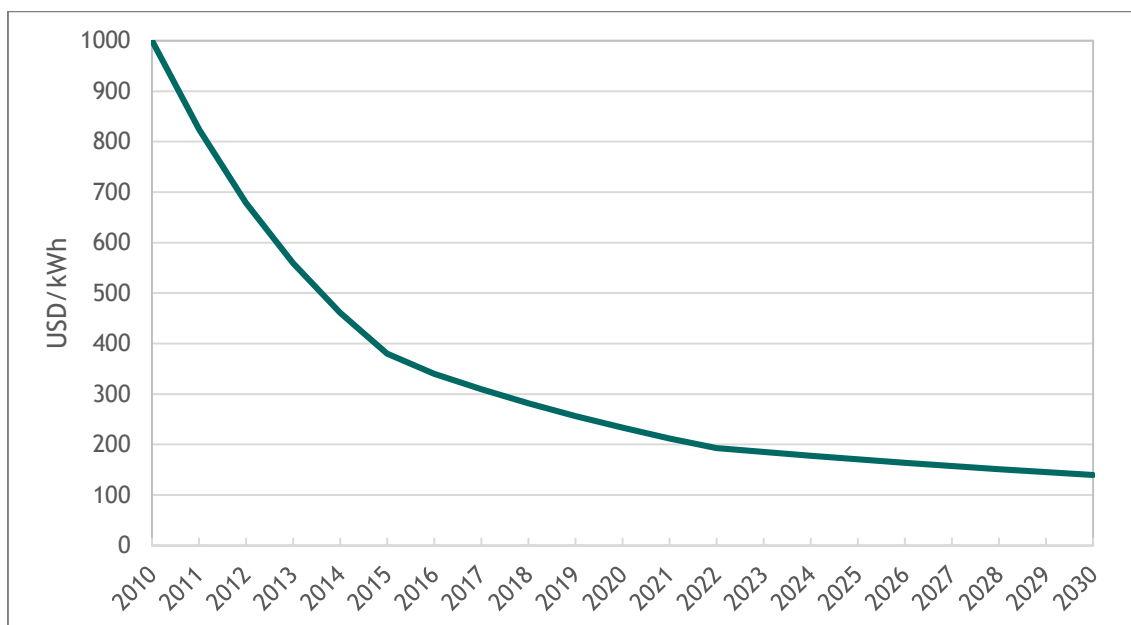
Overgang til storskalaproduksjon av batterier er den fremste driveren av kostnadsreduksjoner, men økt kunnskap i produksjonsledd og mer effektiv organisering langs hele verdikjeden er også viktige drivere (Jaffe, 2015). Det kan også forventes at det blir utviklet batterier med bedre batterikjemi, økt energitetthet og lavere batterivekt i årene fremover (LeVine, 2016). Utviklingen drives ikke bare av elbiler, men også i stor grad av markedet for batterier til stasjonær energilagring og elektrifisering av andre deler i transportsektoren. Et eksempel på overgangen til større produksjonsskala er byggingen av nye batterifabrikker. Tesla er i rute med sin «Gigafactory (Tesla, 2015)» i Nevada i USA. Tesla forventer en umiddelbar prisreduksjon på batteri på opp mot 30 prosent i sin «Gigafactory», både på grunn av ny produksjonsmetode og skalafordeler. Samsung (Handelsblatt, 2016), og flere andre bygger tilsvarende nye «giga-fabrikker» for økt produksjonskapasitet (Electric Vehicle Council, 2015). Bilprodusenter som Ford (Ford, 2015), Nissan (Nissan, 2016) og Mercedes (Lambert, 2016) investerer store beløp i lignende produksjonslinjer og batteriselskaper. Goldman Sachs har i en rapport sammenstilt informasjon om alle større anlegg for batteriproduksjon som ventes å være operasjonelle i markedet innen 2020. Disse anleggene vil stå for en samlet produksjon på nesten 100 GWh (Kooroshy, et al., 2015), eller nok til 1 million elbiler med hver sin batteripakke på 70 kWh.

Naturlig nok spriker estimatene på kostnadsutviklingen, men de fleste studier forventer en drastisk kostnadsreduksjon de neste fem til 15 årene. IEA anslår en kostnadsreduksjon for elbilbatterier på 10 prosent årlig mellom 2016 og 2022 (IEA, 2016), til en pris på under 200 dollar per kWh. Stockholm Environment Institute analyserte i 2015 et stort antall studier om kostnadsreduksjon i batterier og peker på et fortsatt stort potensial for reduserte kostnader (Nilsson & Nykvist, 2014), og en utvikling i tråd med IEAs anslag mot under 200 dollar per kWh innen 2025. Det danske Klimarådet har i en analyse lagt lignende utvikling til grunn og estimerer kostnaden til å komme ned i rundt 230 dollar per kWh i 2020 og rundt 130 dollar innen 2030 (Klimarådet, 2016).

Batteriprodusentene Bosch tror batteriprisen kommer til å halveres i perioden fra 2015 til 2020. Bloomberg New Energy Finance tror prisene faller, fra cirka 350 dollar per kWh i 2015,

til 200 dollar per kWh i 2022 (Davies, 2016) og helt ned mot 120 dollar per kWh i 2030. Det er i tråd med McKinseys vurdering av kostnadsreduksjon til cirka 200 dollar per kWh i 2020 og videre mot 160 dollar per kWh i 2025 (Hensley, et al., 2012).

Relevante analyseselskaper, bedrifter og internasjonale organisasjoner spår altså en sterk kostnadsreduksjon og at prisene vil falle ned til 200 dollar per kWh tidlig i 2020-årene. Dette legger vi til grunn i vår analyse. Det er færre studier som spår kostnadsutvikling etter dette tidspunktet, og med bakgrunn i denne usikkerheten bruker vi en noe mer konservativ kostnadsutvikling fra 2022 til 2030. Figur 8 viser den prisutviklingen vi har lagt til grunn for batteripakker fra 2010 til 2030 i våre beregninger. Vi antar at batterikostnaden har blitt redusert fra 1000 dollar per kWh i 2010 til rundt 350 dollar per kWh i dag. Videre legger vi til grunn en 9 prosent årlig kostnadsreduksjon fram til 2022 og deretter en 4 prosent årlig kostnadsreduksjon fram til 2030.



Figur 8 Kostnadsutvikling batteripakker fra 2010 til 2030 i USD/kWh lagt til grunn i analysen.

De større elbilene har allerede i dag en lang rekkevidde på over 340 kilometer reell kjørelengde. Kostnadsreduksjoner i batteripakken for disse bilene gjenspeiles derfor i lavere produksjonskostnad. For de mindre elbilene antar vi at det kommer modeller med større rekkevidde, noe som betyr at en viss andel av kostnadsreduksjonen i batteripakken tas ut i lengre rekkevidde istedet for en reduksjon i produksjonskostnad.

I kostnadsberegningen legger vi til grunn at batteripakker koster \$350/kWh i 2016 og at kostnaden reduseres 9 prosent årlig til 2022, og deretter 4 prosent årlig for perioden 2022-2030.

Usikkerhet i vurdering: Batterier vil bli produsert i mye større skala framover, estimat på kostnadsreduksjoner er derfor usikre. Forbedringer på cellenivå og i batterikjemi kan påvirke prisen på både kort og lang sikt.

3.1.3 Kostnadsutvikling øvrige komponenter

I dette avsnittet vurderer vi utviklingen i de øvrige kostnadene - alt unntatt batteripakken - i produksjonen av en elbil. Dette inkluderer produksjonskostnaden av komponenter og selve konstruksjonen av bilen. Totalt utgjør dette mellom 65-75 prosent av den totale produksjonskostnaden i 2016, men denne kostnadsfordelingen vil kunne endre seg over tid med ulik kostnadsutvikling av batteripakke og de resterende komponentene i elbilen.

Kostnadene knyttet til de øvrige komponentene i en elbil samt selve konstruksjonsprosessen er også i utvikling, men disse er i mindre grad knyttet til teknologiutvikling og har mer med overgangen fra lavskalaproduksjon til masseproduksjon å gjøre. Mange av komponentene er tilsvarende det som finnes i bensin- og dieserbiler eller representerer mer moden teknologi som elmotoren. Likevel forventes det relativt store kostnadsreduksjoner også for de øvrige komponentene i elbilen framover.

Produksjonslinjene til de store bilprodusentene, inkludert modellplattformene som bilmodellene bygger på, er i stor grad tilpasset forbrenningsmotoren og ikke produksjon av elbiler. Flere har antydning at produksjonskostnaden for elbiler etterhvert vil kunne bli lavere enn for bensin- og dieserbiler på grunn av enkelheten i konstruksjonen (McMahon, 2016). Elbiler har blant annet ikke behov for store deler av bensinbilens drivlinje eller girkasse, og elmotoren har få bevegelige deler og er, sammenlignet med forbrenningsmotoren, en enklere konstruksjon. IEA anslår at besparelsen ved frafall av bensin- eller dieserbilens ekstradelar kan utgjøre cirka 4 000 dollar per bil (IEA, 2011). Overgang til masseproduksjon vil altså gi muligheter for kostnadsreduksjoner i komponenter og i konstruksjonen av elbilen.

Lavskalaproduksjon resulterer i høye kostnader per enhet. Elbiler er foreløpig ikke i masseproduksjon, men i disse dager blir det utviklet og bygget storskala produksjonslinjer og modellplattformer. Det er ikke like mange studier som vurderer kostnadsreduksjoner knyttet til de øvrige komponentene i en elbil, men i rapporten "*A Portfolio of Power-Trains for Europe*" antas det at kostnadene ved elbilkomponenter utenom batteriet vil ha en årlig kostnadsreduksjon på 4 prosent fram til 2030. Denne rapporten er fra 2010, slik at estimatet og etterspørselsøkningen for elbiler som legges til grunn kan være noe utdatert. I mangel på andre kilder velger vi likevel å bruke en 4 prosent årlig kostnadsreduksjon fram til 2030 for de øvrige komponentene i en elbil. Vi vurderer denne antagelsen som relativt konservativ. I kostnadsberegningen bruker vi en 2 prosent årlig kostnadsreduksjon som en standard utvikling for bensin- og dieserbiler, og det virker rimelig at produksjonskostnaden knyttet til elbiler vil utvikle seg vesentlig raskere.

En annen viktig forutsetning er på hvilket tidspunkt vi kan se en modning i markedet for de større elbilene. Som nevnt innledningsvis så er Tesla eneste produsent som tilbyr elbiler i storbilssegmentene. Det virker sannsynlig at det i løpet av en ti års periode vil komme modeller i en lavere prisklasse som dekker behovet for flertallet av bilkjøperne. Dette understøttes også av varslete planer fra bilprodusentene. Eksempelvis har Volkswagen varslet å ha sin første elbil på den nyutviklede elbilplattformen *MEB* på markedet i 2019. Når denne produksjonsplattformen er tatt i bruk vil det være tilrettelagt for masseproduksjon av elbiler, og den nye fleksible plattformen vil gjøre det vesentlig enklere å utvikle nye bilmodeller og skalere størrelse etter behov. De større bilene som er varslet de nærmeste årene er likevel, som Tesla, hovedsakelig biler i den øvre prisklassen. Dette gjør det vanskelig å forutsi nøyaktig når det vil komme biler i storbilklassene som i utstyrsnivå likner mer på de

gjennomsnittlige bensin- og diesebilene. Det virker likevel sannsynlig at det vil skje i god tid før 2030.

For å komme fram til et grovt estimat på hvilken kostnadsreduksjon man kan forvente ved en introduksjon av større elbiler som er rimeligere og har egenskaper som likner mer på gjennomsnittsbilen i klassen, har vi sett på prisdifferansen mellom en mer luksuriøs bensinbil (Passat Alltrack som er mer sammenlignbar med Tesla i egenskaper), og en gjennomsnittlig større bensinbil. Den mer luksuriøse bilen koster omkring 140 000 kroner mer enn gjennomsnittsbilen før avgifter. Vi har brukt dette som utgangspunkt for å antyde størrelsesordenen av en framtidig kostnadsreduksjon ved introduksjon av elbiler som likner mer på den gjennomsnittlige bilen i klassen. For å legge oss litt på den konservative siden har vi lagt til grunn en engangsreduksjon i produksjonskostnad på 100 000 kroner og vi har videre antatt dette vil skje i år 2025. Det virker sannsynlig at innen 2025 vil det tilbys flere og rimeligere større elbiler fra mange forskjellige bilprodusenter. Vi anser dette som en relativt konservativ forutsetning.

Vi legger til grunn en årlig kostnadsreduksjon på 4 prosent i produksjonskostnad for elbil (foruten batteripakken), og en kostnadsreduksjon på 2 prosent per år for bensin- og diesebiler. I tillegg har vi som en forenkling lagt til grunn en engangsreduksjon i merkostnaden på 100 000 kr fra og med år 2025 for de større elbilene som følge at det vil tilbys flere og rimeligere større elbiler fra mange bilprodusenter.

Usikkerhet i vurdering: Produksjonsvolumene framover vil være avhengig av utviklingen i etterspørselen for elbiler på verdensbasis. Det er usikkert på hvilket tidspunkt vi vil se en modning av markedet og et større modellutvalg for de større elbilene.

3.2 Drift- og vedlikeholdskostnader

Driftskostnader inkluderer kostnadene knyttet til energibruk for drift av bilene, altså elektrisitet for elbiler og drivstoff for bensin- og diesebiler. Vedlikeholdskostnader dreier seg om de årlige kostnadene som er nødvendig for å holde bilene i drift den antatte levetiden.

3.2.1 Elbilens levetid og årlig kjørelengde

For å gjøre beregninger av drift- og vedlikeholdskostnader må vi først gjøre noen antakelser om levetiden og kjørelengden til elbiler sammenliknet med bensin- og diesebiler.

Elbilens levetid

Usikkerhet om bilens levetid er tett knyttet til usikkerhet om batteripakkens levetid. Da de første elbilene kom på markedet var det vanlig å anta at bilene ville kreve et batteribytte i løpet av levetiden. Forbedringer i både batteriteknologi og -styringssystemer har gjort at batterier ikke taper kapasitet så raskt som man tidligere har trodd, og hurtiglading har vist seg være mindre belastende for batteriet enn tidligere antatt.

Et synlig resultat av den positive utviklingen er at *batterigarantien* fra produsentene stadig har blitt utvidet. *Chevrolet Bolt* får i USA en garanti på åtte år, eller 160 000 kilometer

(100 000 miles) (Lambert, 2016). Både Nissan og Tesla har i løpet av få år utvidet batterigarantien for bestselgerne Leaf og Model S. Nissan har nå åtte år eller 160 000 kilometers garanti mot kapasitetstap for den større batteripakken på 30 kWh, og tilsvarende garanti for 24 kWh-pakken er fem år eller 100 000 kilometer. Tesla har innført åtte års garanti med ubegrenset kjørelengde for både batteri og selve bilen. Volkswagen har en batterigaranti på åtte år eller 160 000 kilometer (minst 70 prosent batterikapasitet) for alle sine ladbare biler. Garanti for selve bilen er for Volkswagen og importøren den samme som for bensin- og dieselsversjoner, fem år eller 100 000 kilometer.

Fortsatt er elbiler nye i markedet, så det er rimelig å anta noe usikkerhet knyttet til batteripakkens levetid. Erfaringer fram til i dag tilsier at batteriene ikke degraderes veldig raskt (Lambert, 2016), og det er ikke urimelig å anta at batteriet vil vare ut bilens levetid. Videre er de nye batteripakkene bygget opp av celler som gjør det enkelt å bytte ut defekte celler i batteripakken. Levetiden på dagens personbiler er omkring 18 år. På grunn av enkelheten i elbilens konstruksjon sammenlignet med den mer komplekse bensin- eller dieselbilen kan elbilens levetid også vise seg være lenger enn for bensin- eller dieselbiler. Vi har derfor ikke funnet grunn til å anta at nye elbiler skal ha kortere levetid enn bensin- og dieselbiler og har forutsatt 18 års levetid også for disse.

I analysen forutsetter vi at nye elbiler har lik levetid som en bensin- eller dieselbil, og at batteriet har en levetid som tilsvarer bilens.

Usikkerhet i vurdering: Elbilene er ikke gamle nok til at vi har faktiske data på levetid.

Årlig kjørelengde

Det publiseres statistikk over årlige kjørelengder basert på periodisk kjøretøykontroll. Diesel- og bensinbilene har en gjennomsnittlig årlig kjørelengde på 13 800 km. Data for elbiler har bare blitt publisert i de siste to årene, og viser en rask økning i antall kilometer etter hvert som datagrunnlaget oppdateres. Ifølge (SSB, 2016) er årlig kjørelengde nå oppe i cirka 13 000 kilometer. Fra 2016 trekkes også informasjon fra spørreundersøkelser til elbileiere inn i datagrunnlaget. Basert på denne er det grunn til å tro at den økte kjørelengden henger sammen med økningen i rekkevidden til elbilene.

Siden elbilene allerede i dag har en kjørelengde omtrent på nivå med bensin- og dieselbiler, samt forventninger om økt rekkevidde i årene som kommer, har vi forutsatt at kjørelengden til elbilene er lik som bensin- og dieselbilene i analyseperioden. Vi har likevel tatt høyde for at ikke all kjøring med elbil erstatter kjøring med bensin- eller dieselbil ved å legge til grunn at kun 80 prosent av kjørte kilometer med elbil erstatter kjøring med bensin- eller dieselbil i 2016. En årlig brukerundersøkelse gjennomført av Elbilforeningen (Elbilisten, 2016) underbygger at dette kan være riktig størrelsesorden. Her ble elbileiere spurt om i hvilken grad de vil anslå at elbilen har erstattet bruk av bensin- og dieselbil. Gjennomsnittlig svarte elbileierne at 83 prosent av elbilbruken var til erstatning for bruk av bensin- eller dieselbil. Vi har videre antatt at dette stiger til 100 prosent i 2022 basert på en antakelse om at bruken vil likne mer og mer på bensin- og dieselbiler etter hvert som modellutvalget blir bedre og rekkevidden øker.

Vi har ikke funnet anvendbar statistikk som tilsier at større bensin- og dieserbiler generelt kjøres lengre enn mindre biler, og har derfor valgt å legge til grunn lik kjørelengde. Samme antakelse er gjort for elbilene.

Vi legger til grunn at kjørelengden til en elbil er lik en bensin- eller diesebil, og at 80 prosent av kjørte kilometer erstatter kjøring med bensin- eller diesebil i 2016 lineært økende til 100 prosent i 2022.

Usikkerhet i vurdering: Vi har lite data knyttet til endring i kjøremønster og atferd ved overgang fra bensin- eller dieserbiler til elbil. Det er derfor usikkerhet knyttet til antall kilometer som erstatter kilometer kjørt med fossilt drivstoff. Dette vil også avhenge av virkemiddelutformingen.

3.2.2 Drifts-/energikostnader

På grunn av virkningsgraden til en elektrisk motor vil fullelektrifisering innebære en stor energieffektivisering av transportsektoren. Det er dog vanskelig å fastslå et robust gjennomsnittlig tall for energiforbruket framover i tid basert på dagens elbilpark, ettersom antall modeller av elbiler stadig øker. Elbilene vil, i likhet med bensin- og dieserbiler, i økende grad ha ulik vekt, ulik luftmotstand, brukes på forskjellig måte og kjøres i ulike deler av landet hvor topografi og temperatur påvirker bilens forbruk på ulike måter.

Tabell 2 Noen eksempler på energiforbruk for elbil oppgitt av forhandlere (fargede celler) og fra gjennomførte EPA tester (hvite celler) i Wh per kilometer.

Modell	Wh/km	Segment
Renault Twizy	68 ⁵	Mikro
Mitsubishi i-Miev	125 ⁶	Mini
Smart ForTwo ED	151 ⁷	Mini
Volkswagen e-Up!	117 ⁸	Mini
KIA Soul EV	147 ⁹	Små
Renault Zoe	133 ¹⁰	Små
Nissan Leaf	150 ¹¹	Kompakt
Volkswagen e-Golf	127 ¹²	Kompakt
BMW i3	129 ¹³	Kompakt
Mercedes B	166 ¹⁴	Kompakt
Tesla Model S	215 ¹⁵	Store biler
Tesla Model X	225 ¹⁶	SUV

⁵ (Renault, 2016)

⁶ (Mitsubishi, 2016)

⁷ (Smart, 2016)

⁸ (Volkswagen, 2016)

⁹ (Kia, 2016)

¹⁰ (Renault, 2016)

¹¹ (Nissan, 2016)

¹² (Volkswagen, 2016)

¹³ (BMW, 2016)

¹⁴ (Mercedes-Benz, 2016)

¹⁵ (US Department of Energy, 2016)

¹⁶ (US Department of Energy, 2016)

Gjennomsnittlig forbruk (i hovedsak oppgitt fra forhandlere) for dagens elbiler i kompaktklassen er cirka 144 Wh per kilometer. Tester ved bruk kan derimot vise et høyere forbruk som varierer med bruk og kjøreforhold. Interreg-prosjektet *GreenHighway* som i 2011 til 2013 gjennomførte et pilotprosjekt med Nissan Leaf som taxi i Trøndelag, viste et gjennomsnittlig energiforbruk (innberegnet regenerert energi) på 185 Wh per kilometer i vinterhalvåret (Green Highway, 2013). En test over et halvt år gjennomført i USA med en e-Golf viste et gjennomsnittlig forbruk på cirka 170 Wh per kilometer (Halvorson, 2016). En tilsvarende enkel test utført av Teknisk Ukeblad på ulike tider av året viser en potensielt stor forskjell i energibruk mellom kjøring sommers- og vinterstid, der en Renault Zoe brukte mellom 117 og 203 Wh per kilometer (Valle, 2016). Elbilforeningen testet den oppgraderte Nissan Leaf i desember 2015 og fikk et gjennomsnittlig forbruk på 174 Wh per kilometer, sammenlignet med oppgitt forbruk på 150 Wh per kilometer (Frydenlund, 2015). Det er derfor gode grunner til å bruke et høyere estimat for energiforbruket enn det som er oppgitt av produsentene.

For de større bilene, representert ved Tesla, har vi basert oss på tester utført av EPA (se Tabell 2). Fordi den amerikanske testmetoden er mer utførlig antar vi at disse tallene er representative for faktisk forbruk.

Basert på disse testene og vurderingene har vi lagt til grunn et energiforbruk på 180 Wh per kilometer for mindre elbiler og 220 Wh per kilometer for de større bilene. Dette skal ta høyde for reell kjøring og sesongvariasjonene i Norge. Vi har valgt å holde dette forbruket konstant over analyseperioden. Dette er nok en litt forsiktig antakelse, siden det mest sannsynlig vil være noe effektivisering i perioden som følge av mulig introduksjon av lettere materialer, batterier med lavere vekt per energienhet, lavmotstandsdekk og lignende. Læringseffekter og evt. endret kjøremønster som følge av overgang til elbil vil også kunne påvirke forbruk. Vi har lagt til grunn en strømkostnad, inkludert nettleie, på 0,58 kroner per kWh før avgifter basert på et gjennomsnitt for perioden 2012-2015 (SSB, Statistikkbanken tabell 09007). Denne prisen er holdt konstant for hele analyseperioden fordi vi ikke har funnet grunn til anta noe annet. For de mindre elbilene fører dette til en årlig energikostnad på omkring 1500 kroner eksklusiv avgifter. Denne blir da også konstant for hele analyseperioden. For de større bilene blir den årlige energikostnaden omkring 1800 kroner eksklusiv avgifter.

For bensin- og dieselbilene legger vi til grunn en gjennomsnittlig drivstoffkostnad eksklusiv avgifter på 6,12 kroner per liter. Dette er basert på gjennomsnittet av bensin- og dieselpriser for perioden 2011 til 2016 (SSB, Statistikkbanken tabell 09654). Drivstoffforbruket er satt til det samme som i referansebanen, med et gjennomsnittlig forbruk på 0,67 liter per mil i 2016, fallende til 0,55 liter per mil i 2030. Fra 2030 er det holdt konstant. De større bilene er forutsatt å ha et forbruk som er 10 prosent høyere enn snittet og de mindre bilene er satt til 10 prosent lavere enn snittet. Dette gir en årlig drivstoffkostnad eksklusive avgifter for de mindre bilene på omkring 5000 kroner per år i 2016 og 4000 kroner per år i perioden 2030 til 2047. Tilsvarende for de større bilene er 6200 kroner i 2016 og 5100 kroner i perioden 2030 til 2047.

For de mindre elbilene blir da årlige besparelser knyttet til energiforbruk 3500 kroner i 2016 og 2500 kroner i 2030 og fram til 2047. For de større bilene blir tilsvarende besparelse omkring 4400 kroner i 2016 og 3300 kroner i 2030 og fram til 2047.

For de mindre elbilene har vi antatt et energiforbruk på 180 Wh per kilometer, og for de større bilene har vi antatt et forbruk på 220 Wh per kilometer. Forbruket holdes konstant i hele analyseperioden. Strømkostnad inkl. nettleie er satt til 0,58 kroner per kWh for hele perioden og drivstoffkostnad for bensin og diesel eks. avgifter er satt til 6,12 kroner per liter.

Usikkerhet i vurdering: Den største usikkerheten i disse estimatene er knyttet til energiprisene, altså både priser på elektrisitet (kr/kWh) og priser på bensin og diesel. I tillegg er det usikkerhet knyttet til reelt energiforbruk for elbilene og eventuell energieffektivisering av elbilene.

3.2.3 Vedlikeholdskostnader

Det er begrenset informasjon om faktiske vedlikeholdskostnader for elbiler. De moderne elbilene har ikke rukket å bli særlig gamle ennå, da for eksempel Nissan Leaf først kom på markedet i 2011. Likevel er det viktig å få fram noen utviklingstrekk og erfaringene med vedlikehold som eksisterer så langt.

Vedlikeholdskostnader i dag

Vista Analyse har beregnet drifts- og vedlikeholdskostnader for elbil i ulike segmenter, sammenlignet med en referansebil med bensin- eller dieselmotor. De forutsetter 10 000 kilometer årlig kjøring, og estimerer en årlig vedlikeholdskostnad for elbil i kompaktklassen til 3 000 kroner, som er 2000 kroner lavere enn for referanse bilen (Vista Analyse, 2015). Dette er i tråd med funn i en stor undersøkelse Autolease har gjennomført for VG hvor vedlikeholdskostnader blir estimert til mellom 2 000 og 5 000 kroner årlig for elbiler (Hattrem, 2014). Basert på møte med Elbilforeningen og deres erfaringer så langt med elbiler i Norge, virker et anslag på mellom 30 og 35 prosent lavere vedlikeholdskostnader for elbil rimelig. Andre studier viser en større besparelse. En av få systematiske studier er gjort i Interreg-prosjektet GreenHighway, som i 2011 til 2013 gjennomførte et pilotprosjekt med Nissan Leaf som taxi i Trøndelag, og som har sammenstilt kostnader for vedlikehold (Green Highway, 2013). Med kjørelengde på inntil 35 000 kilometer per år angir studien en vedlikeholdskostnad for elbil på 3 644 kroner per år sammenlignet med 9 000 kroner per år for bensin- eller dieseltaxi. Studien tyder på store besparelser, men er muligens mindre representativ for vanlige personbiler siden taxi har høyere årlig kjørelengde.

Siden anslagene for vedlikeholdskostnader er såpass usikre og vi ikke har inkludert fullt batteribytte i kostnadsanalysen, velger vi å basere oss på studiene som viser en mer konservativ besparelse på 30 til 40 prosent lavere kostnader enn bensin- eller dieslbiler. Da vurderer vi at noe vedlikehold av batteriet, som utskiftning av enkeltceller i batteripakken, er inkludert i kostnaden. Basert på dette har vi antatt en årlig kostnad for vedlikehold for bensin- eller dieslbiler på 6000 kroner, og 4000 kroner for elbiler, i 2016.

Utvikling i vedlikeholdskostnader fram mot 2030

Elbiler har en vesentlig enklere konstruksjon enn bensin- og dieslbiler. Den elektriske motoren har få bevegelige deler, og bilen har ingen girkasse. På sikt virker det derfor rimelig å anta at elbilen vil bli vesentlig billigere å vedlikeholde enn en bensin- eller diesebil. Dette virker også som en fornuftig antagelse med tanke på at det per i dag ikke eksisterer et like stort tilbud for vedlikeholdstjenester for elbiler som for bensin- og dieslbiler. Et større

marked for vedlikehold med flere aktører vil også bidra til å dra vedlikeholdskostnader for elbiler ned.

Det er få studier som vurderer vedlikeholdskostnader på elbil og ingen som spår en konkret utvikling over tid. Det virker likevel rimelig å forvente at vedlikeholdskostnadene for elbiler vil falle relativt raskere enn for bensin- og dieselmotorer fram mot 2030. Vi har derfor lagt inn en årlig kostnadsreduksjon på 4 prosent på elbil mens vedlikeholdskostnader faller med 2 prosent årlig for en tilsvarende bensin- eller dieselmotor. Vi har brukt 4 og 2 prosent kostnadsreduksjon for henholdsvis elbiler og bensin- og dieselmotorer som en standard forutsetning for de elementene i kostnadsanalysen der det er mangel på informasjon, men likevel tydelig at det vil være en kostnadsutvikling.

Vi har antatt at en årlig kostnad for vedlikehold av bensin- og dieselmotorer er 6000 kroner og 4000 kroner for elbiler i 2016. For elbiler inkluderer prisen også kostnadene knyttet til reparasjon eller utbedring av enkeltceller i batteriet, men ikke bytte av hele batteripakken. Vi legger til grunn en årlig kostnadsreduksjon for vedlikeholdet på 4 prosent for elbilene og 2 prosent for bensin- og dieselmotorer.

Usikkerhet i vurdering: Elbiler er ikke gamle nok til at vi har tall på vedlikehold ut levetiden. Utviklingen i batteriets kapasitet og kostnad ved eventuelt vedlikehold av dette er usikkert.

3.3 Kostnad ved infrastruktur

Med en økning i antall elbiler vokser behovet for ladepunkter og et strømnnett som tåler det økte behovet for lading. For å estimere kostnaden ved endringene i infrastruktur må vi legge priser og antall ladestasjoner til grunn, i tillegg til å se på behovet for utbedringer i strømnettet.

3.3.1 Ladepunkter og stasjoner

Det finnes forskjellige ladeteknologier i dagens marked med ulik pris. Basert på effekt og funksjon kan vi grovt sett dele ladepunkter opp i tre kategorier. I Tabell 3 listes noen kostnadsanslag basert på erfaring med etablering av ladepunkter i Norge per i dag (eks. mva) som Enmira AS har delt med oss, og tall listet i Enova sin ladestrategi 2015-2016 (Enova, 2015). Dette er allerede noe lavere enn anslagene gitt i Transnovas ladestrategi fra 2014 (Transnova, 2014).

Lading av elbil skjer per i dag i hovedsak gjennom normallading - enten hjemme om natten, eller på jobb i løpet av dagen. 94-95 prosent av alle norske elbileiere oppgir i TØIs spørreundersøkelse i 2016 at de lader hjemme i garasjen, carport eller på en disponibel parkeringsplass, men noen er avhengige av offentlige ladepunkter i nærheten av hjemmet eller arbeidsplassen (TØI, 2016). Tilgang til hurtiglading er for de aller fleste en forsikring hvis noe utover det normale skulle skje. Studier har vist at elbilen brukes over lengre distanser dersom man vet at det er tilgang til hurtiglader, selv om ladepunktene ikke nødvendigvis benyttes. Ved et økt antall elbiler i personbilparken mot 2030 vil behovene sannsynligvis endre seg. McKinsey estimerer at ved en masseutrulling av elbiler vil 60 prosent av ladingen skje i hjemmet, 20 prosent på jobb og de 20 prosent resterende på offentlig tilgjengelige

ladestasjoner (Amsterdam Round Tables & McKinsey&Company, 2014). NVE estimerer en fordeling som tilsier 75 prosent hjemmelading, 15 prosent lading på jobb og 10 prosent lading på hurtigladestasjoner (NVE, 2016).

Tabell 3 Tabellen beskriver de ulike typene ladepunkter som er i bruk i dag.

Type ladepunkt	Effekt	Hvor foregår ladingen?	Standard for ladekontakt	Ladetid	Pris, inkl. montering
Normallading (Basislading, hjemmelading)	3-4 kW (AC)	Typisk hjemme om natten eller på jobb om dagen, mens bilen uansett ville stått parkert.	Type 2-kontakt er vedtatt standard i EU	6-7 timer	10 000 kr og oppover
Fleksilading (Destinasjonslading, semi-hurtig lading)	11-22 kW (AC)	Ved destinasjon, f.eks. kjøpesenter eller andre steder man oppholder seg noen timer.	Type 2-kontakt er vedtatt standard i EU	2-4 timer, avhengig av bilens ombordladere	40 000 kr og oppover
Hurtiglading	Over 50 kW (DC)	Langs hovedfartsårer og knutepunkt	Tre standarder: 1. Combined Charging System (CCS/Combo) EU standard 2. Japanske CHAdeMO 3. Tesla sin egen løsning og nettverk Supercharger		500 000 kr og oppover

For å finne et anslag på antall ladepunkter som er nødvendig har vi hentet inn tall fra europeiske og norske ladestrategier. EU har i Clean Power for Transport-direktivet anbefalt en minimumsdekning med ett offentlig normalladepunkt per ti elbiler (EU Kommisjonen, 2014). *Econ Pöyry* laget en strategi for *Transnova* i 2012 (Pöyry, 2012) og estimerer minimumsbehovet til én hurtiglader per 20 000 innbyggere, og et optimalt antall elbiler per hurtiglader til 250. *Transnova* la så forholdstallet én hurtiglader til 200 elbiler i byene til grunn i sitt forslag til nasjonal strategi og finansieringsplan i 2014 (*Transnova*, 2014), i tillegg til et behov for dekning av de åtte største hovedveiene.

I våre beregninger forutsetter vi, med utgangspunkt i informasjonen over, en gjennomsnittlig etableringskostnad for AC-lading på 13 000 kroner per anskaffet elbil til etablering av normal- og fleksiladepunkter. Dette er en gjennomsnittlig pris der vi legger til grunn at det per elbil trengs 0,9 normalladepunkter med en antatt kostnad på cirka 10 000 kroner per ladepunkt, og 0,1 fleksiladepunkter med en kostnad på cirka 40 000 kroner per ladepunkt. Vi legger ingen

føringer på hvor ladepunktene installeres, eller på fordelingen mellom hjemmelading, lading på jobb eller offentlig ladepunkt. Videre har vi forutsatt et behov for å etablere én hurtigladestasjon per 200 biler, med en kostnad på 600 000 kroner per ladestasjon. Antallet kan tenkes å være litt lavt i starten av analyseperioden, men samtidig litt høyt de siste årene når en grunndekning på hovedveiene er oppnådd. Kostnadene for etablering av ladepunkter og stasjoner vil antakelig reduseres over tid og vi har antatt en årlig kostnadsreduksjon på 2 prosent. Dette er vår standard forutsetning for de elementene i kostnadsanalysen der det er mangel på informasjon, men likevel tydelig at det vil være en kostnadsutvikling.

Det er krevende å komme fram til et gjennomsnittlig kostnadsestimat for etablering av ladepunkt, ettersom lokale forutsetninger spiller en stor rolle. Tilrettelegging, graving, lønnskostnader, kabler og anleggsbidrag (dersom strømmettet må utbedres) vil kunne være mer kostbart enn selve ladepunktet, og det vil kunne være betydelig geografiske forskjeller. I kostnadsanslaget tar vi da høyde for at en del av ny ladeinfrastruktur bygges ut sammen med øvrig infrastruktur som ny bolig- eller veibyggning, noe som gir lavere anleggskostnader.

Vi forutsetter en gjennomsnittskostnad knyttet til etablering av normal- og fleksilading på 13 000 kroner per bil. Videre forutsetter vi én hurtiglader per 200 elbiler og en kostnad per ladestasjon og installasjon på 600 000 kroner. For både hurtiglader og normallader legger vi en kostnadsreduksjon på 2 prosent per år til grunn.

Usikkerhet i vurdering: Antall ladepunkter per bil er vanskelig å anslå på lang sikt. Videre er kostnadene for installasjon og tilrettelegging varierende grunnet store geografiske forskjeller.

3.3.2 Effekter på infrastruktur for kraftoverføring

En storstilt innfasing av elbiler vil kunne gi behov for noe oppgraderinger av kraftnettet. Samtidig vil behovet for infrastruktur knyttet til distribusjon av bensin og diesel på sikt kunne bli redusert.

NVE har i rapporten "*Hva betyr elbiler for strømmettet*" (NVE, 2016) vurdert konsekvenser for strømmettet dersom det er 1,5 millioner personbiler med batterielektrisk drift på veiene i 2030. Dette tilsvarer det mest ambisiøse tiltaket i vår analyse (tiltak 3, alle nye personbiler fra 2025 er batterielektriske). Overordnet konkluderer NVE med at den gjennomsnittlige belastningen fra elbillading er lav, og at strømmettet i Norge vil tåle en forholdsvis stor overgang til elbiler. Dette forutsetter at mange av bilene lades om natten, når øvrig forbruk er lavt. Rapporten tar ikke hensyn til elektrifisering av andre typer kjøretøy.

Det er et skille mellom *sentral-, regional- og distribusjonsnettet*. Sentralnettet er hovedveiene i kraftsystemet og forbinder produsenter og forbrukere i ulike deler av landet med hverandre. Distribusjonsnett er de lokale nettene og sørger for distribusjon av kraft til sluttbrukerne. Regionalnettene er bindeledd mellom sentralnettet og distribusjonsnettene.

Ifølge NVEs rapport "*Sammenfatning av planlagte investeringer i sentral- og regionalnettet*" (NVE, 2013) er det ventet en betydelig økning i investeringer i både sentral- og regionalnettet. Hovedårsakene til dette er økt lastbehov som følge av forventet

befolkningsøkning rundt de store byene, ny produksjon av elektrisitet og hensynet til forsyningssikkerhet. En økende andel elbiler trekkes ikke fram som en utløsende faktor.

I "*Hva betyr elbiler for strømmettet*" (NVE, 2016) forventes det at sentralnettet vil håndtere den økte energibruken fra elbillading fordi denne lasten er forholdsvis liten sammenlignet med annet forbruk. Samtidig kan ikke NVE utelukke at enkelte områder vil få en økning i strømforbruket som fører til at sentralnettet må oppgraderes for å opprettholde forsyningssikkerheten. I vår kostnadsanalyse antar vi at en eventuell utvidelse av kapasitet i sentral- og regionalnettet som følge av elbillading gjøres samtidig med allerede planlagte oppgraderinger og at merkostnaden vil være neglisjerbar.

NVE skriver i "*Hva betyr elbiler for strømmettet*" (NVE, 2016) at normallading av personbiler vil føre til en gradvis økning av effektbehovet, forholdsvis jevnt fordelt utover distribusjonsnettet. Det kan imidlertid oppstå overbelastning på transformatorer og kabler i områder med lite kapasitet i nettet. Eksempler på dette kan være hytteområder eller nabolag med høy andel elbiler hvor mange lader elbilen samtidig.

Fram til 2030 må uansett mange av dagens transformatorer og kraftledninger i distribusjonsnettet skiftes ut på grunn av alder. NVE anbefaler nettselskapene å vurdere å reinvestere i komponenter med noe høyere kapasitet enn dagens, slik at nettet blir enda bedre rustet til å takle full elektrifisering av transportsektoren. Det kan også være aktuelt å forsere reinvesteringer på bakgrunn av økt elbillading. Vi antar at eventuelle ekstra utbedringer knyttet til lading av elbiler vil koste lite dersom det gjøres i sammenheng med allerede planlagte investeringer i distribusjonsnettet.

Etablering av en hurtigladestasjon vil føre til en stor økning i effektbehovet på et bestemt punkt i nettet. Dette gjør at netteier kan kreve anleggsbidrag¹⁷ for å oppgradere nettet. Vi har inkludert anleggsbidrag i kostnaden for hurtigladestasjoner, som er beskrevet i kapittel 3.3.1.

Nettleien, som er inkludert i kostnadsanalysen gjennom driftskostnader ved strømforbruk, er ment å dekke vedlikehold og nødvendige oppgraderinger i strømmettet. En del av kostnadene ved nettinfrastrukturen er derfor inkludert i analysen gjennom dette. Nettleien er holdt konstant over analyseperioden på et nivå som tilsvarer gjennomsnittsprisen fra 2012-2015 (se kapittel 3.2.2). Vi har ikke grunnlag nok til å vurdere hvorvidt dette dekker alle kostnader på kraftnettet som følger av flere elbiler.

Erfaringsdata bygger så langt på ukontrollert lading, det vil si uten styringstiltak eller insentiver til å flytte ladetidspunktet. NVE trekker fram at automatisk måle- og styringssystem (AMS) blir installert hos alle husholdninger innen 2019, og at det sammen med en overgang fra energibaserte til mer effektbaserte tariffer vil gi både mulighet og insentiver til å lade elbilen om natten når strømforbruket ellers er lavt. Slik kan maksimalt effektforbruk reduseres og den eksisterende kapasiteten i nettet utnyttes bedre. Vi

¹⁷ Anleggsbidrag: Kostnad som må betales av en kunde som utløser nødvendige investeringer i strømmettet. Betales til nettselskapet og skal dekke en forholdsmessig andel av investeringen. Anleggsbidrag er et prissignal som bidrar til at ladestasjoner for elbiler bygges hvor nettkostnaden er lavest, men forutsetter at kunden er fleksibel i valg av lokasjon.

forutsetter at slike løsninger vil komme på plass og dermed spare samfunnet for kostbare nyinvesteringer.

På litt lengre sikt vil elektrifiseringen av transportsektoren kunne gi betydelig besparelser knyttet til redusert behov for distribusjon og lagring av bensin og diesel. Det virker rimelig å anta at ladeinfrastruktur for elbiler samlet sett vil være en enklere og mer effektiv løsning for distribusjon av energi til bilene. Håndtering av bensin og diesel fører også til en del direkte utslipp av klimagasser og representerer en risiko for lekkasjer som vil kunne reduseres ved en overgang til elbiler. Dette har vi derimot ikke inkludert i verdsettingen.

Vi antar at merkostnaden for utbedring av nettinfrastruktur som følge av økt antall elbiler vil være relativt begrenset. Det er derfor ikke lagt inn en kostnad for oppgradering av strømmettet utover det som dekkes av nettleien (som er inkludert i energikostnaden). Vi har ikke beregnet eventuelle besparelser knyttet til redusert behov for infrastruktur knyttet til bensin og dieselmotorer.

Usikkerhet i vurdering: Det vil kunne være store variasjoner lokalt som kan føre til ekstraordinære oppgraderingsbehov i distribusjonsnettene utover det som dekkes av nettleie.

3.4 Verdsetting av ulemper for bilistene

Elbiler har ikke identiske egenskaper med bensin- eller dieselmotorer per i dag. På den negative siden handler dette i stor grad om kortere rekkevidde, dårligere utvalg av modeller og at det for mange oppleves som en ny og usikker teknologi. På den positive siden er elbiler mer stillegående, har ofte bedre akselerasjon og oppfattes som mer miljøvennlig. Mulighet til å starte dagen med «full tank» hjemme i garasjen, og dermed ikke måtte kjøre til en bensinstasjon, kan også oppleves som positivt.

For å forstå i hvilken grad bilisten opplever ulemper ved elbilen må man identifisere hvilke elementer som vurderes som dårligere enn en bensin- eller dieselmotor, og diskutere hvordan disse egenskapene vil utvikle seg over tid. NAF undersøker i sin rapport om elbiler fra 2015 (NAF, 2015) hva som hindrer folk fra å kjøpe elbil og kommer fram til at det i hovedsak er rekkevidde, utrygghet på bruktbilprisen, utrygghet på vedlikeholdskostnader, og en generell preferanse for forbrenningsmotorer sammenlignet med elmotorer. *Oslo Economics* lister i sin rapport "*Elbilens konkurransedyktighet i Norge*" (Oslo Economics, 2015) restverdi, rekkevidde, størrelse, utvalg og design som de viktigste egenskapene.

I våre beregninger har vi antatt at rekkevidde og tilgjengelige elbilmodeller på markedet vil være de to faktorene som styrer hvor stor ulempen er for bilisten. Dette er en forenkling, men det virker også rimelig at de mindre håndfaste faktorene knyttet til usikkerhet med ny teknologi vil forsvinne relativt raskt i takt med at elbilandelen i bilparken øker. Under følger en kort beskrivelse av utfordringer med rekkevidde og tilgjengelige elbiler på markedet.

Rekkevidde

Gitt at en elbil har samme innkjøpspris som en bensin- eller dieselmotor, er trolig rekkevidde det største hinderet for at folk skal velge elbilen. Dagens elbiler, med unntak av Tesla Model S og

Model X i premiumsegmentene, har en reell rekkevidde på rundt 14-15 mil. Dette kan medføre en stor ulempe for dem som har behov for å bruke bil til lange reiser, samt generelt skape bekymring for å gå tom for strøm.

Tilgjengelige elbilmodeller

Ofte vil en bilkjøper være ute etter en bil med noen spesifikke egenskaper, eller være knyttet til et spesifikt bilmerke. Hvis det ikke tilbys en elektrisk bil med disse egenskapene, så kjøper de gjerne heller bensin- eller dieselbil. Slike preferanser betyr at til tross for at det tilbys noen elbiler med tilstrekkelig rekkevidde, vil dette likevel ikke være nok for at bilister vil foretrekke, eller være like fornøyde, med en elbil framfor en bensin- eller dieselbil. Et begrenset antall modeller elbiler utgjør dermed en barriere for overgang til elbiler, og per i dag er antall bilmodeller i elektrisk versjon ikke i nærheten av samme antall som utvalget av biler med bensin- eller dieselmotorer.

Forutsetninger i beregningene

For å kunne beregne kostnaden ved ulempe for bilisten av å kjøre elbil har vi gjort en vurdering av hva som er en tilstrekkelig rekkevidde på en elbil for at en gjennomsnittlig bilist ikke opplever dette som en ulempe. Vi vurderer at en reell rekkevidde på 300 kilometer¹⁸ vil være tilstrekkelig for den gjennomsnittlige bilisten. Det virker også rimelig at det er et behov for lengre rekkevidde for de større bilene enn for de mindre. I beregningene har vi lagt til grunn at en rekkevidde på 260 kilometer for de mindre bilene og 340 kilometer for de større bilene vil være tilstrekkelig til at bilistene i gjennomsnitt ikke opplever rekkevidden som noen ulempe. Til sammenlikning antar vi at den representative mindre elbilen (e-golf) per i dag har en reell rekkevidde på rundt 130-140 kilometer, mens de større bilene representert ved Tesla, allerede i dag har en rekkevidde som vi vurderer som tilstrekkelig.

Siden de mindre bilene per i dag er vurdert å ha for dårlig rekkevidde, må vi beregne en kostnad for denne ulempen og eventuelle andre ulemper som følger av ulike egenskaper mellom bensin- og dieselbiler og elbiler. For å komme fram til en kroneverdi på disse ulempene, har vi tatt utgangspunkt i det en bilist faktisk sparer på å velge en elbil framfor en bensin- eller dieselbil. Dette er både knyttet til avgiftsfordeler ved kjøp og bruk, samt generelt lavere driftskostnader. Denne besparelsen bruker vi for å estimere hvor mye en gjennomsnittsbilist verdsetter egenskapene som går tapt ved overgang til elbil. Ved å bruke denne metoden er ulempen for bilisten for de mindre bilene estimert til rundt 125 000 kroner i gjennomsnitt per bilkjøper i 2016. Denne kostnaden reduserer vi i takt med at rekkevidden øker, og i 2024 forsvinner denne ulempen med våre forutsetninger. At denne ulempen forsvinner først i 2024 kan virke som noe konservativt sett i sammenheng med det økende antallet nye mindre elbiler med lang rekkevidde som er varslet å komme de neste årene. Grunnen til dette er at vi bruker en streng vurdering av reell rekkevidde og vi vet ikke om kostnaden ved disse bilene vil være på samme nivå som en e-Golf. I tillegg så må vi ta hensyn til at det tar tid før det tilbys tilstrekkelig med ulike modeller på markedet. Ulempen for bilisten vil i våre beregninger dermed ikke forsvinne når første modell med lang rekkevidde lanseres, men først flere år senere når det antas at det er et stort utvalg av bilmodeller med lang rekkevidde på markedet. Vårt estimat kan derfor sees på som det tidspunktet da gjennomsnittsbilen (tilsvarende e-Golf) har tilstrekkelig rekkevidde til at det ikke oppleves som en ulempe for gjennomsnittsbilisten.

¹⁸ Her er det snakk om reell rekkevidde sommer og vinter. Ikke rekkevidde oppgitt av produsenten (se kapittel 2)

For de større bilene er det kun Tesla-modellene som er på markedet. Siden disse bilene allerede har såpass stor reell rekkevidde, og har egenskaper i tråd med mange luksusbiler, så antar vi at ulempen for bilisten er lik null ved overgang til elbil. Sagt på en annen måte så virker det usannsynlig at en gjennomsnittlig bilist hadde opplevd det som en vesentlig ulempe å få en Tesla istedenfor en Skoda Octavia (som er tilnærmet gjennomsnittsbilen i storbilsegmentet) gitt lik pris, men at bilistene tvert imot ville vurdert det som en oppgradering. Derfor, til tross for at det ikke tilbys mange ulike modeller på markedet i storbilsegmentene, så velger vi å sette ulempen for bilisten til 0 og holder dette konstant over hele analyseperioden. Vi antar at dette er en konservativ tilnærming, siden det virker sannsynlig at bilistene i snitt ville fått økt nytte av å bytte ut en gjennomsnittsbil i klassen med en Tesla. Dette trekker i retning av at vi overestimerer tiltakskostnaden. For mer informasjon om beregning av ulempe for bilisten se vedlegg I.

For de større bilene er ulempen for gjennomsnittsbilisten ved overgang til elbil satt til null for hele perioden. For de mindre elbilene er ulempen for gjennomsnittsbilisten per 2016 estimert til rundt 125 000 kroner. Denne kostnaden reduserer vi i takt med at rekkevidde og antall modeller øker og i 2024 forsvinner denne ulempen med våre forutsetninger.

Usikkerhet i vurdering: Det er alltid stor usikkerhet forbundet med vurdering av preferanser og vi har begrensede data på dette. Det er vanskelig å fange opp den variasjonen i preferanser som finnes blant bilistene. Behovet for rekkevidde vil også henge sammen med utbyggingen av ladestasjoner.

3.5 Helseeffekter

Luftforurensning utgjør et betydelig helseproblem globalt, i Europa og i Norge. Det er beregnet at 3 millioner mennesker globalt, 430 000 mennesker i Europa og 1 700 mennesker i Norge døde for tidlig som en følge av for høye forurensningsnivåer av svevestøv/partikler (PM) i utendørs luft i 2012 (WHO, 2016) (EEA, 2015). Folkehelseinstituttet (FHI) har estimert at svevestøv førte til 185 for tidlige dødsfall og 1753 tapte leveår i Oslo i 2013 (Folkehelseinstituttet, 2016).

Ved å erstatte biler med forbrenningsmotorer med elbiler reduseres utslippene av partikler og NO_x. Dette bidrar til bedre luftkvalitet som gir en helsegevinst. Helseeffekt vil normalt ikke ha en markedspris, men det er laget nasjonale verdsettingsanslag som skal uttrykke skadekostnader knyttet til utslipp av partikler og NO_x i Vegdirektoratets Håndbok V712 (Statens Vegvesen, 2015).

For å verdsette helseeffekten av redusert utslipp av PM₁₀ og NO_x har vi anvendt samme forutsetninger som i "Klimatiltak mot 2030" (Miljødirektoratet, 2015). Her ble verdsettingsfaktorene i V712 kombinert med en antakelse om hvor utslippseffektene finner sted. Det ble antatt at 30 prosent av personbilkilometerne kjøres i de største byene, og laget gjennomsnittlige verdsettingsfaktorer for utslippsreduksjoner av PM₁₀ og NO_x. I likhet med denne rapporten setter vi verdsettingsfaktorene til 3000 kroner per kilogram PM₁₀ og 100 kroner per kilogram NO_x.

Det pågår en revisjon av Statens Vegvesens Håndbok V712, og dette kan muligens resultere i nye verdsettingsfaktorer/skadekostnader. Norge innførte nye og skjerpede grenseverdier (KLD, 2015) for svevestøv fra 1. januar 2016 på bakgrunn av forskning som viser at det er større helsefare knyttet til lavere konsentrasjoner av svevestøv enn tidligere antatt. Det er derfor forventet at helsegevinstene kan bli større enn estimert her.

Eventuelt redusert støy som følge av overgang til elbiler er ikke kvantifisert eller verdsatt.

Reduksjoner av partikkelutslipp og NO_x som følger av tiltakene er verdsatt til henholdsvis 3000 kr/kg PM₁₀ og 100 kr/kg for NO_x.

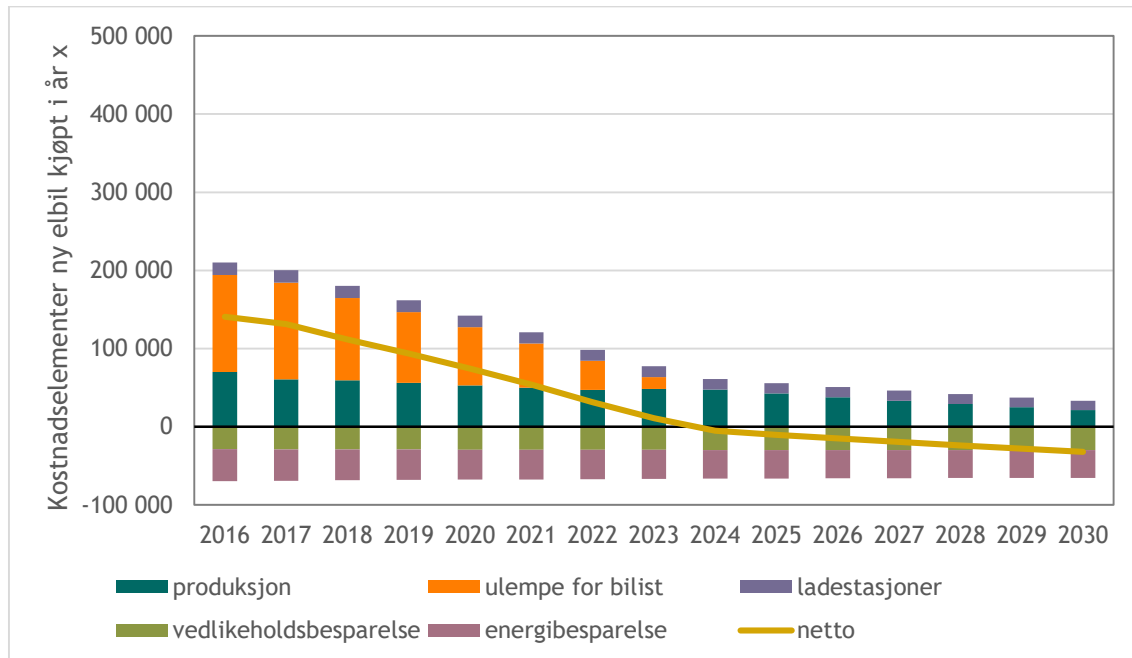
Usikkerhet i vurdering: Geografisk fordeling av utslippsreduksjonene er usikre og dermed er også de anvendte verdsettingsfaktorene usikre.

4 Resultater

I kapittel 3 anga og drøftet vi våre forutsetninger om hvordan de ulike kostnadselementene ved en elbil sammenliknet med en bensin- eller diesebil vil utvikle seg. I dette kapitlet aggregerer vi disse kostnadselementene for å anslå merkostnaden per bil og hvordan denne kan forventes å utvikle seg over tid basert på våre forutsetninger. Deretter kombinerer vi merkostnaden per bil med innfasingstakten i fire ulike tiltak for å komme fram til et kronebeløp per tonn CO₂ samlet for hele analyseperioden for hvert av disse tiltakene.

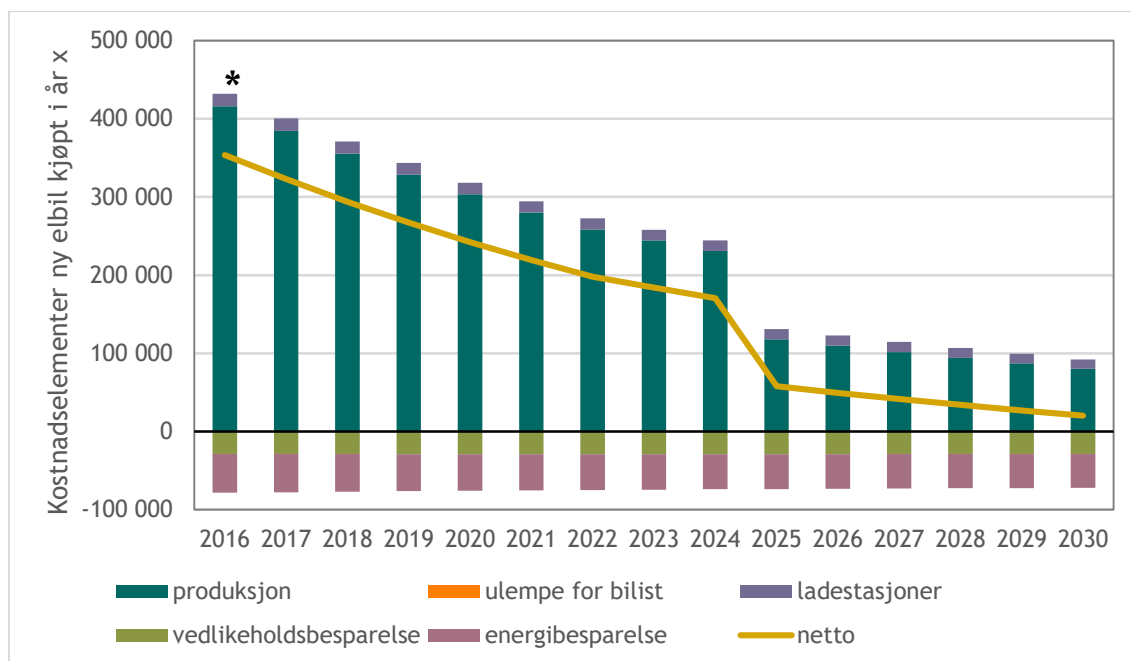
4.1 Merkostnad per bil

Figur 9 viser den samfunnsøkonomiske merkostnaden beregnet over bilens levetid, for en mindre elbil kjøpt i et bestemt år, sammenliknet med en sammenliknbar mindre bensin- eller diesebil kjøpt i samme år. Y-aksen viser samfunnsøkonomisk merkostnad ved kjøp av elbil sammenliknet med en bensin- eller diesebil. Besparelser kommer som fratrekk i kostnadene og ligger derfor under X-aksen. For eksempel er produksjon (mørk grønn søyle), og ulempe for forbruker (oransje søyle) merkostnader, mens energi og vedlikehold over levetiden til elbilen gir besparelser. Den gule linjen viser nettoverdi av kostnader fratrukket besparelser. Man kan se av denne figuren at ulempe for bilisten, med våre forutsetninger, er estimert å forsvinne etter 2023, og at mindre elbiler er beregnet å gi en nettogevinst for samfunnet fra 2024, før CO₂-besparelse og helseeffekter er inkludert.



Figur 9 Merkostnad elbil sammenliknet med bensin- eller diesebil for mindre biler. Sammenligningen er gjort per bil, for en bil kjøpt i år x.

Figur 10 viser tilsvarende graf for de større elbilene. Det framkommer her at merkostnaden i produksjonen av de større elbilene er betydelig høyere enn for de mindre elbilene. Dette kommer av at vi sammenligner en gjennomsnittlig Tesla med en gjennomsnittlig bensin- eller dieselbil i storbilsegmentet. En ytterligere forskjell er at det her er forutsatt at det ikke er forbundet noen ulempe for bilisten ved overgang til elbil. Produksjonskostnadsfallet i 2025 reflekterer forventningen om en modning av dette markedet.



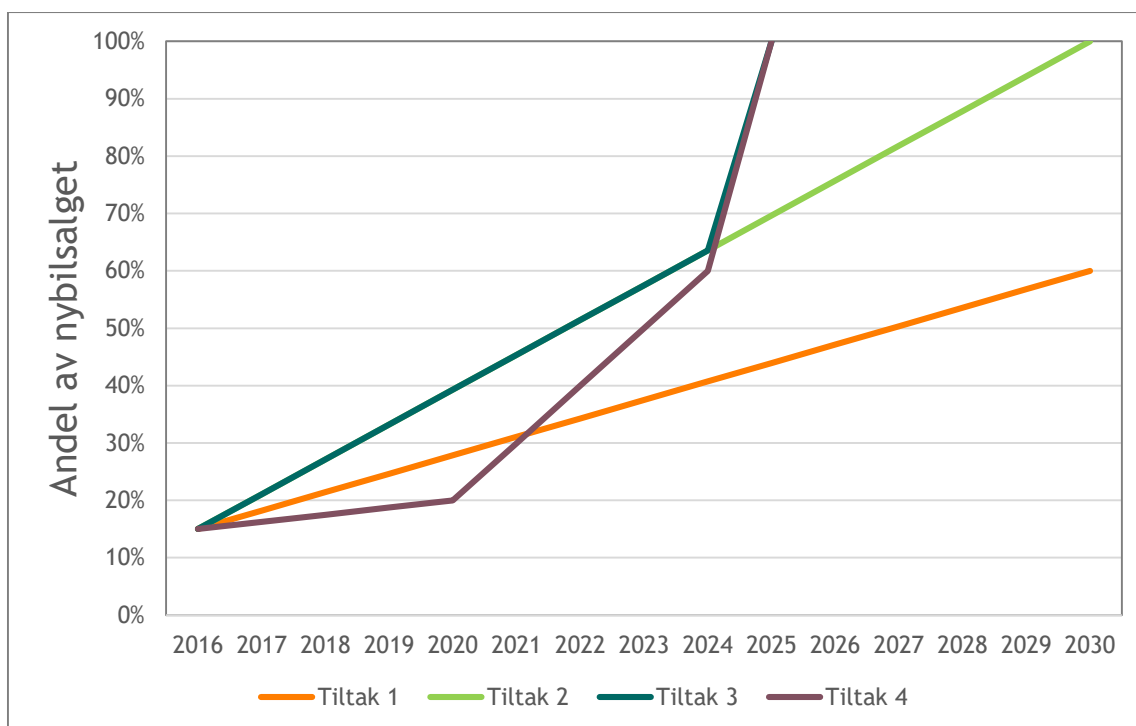
Figur 10 Merkostnad elbil sammenlignet med bensin- eller dieselbil for større biler. Sammenligningen er gjort per bil, for en bil kjøpt i år x. *Merkostnaden for de større elbilene er antakeligvis for høy de første årene. Dette kommer av at vi sammenlikner kostnaden ved en Tesla, med en gjennomsnittlig større bil. En mer reell tiltakskostnad for disse første årene ville vært å sammenlikne med en noe mer luksuriøs bensin- dieselbil som har egenskaper som likner mer på Tesla.

4.2 Tiltakene og innfasingstakt

Vi har sett nærmere på fire tiltak med ulik innfasingstakt for elbiler i personbilparken. Hensikten er å illustrere hvordan kostnader og utslippsreduksjoner påvirkes av hvor fort og hvor mange elbiler som fases inn mot 2030. Innfasingen skjer ved at en økende andel av nybilsalget består av elbiler. Hvordan innfasingen vil utvikle seg i praksis vil være avhengig av virkemiddelutforming og den faktiske teknologiske utviklingen fram mot 2030. Det er verdt å merke seg at tiltakene som er vurdert i denne analysen antar ulik innfasingstakt av elbiler, men vi legger til grunn den samme teknologiutviklingen i alle fire tiltakene.

Tiltak 1, 2 og 3 er hentet fra lavutslippsrapporten M-386 (Miljødirektoratet, 2015), men er noe modifisert for å gjenspeile dagens salgstill. Tiltakene 1 og 2 har lineær innfasing til henholdsvis 60 prosent og 100 prosent elbilandel i nybilsalget fram til 2030. Det vil føre til at andelen elbiler i personbilparken vil være henholdsvis cirka 30 og 40 prosent i 2030. Tiltak 3 følger samme lineære innfasing som tiltak 2 fram til 2024 og gjør deretter et sprang til 100

prosent av elbilsalget i 2025. Tiltak 4 antar en saktere innfasing tidlig i perioden, og en opptrapping i innfasingstakten fra 2020 til 60 prosent i 2024 og videre til 100 prosent av nybilsalget i 2025. Andelen elbiler i personbilparken i 2030 vil da være henholdsvis cirka 50 og 40 prosent for tiltak 3 og 4. Tiltak 3 og 4 er spesielt relevante med tanke på transportetatens grunnlagsdokument til Nasjonal transportplan 2018-2029, se kapittel 1.1 Bakgrunn. Det bør også fremkomme at vi forutsetter en optimal innfasing av større og mindre elbiler i alle tiltakene. Det vil si at vi antar at den rimeligste delen av tiltaket (altså de mindre elbilene) tas ut først og deretter fases de større elbilene inn.



Figur 11 Andel elbiler av nybilsalget (innfasingstakt) i tiltak 1-4.

Reduksjonen i klimagassutslipp er anslått ved å beregne utslippene fra de bensin- og dieselbilene som erstattes av elbiler. Det er forutsatt at 80 prosent av kilometerne kjørt med elbil i 2016 erstatter kjøring med bensin- og dieselbiler. Andelen er forutsatt å stige til 100 prosent i 2022. Utslippet per kjørte kilometer for bensin- og dieselbiler er hentet fra referansebanen og utslippsreduksjonene beregnes ut ifra hvor stor andel av kilometer kjørt med disse bilene som erstattes av kjøring med elbiler. Utslipp ved produksjon av strøm er ikke inkludert og eventuelle andre utslippsendringer som oppstår utenfor Norges grenser, for eksempel utslipp ved bilproduksjon, er heller ikke medregnet.

Tiltakene gir en besparelse av klimagassutslipp fra 1,3 millioner tonn CO₂-ekvivalenter (tiltak 1) til 2,3 millioner tonn CO₂-ekvivalenter (tiltak 3) i 2030, sammenliknet med utslippet i referansebanen (se Tabell 4). Til sammenlikning ligger de totale utslippene fra personbiler i dag på rundt 5,5 millioner CO₂-ekvivalenter og er anslått til 5 millioner CO₂-ekvivalenter i 2030 i referansebanen. Årsaken til at utslippsreduksjonen ikke er høyere selv med 100 prosent elbiler som andel av nybilsalget i 2025, kommer av at bilene i Norge har lang levetid og at det derfor tar lang tid å skifte ut bilparken.

4.3 Tiltakskostnad

For å finne en samlet tiltakskostnad for hele perioden fram til 2030, så kombinerer vi merkostnaden per bil (som vist i Figur 9 og Figur 10) med antall elbiler som fases inn hvert år som følge av innfasingstakten i de fire ulike tiltakene i Figur 11. I tillegg legger vi til beregnede helsegevinster. Deretter deles dette på de estimerte utslippsreduksjonene for å komme fram til en gjennomsnittts tiltakskostnad med enheten kroner per tonn CO₂-ekvivalenter redusert.

Den samfunnsøkonomiske tiltakskostnaden er beregnet å være mellom 600 og 1100 kroner per tonn CO₂-ekvivalenter, noe som plasserer tiltakene i den midtre kostnadskategorien (500-1500 kr/tonn CO₂-ekv.) som brukes i Miljødirektoratets analyser. Tabell 4 viser de estimerte utslippsreduksjonene og tiltakskostnaden for tiltak 1-4.

Tabell 4: Utslippsreduksjoner og kostnader tiltak 1-4

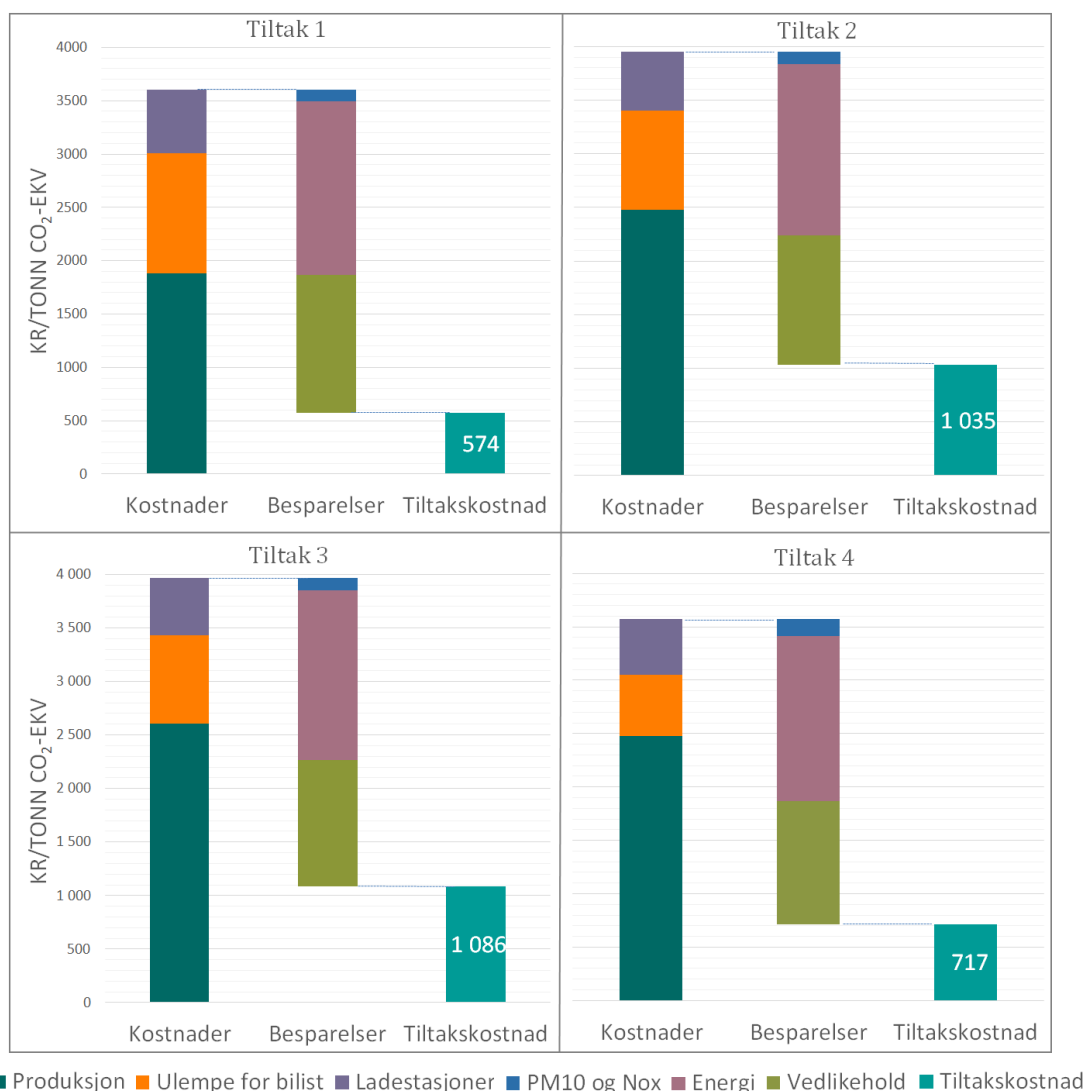
Tiltak	Utslippsreduksjoner i 2030 i tonn CO ₂ -ekv.	Sum utslippsreduksjoner 2021-2030 ¹⁹ i tonn CO ₂ -ekv.	Tiltakskostnad i kr/tonn CO ₂ -ekv.
Tiltak 1 (60% nybilsalget 2030)	1,2 millioner	6,9 millioner	574
Tiltak 2 (100% nybilsalget 2030)	2,0 millioner	11,0 millioner	1035
Tiltak 3 (100% nybilsalget 2025)	2,3 millioner	12,1 millioner	1104
Tiltak 4 (saktere innfasing til 100% nybilsalget 2025)	2,1 millioner	10,1 millioner	717

Tiltak 2 og 3 er beregnet å være vesentlig dyrere enn tiltak 1. Dette er knyttet hovedsakelig til to faktorer. For det første forutsetter tiltak 2 og 3 en raskere innfasing av elbiler, noe som tilsier at flere elbiler kjøpes tidligere når elbiler er dyrere og elbilteknologi er mindre utviklet. For det andre er det knyttet betydelig høyere kostnader til de større elbilene enn de mindre elbilene. I tiltakene forutsetter vi en innfasing der den rimeligste delen av tiltaket (altså de mindre elbilene) fases inn først, og deretter fases de større elbilene inn. Ved 50 prosent elbilandel av nybilsalget i tiltaket er alle de mindre bilene som selges elektriske. Videre elektrifisering av bilene utover 50 prosent av nybilsalget krever da innfasing av større, dyrere biler med lengre rekkevidde. Disse to faktorene forklarer mye av kostnadsspranget opp til tiltak 2 og 3.

¹⁹ EU-kommisjonen har nylig foreslått bindende årlige utslippsreduksjoner for medlemmlandene for perioden 2021 til 2030. Derfor er de akkumulerte utslippsreduksjonene for denne perioden beskrevet for tiltakene. Analyseperioden for tiltaksanalysen er fra 2016 til 2047.

Til tross for at Tiltak 4 også antar at elbiler står for 100 prosent av nybilsalget i 2025, så er dette tiltaket beregnet å være billigere enn tiltak 2 og 3 med en kostnad på 717 kr per tonn. En saktere innfasing i begynnelsen av perioden betyr at færre kjøper elbil tidlig når elbiler er dyrere og teknologien mindre utviklet. Dette fører til en lavere tiltakskostnad, men også lavere reduksjon i klimagassutslippene sammenliknet med tiltak 3. I tillegg vil det være økt usikkerhet omkring den praktiske gjennomførbarheten av tiltaket dersom man baserer seg på svært kraftig årlig vekst i elbilsalget. Dette er drøftet nærmere i kapittel 5.3.

Det framgår også av Tabell 4 at tiltak 2 og 3 er beregnet å ha tilnærmet lik kostnad. En av hovedårsakene til dette er at vi antar en modning i markedet for de større elbilene i 2025, og legger inn et kostnadsfall på 100 000 kroner dette året. Tiltak 3 illustrerer nettopp det at kostnadsforskjellen ved raskere innfasing blir liten, dersom økt innfasing skjer etter at markedet for de større elbilene har fått tilstrekkelig tid til å modne. Hvis elbilmarkedet for de større elbilene modnes senere, så blir forskjellen mellom tiltak 2 og 3 større. Ulike tidspunkt for engangsfallet i produksjonskostnad for de større elbilene ser vi nærmere på i scenarioanalysen i kapittel 5.1.



Figur 12 Bidrag fra ulike kostnadselementer på tiltakskostnad i tiltak 1-4.

Figur 12 viser komponentene som utgjør tiltakskostnaden for de fire ulike tiltakene. Den viser at produksjonskostnaden og ulempen for bilisten utgjør de to største kostnadselementene, og at reduserte energi- og vedlikeholdskostnader gir vesentlige besparelser. Helsegevinster utgjør en relativt liten andel på rundt 100 kroner per tonn CO₂-ekvivalenter. Det fremkommer også av grafene at i tiltak 4 er ulempe for bilist en vesentlig mindre andel av kostnaden. Grunnen til dette er at tiltak 4 antar en saktere innfasing tidlig i perioden når kostnaden forbundet med ulempe for bilisten er størst.

5 Usikkerhet og diskusjon

Tiltakskostnadene for økt innfasing av elbiler er, avhengig av innfasingstakten, estimert til å være mellom 600 og 1100 kroner per tonn CO₂-ekvivalenter redusert. I en tidligere vurdering gjennomført av Miljødirektoratet (Miljødirektoratet, 2015) var tiltak 1 plassert i kostnadskategorien under 500 kroner per tonn CO₂-ekvivalenter, mens tiltak 2 og 3 var plassert mellom 500 og 1500 kroner per tonn CO₂-ekvivalenter. De nye vurderingene, basert på et bedre og mer oppdatert datagrunnlag, bekrefter derfor langt på vei våre tidligere vurderinger. Tiltak 4 er utformet nokså nylig og var ikke inkludert i lavutslippsrapportene.

Det finnes også enkelte andre vurderinger av kostnaden ved elbiler som er utarbeidet de senere årene. Kostnadsestimatene har et stort spenn, fra vesentlig rimeligere enn det vi har kommet fram til, til vesentlig dyrere. Vi gjør ikke en detaljert sammenlikning mot andre analyser her. Generelt vil forskjellene likevel ofte kunne forklares av at formålet har vært en annen enn å beregne den samfunnsøkonomiske tiltakskostnaden (for eksempel avdekke budsjettmessige konsekvenser), at man har vurdert historiske eller dagens kostnader og ikke framtidige kostnader, at beregningene er gjort for et gitt år istedenfor over en periode og/eller at man har lagt andre forutsetninger til grunn for teknologi- og kostnadsutviklingen.

Vi mener at metoden vi her har brukt er den mest relevante dersom man ønsker et estimat av tiltakskostnaden ved innfasing av flere elbiler fram mot 2030 for sammenlikning med andre klimatiltak. Resultatene har likevel flere usikkerhetsmomenter. En vesentlig del av denne usikkerheten er knyttet til hvor rask teknologiutviklingen og kostnadsreduksjonen blir framover. Vi har utført en scenarioanalyse der vi forsøker å fange opp noe av spennet i denne usikkerheten. I tillegg har vi utført en sensitivitetsanalyse på noen utvalgte parametere som har stor betydning for resultatene.

5.1 Scenarioanalyse

Tiltakskostnadene i basisscenarioet er beregnet under det vi mener er realistiske forutsetninger som, så langt det har vært mulig, er basert på solide kilder. Likevel er det knyttet betydelig usikkerhet til flere av parameterne. For de mest usikre parameterne har vi brukt konservative forutsetninger - i retning av høyere tiltakskostnad. Dette betyr at det er mer sannsynlig at kostnadene er overestimert enn underestimert. Den største usikkerheten knyttet til elbilen er utvikling i produksjonskostnader og vedlikeholdskostnader fra begynnelsen av 2020-årene til 2030. Her er det spesielt vanskelig å forutsi hva som vil skje med produksjonskostnaden, og da spesielt for de større elbilene. Det virker sannsynlig at vi innen en ti års periode vil få inn storbilmodeller også i en lavere prisklasse som likevel dekker opp behovet for flertallet av bilkjøperne, men tidspunkt og størrelsen på kostnadsfallet er usikkert.

Basert på disse vurderingene har vi laget et mer optimistisk og et mer pessimistisk scenario:

- A. Et mer optimistisk scenario der produksjonskostnaden faller raskere og fører til at produksjonskostnaden for de mindre elbilene er lavere enn for de mindre bensin- og dieselbilene før 2030. I tillegg antas det at vedlikeholdskostnaden for en elbil faller til

en tredjedel av en bensin- eller dieselbil innen 2030. Det forutsettes også et tidligere fall i produksjonskostnaden for større biler (2023 istedenfor 2025).

- B. Et mer pessimistisk scenario med tregere utvikling av elbilens produksjons- og vedlikeholdskostnader samt at fallet i produksjonskostnad (som følge av det økte tilbudet) for de større bilene kommer senere (2027 istedenfor 2025).

Tabell 5 Antakelser i henholdsvis basisscenarioet, mer optimistisk og mer pessimistisk scenario

Scenario	Parametere (årlige kostnadsreduksjoner mot 2030)				Kostnadsdropp større biler
	Produksjon (uten batteripakke)	Batteripakke før 2022	Batteripakke etter 2022	Vedlikeholds-kostnad	År
Basis	4 % ²⁰	9 %	4 %	4 %	2025
Mer optimistisk	6 %	9 %	6 %	6 %	2023
Mer pessimistisk	3,6 %	9 %	3,6 %	3,6 %	2027

Tabell 5 oppsummerer de viktigste forskjellene mellom de tre scenarioene. Vi mener vi har brukt relativt konservative parametere for de mest usikre elementene i basisscenarioet. Derfor har vi også lagt inn et større utslag på parameterne i det mer optimistiske scenarioet enn i det mer pessimistiske, noe resultatene av scenarioberegningene gjenspeiler.

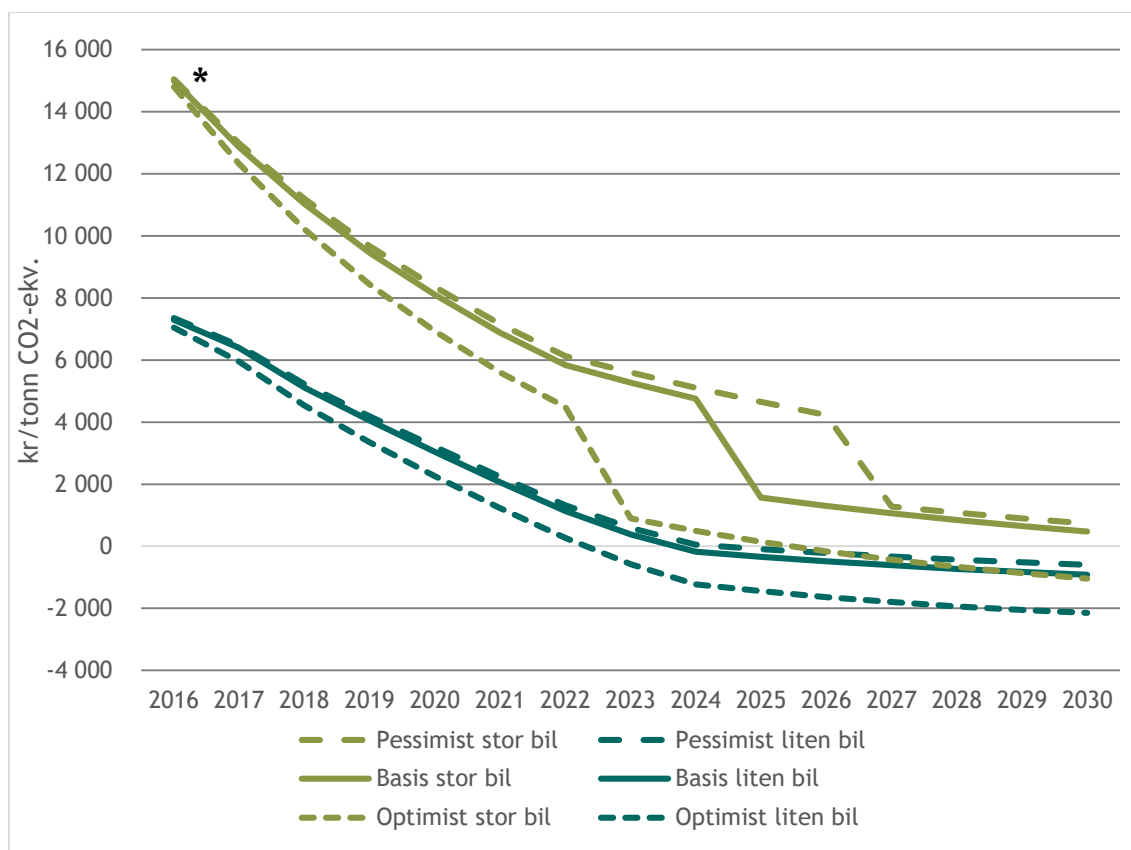
Som vist i Tabell 6 under varierer tiltakskostnaden i disse scenarioene fra negativ (-936 kroner per tonn CO₂-ekvivalenter) til 1800 kroner per tonn CO₂-ekvivalenter. En negativ tiltakskostnad betyr at tiltaket er samfunnsøkonomisk lønnsomt også når man ikke setter en kroneverdi på reduksjonen av klimagassutslippene.

Tabell 6 Tiltakskostnad for basis, mer optimistisk og mer pessimistisk scenario

Tiltak	Utslippsreduksjon i tonn CO ₂ -ekv i 2030	Utslippsreduksjon i tonn CO ₂ -ekv 2021-2030	Tiltakskostnad i kr/tonn CO ₂ -ekv		
			Basis	Mer optimistisk	Mer pessimistisk
Tiltak 1	1,2 millioner	6,9 millioner	574	-800	874
Tiltak 2	2,0 millioner	11,0 millioner	1 035	-590	1 556
Tiltak 3	2,3 millioner	12,1 millioner	1 104	-553	1 837
Tiltak 4	2,1 millioner	10,1 millioner	717	-936	1494

²⁰ Utvikling i produksjonskostnad for bensin- og dieselbilene er satt til 2 % for hele perioden i alle scenarier.

Figur 13 viser utviklingen av tiltakskostnaden for de større og mindre elbilene i de tre ulike scenarioene. Her vises det tydelig at usikkerheten i tiltakskostnaden blir vesentlig større etter rundt 2022. Etter dette tidspunktet har vi mindre oversikt over hvilke nye modeller som kommer samt over utvikling i produksjonskostnader.



Figur 13 Tiltakskostnad per bil for større og mindre biler kjøpt i år x. *Tiltakskostnaden som skisseres i grafen for de større bilene er antakelig for høy de første årene. Dette kommer av at vi sammenlikner kostnaden ved en Tesla, med en gjennomsnittlig større bil. En mer reell tiltakskostnad for disse første årene ville vært å sammenlikne med en noe mer luksuriøs bensin- dieselbil som har egenskaper som likner mer på Tesla, noe som gir en tiltakskostnad på omkring 10 000 kroner per tonn redusert i 2016.

Figuren viser også at merkostnaden ved elbiler per i dag fortsatt er betydelig. Dette kommer i hovedsak av høyere produksjonskostnader og ulemper for bilister knyttet til rekkevidde og modellutvalg.

5.2 Sensitivitetsanalyse

I scenarioanalysen har vi vurdert usikkerheten ved kostnader direkte relatert til elbilen, både ved produksjon og vedlikehold av elbilen. I tillegg til denne vurderingen har vi også gjort en mer tradisjonell sensitivitetsanalyse på de fleste av forutsetningene i analysen. Basert på dette var det to parametere som pekte seg ut som spesielt viktige, utviklingen i bensin- og dieselkostnader og antagelsen om at ulempen for bilisten forsvinner når den representative mindre elbilen har en reell rekkevidde på 260 km.

Bensin- og dieselkostnadene som ligger til grunn i analysen er basert på de gjennomsnittlige prisene (uten skatter og avgifter) de siste fem årene og er holdt konstant igjennom

analyseperioden. Siden bensin- og dieselpriiser har hatt såpass store svingninger over tid har vi valgt å gjøre en enkel sensitivitetsanalyse på denne faktoren. Redusert bruk av bensin og diesel utgjør en stor del av besparelsen ved overgang til elbiler og endringer i denne prisen har relativt stor effekt på tiltakskostnaden. Tabell 7 viser effekten på tiltakskostnaden ved både en 20 prosent økning og en 20 prosent reduksjon i bensin- og dieselpriiser i basisscenarioet. Vi ser at utslaget på tiltakskostnaden er vesentlig. Til sammenlikning gir en tilsvarende endring i strømprisen (inkludert nettleie) kun en endring av tiltakskostnaden på rundt 150 kroner.

Tabell 7 Tiltakskostnader ved 20 % økning og 20 % reduksjon i bensin- og dieselpriiser i basis-scenarioet.

Bensin- og dieselpriiser	Tiltak 1 (kr/tonn CO ₂)	Tiltak 2 (kr/tonn CO ₂)	Tiltak 3 (kr/tonn CO ₂)	Tiltak 4 (kr/tonn CO ₂)
Basis scenario	574	1035	1104	717
+20 %	81	551	623	247
-20 %	1066	1519	1587	1187

En annen faktor som har stor effekt på tiltakskostnaden er hvor sterke preferanser bilistene har for rekkevidde. Bilistenes preferanser for rekkevidde og hvordan disse vil utvikle seg over tid er usikkert. Tabell 8 viser effekten på basisscenarioet med en 20 prosent økning og en 20 prosent reduksjon i behovet for rekkevidde for de mindre elbilene. Grunnen til at vi ikke vurderer ulike preferanser for rekkevidde for de større bilene, er at vi har forutsatt at de større bilene allerede i dag har tilstrekkelig rekkevidde for å dekke behovet til en gjennomsnittlig forbruker. For en nærmere forklaring av vår vurdering av tilstrekkelig rekkevidde se vedlegg I.

Tabell 8 Tiltakskostnader ved 20 % økning og 20 % reduksjon i behovet for rekkevidde i basis-scenarioet for mindre biler.

Nødvendig rekkevidde mindre elbiler	Tiltak 1 (kr/tonn CO ₂)	Tiltak 2 (kr/tonn CO ₂)	Tiltak 3 (kr/tonn CO ₂)	Tiltak 4 (kr/tonn CO ₂)
Basis-scenario (260 km)	574	1035	1104	717
+20 % (312 km)	1324	1586	1594	1196
-20 % (208 km)	-94	504	632	268

Denne enkle sensitivitetsanalysen viser at både framtidige endringer i bensin- og dieselpriiser og endringer i nødvendig rekkevidde for de mindre elbilene kan ha stor effekt på tiltakskostnaden. Ulike forutsetninger for disse faktorene fører til at tiltak 1 varierer i intervallet -94 til 1324 kroner per tonn CO₂-ekvivalenter. Tiltak 3, det mest ambisiøse tiltaket, varierer mellom 632 til nesten 1600 kroner per tonn CO₂-ekvivalenter.

5.3 Innfasingstaktens påvirkning på tiltakskostnaden

I tillegg til teknologisk utvikling har også valg av innfasingstakt mye å si for kostnaden. Tiltakskostnaden for de fire tiltakene illustrerer godt hvordan valg av innfasing påvirker kostnaden.

Det framkommer av kostnadsanalysen at tiltak 4 er beregnet å være vesentlig rimeligere enn tiltak 2 og tiltak 3. Dette til tross for at alle tre forutsetter at elbiler utgjør opp mot 100 prosent av nybilsalget mot 2030 i slutten av perioden. Grunnen til kostnadsforskjellen er at vi antar ulik innfasingstakt i de ulike tiltakene. Tiltak 4 har en mer forsiktig innfasing tidlig i perioden når merkostnaden per elbil er høyere, og en raskere innfasing senere når merkostnaden er lavere. Vi understreker at vi har lagt til grunn samme teknologi- og kostnadsutvikling i alle tiltakene. Den viktigste driveren for teknologiutviklingen vil være fremtidig etterspørsel og markedets forventninger om denne, som igjen vil avhenge av hvilken klimapolitikk som faktisk føres i ulike land og regioner. Bilprodusentenes satsning på elbiler tyder på at de har forventninger om betydelig økt etterspørsel, som vi dermed også implisitt legger til grunn i vår analyse.

Et annet viktig moment er forutsetningen om at den rimeligste delen av tiltaket (altså de mindre elbilene) fases inn først og deretter fases de større elbilene inn. Dette betyr i praksis at de større bilene ikke fases inn før elbilene har en andel på 50 prosent av nybilsalget. Dermed gir ikke den høye merkostnaden på de større elbilene tidlig i perioden utslag på tiltakskostnaden.

I realiteten er rundt 10 prosent av elbilene som kjøpes i dag større elbiler. Å inkludere denne andelen større biler vil føre til en noe høyere tiltakskostnad. Tabell 9 viser kostnaden knyttet til de fire tiltakene dersom vi forutsetter at 10 prosent av elbilene som fases inn er større elbiler og resten er mindre elbiler inntil det punktet der potensialet for mindre elbiler er uttømt (ved 50 prosent andel av nybilsalget) og man må fase inn resten av de større elbilene. Det viser seg at endring i tiltakskostnaden blir størst for tiltak 1 (60 prosent av nybilsalget i 2030). Dette kommer av at i dette tiltaket var det svært få større biler som ble faset inn i utgangspunktet, slik at endringen ble større her. De andre tiltakene får en økning på kun 100-150 kroner per tonn CO₂-ekvivalenter.

Tabell 9 Tiltakskostnader når 10 % av nye elbiler er større elbiler fra 2016 til andelen elbiler av det totale nybilsalget er 60 %.

Tidlig innfasing større elbiler	Kroner per tonn CO ₂ -ekvivalenter
Tiltak 1	981
Tiltak 2	1202
Tiltak 3	1200
Tiltak 4	878

Resultatene i Tabell 9 viser at ikke bare innfasingstakten, men også hvilke elbiler som fases inn når, har mye å si for tiltakskostnaden. For å oppsummere viser det seg at en mer forsiktig innfasing tidlig i perioden vil være rimeligere (men gir samtidig lavere utslippsreduksjoner) samt at kostnadene blir lavere hvis mindre elbiler fases inn før de større elbilene. I virkeligheten vil innfasingstakten være avhengig av en del praktiske elementer. Blant annet tar det tid å påvirke adferd, og det vil også være andre praktiske barrierer som må overvinnes for å kunne oppnå en stor andel av elbiler i nybilsalget. Det er ikke rimelig å tro at alle vil bytte til elbil over natten selv om det skulle være lønnsomt, og det må velges en innfasingstakt som er gjennomførbar hvis man skal oppnå en høy andel elbiler i nybilsalget mot 2030. Den faktiske innfasingstakten vil avhenge av virkemiddelutformingen, noe som ikke vurderes i denne rapporten.

6 Konklusjon

Utviklingen i elbilmarkedet har vært i rask endring de siste årene. Flere modeller kommer på markedet med stadig bedre egenskaper og rekkevidde. Vi har estimert tiltakskostnaden for fire tiltak med ulik innfasing av elbiler fram mot 2030. Den samfunnsøkonomiske tiltakskostnaden er estimert til mellom 600 og 1100 kroner per tonn CO₂-ekvivalenter redusert i basisscenarioet. Dette plasserer tiltakene i den midtre kostnadskategorien (500-1500 kroner per tonn CO₂-ekvivalenter) som brukes i Miljødirektoratets analyser. Dette er i samme størrelsesorden som lagt til grunn tidligere, men vurderingene er grundigere og datagrunnlaget er betydelig bedre og mer komplett enn før. Vi har ikke vurdert gjennomførbarheten av tiltakene i denne analysen. Valget mellom en bensin- eller diesebil og en elbil gjøres av forbrukeren i et marked og faktisk innfasing vil være avhengig av virkemiddelutforming og den faktiske teknologiske utviklingen.

Den største kostnaden er knyttet til høyere produksjonskostnader for elbil sammenliknet med bensin- og diesebiler. Merkostnaden i produksjonen av de større elbilene er betydelig høyere enn for de mindre elbilene i dag. For de mindre elbilene er et annet vesentlig kostnadselement ulemper for bilistene som følge av egenskaper ved elbilene, som begrenset rekkevidde og modellutvalg.

Informasjonen vi har innhentet tyder på at teknologiutviklingen gjør at kostnadene knyttet til produksjon blir vesentlig redusert i årene mot 2030. Dette reduserer merkostnaden for elbiler og da spesielt merkostnaden for større elbiler. Videre er det forventninger om økt rekkevidde og modellutvalg slik at kostnaden knyttet til ulemper for bilistene reduseres og forsvinner helt innen 2024.

Det er usikkerhet knyttet til hvor raskt denne utviklingen vil gå, derfor har vi laget to scenarioer som skisserer en raskere og en tregere kostnadsutvikling. Hvis det går saktere vil tiltakskostnaden bli høyere (mellom 900-1800 kr/tonn CO₂-ekv.), mens i det mer optimistiske scenariet blir kostnaden negativ (mellom -900 og -600 kr/tonn CO₂-ekv.) og tiltakene i dette scenarioet er dermed samfunnsøkonomisk lønnsomme uavhengig av hvordan man verdsetter CO₂-reduksjonene. Til tross for at det er noen faktorer som kan gjøre at tiltakskostnaden blir høyere mot 2030, så virker det usannsynlig at tiltakskostnaden vil kunne bli mye høyere enn 1500 kroner, selv med mer pessimistiske antakelser. Videre varsler bilprodusentene stadig om nye elbiler som skal komme, med lengre rekkevidde og lavere pris, og det er mye som tilsier at teknologi- og kostnadsutviklingen kan gå vesentlig raskere enn vi har forutsatt. Den reelle kostnaden vil derfor kunne ligge nærmere det mer optimistiske scenariet.

Vedlegg I Utdypende om metode

I denne rapporten har vi estimert den samfunnsøkonomiske tiltakskostnaden eller kostnadseffektiviteten av en raskere utskifting av diesel- og bensinbiler med elektriske biler i personbilparken. Innledningsvis har vi allerede beskrevet den generelle metoden og noen grunnleggende utfordringer ved estimering av denne tiltakskostnaden. Dette vedlegget går mer utdypende gjennom noen av metodeutfordringene i analysen og hvordan vi har valgt å løse dem. Formålet med vedlegget er å gjøre metodevalgene og forutsetningene i analysen så transparente som mulig, slik at resultatene er etterprøvbare og enklere å diskutere. I dette vedlegget beskriver vi utfordringene knyttet til valg av referansebane i mer detalj. I tillegg forklarer vi valg av metode for å beregne merkostnaden per elbil og går grundigere igjennom hvordan vi verdsetter ulemper for bilister.

Referansebanen

For å kunne beregne effekten av et tiltak er det helt nødvendig å ha et tydelig referansealternativ. Dette innebærer å gjøre anslag på hvordan de ulike elementene man skal analysere, som for eksempel klimagassutslipp, utvikler seg over tid dersom man *ikke* gjør noe nytt. I samfunnsøkonomiske analyser som utarbeides i forvaltningen er en sentral føring fra Finansdepartementet at referansebanen skal reflektere en *forsvarlig videreføring av dagens situasjon*. Det er også et poeng at det er de samme grunnforutsetningene som legges til grunn for analyser på tvers av ulike sektorer. I Miljødirektoratet, og i flere andre etater, er dette forsøkt ivaretatt ved at vi i størst mulig grad avleder vår egen referansebane basert på de framskrivningene som gjøres i forbindelse med perspektivmeldinger og Nasjonalbudsjett. I den forbindelse lages det framskrivninger av både den generelle økonomiske utviklingen og overordnet utvikling i klimagassutslippene som er konsistent med dette.

Det er viktig å være klar over at framskrivningen ikke uttrykker regjeringens mål med miljøpolitikken. Referansebanen er en framskriving av «*business-as-usual*» som forutsetter lite eller ingen endring i verden rundt oss. Den tar bare hensyn til forventet effekt av vedtatte virkemidler, i prinsippet effekten av politikk vedtatt til og med Nasjonalbudsjettet for 2015 og ikke andre målsetninger. Politiske mål, som for eksempel nullvekstmålet (Regjeringens mål om at vekst i persontransport i de store byene skal tas av sykkel, gange og kollektiv og ikke medføre en økning av personbil-km) eller regjeringens mål om et utslipp på 85 g/km, er ikke en del av referansebanen før det vedtas virkemidler som fører utviklingen i retning av målet.

Det at de offisielle framskrivningene er basert på disse prinsippene, samt at det selvsagt er svært vanskelig å forutsi hva som kommer til skje, gjør at det raskt kan bli vesentlige avvik mellom utviklingen i referansebanen og den faktiske utviklingen. Særlig stort kan dette avviket bli i sektorer som er i rask utvikling. Dette er tilfellet når det gjelder personbiler, der både omsetning og bruk av elbiler har vist seg å bli betydelig større enn det som er lagt til grunn i framskrivningene. For eksempel er det i framskrivningene antatt at man i 2030 ville ha cirka 85 000 elbiler på norske veier, mens dette antallet allerede ble passert i 2015. I praksis betyr dette at deler av effekten og kostnadene av tiltaket allerede er tatt ut. Til tross for problemene med framskrivningene, er det likevel viktig å ta utgangspunkt i de offisielle

framskrivningene når vi estimerer effekten av elbiltiltakene for å sikre at tiltak blir sammenlignbare over tid og på tvers av sektorer.

I denne rapporten er det tatt utgangspunkt i en referansebane som er basert på framskrivninger laget av Finansdepartementet i forbindelse med Nasjonalbudsjett 2015. Nye framskrivninger vil bli laget i forbindelse med utarbeiding av ny perspektivmelding våren 2017.

Overordnet tilnærming kostnadsberegninger

For å estimere en tiltakskostnad må man, i tillegg til en referansebane som beskriver utvikling i personbilparken uten tiltak, også ha et estimat for merkostnaden av å bytte ut bensin- og dieslbiler med elbiler. For å finne en merkostnad er det vanlig å ta utgangspunkt i noen representative biler. I tidligere analyser har det ofte vært brukt en gjennomsnittsbil som representerer hele bilsalget. I denne analysen, for å bedre reflektere de store forskjellene mellom de ulike bilsegmentene, har vi delt personbilmarkedet inn i to klasser: En for de større bilene og en for de mindre bilene. For de mindre bilene har vi valgt å ta utgangspunkt i en sammenlikning av e-Golf med en vanlig Golf. For de større bilene er det tatt utgangspunkt i et vektet snitt av de tre Teslavariantene - Model S, og kommende Model X og Model 3 - som sammenliknes med et vektet snitt av de mest solgte bensin- og dieslbilene i disse klassene.

Et annet prinsipielt valg er hvorvidt man anvender en *bottom-up* tilnærming eller en *top-down* tilnærming for å avlede tiltakskostnaden for elbiler. Ved en *bottom-up* tilnærming dekomponeres merkostnaden i ulike elementer, eksempelvis produksjonsmerkostnader og infrastrukturkostnader. Disse beregnes ved innsamling av data om dagens priser og antakelser av utvikling over tid. I en *top-down* tilnærming bruker man dagens virkemiddelbruk for å estimere tiltakskostnaden. Disse har begge sine styrker og svakheter. Tabell 10 viser noen fordeler og ulemper ved disse ulike metodene.

For å estimere merkostnaden i denne analysen bruker vi en kombinasjon av disse to - fordi vi ønsker å si noe om hva de ulike kostnadselementene er og hvordan disse kan utvikle seg (*bottom-up*), samtidig som vi ønsker å fange opp det at elbilene per i dag ikke har de samme egenskapene som en bensin- eller diesebil (*top-down*). Tabell 11 viser de ulike kostnadselementene som inkluderes i tiltaksanalysen. Merkostnader knyttet til produksjon og ladestasjoner beregnes ved en *bottom-up* tilnærming, mens vi benytter en *top-down* tilnærming for å estimere kostnaden knyttet til det at elbilene ikke har samme egenskaper som bensin- og dieslbiler. Dette siste elementet er ofte omtalt som *endret konsumentoverskudd*. Ved beregning av endret konsumentoverskudd tar vi utgangspunkt i den kompensasjonen konsumentene får per i dag ved å velge en elbil framfor en bensin- eller diesebil. Metoden for beregning av endret konsumentoverskudd beskrives nærmere i neste avsnitt.

Tabell 10 Fordeler og ulemper ved ulike beregningsmetoder

	Fordeler	Ulemper
Bottom-up	God kontroll på de ulike kostnadselementene-> øker muligheten for å kunne si noe om framtidig kostnadsutvikling.	Tidkrevende datainnsamling og analyse. Vanskelig å avdekke og verdsette eventuelle ulemper for bilistene som følge av ulike egenskaper mellom elbiler og bensin- og dieselbiler.
Top-down	Forholdsvis enkle beregninger. Kan potensielt fange opp alle kostnader ved et tiltak - også ulike egenskaper ved bilene.	Krever at et virkemiddelapparat har vært på plass en tid. Vanskelig å skille mellom kostnadselementer, noe som også gjør det vanskelig å forutsi utviklingen framover. Krever en antakelse om etterspørselskurven til konsumentene, som kan være vanskelig å avdekke.

Tabell 11 Kostnadselementer i tiltaksanalysen

	Kostnadselement	Tilnærming
+	Merkostnad produksjon av elbil (e-Golf vs Golf)	Bottom-up
+	Kostnad ladestasjoner (vanlig + hurtiglادestasjoner)	
-	Besparelse energikostnader	
-	Besparelse vedlikeholdskostnader	
-	Helseeffekter ved redusert utslipp	
+	Endret konsumentoverskudd som følge av ulike egenskaper på bensin- eller dieselbil vs. elbil (nødvendig kompensasjon)	Top-down

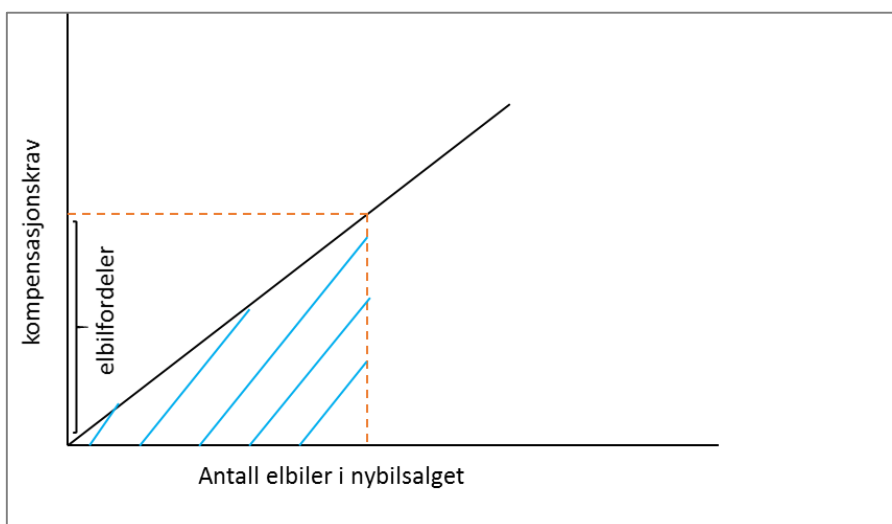
Endret konsumentoverskudd

Her forklares top-down metoden som brukes i tiltaksanalysen for å verdsette ulempen for bilistene i kapittel 3.4. I samfunnsøkonomisk teori omtales denne "ulempen" som et tapt konsumentoverskudd. Elbiler har per i dag ikke identiske egenskaper med bensin- og dieselbiler. Dette handler i stor grad om kortere rekkevidde, dårligere utvalg av modeller og at det for mange oppleves som en ny og usikker teknologi. På den andre siden har de også noen positive egenskaper. De er mer stillegående, har ofte bedre akselerasjon, og det å vite at de er mer miljøvennlige enn bensin- eller dieselbiler kan også være en tilleggsverdi for konsumenten. Det er nettoverdien av disse effektene for en gjennomsnittlig konsument vi forsøker å avdekke i beregningen av endret konsumentoverskudd (omtalt som *ulempe for bilistene* i rapporten).

Mindre elbiler

Mindre elbiler tilsvarer i vår analyse biler fra minibilklassen opp til og med kompaktklassen. Vi antar at mindre elbiler per i dag har dårligere egenskaper enn mindre bensin- eller dieselbiler. Dette skyldes i hovedsak at de har begrenset rekkevidde og at det er relativt få modeller sammenlignet med tilbudet av bensin- og dieselbiler. Ved å gå over til å kjøre elbil vil derfor en gjennomsnittlig forbruker oppleve at han får en bil som har dårligere egenskaper enn den bensin- eller dieselbilen han ellers ville ha kjørt. For å anslå hvor stor denne ulempen er, målt i kroner, har vi tatt utgangspunkt i hva man i dag sparer ved å velge elbil framfor en tilsvarende bensin- eller dieselbil. I tillegg til å spare penger ved å ikke måtte kjøpe bensin eller diesel får en bilkjøper en rekke fordeler ved å velge elbil som følge av dagens virkemiddelpolitikk. Summen av alle disse fordelene sier oss noe om hva en bilkjøper faktisk krever av kompensasjon for å velge elbil i dag, og gir oss et startpunkt for å anta noe om hvilken verdi man bør sette på denne forskjellen i egenskaper mellom bilene.

Elbiler har en rekke fordeler gjennom ulike virkemidler i dag. Elbiler er, i motsetning til bensin- og dieselbiler, fritatt for engangsavgift og merverdiavgift. I tillegg har elbiler en rekke bruksfordeler som gratis bomplassering, bruk av kollektivfeltet osv. Ved å kvantifisere hvor mye dette tilsvarer i støtte til elbilene, kan vi begynne å avdekke hvor mye de dårlige egenskapene til mindre elbiler verdsettes til i dag. *Kompensasjonskravet* er det nivået av fordeler man trenger for å akkurat velge elbil framfor en bensin- eller dieselbil. Dette er altså identisk med nyttetapet bilisten ville oppleve dersom han ble tvunget til å kjøre elbil istedenfor bensin- eller dieselbil. Det er grunn til å tro at nyttetapet, og dermed behovet for kompensasjon, vil være forskjellig for de ulike bilistene. Figur 14 viser en graf med antall elbiler i nybilsalget på x-aksen og kompensasjonskrav på y-aksen. Man kan forestille seg at bilistene rangeres etter kompensasjonskrav for å velge elbil og at de med lavest kompensasjonskrav kommer først.



Figur 14 Kompensasjonskrav for å velge elbil framfor bensin- eller dieselbil

Dersom vi forutsetter at kompensasjonskravet er lineært stigende fra 0 til dagens nivå av elbilfordeler (oransje stiptet linje), så vil arealet under kurven representere den nødvendige kompensasjonen for konsumentene som velger å kjøpe en mindre elbil i 2016 framfor en mindre bensin- eller dieselbil²¹. Elbilkjøpere helt til venstre i figuren ville kjøpt elbil uansett uten å få noen kompensasjon, mens elbilkjøpere helt til høyre trenger 100 prosent av kompensasjonen for å velge elbil framfor bensin- eller dieselbil. Det skraverete triangelet tilsvarer dermed summen av kompensasjonskravene, eller minste nødvendige kompensasjon, for å oppnå samme antall solgte elbiler som i 2016. For å finne arealet av triangelen (samlet kompensasjonskrav for de som kjøpte elbil i 2016) så multipliserer man verdien av fordelene ved å kjøpe en elbil med antall elbilkjøpere og deler på to.

I kostnadsanalysen har vi brukt det estimerte gjennomsnittlige kompensasjonskravet per mindre elbil som et estimat på tapt konsumentoverskudd. Vi har tatt utgangspunkt i en vanlig Golf vs. en e-Golf for å kvantifisere fordeler knyttet til avgiftsforskjeller og energikostnadsbesparelser, og bruker et estimat fra TØIs "Lærdommer fra brukere av elbiler og ladbare hybridbiler - Resultater fra en spørreundersøkelse blant bileiere" (TØI, 2016) for å verdsette bruksinsentiver. Basert på svar i spørreundersøkelsen estimerer TØI at bruksinsentiver er verdt 14 000 kroner årlig i gjennomsnitt. Estimater inkluderer fritak fra bompenger, gratis parkering, gratis ferjer, og tiden spart ved bruk av kollektivfelt. Kompensasjonskravet per mindre elbil er anslått ved å summere differansen ved innkjøp, differansen i energikostnader, differansen i årsavgift og gevinstene ved bruksinsentivene og deretter dele med 2. Tabell 12 viser beregning av tapt konsumentoverskudd for en e-Golf vs. en vanlig bensin- eller dieselgolf. De dårligere egenskapene ved de mindre elbilene verdsettes ved denne metoden til rundt 125 000 kroner i gjennomsnitt per elbilkjøper i 2016.

²¹ Det er vanskelig å avdekke den faktiske formen på kompensasjonskurven. Den kan for eksempel være eksponentiell, eller også starte under 0 - dersom noen konsumenter faktisk er villige til å betale mer for en elbil enn bensin- eller dieselbil. Likevel, uten mer informasjon om hvordan denne kurven ser ut så er lineær form med startpunkt i origo en vanlig antagelse.

Tabell 12 Beregning av tapt konsument overskudd

Kostnader elbil vs. bensin- eller dieselbil	Kroner
Kjøpspris bensin- eller dieselbil (med avgifter)	309 600
Kjøpspris elbil (med avgifter)	254 400
Differanse innkjøp	55 200 ²²
Energikostnader NNV bensin- eller dieselbil (med avgifter)	131696
Energikostnader NNV elbil (med avgifter)	27170
Differanse energikostnader	104526
Årsavgift NNV bensin- eller dieselbil	41274
Årsavgift NNV elbil	5859
Differanse årsavgift	35416 ²³
Bruksinsentiver (årlig verdi)	14000 ²⁴
Totale bruksinsentiver (NNV til 2019 ²⁵ , 4 år)	52851
Nødvendig kompensasjon på marginen for å kjøpe elbil	247993
Nødvendig kompensasjon i gjennomsnitt (marginalkompensasjon delt på 2)	123997

Større elbiler

Med unntak av Tesla Model S så finnes det ingen hel-elektriske alternativer for de større bilene. Teslas Model X i SUV-klassen kommer på markedet i løpet av 2016 og Model 3 i mellomklassen er planlagt lansert i det norske markedet i slutten av 2017. Tesla har gått ut med estimerte priser og spesifikasjoner på disse kommende modellene. Mange andre bilprodusenter har nå lagt fram planer om lansering av større elbiler som kan ventes i markedet innen 2020. Vi har ingen konkrete data på rekkevidde og pris på disse, men vi antar at disse bilene også vil være i den øvre prisklassen som Tesla.

Teslabilene har allerede stor rekkevidde (over 340 km reell rekkevidde i snitt), og kan vurderes som mer luksuriøse biler i hvert sitt segment. Vi mener disse fordelene oppveier for det faktum at det i dag eksisterer et veldig lite utvalg av modeller. Sagt på en annen måte så virker det usannsynlig at en gjennomsnittlig konsument hadde opplevd det som en ulempe å få en Tesla istedenfor en Skoda Octavia (som er tilnærmet gjennomsnittsbilen i storbilsegmentet) gitt lik pris. Vi mener at dette er en konservativ forutsetning. Man kan forestille seg at mange konsumenter ville opplevd økt konsumentoverskudd ved å få en Tesla istedenfor en Skoda Octavia gitt lik pris. Ved en forutsetning om økt konsumentoverskudd

²² (OFV, 2016)

²³ (Skatteetaten, 2016)

²⁴ (TØI, 2016)

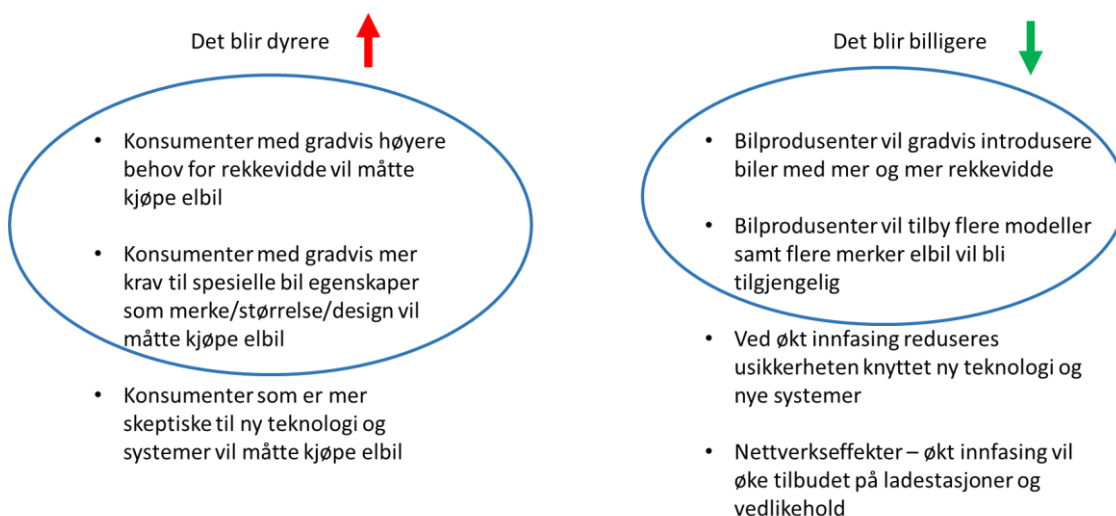
²⁵ Anslag på hvor lang tid en gjennomsnittskonsument i 2016 forventer at bruksinsentivene vil vedvare.

ville den estimerte tiltakskostnaden bli betydelig redusert. Likevel har vi valgt, den antakelige konservative forutsetningen, at gjennomsnittskonsumenten er indifferent til om de får en Tesla eller gjennomsnittsbilen i klassen. Kostnaden ved endret konsumentoverskudd for innfasing av større elbiler er satt lik 0 for hele analyseperioden.

Utvikling i konsumentoverskudd over tid

I forrige avsnitt har vi vurdert konsumentoverskuddet i 2016, men sentralt i analysen er hvordan konsumentoverskuddet vil utvikle seg over tid og frem til 2030. Følgende analyse fokuserer hovedsakelig på de mindre elbilene siden vi antar at for de større bilene, der Tesla tilbyr de eneste modellene, så er endret konsumentoverskudd allerede i dag estimert til å være 0.

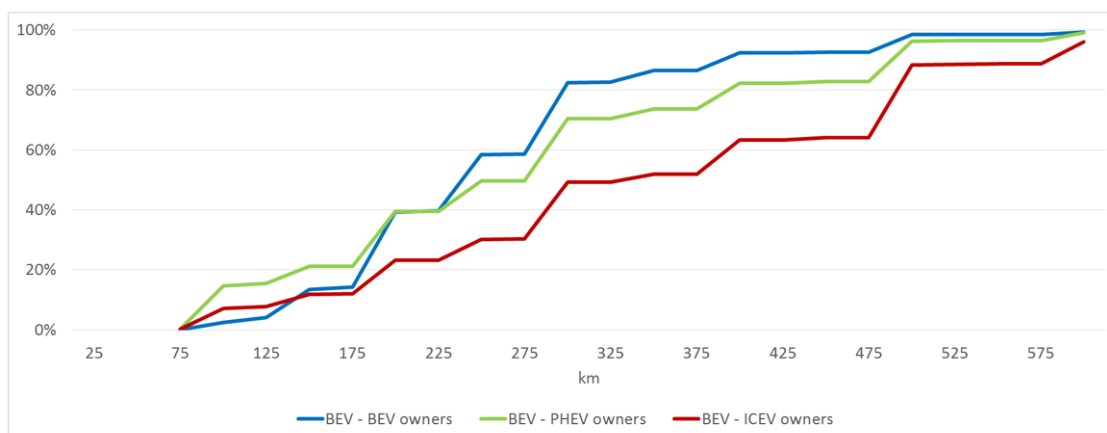
I henhold til samfunnsøkonomisk teori vil økt innfasing av elbiler over tid medføre at konsumenter med sterkere og sterkere preferanser for egenskapene knyttet til bensin- eller dieselbiler vil måtte bytte til elbil. Dette trekker i retning av at jo flere som må bytte til elbil dess høyere blir tapet i konsumentoverskudd på marginen. Andre elementer trekker i motsatt retning. Figur 15 viser noen av de ulike elementene som spiller inn i denne effekten. I beregningene våre antar vi at kun de fysiske egenskapene rekkevidde og antall modeller blir styrende over tid (merket med blå ring). Det virker sannsynlig at de andre elementene, som usikkerhet knyttet til ny teknologi, vil bli uvesentlige relativt raskt i takt med at elbilandelen i bilparken øker, og teknologien modnes. Vi antar derfor som en forenkling i analysen at disse elementene ikke påvirker utviklingen i konsumentoverskuddet over tid.



Figur 15 Utvikling i konsumentoverskudd over tid ved økt innfasing av elbiler

Vi står da altså igjen med rekkevidde og antall modeller som styrende faktorer i utviklingen av tapt konsumentoverskudd. For å estimere denne utviklingen har vi tatt utgangspunkt i hvilken rekkevidde som gjør at elbilen kan antas å være ekvivalent til en bensin- eller dieselbil. Det er mye som tilsier at en reell rekkevidde sommer og vinter på 300 km er tilstrekkelig for at den gjennomsnittlige konsumenten ikke opplever nyttetap ved overgang til elbil. Figur 16 viser en studie fra TØI hvor bileiere blir spurt om hva som er tilstrekkelig vinterrekkevidde for elbilen (TØI, 2016). Studien viser at svarene varierer mellom elbileiere,

hybrideiere og eiere av bensin- eller dieslbiler, men at 300 km vurderes som tilstrekkelig for minst 50 prosent av bileiere inkludert dem som eier bensin- eller dieslbiler i dag.



Figur 16 Minimum elbil rekkevidde vinterstid som ulike bileier oppgir som nødvendig for at flere skal bli interessert i å kjøpe elbil. Figuren viser resultater fra spørreundersøkelse med svar fordelt mellom elbileiere, hybridbileiere, og bensin- eller dieslbileiere. Forkortelser: BEV-Battery electric vehicles (elbil), PHEV-Plug-in hybrid electric vehicles (hybridbil), ICEV-Internal combustion engine vehicles (bensin- eller dieslbil).

I analysen legger vi da til grunn at elbiler er ekvivalent med bensin- og dieslbiler når de har en gjennomsnittlige rekkevidde på 300km. Videre gjør vi et skille mellom mindre og større elbiler for å reflektere at folk har ulike preferanser og antar at mindre elbiler er ekvivalent med mindre bensin- eller dieslbiler når de har en gjennomsnittlig reell rekkevidde på 260 km og at større elbiler er ekvivalent når de har en gjennomsnittlig reell rekkevidde på 340 km. Reell rekkevidde for dagens representative bil for de mindre elbilene (e-golf) er forutsatt å være omkring 130-140 km. Dette betyr at reell rekkevidde for de mindre elbilene skal omtrent dobles før vi i analysen anser elbilen å være ekvivalent med bensin- og dieslbiler. Som nevnt tidligere, for de større elbilene holder vi endringen i konsumentoverskudd lik 0 for hele perioden siden Tesla-modellene allerede har en reell rekkevidde på over 340 km og har egenskaper i tråd med mange luksusbiler.

For å håndtere utvikling i rekkevidde for de mindre elbilene så antar vi at kostnadsreduksjonene i batteripakken fram mot 2030 tas ut i økt rekkevidde inntil representative bilen har en reell rekkevidde på 260 km. I tillegg legger vi inn en 2 års forsinkelsestid i utvikling av denne rekkevidden. Dette gjør vi for å håndtere at hele markedet for de mindre elbilene må ha en gjennomsnittlig rekkevidde på 260 km²⁶ og at det må være tilstrekkelig med modeller i alle segmentene før tapt konsumentoverskudd kan reduseres. Ved å legge inn en forsinkelsestid tar vi hensyn til at det tar tid å utvikle nye bilmodeller. Med utgangspunkt i kompensasjonsnivået i 2016 reduseres tapt konsumentoverskudd ned til 0 når øvrige krav til rekkevidde og bilmodeller er tilfredsstillt. I analysen skjer dette i 2024 og vi antar da implisitt at på dette tidspunktet er elbilene å regne som ekvivalente med bensin- og dieslbilene.

²⁶ I realiteten er det sannsynlig at bilprodusenter vil tilby mange modeller med ulike rekkevidder til ulike priser for å tilpasse konsumenter med ulike preferanser. Vi antar at når den representativ bilen (gjennomsnittsbilen) har 260 km så vil elbilen være ekvivalent med bensin- eller dieslbiler.

Vedlegg II Kostnadselementer og forutsetninger i tiltaksanalysen

Forutsetninger	Verdier
Generelt	
Analyseperiode	2016-2047
Kalkulasjonsrente	4 % for hele perioden
Elbilens levetid	Lik bensin- eller dieselbilens - 18 år
Fordeling mellom mindre og større biler	50/50
Produksjonskostnader	
Merkostnad mindre biler i 2016	70 000 kr/bil
Merkostnad større biler i 2016	416 000 kr/bil
Kostnadsutvikling elbil utenom batteri	4 % årlig kostnadsreduksjon (vs 2 % for bensin- og dieselbil). Kostnadsfall på 100 000 kr/bil for større elbiler i 2025.
Kostnad batteripakke i 2016	350 USD/kWh
Kostnadsutvikling batteripakke/år	-9 % årlig til 2022 - deretter -4 % årlig til 2030
Årlige energi og vedlikeholdskostnader	
Bensin/dieselpriis uten skatter og avgifter	6,12 kr/liter hele perioden
Drivstofforbruk bensin/dieselbiler (mindre biler)	0,67 l/mil i 2016 -> 0,55 l/mil i 2030 - holdes deretter flatt
Drivstofforbruk bensin/dieselbiler (større biler)	0,73 l/mil i 2016 -> 0,60 l/mil i 2030 - holdes deretter flatt
Kraftpris + nettleie	0,58 kr/kWh hele perioden
Energiforbruk mindre biler	180 Wh/km hele perioden
Energiforbruk større biler	220 Wh/km hele perioden
Vedlikeholdskostnader elbil	4000,- kr/år i 2016, reduseres med 4 % årlig til 2030
Vedlikeholdskostnader bensin/dieselbil	6000,- kr/år i 2016, reduseres med 2 % årlig til 2030
Kostnader ved ladeinfrastruktur	
Antall normalladepunkter AC	1 per solgt elbil
Kostnad normalladepunkt AC	10 000,- kr/ladepunkt i 2016, 2 % årlig kostnadsreduksjon

Antall hurtigladerpunkter DC	1 per 200 solgte elbiler
Kostnad hurtigladerpunkt DC	400 000,- kr/laderpunkt i 2016, 2 % årlig kostnadsreduksjon
Ulempe for bilisten - ulike egenskaper	
Ulempe for bilisten (nødvendig kompensasjon) i snitt - mindre biler	123 997,- kr/bil i 2016. Går lineært ned til 0 når reell rekkevidde går mot 260 km i 2024
Ulempe for bilisten (nødvendig kompensasjon) i snitt - større biler	0 for hele perioden
Andre effekter	
Verdsetting av reduserte partikkelutslipp	3000 kr/kg PM10
Verdsetting av reduserte NOx-utslipp	100 kr/kg/NOx
Ikke-kvantiserte effekter	
Verdsetting, redusert støy elbiler	Ingen
Evt. kostnad oppgraderinger kraftnett utover det som er inkludert i nettleie	Nettleie er ment å dekke normalt vedlikehold og normale oppgraderinger
Evt. besparelser som følge av mindre behov for infrastruktur for bensin- og diesel	Ingen

Vedlegg III Omstilling i bilparken

Andre typer elektriske personbiler

I tillegg til de batterielektriske bilene (*Battery Electric Vehicle; BEV*) finnes også ulike typer hybridbiler og etter hvert også hydrogenbiler. Hybridbiler kan bruke en kombinasjon av forbrenningsmotor eller elektrisk motor til fremdrift, og kan være enten ladbare eller ikke-ladbare. Ikke-ladbare hybridbiler, så kalte mildhybrider, sees på som en tradisjonell effektivisering av kjøretøy med forbrenningsmotor. Ladbare hybridbiler (*Plug In Hybrid Electric Vehicle; PHEV*) er delvis en elbil, men holdes utenfor kostnadsberegningene i analysen.

En PHEV kan lades fra nett og har mulighet til å kjøres helelektrisk. Ladbare hybrider har blitt meget populære i det norske markedet de siste årene. Så å si alle bilprodusenter vil om noen år tilby en ladbar hybrid-variant av de bestselgende modellene, særlig i de større klassene som SUV og mellomklassen. Mange, som BMW, Volvo (Davies, 2015) og Mercedes (Daimler, 2016) vil innen kort tid kunne tilby ladbar hybrid i alle segmenter eller modellserier. VW forventer at den ladbare versjonen av Passat kommer til å stå for ca. 80 prosent av Passat-salget allerede i 2016 (Hattrem, 2015). På grunn av to drivlinjer er ladbare hybrider forholdsvis dyre biler å lage og salg kan, etter hvert som batteriteknologien utvikles, ventes å dreies mot rent elektriske biler (Holder, 2016).

Hydrogenbiler (*Fuel Cell Electric Vehicle; FCEV*) holdes utenfor analysen da hydrogen som energibærer i transportsektoren fortsatt er i en meget tidlig fase. Hydrogenteknologien er ikke like moden i markedet som batterielektriske biler og det mangler fortsatt infrastruktur for fylling (Flakne, 2015). Både energimengder brukt, og antall kjøretøyer, er på så lavt nivå at det ikke synes i statistikken, og tallgrunnlaget er dermed for lite og for usikkert til å kunne danne grunnlag for en analyse. Hydrogen kan komme til å spille en rolle i transportsektoren, kanskje særlig innenfor tungtransport. Foreløpig har Enova vedtatt å støtte en første fyllestasjon for hydrogen med 7,5 millioner kroner (Hirth, 2016). Uno-X har planer om å bygge 20 fyllestasjoner for hydrogen til 2020 (Reitangruppen, 2016).

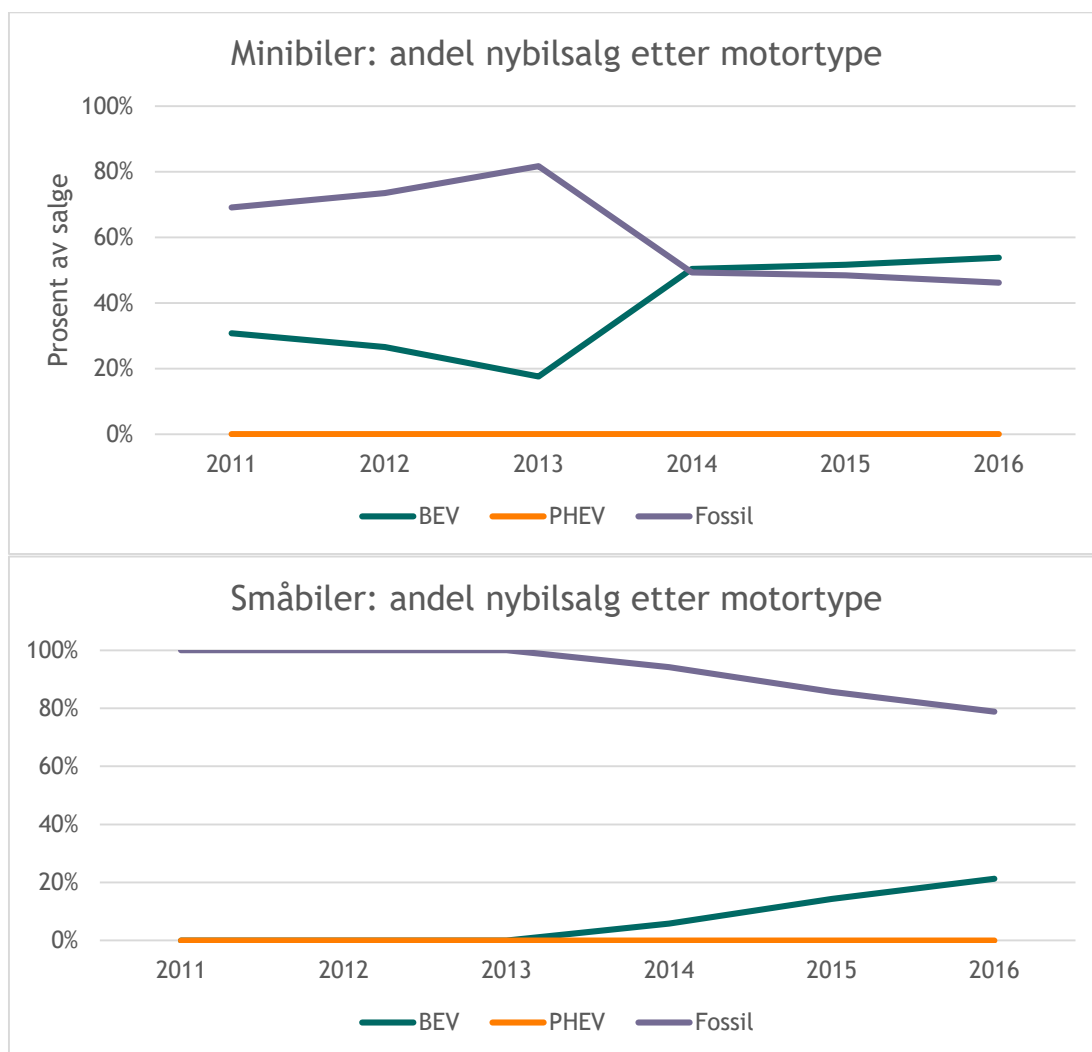
Det finnes per i dag rundt 20 hydrogenbiler i Norge, og fem biler er solgt i løpet av første kvartal 2016. Toyota har lansert hydrogenbilen Mirai i noen utvalgte markeder som Japan og California. I løpet av 2016 venter Toyota å selge 50 - 100 Mirai i Europa, og målet er et årlig salg på 30 000 biler etter 2020 (Toyota, 2015). Honda lanserer modellen Clarity med brenselcelle, batterielektrisk og hybrid versjon fra 2016. Mercedes og flere andre produsenter har vist frem konseptbiler med hydrogendrift (Kable, 2016) med planlagt produksjonsstart i 2017 (Kane, 2016).

Elbilmodeller i dag og framover

Det er vanskelig og usikkert å anslå hva som kommer på markedet av modeller dersom vi tar utgangspunkt i en tidshorisont fram mot 2030. Vi vet at de store bilprodusentene utvikler nye modellplattformer tilpasset produksjon av elbiler, og det er planlagt flere modeller, til alle segmenter. På grunn av utvalget av modeller som finnes i dag vil noen segmenter i markedet kunne elektrifiseres på forholdsvis kort tid, mens andre vil bli mer krevende. Planer for introduksjon av nye modeller gir derfor en god pekepinn på mulig utvikling av nybilsalget. En gjennomgang av de ulike segmentene, fra 2011 fram til i dag, viser tydelig at der hvor det tilbys elbiler har de raskt tatt store andeler av nybilsalget.

Mini- og småbiler

Segmentene mini- og småbiler var det segmentet hvor vi først så introduksjon av elbiler (bortsett fra mikrobiler eller 4-hjuls motorsyklar som *Think*, *Buddy* eller *Reva*) gjennom lansering av Mitsubishi i-Miev, Peugeot iOn og Citroen C-Zero. Etter det har også Volkswagen lansert e-Up!, som også kan kjøpes i bensin- eller dieserversjon. Daimler kommer i 2016 til å tilby hele modellutvalget av Smarts småbiler som elbil (Blanco, 2016). Foreløpig er det kun KIA Soul EV og Renault Zoe som er klassifisert som småbil.

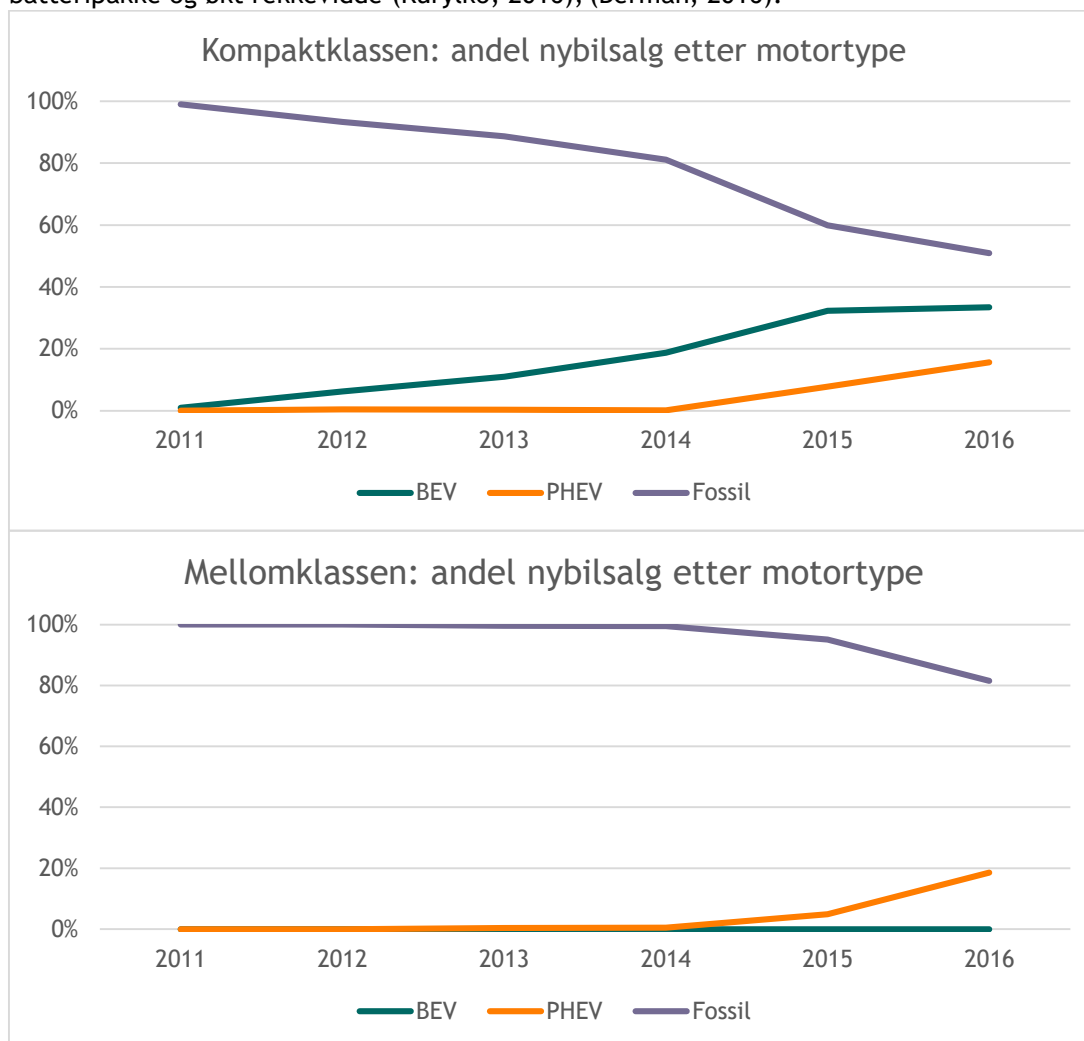


Figur 17 Årlig nybilsalg Norge per segment og motortype; minibiler og småbiler. 2016 tom. jan. Kilde: OFV.

Med små biler og forholdsvis lave utslipp er det vanskelig å se for seg at det skulle lanseres ladbare hybrider i disse mindre segmentene. Ifølge Mercedes lønner den dyre hybridteknologien seg først fra modeller over B-klassen, dvs. fra mellomklassen og oppover.

Kompakt- og mellomklassen

Sammen med SUV-segmentet er kompaktklassen og mellomklassen de største bilsegmentene i Norge. Kompaktklassen kalles ofte Golf-klassen, etter den mest populære modellen i markedet. Nissan Leaf ble lansert i 2011 og er i kompaktklassen. Senere er også Volkswagens Golf kommet med den elektriske versjonen e-Golf, Mercedes med en elektrisk B-klasse og BMW med sin nye modell i3. Både e-Golf og i3 leveres fra 2016 også med oppgradert batteripakke og økt rekkevidde (Kurylko, 2016), (Berman, 2016).



Figur 18 Årlig nybilsalg Norge per segment og motortype; kompakt- og mellomklassen. 2016 tom. jan. Kilde: OFV.

Mange bilprodusenter har lansert planer om å tilby elbiler i dette attraktive segmentet og det er trolig i kompaktklassen vi kommer til å se de første av neste generasjons elbiler med tanke på rekkevidde og batteripakke. GM har lansert sin Chevrolet Bolt som kommer på markedet i USA i løpet av 2016, og til Europa som Opel Ampera-e i 2017 (Opel, 2016). Den skal ha en reell rekkevidde på 300 kilometer, og batteripakke på ca. 60 kWh.

Hyundai har lansert Ioniq som kommer både som hybrid, ladbar hybrid og ren elbil. Salg av el- og ladbar hybridversjonen starter i Sør-Korea i juni 2016, og Hyundai forventer å selge 4 000 elektriske Ioniq i 2016, 800 av dem i det norske markedet (Johnsen, 2016). Etter Ioniq vil det følge to nye elbiler med rekkevidde opp mot 400 km innen 2020 (Ayre, 2016). Det ser også ut som Audi kommer med en modell i klassen i løpet av 2018, foreløpig kjent som en elektrisk A2 eller C-BEV (Westbrook, 2016). Senest 2019 har PSA-gruppen og Peugeot sagt at de kommer til å ha minst en ren elbil i klassen (Radu, 2016), (Revolta, 2016).

I tillegg til helt nye modeller er det ventet at eksisterende modeller som Nissan Leaf og Volkswagen e-Golf kommer med oppgradert batteripakke og 300 kilometers reell rekkevidde i løpet av 2018 (Schmitt, 2015), (Blanco, 2016). VW har bekreftet at de er i gang med utvikling av sin versjon av neste generasjons elbil, med mulig markedsintroduksjon i 2019 (Kable, 2016), og vil da med den nye e-Golf flytte produksjon av elektriske biler fra dagens MQB-plattform over til den elbil-dedikerte MEB-plattformen (Taylor, 2016).

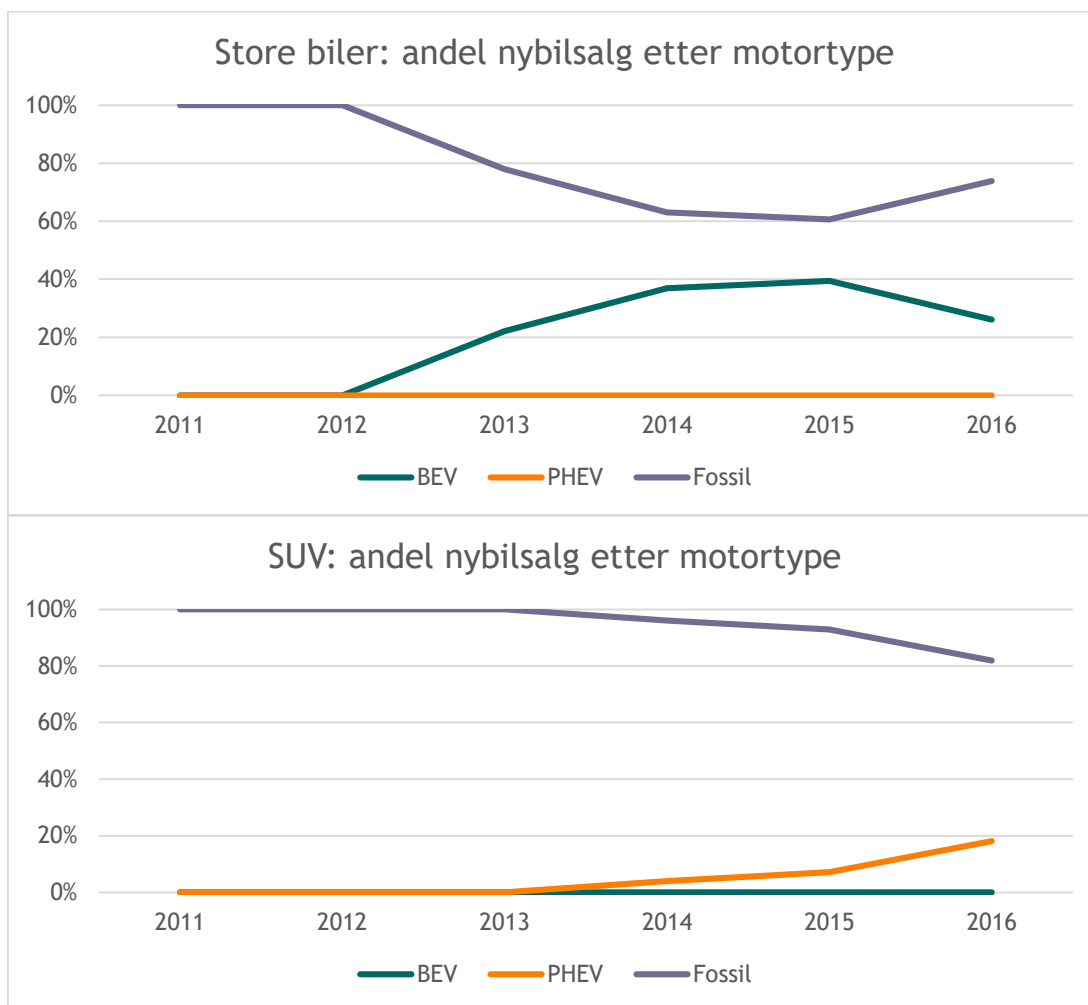
Stasjonsvogner utgjør en stor andel av mellomklassen, som sammen med SUV og kompaktklassen er viktige i Norge og Norden. Foreløpig finnes det stort sett ingen elbiler i denne klassen. Renault Fluence Z.E. var en elbil i mellomklassen, men den selges ikke lenger i Norge. Tesla viste i mars 2016 frem sin neste modell, Model 3, som kommer i salg fra 2017, med forventet pris på ca. 300 000 kroner (Kahn, 2015). Den skal tilby en reell rekkevidde på mellom 30 - 35 mil, gjennom en batteripakke på ca. 60 kWh. Model 3 er på størrelse med en BMW 3-serie eller Audi A4, noe som plasserer den i mellomklassen.

Det kan forventes at det vil komme flere modeller i klassen etter hvert som produsentene innfører mer skalerbare og modulære plattformer for elbilene sine. Et eksempel er at Volkswagen vil vise frem et nytt konsept for elbil i mellomklassen i 2016 som er på størrelse med en Passat og bygger på nye MEB-plattformen (Ricciuti, 2016), (Kacher, 2016). BMW har sagt at man kommer til å lansere en batterielektrisk familiebil (Duff, 2016), i5, etter den mindre i3 og sportsbilen i8. Fra Mercedes forventes en elbil tilsvarende C-klassen i 2018 (Kacher, 2016).

Fra 2016 tilbys Kinesiske BYD sin e6 i Tyskland og Østerrike. Det er en elbil med 80 kWh batteripakke og rekkevidde på 400 km (Kirchberger, 2016). BYD har per i dag ikke etablert en salgsorganisasjon for personbiler i Europa, men leverer biler til flåteoperatører (Valle, 2016). Foreløpig er ingen solgt i Norge, men mellomklassebilen e6 brukes allerede som taxi i Nederland, og er også solgt i Storbritannia, Spania og Belgia.

Store biler og SUV-klassen

SUV-segmentets store andel av nybilsalget i Norge gjør elektrifisering utfordrende, ettersom vi fram til i dag ikke har hatt elbil representert i dette segmentet, og ladbare hybrider har bare vært tilgjengelige siden 2015. Segmentene store biler og SUV inneholder i dag kun en elbil med Teslas Model S. Modellen har dog på kort tid tatt store deler av markedet. Men det vil innen noen få år lanseres mange modeller fra flere produsenter, eventuelt også fra nye helt produsenter som Faraday Future (Faraday Future, 2016) eller Atieva (Lienert, 2016), i segmentet.



Figur 19 Årlig nybilsalg Norge per segment og motortype; Store biler og SUV. 2016 tom. jan. Kilde: OFV.

Tesla lanserte Model X i slutten av 2015 og leveringer startet tidlig i 2016. Første Model X kom på sensommeren i 2016. Audi har bekreftet salg av Q6 e-tron fra 2018 (Sheehan & Kable, 2016), Hyundai lanserer en el-SUV i 2018 (Voelcker, 2016) og Volvo ser ut å komme med en elektrisk versjon av XC60 samme år (Andersson, 2015). Mercedes viser fram sin neste elbil, en SUV som bygges på den nye EVA-plattformen, i 2016 og planlegger salg til senest 2019 (Autocar, 2016). Både Skoda og Mitsubishi planlegger en elektrisk SUV til 2020.

Hybridisering av de store og tunge bilene er på kort sikt en forholdsvis enkel og kostnadseffektiv løsning for bilindustrien som må møte diverse utslippskrav (LeVine, 2016).

Andre mindre segmenter

Segmentene luksusbiler, sportsbiler, flerbruksbiler og andre er små. Det er ventet at Tesla kommer med en ny versjon av sin sportsbil Roadster innen 2020. Aston Martin utvikler modellen RapidE som ventes på markedet i 2017 (Ziegler, 2015), Porsche lanserer Mission E i 2019, McLaren har bekreftet at man tester en elektrisk supersportsbil av modellen P1 (Pattni, 2016). Audi ventes etter hvert å komme tilbake med en elektrisk R8 e-tron og at BMW lanserer en helelektrisk versjon av i8 (Kable, 2016).

Referanser

- Abuelsamid, S., 2015. *LG Chem May Be On The Verge Of Dominating EV Battery Industry*, <http://www.forbes.com/sites/samabuelsamid/2015/10/28/lg-chem-may-be-on-the-verge-of-dominating-ev-battery-industry/#2c4241ee144d8> [besøkt: 06.10.2016], s.l.: Forbes.
- Amsterdam Round Tables & McKinsey&Company, 2014. *Electric vehicles in Europe: gearing up for a new phase?*, s.l.: Amsterdam Round Tables.
- Andersson, A., 2015. *Alrik säker: "Volvos första elbil blir nya XC60*, <http://www.mestmotor.se/automotorsport/artiklar/nyheter/20151019/alrik-om-volvos-elsatsning-forsta-elbilen-blir-nya-xc60> [besøkt: 10.05.2016], s.l.: Auto motor sport.
- Autocar, 2016. *New Mercedes-Benz electric SUV to be revealed at Paris motor show*, <http://www.autocar.co.uk/car-news/motor-shows-paris-motor-show/new-mercedes-electric-suv-paris-motor-show> [besøkt: 07.06.2016], s.l.: Autocar.
- Ayre, J., 2016. *250-Mile Electric Car From Hyundai Planned For 2020*, <http://cleantechnica.com/2016/06/04/200-mile-electric-car-hyundai-planned-2020/> [besøkt: 04.06.2016], s.l.: Clean Technica.
- Berman, B., 2016. *2017 VW E-Golf Will Get 48 Percent More Driving Range*, <http://www.plugincars.com/2017-vw-e-golf-will-get-48-percent-more-driving-range-131700.html> [besøkt 24.04.2016], s.l.: Plugincars.com.
- Blanco, S., 2016. *Chevy Bolt EV's battery shows big improvements over Spark's*, <http://www.autoblog.com/2016/01/11/chevy-bolt-volt-batteries-similar-different/?ncid=edlinkusauto00000015> [besøkt: 06.10.2016], s.l.: Autoblog.
- Blanco, S., 2016. *Nissan confirms next-gen Leaf will have over 200-mile range*, <http://www.autoblog.com/2016/06/20/nissan-200-mile-leaf-coming/> [besøkt: 22.06.2016], s.l.: Autoblog.
- Blanco, S., 2016. *Smart electrifying entire line up, including all-new Fourfour Electric*, <http://www.autoblog.com/2016/06/13/smart-forfour-electric/?ncid=edlinkusauto00000015#slide-3778949> [besøkt: 14.06.2016], s.l.: Autoblog.
- Bloomberg News, 2016. *BYD Sees Electric-Car Sales Tripling in Sales in Areas Coveted by Tesla*, <http://www.bloomberg.com/news/articles/2016-03-29/byd-sees-electric-car-sales-tripling-in-market-coveted-by-tesla> [besøkt: 04.04.2016], s.l.: Bloomberg News.
- BMW, 2014. *New Generation of Plug-in Hybrid Models*, <https://www.press.bmwgroup.com/global/article/detail/T0197302EN/new-generation-of-plug-in-hybrid-models> [besøkt: 06.10.2016], s.l.: BMW Group.
- BMW, 2016. *BMW*, s.l.: BMW.
- Borge, L.-E., Bye, B., Elmeskov, J. & Hansen, M., 2015. *NOU 2015:15 Sett pris på miljøet - Rapport fra grønn skattekommissjon*, s.l.: Finansdepartementet.
- Brandt, P., 2016. *Volkswagen förbättrar batteriet i e-Golf - 32 procent bättre räckvidd*, <http://www.mestmotor.se/automotorsport/artiklar/nyheter/20160111/volkswagen-forbattar-batteriet-i-e-golf-32-procent-battre-rackvidd> [besøkt: 06.10.2016], s.l.: Auto, Motor & Sport.
- Burgess, R., 2016. *PSA unveils five-year model blitz for Peugeot, Citroën and DS*, <http://www.autocar.co.uk/car-news/industry/psa-unveils-five-year-model-blitz-peugeot-citro%C3%ABn-and-ds> [besøkt: 06.04.2016], s.l.: Autocar.

- Daimler, 2016. *Daimler invests massively in green powertrain technologies*, <http://media.daimler.com/marsMediaSite/en/instance/ko.xhtml?oid=11108480> [besøkt: 14.06.2016], s.l.: Daimler.
- Dalløkken, P. E., 2015. *Så mye elektrisk kjører de ladbare hybridene i virkeligheten*, <http://www.tu.no/artikler/sa-mye-elektrisk-kjorer-de-ladbare-hybridene-i-virkeligheten/276294> [besøkt: 07.10.2016], s.l.: Teknisk Ukeblad.
- Davies, A., 2015. *You'll Be Able to Buy Any Volvo as an Electric by 2019*, <http://www.wired.com/2015/10/youll-be-able-to-buy-any-volvo-as-an-electric-by-2019> [besøkt: 13.04.2016], s.l.: Wired.
- Davies, A., 2016. *The Electric Car Revolution is Now Scheduled for 2022*, <https://www.wired.com/2016/02/electric-car-revolution-now-scheduled-2022> [besøkt: 07.10.2016], s.l.: Wired .
- DFØ, 2014. *Samfunnsøkonomisk analyse*, https://dfo.no/Documents/FOA/publikasjoner/veiledere/Veileder_i_samfunns%C3%B8konomiske_analyser_1409.pdf [besøkt: 11.10.2016], s.l.: Direktoratet for økonomistyring.
- DFØ, 2014. *Veileder i samfunnsøkonomiske analyser*, s.l.: Direktoratet for Økonomistyring.
- Duff, M., 2016. *BMW i Chief: Larger i Models Will Offer Optional Range-Extender*, <http://blog.caranddriver.com/bmw-i-chief-i5-ev-model-coming-will-offer-optional-range-extender/> [besøkt: 07.06.2016], s.l.: Car and Driver.
- Economist, 2013. *The Great Powertrain Race*, <http://www.economist.com/news/special-report/21576219-carmakers-are-hedging-their-bets-powering-cars-great-powertrain-race> [besøkt: 07.10.2016], s.l.: The Economist.
- EEA, 2015. *Air Quality in Europe - 2015 Report*, s.l.: European Environment Agency.
- EERE, 2016. *Fact #918: March 28, 2016 Global plug-in light vehicle sales increased by about 80% in 2015*, <http://energy.gov/eere/vehicles/fact-918-march-28-2016-global-plug-light-vehicle-sales-increased-about-80-2015> [besøkt: 04.04.2016], s.l.: US Department of Energy.
- Elbilisten, 2016. *I hvor stor grad vil du anslå at elbilen har erstattet bruk av bensin- eller dieselbil?*, s.l.: Elbilisten.
- Electric Cars Report, 2016. *Honda Plans for Two-Thirds of its Cars to Be Electrified by 2030*, http://electriccarsreport.com/2016/02/honda-plans-for-two-thirds-of-its-cars-to-be-electrified-by-2030/?utm_source=dlvr.it&utm_medium=twitter [besøkt: 06.10.2016], s.l.: Electric Cars Report.
- Electric Vehicle Council, 2015. *Samsung building a 'gigafactory' for EV batteries*, <http://electricvehiclecouncil.com.au/samsung-building-a-gigafactory-for-ev-batteries/> [besøkt: 07.10.2016], s.l.: Electric Vehicle Council.
- Enova, 2015. *Strategi for ladestasjoner og infrastruktur for elbil*, s.l.: Enova SF.
- EU Kommisjonen, 2014. *Clean fuels for transport: Member States now obliged to ensure minimum coverage of refuelling points for EU-wide mobility*, http://europa.eu/rapid/press-release_IP-14-1053_en.htm [besøkt: 07.10.2016], s.l.: European Commission.
- Faraday Future, 2016. *Trials & Calculations: Mule Testing Our Powertrain & Chassis*, <http://www.ff.com/futuresight/mule-testing/> [besøkt: 10.10.2016], s.l.: Faraday Future.
- Finansdepartementet, 2014. *R-109/14 Prinsipper og krav ved utarbeidelse av samfunnsøkonomiske analyser mv.*, s.l.: Finansdepartementet.
- Finansdepartementet, 2014. *Rundskriv R-109/2014, Prinsipper og krav ved utarbeidelsen av samfunnsøkonomiske analyser*, s.l.: Finansdepartementet.
- Finansdepartementet, 2015. *Avgiftssatser 2016*, <http://www.statsbudsjettet.no/Statsbudsjettet-2016/artikler/avgiftssatser-2016/> besøkt: 30.06.2016], s.l.: Finansdepartementet.

- Flakne, E., 2015. *Enova og hydrogen*, http://www.mynewsdesk.com/no/enova-sf/blog_posts/enova-og-hydrogen-41289 [besøkt: 07.10.2016], s.l.: Enova.
- Folkehelseinstituttet og Miljødirektoratet, 2013. *Luftkvalitetskriterier - Virkninger av luftforurensning på helse, rapport 2013:9*. pp. 172. ISSN: 1503-1403, ISBN: 978-82-8082-588-9 (elektronisk utgave). <http://www.fhi.no/dokumenter/5f190bc3fa.pdf>, s.l.: s.n.
- Folkehelseinstituttet, 2016. *Sykdomsbyrde som følge av luftforurensning i Oslo*, https://www.fhi.no/globalassets/dokumenterfiler/rapporter/sykdomsbyrde-som-folge-av-luftforurensning-i-oslo_rapport-2016.pdf [besøkt: 11.10.2016], s.l.: Folkehelseinstituttet.
- Ford, 2015. *Ford accelerates expansion of electrified vehicle battery research and development*, <https://media.ford.com/content/fordmedia/fna/us/en/news/2015/12/10/ford-electrified-vehicle-battery-research.html> [besøkt: 07.10.2016], Dearborn: Ford Motor Company.
- Ford, 2015. *Ford Investing \$4.5 billion in electrified vehicle solutions*, <https://media.ford.com/content/fordmedia/fna/us/en/news/2015/12/10/ford-investing-4-5-billion-in-electrified-vehicle-solutions.html> [besøkt: 06.10.2016], s.l.: Ford Motor Company.
- Freitag, M., 2016. *700.000 Elektro-Audis bis zum Jahr 2025*, <http://www.manager-magazin.de/unternehmen/autoindustrie/audi-harter-sparkurs-fuer-zukunftsinvestitionen-700-000-elektro-autos-a-1099571.html> [besøkt: 27.06.2016], s.l.: Manager Magazin.
- Frydenlund, S., 2015. *Test av Nissan Leaf (30 kWh): En klar forbedring*, <http://elbil.no/aller-forste-norske-test-av-30-kwh-leaf/> [besøkt: 06.06.2016], s.l.: elbil.no.
- Fung, D., 2016. *PSA Peugeot-Citroen, Dongfeng will co-develop EV platform due 2019*, <http://www.caradvice.com.au/443103/psa-peugeot-citroen-dongfeng-will-co-develop-ev-platform-due-2019/> [besøkt: 12.05.2016], s.l.: Car Advice.
- Green Highway, 2013. *ELtaxi Trøndelag*, http://media.greenhighway.nu/2013/12/Eltaxiprojekt-Sluttrapport_Des-13.pdf [pdf][besøkt: 07.10.2016], s.l.: Green Highway.
- Greimel, H., 2016. *Hyundai-Kia's great electrification plan*, <http://www.autonews.com/article/20160404/OEM05/304049949/hyundai-kias-grand-electrification-plan> [besøkt: 06.04.2016], s.l.: Automotive News.
- Hagen, K. P., Berntsen, S., Bye, B. & Hultkrantz, L., 2012. *NOU 2010:16 Samfunnsøkonomiske Analyser*, s.l.: Finansdepartementet.
- Halvorson, B., 2016. *Volkswagen e-Golf: real-world range vs. EPA estimates over six-month test*; http://www.greencarreports.com/news/1103654_volkswagen-e-golf-real-world-range-vs-epa-estimates-over-six-month-test/page-2 [besøkt: 06.06.2016], s.l.: Green Car Report.
- Handelsblatt, 2016. *VW Considers Building Own Battery Factory*, <https://global.handelsblatt.com/breaking/exclusive-vw-considers-building-own-battery-factory> [besøkt: 31.05.2016], s.l.: Handelsblatt.
- Hanley, S., 2016. *Mercedes Plans Four Electrics by 2017*, <http://gas2.org/2016/01/04/mercedes-plans-four-electrics-by-2017/> [besøkt: 06.10.2016], s.l.: Gas2.org.
- Hattrem, H., 2014. *Best Elbil-Garanti!*. VG, 5 Mai, pp. 18-20.
- Hattrem, H., 2015. *Prøvekjørt Volkswagen Passat GTE: nytt glansnummer*, <http://www.vg.no/forbruker/bil-baat-og-motor/biltest/provekjort-volkswagen-passat-gte-nytt-glansnummer/a/23488607/> [besøkt: 07.10.2016], s.l.: VG.
- Hensley, R., Newman, J. & Rogers, M., 2012. *Battery Technology Charges Ahead*; <http://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability-and-resource-productivity/our-insights/battery-technology-charges-ahead> [besøkt: 07.10.2016], s.l.: McKinsey&Company.

- Hirth, M. L., 2016. *Første hydrogenstasjon får Enova-støtte*, http://syslagronn.no/2016/01/14/syslagronn/forste-hydrogenstasjon-far-enova-stotte_73709/ [besøkt: 11.10.2016], s.l.: Fornybar Energi.
- Holder, J., 2016. *Audi hybrids only a "bridging technology" before EVs, says CEO*, <http://www.autocar.co.uk/car-news/industry/audi-hybrids-only-bridging-technology-evs-says-ceo> [besøkt: 07.10.2016], s.l.: Autocar.
- IEA, 2011. *Technology Roadmap: Electric and plug-in hybrid electric vehicles*, http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/EV_PHEV_Roadmap.pdf [pdf] [besøkt: 07.10.2016], s.l.: International Energy Agency.
- IEA, 2016. *Global EV Outlook 2016*, http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/global_EV_outlook_2016.pdf [pdf] [besøkt: 06.06.2016], s.l.: International Energy Agency.
- Jaffe, S., 2015. *2015: A Turning Point for Batteries*: <https://www.navigantresearch.com/blog/2015-a-turning-point-for-batteries> [besøkt: 08.06.2016], s.l.: Navigant Research.
- Johansen, V. M., 2016. *Denne bilen alene ville vært Norges mest solgte*, <http://www.tv2.no/a/7894472/> [besøkt: 30.06.2016], s.l.: TV2.
- Johnsen, V. M., 2016. *Denne elbilen fra Hyundai blir en skikkelig prisbombe*, <http://www.abcnyheter.no/motor/2016/06/14/195222936/denne-elbilen-fra-hyundai-blir-en-skikkelig-prisbombe> [besøkt: 11.10.2016], s.l.: ABC Nyheter.
- Kable, G., 2016. *All-electric BMW i8 in the works*, <http://www.autocar.co.uk/car-news/new-cars/all-electric-bmw-i8-works> [besøkt: 27.06.2016], s.l.: Autocar.
- Kable, G., 2016. *Mercedes-Benz GLC to get hydrogen fuel cell power next year*, <http://www.autocar.co.uk/car-news/new-cars/mercedes-benz-glc-get-hydrogen-fuel-cell-power-next-year> [besøkt: 10.10.2016], s.l.: Autocar.
- Kable, G., 2016. *VW's 2019 Electric Vehicle for Paris Motor Show Reveal*, <http://www.autocar.co.uk/car-news/new-cars/vw-plans-radical-new-electric-vehicle-2019> [besøkt: 10.10.2016], s.l.: Autocar.
- Kacher, G., 2016. *Mercedes signs off four electric Tesla fighters*, <http://www.carmagazine.co.uk/spy-shots/mercedes-benz/mercedes-signs-off-four-electric-tesla-fighters/> [besøkt: 10.10.2016], s.l.: Car Magazine.
- Kacher, G., 2016. *VW bringt Model 3- Gegner*, <http://www.autobild.de/artikel/vw-cuve-2019-vorschau-8637581.html> [besøkt: 07.06.2016], s.l.: Autobild.
- Kahn, J., 2015. *Musk: Model 3 preorders start in March, production in ~2 years, starts at \$35.000*, <http://electrek.co/2015/09/02/musk-model-3-preorders-35k-march/> [besøkt: 10.10.2016], s.l.: Electrek.
- Kane, M., 2016. *Hyundai Confirms 200-Mile EV For 2018, 250-Miler For 2020*, <http://insideevs.com/hyundai-confirms-200-mile-electric-car-for-2018-250-mile-ev-for-2020/> [besøkt: 24.05.2016], s.l.: Inside EVs.
- Kane, M., 2016. *Mercedes-Benz GLC F-CELL: First Plug-in FCV, Production Starts in 2017*, <http://insideevs.com/mercedes-benz-glc-f-cell-first-plug-in-fcv-production-starts-in-2017/> [besøkt: 14.06.2016], s.l.: Inside EVs.
- Kia, 2016. <http://www.kia.com/no>, s.l.: Kia.
- Kirchberger, M., 2016. *Eisern sparen*, <http://www.heise.de/autos/artikel/Elektroautos-BYD-Fenecon-startet-den-Verkauf-des-e6-3099764.html?platform=hootsuite> [besøkt: 10.10.2016], s.l.: Heise Autos.
- KLD, 2015. *Strengere krav til luftkvaliteten*, <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/strengere-krav-til-luftkvaliteten/id2469043/> [besøkt 07.10.2016], s.l.: Klima og miljødepartementet.

- Klimarådet, 2016. *Elbil og afgifter - faktaark til Klimarådets rapport: Afgifter der forandrer - forslag til klimavenlige afgiftsomlægninger*, s.l.: Klimarådet.
- Kooroshy, J. et al., 2015. *The Low Carbon Economy*, <http://www.goldmansachs.com/our-thinking/pages/new-energy-landscape-folder/report-the-low-carbon-economy/report.pdf> [besøkt: 07.10.2016], s.l.: Goldman Sachs Group Inc..
- Kurylko, D. T., 2016. *BMW will boost i3's range*, <http://www.autonews.com/article/20160118/OEM05/301189994/bmw-will-boost-i3s-range> [besøkt: 10.10.16], s.l.: Automotive News.
- Lambert, F., 2016. *Daimler announces a €500 million investment in a new battery factory in Germany*, <https://electrek.co/2016/03/01/daimler-500-million-battery-factory-germany/comment-page-1/> [besøkt: 07.10.2016]. *Electrek*.
- Lambert, F., 2016. *GM confirms 60 kWh battery pack for the Bolt EV and DC fast-charging will be optional*, <https://electrek.co/2016/01/11/gm-bolt-ev-battery-pack-fast-charging-full-specs/> [besøkt: 07.10.2016], s.l.: Electrek.
- Lambert, F., 2016. *Tesla Model S battery pack data shows very little capacity loss over high mileage*, <https://electrek.co/2016/06/06/tesla-model-s-battery-pack-data-degradation/> [besøkt: 07.06.2016], s.l.: Electrek.
- LeVine, S., 2016. *Americans may think they'll never, ever buy electric SUVs or pickups - but they will*, <http://qz.com/613015/americans-may-think-theyll-never-ever-buy-electric-suv-or-pickups-but-they-will/> [besøkt: 10.10.2016], s.l.: Quartz.
- LeVine, S., 2016. *We are racing toward an electric-car future. Can battery scientists keep up?* <http://qz.com/699909/silicon-batteries-electric-car-future/> [besøkt: 16.06.2016], s.l.: Quartz.
- Liebreich, M., 2016. *10 Predictions for 2016: Sunny with a hint of Götterdämmerung*, <https://about.bnef.com/blog/liebreich-10-predictions-for-2016-sunny-with-a-hint-of-gotterdammerung/> [besøkt: 06.10.2016], s.l.: Bloomberg New Energy Finance.
- Lienert, P., 2016. *Electric car startups fueled by Chinese money aim to catch Tesla*, <http://www.reuters.com/article/us-autos-chinaev-idUSKCN0Z02IA> [besøkt: 16.06.2016], s.l.: Reuters.
- Littorin, J., 2015. *Volvo bygger elbil 2019*, <http://www.dn.se/ekonomi/volvo-bygger-elbil-2019/> [besøkt: 06.10.2016], s.l.: Dagens Nyheter.
- McKinsey&Company, 2015. *Urban Mobility at a Tipping Point*, <http://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability-and-resource-productivity/our-insights/urban-mobility-at-a-tipping-point> [besøkt: 06.10.2016], s.l.: McKinsey & Company.
- McMahon, J., 2016. *Electric Vehicles Will Triumph Because They're Better, GM Veteran Says*, <http://www.forbes.com/sites/jeffmcmahon/2016/02/18/electric-vehicles-will-triumph-because-theyre-better-gm-veteran-says/#5822033a3048> [besøkt: 07.10.2016], s.l.: Forbes.
- Mercedes-Benz, 2016. *Elektrisk drift - overbevisende energieffektiv*, http://www.mercedes-benz.no/content/norway/mpc/mpc_norway_website/no/home_mpc/passengercars/home/new_cars/models/b-class/w242/facts/drivetrainelectric/drivetrainelectric.html [besøkt: 11.10.2016], s.l.: Mercedes-Benz.
- Mercedes-Benz, 2016. *Elektrisk drift - overbevisende energieffektiv*, http://www.mercedes-benz.no/content/norway/mpc/mpc_norway_website/no/home_mpc/passengercars/home/new_cars/models/b-class/w242/facts/drivetrainelectric/drivetrainelectric.html [besøkt: 11.10.2016], s.l.: Mercedes-Benz.
- Miljødirektoratet, 2010. *Klimakur 2020 - tiltak og virkemidler for å nå norske klimamål mot 2020 [Rapport: TA-2590]*, s.l.: Miljødirektoratet.
- Miljødirektoratet, 2015. *Klimatiltak mot 2030 - klimaeffekt på kort sikt og helseeffekter [M-438]*, s.l.: Miljødirektoratet.

- Miljødirektoratet, 2015. *Klimatiltak og utslippsbaner mot 2030 [Rapport M-386]*, s.l.: Miljødirektoratet.
- Mitsubishi, 2016. *Miev*, <http://www.mitsubishi-motors.no/i-miev/#!spesifikasjoner> [besøkt: 11.10.2016], s.l.: Mitsubishi.
- Moberg, K., 2016. *BMW i3 får markedets lengste rekkevidde*, <http://www.dinside.no/motor/bmw-i3-far-markedets-lengste-rekkevidde/60961436> [besøkt: 09.05.2016], s.l.: Din Side.
- Moberg, K., 2016. *Ladbare hybrider: Dette bruker de i virkeligheten*, <http://www.dinside.no/936753/ladbare-hybrider-dette-bruker-de-i-virkeligheten>. [besøkt: 07.06.2016], s.l.: Din Side.
- Morris, C., 2016. *Porsche to invest a billion euros at EV plant*, <https://chargedevs.com/newswire/porsche-to-invest-a-billion-euros-at-ev-plant/> [besøkt: 06.10.2016], s.l.: Charged.
- NAF, 2015. *NAF Elbil Rapport 2015*, <https://www.naf.no/globalassets/dokumenter/politikk/elbilrapport.pdf> [pdf][besøkt: 11.10.2016], s.l.: Norges Automobil-Forbund.
- Navigant Research, 2015. *Electric Vehicle Market Forecast*, <http://www.navigantresearch.com/research/electric-vehicle-market-forecasts> [besøkt: 07.10.2016], s.l.: Navigant Research.
- New Energy Finance, 2012. *Electric Vehicle Battery Prices Down 14% Year On Year*, <https://www.newenergyfinance.com/PressReleases/view/210> [besøkt: 06.10.2016], s.l.: Bloomberg.
- New Energy Finance, 2016. *Electric Vehicles to be 35% of Global New Cars Sales by 2040*; <https://about.bnef.com/press-releases/electric-vehicles-to-be-35-of-global-new-car-sales-by-2040/> [besøkt: 06.10.2016], s.l.: Bloomberg.
- Nilsson, M. & Nykvist, B., 2014. Rapidly falling costs of battery packs for electric vehicles. *Nature Climate Change*, 2014(5), pp. 329-332.
- Nissan, 2016. *Nissan announces future generation electric vehicle batteries for UK production*, <http://newsroom.nissan-europe.com/uk/en-gb/media/pressreleases/141565> [besøkt: 07.10.2016], s.l.: Nissan.
- Nissan, 2016. *Nissan Leaf Spesifikasjoner*, http://www.nissan.no/etc/medialib/nissaneu/_NO_no/_Other_pdf/_pricelists.Par.80867.File.dat/LEAF_Kundeprisliste__01-04-16_0783.pdf, s.l.: Nissan.
- NVE, 2013. *Sammenfatning av planlagte investeringer i sentral- og regionalnettet [Rapport nr 6/2013]*, s.l.: NVE.
- NVE, 2016. *Hva betyr elbiler for strømmettet [Rapport nr 74-2016]*, s.l.: NVE.
- Nåstad, M. & Hatlestad, E., 2016. *Bergen er elbilhovudstaden i Noreg*, <http://www.nrk.no/hordaland/bergen-er-elbilhovudstaden-i-noreg-1.12816002> [besøkt: 07.10.2016], s.l.: NRK.
- OFV, 2016. *Bilsalget i 2015*, <http://www.ofvas.no/bilsalget-i-2015/category679.html> [besøkt 15.06.2016], s.l.: Opplysningsrådet for veitrafikken AS.
- OFV, 2016. *Dypdykk i personbilbestanden: 1994-2016*, <http://www.ofv.no/banner/dypdykk-i-personbilbestanden-1994-2016-article442-130.html> [besøkt: 15.06.2016], s.l.: Opplysningsrådet for Veitrafikken AS.
- Opel, 2016. *Ampera-E: Opel introduserer neste generasjon elbil*, <https://www.opel.no/opplev-opel/om-opel/opel-nyheter/2016/february0/opel-nyheter-ampera-e-opel-introduserer-neste-generasjon-elbil.html> [besøkt: 10.10.2016], s.l.: Opel.
- Oslo Economics, 2015. *Elbilens konkurransedyktighet i Norge [Rapport 2015-13]*, s.l.: Oslo Economics.

- Pattni, V., 2016. *McLaren developing all-electric P1 of the future*, <http://www.topgear.com/car-news/geneva-motor-show/mclaren-developing-all-electric-p1-future> [besøkt: 07.06.2016], s.l.: Top Gear.
- Pontes, J., 2016. *History in the Making*, <http://ev-sales.blogspot.no/2016/01/netherlands-december-2015.html> [besøkt: 07.01.2016], s.l.: EV Sales.
- Pöyry, 2012. *Strategi og kriteriesett for utplassering av hurtigladere [R-2012-007]*, s.l.: Evon Pöyry.
- Radu, M., 2016. *Peugeot to Launch New EV and Plug-In Hybrid Within 3 Years*, <http://www.autoevolution.com/news/peugeot-to-launch-new-ev-and-plug-in-hybrid-within-3-years-105483.html> [besøkt: 10.10.2016], s.l.: Autoevolution.
- Reitangruppen, 2016. *Uno-X Hydrogen skal fylle tanken på neste generasjon elbiler [pressemelding]*, <https://www.ntbinfo.no/pressemelding/uno-x-hydrogen-skal-fylle-tanken-pa-neste-generasjon-elbiler?publisherId=7512272&releasId=9739468> [besøkt: 11.10.2016], s.l.: NTB.
- Renault, 2016. <http://renault.no>, s.l.: Renault.
- Renault, 2016. *Renault*, <http://renault.no>, s.l.: Renault.
- Renault, 2016. *Twizy*, https://renault.no/admin/wp-content/uploads/2015/11/Twizy_mars2016_web.pdf [besøkt: 11.10.2016], s.l.: Renault.
- Revolta, D., 2016. *Peugeot 3008 plug-in hybrid to lead brand's electric push*, <http://www.autocar.co.uk/car-news/new-cars/peugeot-3008-plug-hybrid-lead-brands-electric-push> [besøkt: 26.05.2016], s.l.: Autocar.co.uk.
- Ricciuti, A., 2016. *VW Workingo n BMW i3 Fighter*, <http://www.autoguide.com/auto-news/2016/06/vw-working-on-competitor-to-bmw-i3.html> [besøkt: 07.05.2016], s.l.: AutoGuide.com.
- Romm, J., 2016. *Why Used Electric Car Batteries Could Be Crucial to a Clean Energy Future*, <https://thinkprogress.org/why-used-electric-car-batteries-could-be-crucial-to-a-clean-energy-future-6ab9a2308cdb#.bgzymbt5bu> [besøkt: 07.10.2016], s.l.: Think Progress.
- Schmitt, B., 2015. *2nd gen Leaf expected 2018: 60kWh NMC battery, 300 mile range, autonomous, CFRP*, <http://dailykanban.com/2015/10/2nd-gen-leaf-expected-2018-60kwh-nmc-battery-300-mile-range-autonomous-cfrp/> [besøkt: 10.10.2016], s.l.: DailyKanban.
- Sheehan, S. & Kable, G., 2016. *Audi Q6 e-tron quattro confirmed for production*, <http://www.autocar.co.uk/car-news/motor-shows-frankfurt-motor-show/audi-q6-e-tron-quattro-confirmed-production> [besøkt: 10.10.2016], s.l.: Autocar.
- SK Innovation, 2015. *SK Innovation Chosen as Battery Cell Supplier for Mercedes-Benz*, http://eng.skinnovation.com/pr/press_02.asp?idx=426 [besøkt: 06.10.2016], s.l.: SK Innovation.
- Skatteetaten, 2016. *Årsavgift*, <http://www.skatteetaten.no/no/Tabeller-og-satser/arsavgift/>, s.l.: skatteetaten.
- Smart, 2016. *Smart*, <https://www.smart.com/content/dam/smart/NO/pdf/download-center/smart-engelsk-brosjyre-smart-el.pdf> [besøkt: 11.10.2016], s.l.: Smart.
- SSB, 2016. *Kjørelengder, 2015*, <https://www.ssb.no/transport-og-reiseliv/statistikker/klreg/aar/2016-04-22> [besøkt: 11.10.2016], s.l.: Statistisk Sentralbyrå.
- SSB, 2016. *Registrerte kjøretøy 2015*, <http://ssb.no/transport-og-reiseliv/statistikker/bilreg/aar/> [besøkt: 25.03.2016], s.l.: Statistisk Sentralbyrå.
- Statens Vegvesen, 2015. *Konsekvensanalyser - Håndbok V712 v1.1*, s.l.: Statens Vegvesen.
- Steitz, C., 2016. *Daimler says batteries have edge over fuel cells: Euro am Sonntag*, <http://www.reuters.com/article/us-daimler-ceo-batteries-idUSKCN0VTOK0> [besøkt: 06.10.2016], s.l.: Reuters.

- Sæter, E., 2016. *Hybridpopulisme*, <http://www.dn.no/privat/2016/02/23/2143/Biltest/hybridpopulisme> [besøkt: 10.10.2016], s.l.: Dagens Næringsliv.
- Taylor, M., 2016. *Everything we know about Colkswagen's next Golf*, <http://www.autoblog.com/2016/02/05/volkswagen-golf-eighth-generation-information/> [besøkt: 10.10.2016], s.l.: Autoblog.
- Technology Quarterly, 2015. *New Materials for Manufacturing*, <http://www.economist.com/technology-quarterly/2015-12-05/new-materials-for-manufacturing?fsrc=scn/tw/te/bl/ed/technologyquarterly>, [besøkt: 06.10.2016], s.l.: The Economist.
- Tesla, 2015. *Tesla Gigafactory*, <https://www.tesla.com/gigafactory> [besøkt: 07.10.2016], s.l.: Tesla.
- Toyota, 2015. *Challenge 2050 [presentasjon]*, http://www.toyota-global.com/sustainability/environment/challenge2050/6challenges/pdf/presentation_1e.pdf [besøkt: 10.10.2016], s.l.: Toyota.
- Transnova, 2014. *Nasjonal strategi og finansieringsplan for infrastruktur for elbiler*, s.l.: Transnova.
- TØI, 2016. *Lærdommer fra brukere av elbiler og ladbare hybridbiler - Resultater fra en spørreundersøkelse blant bileiere [Rapport 1492/2016]*, s.l.: Transportøkonomisk institutt.
- US Department of Energy, 2016. *Compare Side-by-side*, <http://www.fueleconomy.gov/feg/Find.do?action=sbs&id=36980> [besøkt: 11.10.2016], s.l.: US Department of Energy .
- US Department of Energy, 2016. *Fuel Economy Guide*, <https://www.fueleconomy.gov/feg/pdfs/guides/FEG2015.pdf> [besøkt: 11.10.2016], s.l.: US Department of Energy.
- Valle, M., 2016. *Derfor får elbilen kortere rekkevidde om vinteren*, <http://www.tu.no/artikler/derfor-far-elbilen-kortere-rekkevidde-om-vinteren/276419> [besøkt: 11.10.2018], s.l.: Teknisk Ukeblad.
- Valle, M., 2016. *Du har kanskje ikke hørt om verdens største elbilprodusent*, <http://www.tu.no/artikler/du-har-kanskje-ikke-hort-om-verdens-storste-elbilprodusent/345926> [besøkt: 04.04.2016], s.l.: Teknisk Ukeblad.
- Vista Analyse, 2015. *Kostnads- og salgsutvikling: Elbiler kontra bensin/dieselbil, rapport nr. 11*, s.l.: Vista Analyse.
- Voelcker, J., 2016. *Hyundai to launch all-electric SUV in 2018 with 200-mile range*, http://www.greencarreports.com/news/1103612_hyundai-to-launch-all-electric-suv-in-2018-with-200-mile-range [besøkt: 12.05.2016], s.l.: Green Car Reports.
- Volkswagen, 2015. *Prof. Dr. Martin Winterkorn: "The reinvention of Volkswagen"*, http://www.volkswagenag.com/content/vwcorp/info_center/en/news/2015/09/The_reinvention_of_Volkswagen.html [besøkt: 06.10.2016], s.l.: Volkswagen.
- Volkswagen, 2016. *e-Up*, http://www.volkswagen.no/content/medialib/vwd4/no/pdf/diverse/e-mobilitet/_jcr_content/renditions/rendition.file/e-mobilitet.pdf [besøkt: 11.10.2016], s.l.: Volkswagen.
- Volkswagen, 2016. *New Group strategy adopted: Volkswagen Group to become a world-leading provider of sustainable mobility*, http://www.volkswagenag.com/content/vwcorp/info_center/en/news/2016/06/2025.html [besøkt: 27.06.2016], s.l.: Volkswagen.
- Volkswagen, 2016. *Volkswage E-Up borsjyre*, <http://www.volkswagen.no/content/medialib/vwd4/no/pdf/technical-data/e->

[golf/_jcr_content/renditions/rendition.file/e-golf_td_november_2015.pdf](#) [besøkt: 11.10.2016], s.l.: Volkswagen.

Volvo, 2016. *Volvo Cars announces new target of 1 million electrified cars sold by 2025*, <https://www.media.volvocars.com/global/en-gb/media/pressreleases/189874/volvo-vars-announces-new-target-of-1-million-electrified-cars-sold-by-2025> [lest: 30.06.2016], s.l.: Volvo Car Group.

Westbrook, J. T., 2016. *Audi is Planning Its Electric Lineup for 2018: Report*, <http://jalopnik.com/audi-is-planning-its-electric-lineup-for-2018-report-1760913493> [besøkt: 10.10.16], s.l.: Jalopnik.

WHO, 2015. *News release 26 May 2015*, <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2015/wha-26-may-2015/en/> , s.l.: WHO.

WHO, 2016. *Ambient (outdoor) air quality and health*, <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/> [besøkt: 07.10.2016], s.l.: World Health Organisation.

Ziegler, C., 2015. *Here's the RapidE, Aston Martin's extravagant electric sedan of the future*, <http://www.theverge.com/2015/10/21/9587218/aston-martin-rapide-electric-sedan> [besøkt: 10.10.2016], s.l.: The Verge.

Miljødirektoratet

Telefon: 03400/73 58 05 00 | **Faks:** 73 58 05 01

E-post: post@miljodir.no

Nett: www.miljødirektoratet.no

Post: Postboks 5672 Sluppen, 7485 Trondheim

Besøksadresse Trondheim: Brattørkaia 15, 7010 Trondheim

Besøksadresse Oslo: Grensesvingen 7, 0661 Oslo

Miljødirektoratet jobber for et rent og rikt miljø. Våre hovedoppgaver er å redusere klimagassutslipp, forvalte norsk natur og hindre forurensning.

Vi er et statlig forvaltningsorgan underlagt Klima- og miljødepartementet og har mer enn 700 ansatte ved våre to kontorer i Trondheim og Oslo, og ved Statens naturoppsyn (SNO) sine mer enn 60 lokalkontor.

Vi gjennomfører og gir råd om utvikling av klima- og miljøpolitikken. Vi er faglig uavhengig. Det innebærer at vi opptre selvstendig i enkeltsaker vi avgjør, når vi formidler kunnskap eller gir råd. Samtidig er vi underlagt politisk styring. Våre viktigste funksjoner er at vi skaffer og formidler miljøinformasjon, utøver og iverksetter forvaltningsmyndighet, styrer og veileder regionalt og kommunalt nivå, gir faglige råd og deltar i internasjonalt miljøarbeid.