

2012

VINDOPTIMERET OPLADNING AF ELBILER

Vindenergi Danmark

Hvordan kan elbilers opladning effektivisere udnyttelsen af vindkraft til fælles gavn for elbilejernes kørselsøkonomi, vindkraftproducenternes driftsøkonomi samt samfundsøkonomien generelt?

Af Jørgen Horstmann
og Frank Nørgaard
April 2012



0 SAMMENFATNING

Danmarks energiforsyning skal i de kommende år omstilles til nye klima- og energipolitiske målsætninger om lavere CO₂-udledning, øget anvendelse af vedvarende energi og udfasning af fossile brændsler. Et af virkemidlerne består i at fordoble vindkraftandelen til 50 pct. af elforsyningen i 2020. Et andet består i at udbrede elbiler til erstatning for benzin- og dieselbiler.

I nærværende rapport undersøges, hvordan en målrettet tidsstyring af elbilers opladning kan effektivisere udnyttelsen af vindkraft til gavn for elbilejernes kørselsøkonomi, vindkraftproducenteres driftsøkonomi og samfundsøkonomien.

Vindkraftens negative prisprofil

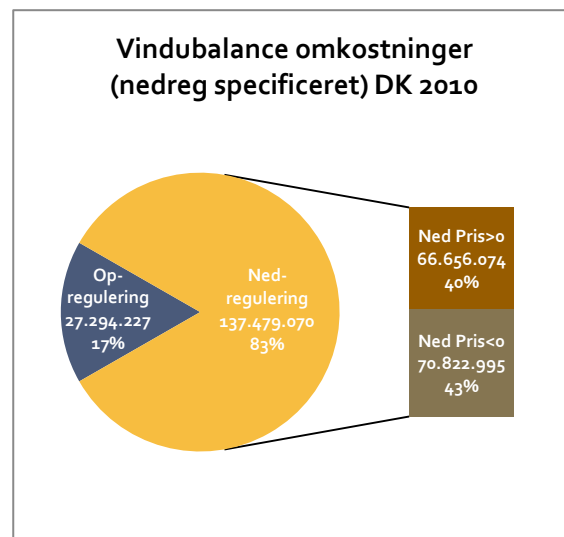
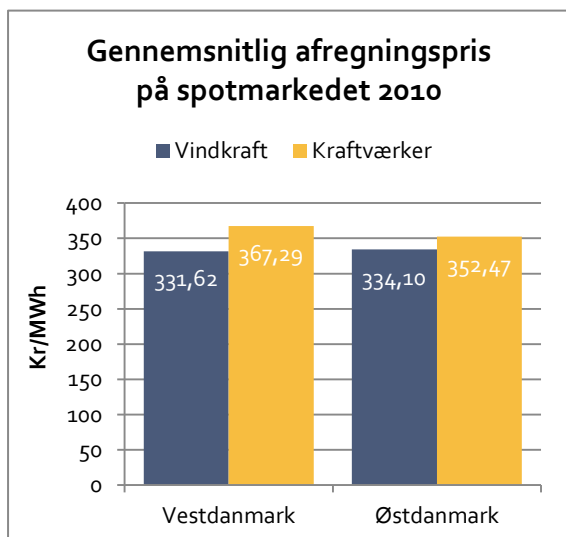
Spotmarkedsprisen for el fastsættes for hver time som resultat af produktionsudbud og forbrug. Man taler i dag om vindkraftens negative prisprofil, som udtrykker, at vindmøllerne i gennemsnit opnår lavere markedspriser end de producenter, der er i stand til at regulere produktionen op og ned i takt med efterspørgslen og dermed priserne. På årsbasis var den gennemsnitlige pris for vindkraft i Vestdanmark ca. 10 % lavere end gennemsnittet for strøm fra kraftværkerne, svarende til en mindrepris på ca. 250 mio. kr.

I visse timer bliver spotprisen negativ, og det betyder, at vindkraftproducenterne må betale for at komme af med elproduktionen. I perioden fra oktober 2009 til marts 2011 var der i alt 45 timer med nul/negative spotpriser, og vindkraftproducenterne måtte betale ca. 10 mio. kr. for at afsætte godt 60.000 MWh.

Det svarer til *ca. 25.000 elbilers årsforbrug*. Hertil kommer en ikke opgjort mistet elproduktion, fordi møller blev standset for at undgå overproduktion.

Næsten hver time året rundt afviger vindproduktionen fra de prognoser, der ligger til grund for at afgive salgsbud på spotmarkedet. I ca. 40 % af tiden afholder vindkraftproducenterne balanceomkostninger. I 2010 betalte de ca. 165 mio. kr., hvoraf ca. 85 % til nedregulering, fordi produktionen var større end forventet, og godt 15 % til opregulering.

I 2010 havde vindkraftproducenterne 327 timer med nul eller negative nedreguleringspriser. Det kostede ca. 71 mio. kr. at få afsat en merproduktion på godt 107.000 MWh, svarende til *ca. 50.000 elbilers årsforbrug*. Hertil kommer, at vindkraftproducenter i perioder blev pålagt at standse produktionen mod betaling af planlagt produktion.



Samlet set *betalte* vindproducenterne i 2010 for at afsætte en elproduktion, der svarer til ca. 75.000 elbilers årsforbrug. Med regeringens målsætning om en hurtig udbygning af elproduktionen fra vindmøller til 50 % af forbruget i 2020 vil den mængde el, vindkraftproducenterne skal betale for at få afsat, kunne blive væsentlig større. Et fleksibelt elforbrug fra elbiler, der i videst muligt omfang kan tilpasses variationen i vindmøllernes produktion, vil kunne blive helt centralt for elsystemet.

Elbiler som fleksibelt elforbrug

I analyserne af elbiler som fleksibelt elforbrug forudsættes elbilen at have et kørselsmønster som gennemsnittet af danske personbiler svarende til ca. 17.000 km om året, eller ca. 46 km om dagen. Det gennemsnitligt daglige opladningsbehov afhænger af elbilens energiforbrug målt i kWh/km. Selv om den enkelte bil i praksis vil have et varierende køremønster, vil et større antal elbiler set fra elnettets side samlet set opføre sig tæt på gennemsnittet.

Som udgangspunkt for analyserne anvendes data for i alt 5 forskellige elbiler. 3 elbiler: Mitsubishi iMiEV, Nissan Leaf og Tesla Roadster findes allerede på markedet i Danmark. Tesla S forventes introduceret i løbet af 2012.

Der er endvidere gennemført beregninger for en avanceret elbil – EV 2010 – som tidligere er

beskrevet i en rapport fra Miljøstyrelsen om "Perspektiver for elbiler i Danmark", Orientering 1 fra Miljøstyrelsen, 1997.

Der er tale om en elbil, der ud fra realistiske forventninger om den teknologiske udvikling frem til 2010 om energieffektivitet og batteriteknologi blev vurderet som en optimal elbil ud fra en samlet vurdering af energiforbrug pr. km, batterikapacitet og omkostninger.

Elbilens rækkevidde i forhold til det daglige kørselsbehov er den helt afgørende faktor for mulighederne for fleksibel opladning. En lang rækkevidde opnås gennem en kombination af et lavt specifikt energiforbrug og en stor batterikapacitet.

Opladningsstrategier

Den forudsatte hurtige udbygning af vindkapaciteten i Danmark må alt andet lige forventes at forstærke vindkraftens negative prisprofil og øge balanceomkostningerne. Elbiler kan derfor blive et meget interessant fleksibelt elforbrug, fordi opladningen fra elnettet sker afkoblet fra selve brugen af elbilen.

Da personbiler i gennemsnit anvendes under 1 time om dagen, er der derfor en betydelig fleksibilitet i valg af opladningsperiode. I rapporten er analyseret og sammenlignet 3 forskellige opladningsstrategier.

ELBIL SPECIFIKATIONER TIL SIMULERING AF VINDOPTIMERET OPLADNING

Reference elbil	Svarer til Elbil model	Batteri vol kWh	Elforbrug Wh/km	Elforbrug Km/kWh	Rækkevidde Km/opl
Elbil 16/130	Mitsubishi iMiEV	16	130	7,7	123
Elbil 24/160	Nissan Leaf	24	160	6,3	150
Elbil 25/100	EV 2010	25	100	10	250
Elbil 53/180	Tesla Roadster	53	180	5,6	294
Elbil 90/186	Tesla S 2012	90	186	5,4	483

IKKE-STYRET OPLADNING

Erfaringer viser, at de fleste elbilbrugere i dag sætter bilen til opladning, når de kommer hjem om eftermiddagen efter arbejde, og lader den fuldt op i løbet af aftenen og natten.

Denne fremgangsmåde er den enkleste og afspejler, at forbrugeren med ens elpriser i alle døgnets timer ikke har noget incitament til at understøtte elsystemet med et mere fleksibelt forbrug. Afregningen kan ske med eksisterende elmålere, og for den enkelte elbilejer er prisen blot proportional med elbilens forbrug.

IKKE-STYRET OPLADNING kan med et større antal elbiler betyde behov for øget kraftværkskapacitet og behov for dyre forstærkninger af især eldistributionsnettet. Det supplerende elforbrug til elbilerne vil som hovedregel blive produceret på kulkraftværker og elbilerne vil kun i uvæsentligt omfang kunne bidrage til at forbedre vindkraftens negative prisprofil.

INTELLIGENT OPLADNING

Ved INTELLIGENT OPLADNING forstås en strategi, hvor forbruget afregnes til en variabel tarif på basis af elpriserne på spotmarkedet, og opladningen udskydes til den eller de timer i rådighedsperioden, hvor spotprisen er lavest. Opladningen sker hver dag, indtil batteriet er fuldt opladet.

INTELLIGENT OPLADNING i spotmarkedet forudsætter timeaflyste forbrugsmålere og vil være relativt enkelt at realisere. Spotpriserne for de enkelte timer i det kommende døgn fastsættes på spotmarkedet kl. 12.00 dagen før og er tilgængelig for alle. Elbilejeren kan principielt styre opladningen med en timer, og der kan udvikles enkle automatiske løsninger.

Beregninger baseret på timepriserne i Vestdanmark i 2010 viser, at der målt på grossistprisen på spotmarkedet kan spares ca. 40 % af

eludgifterne sammenlignet med IKKE-STYRET OPLADNING. Inklusiv afgifter med den nuværende afgiftsstruktur er forskellen imidlertid kun ca. 10 % og vil næppe udgøre tilstrækkeligt incitament for den enkelte elbilejer.

Lave elpriser forekommer typisk, når forbruget er lavt og andelen af el fra vindmøller er høj, og INTELLIGENT OPLADNING vil dermed kunne bidrage til at forbedre vindkraftens negative prisprofil.

Med INTELLIGENT OPLADNING vil et betydeligt antal elbiler kunne oplades, uden at der bliver behov for at øge kraftværkskapaciteten ligesom det som regel ikke vil blive nødvendigt at udbygge det lokale distributionsnet.

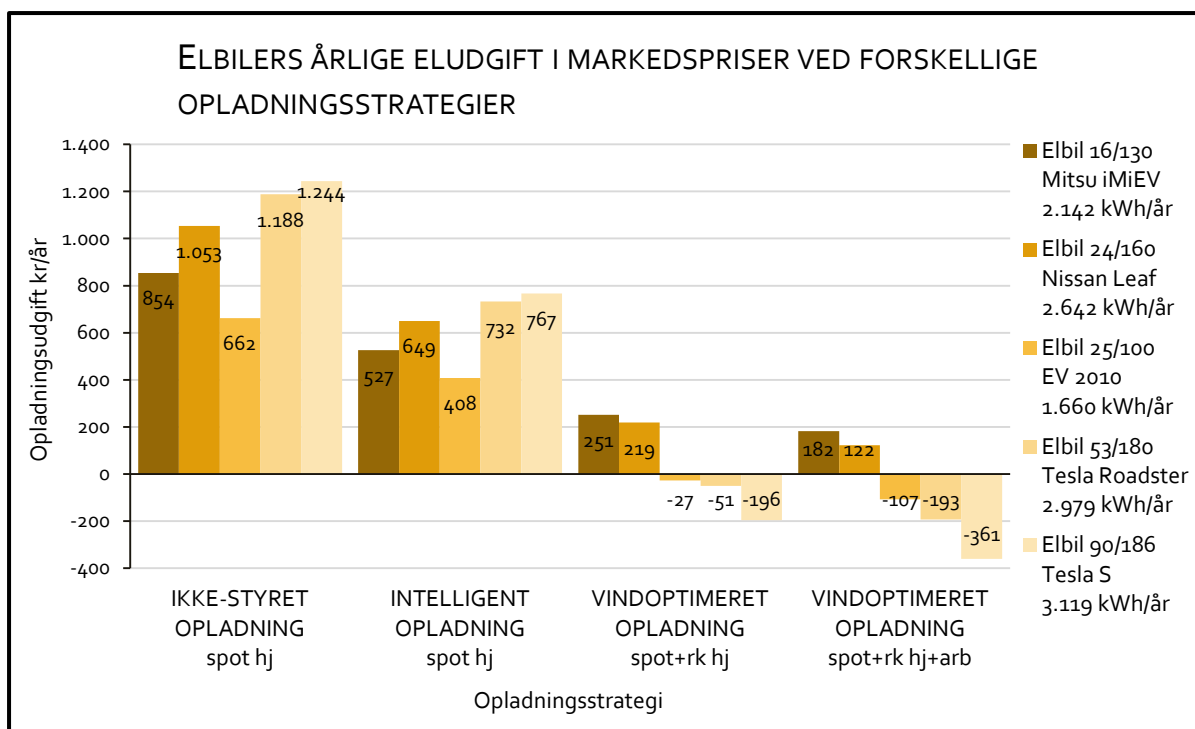
VINDOPTIMERET OPLADNING

VINDOPTIMERET OPLADNING er i denne rapport udviklet som en opladningsstrategi, hvor den nødvendige opladning til næste dags kørsel sker i spotmarkedet til de lavest mulige timepriser. Herudover oplades elbilens overskydende batterikapacitet på regulerkraftmarkedet, men kun hvis prisen er under en fastsat værdi, f.eks. nul eller negativ.

Disse lave priser optræder typisk i situationer, hvor vindproduktionen er høj og ikke kan afsættes til indenlandsk forbrug eller eksporteres som følge af begrænsninger i transmissionskapaciteten.

I disse situationer vil der som oftest ske et stop for en del af vindproduktionen, og opladningen vil i vidt omfang kunne ske med vindmøllestrøm, der ellers ville gå tabt.

Elbilers opladning i regulerkraftmarkedet vil udover timeaflyste forbrugsmålere kræve ændringer i de nuværende markedsregler samt investeringer i ny kommunikations- og styringsteknik.



Analyserne viser, at VINDOPTIMERET OPLADNING af elbiler har en række fordele. Eludgiften til opladning bliver for alle biltyper markant lavere end ved IKKE-STYRET og INTELLIGENT OPLADNING.

Fordele opnås primært, fordi opladningsstrategien udnytter de store prisvariationer for el på regulerkraftmarkedet og primært oplader, når priserne er lave, f.eks. negative.

Fordele ved VINDOPTIMERET OPLADNING kan især udnyttes af elbiler, der har en lang rækkevidde i forhold til det daglige kørselsbehov. Analyserne viser, at jo længere elbilens rækkevidde er, jo større del af opladningen kan ske på regulerkraftmarkedet til nul eller negative priser.

For elbilerne med en rækkevidde på 250 km eller mere viser beregningerne, at det i praksis bliver muligt at oplade elbilen til en samlet årlig pris, der er eksklusiv afgifter bliver negativ, dvs. bliver en indtægt for elbilejeren. Dette afspejler, at elbilen primært oplades med strøm fra vindmøller med negativ markedsværdi, der ofte ellers ville gå tabt.

To eksempler med forskellige elbiler illustrerer disse forhold. En Tesla S, der er udstyret med en stor batteripakke, kan oplades til at dække 10 dages kørsel. Det gør den så fleksibel, at den effektivt kan udnytte de relativt hyppige perioder, hvor prisen på regulerkraft falder til under nul kroner.

VINDOPTIMERET OPLADNING af en Tesla S placerer næsten 80 pct. af opladningen i regulerkraftmarkedet, og de gennemførte simuleringer viser, at det årlige elforbrug i markedspriser bliver til en indtægt på 361 kr.

En Mitsubishi iMiEV, der er udstyret med en lille batteripakke, er mindre forbrugsfleksibel, og det gør den relativt dyrere at oplade til samme kørselsbehov. I VINDOPTIMERET OPLADNING af en Mitsubishi iMiEV placerer simuleringen ca. 20 pct. af opladningen på regulerkraftmarkedet. Den beregnede udgift til elkøb bliver på årsbasis 182 kr.

Det er interessant, at Mitsubishi iMiEV har den største udgift til elkøb, selv om Tesla S har et energiforbrug på årsbasis, der er næsten 50 % højere ved det samme kørselsbehov.

De lave og - for elbiler med lang rækkevidde – negative samlede udgifter på årsbasis til elkøb er udtryk for, at elbilerne primært oplades el fra vindmøller og i vid udstrækning med vindmøllestrøm, som ikke kan udnyttes i elsystemet og derfor afregnes til en negativ markedsværdi.

Omkostningerne i tilknytning til de negative priser for vindmøllestrøm betales i dag af vindmøllejerne. Samlet set betalte vindkraftproducenterne i 2010 for en overflødig elproduktion, der svarer til ca. 75.000 elbilers årsforbrug. Med regeringens målsætning om en fordobling af elproduktionen fra vindmøller frem til 2020 vil den elmængde, som vindkraftproducenterne skal betale for at få afsat, kunne blive væsentlig større. Det er ikke urealistisk, at den vil overstige samtlige elbilers årsforbrug i 2020.

Et fleksibelt elforbrug fra elbiler, der med avancerede opladningsstrategier i videst omfang tilpasses variationen i vindmøllernes produktion, vil være et centralt element i det fremtidige elsystem.

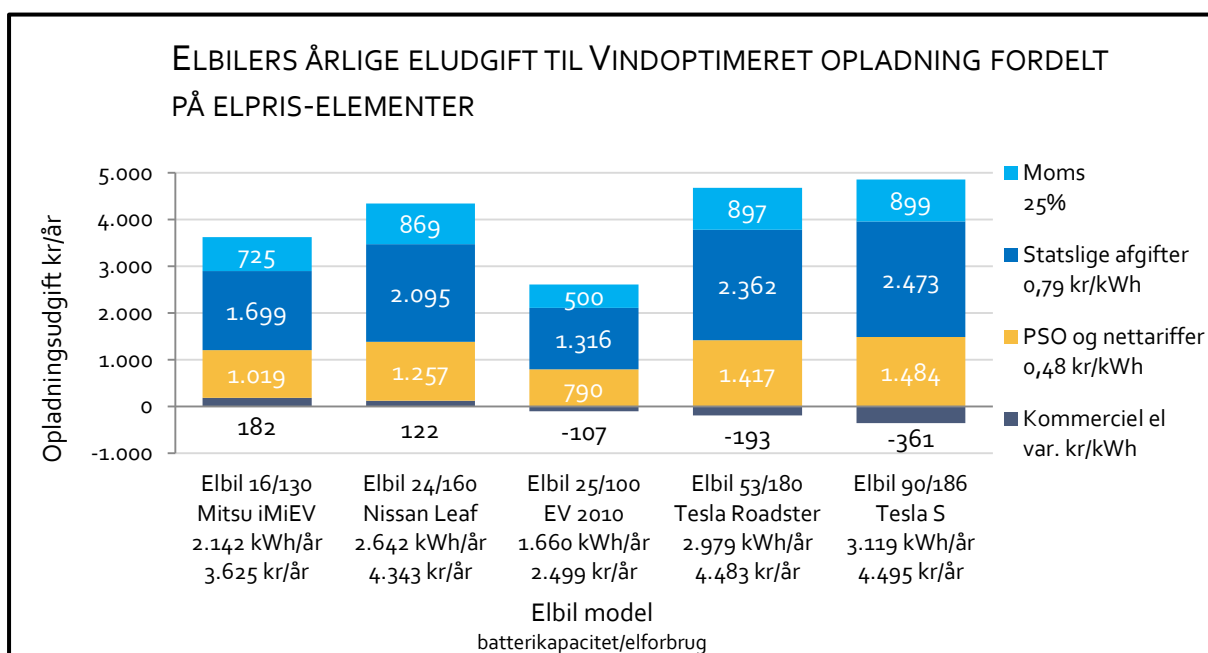
Samlet set vil en avanceret elbil kunne erstatte en konventionel bil med et årligt forbrug på ca.

1000 l benzin og med et CO₂-udslip på ca. 2,4 ton. Benyttes primært vindoptimeret opladning, vil dette kunne forhindre at strømmen går tabt, når møllerne stoppes.

Tariffer og afgifter

En elbiler vil med de rammevilkår, der i dag gælder for elforsyning, skulle betale det samme for nettransport, offentlig forpligtelse (PSO) og statslige afgifter, uanset hvilken opladningsstrategi der benyttes. Eftersom disse priselementer udgør over tre fjerdedele af den forbrugerspris, som elbileren betaler, fremmer denne prisstruktur ikke udbredelsen af avancerede opladningsstrategier som VINDOPTIMERET OPLADNING.

Beregninger af den årlige eludgift til vindoptimeret opladning af de analyserede elbiler viser, at udgiften til markedsel er helt ubetydelig i forhold til afgifterne, der direkte følger elforbruget. De årlige udgifter for den enkelte elbil bestemmes primært af elbilens energieffektivitet. Der er ikke noget væsentligt incitament til at udvikle de avancerede opladningsstrategier, som vil blive helt afgørende for udnyttelsen af vindkraften i elsystemet selv om engrosmarkedspriserne i fremtiden slår igennem overfor forbrugerne.



På denne baggrund er der beregnet et eksempel, der belyser effekten af en dynamisk betaling, hvor tariffer, der inkluderer netomkostninger, PSO og transmissionsomkostninger, samt statslige afgifter og moms beregnes som en fast procentvis andel af elmarkedsprisen på engrosmarkedet. Procentsatsen er fastsat således, at det samlede provenu for elforbruget i Vestdanmark i 2010 bliver det samme, som med den nuværende tarif- og afgiftsstruktur. Ved negative elpriser beregnes ikke betaling.

Figurerne viser opladningsudgifter for den avancerede elbil EV 2010 for de tre opladningsstrategier med de nuværende tariffer og afgifter og med dynamiske tariffer og afgifter.

Som figurerne viser, betyder den skitserede dynamiske betaling for tariffer og afgifter:

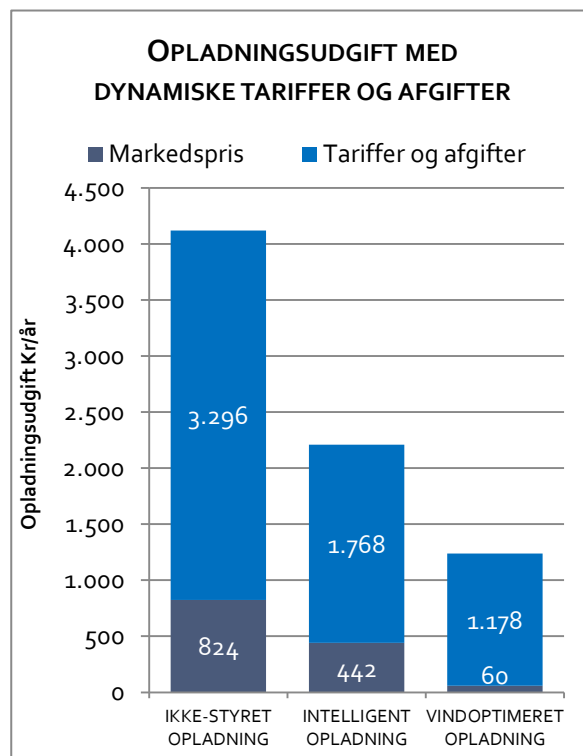
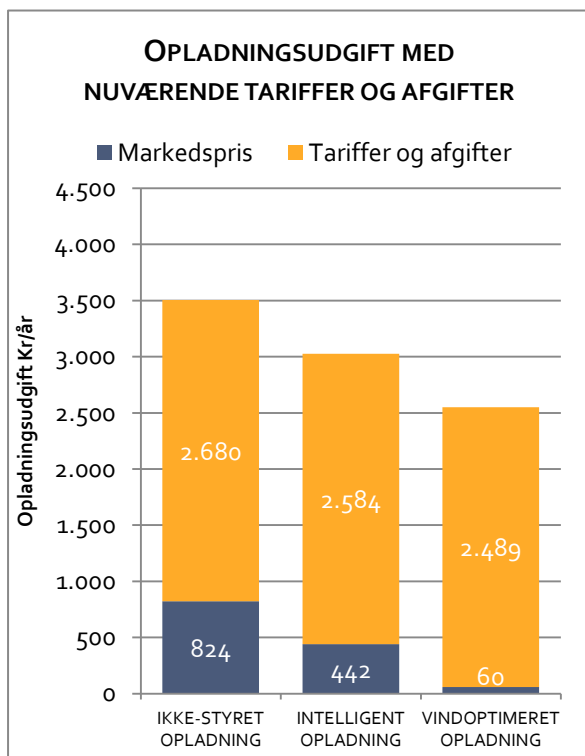
- en *mindre* stigning i udgifterne ved IKKE-STYRET OPLADNING
- en *mærkbar* reduktion af udgifterne ved INTELLIGENT OPLADNING
- en *væsentlig* reduktion af udgifterne ved VINDOPTIMERET OPLADNING

De analyserede dynamiske tariffer og afgifter afspejler på en hensigtsmæssig måde de samfundsøkonomiske fordele ved de undersøgte opladningsstrategier og vil kunne være et aktivt incitament til fremme af et optimalt samspil mellem elbilers opladning og indpasning af en høj vindkraft andel i elsystemet.

Anbefalinger

For at muliggøre og skabe incitament til at udvikle avancerede opladningssystemer til fremme af et optimalt samspil mellem elbilers opladning og indpasning af en høj andel af el fra vindmøller i elsystemet anbefales, at:

- alle elmålere skal fremover være time-aflæste
- alle forbrugere skal kunne spotafregnes uden meromkostninger
- der indføres dynamiske tariffer og afgifter, der skaber incitament til i højere grad at forbruge i de timer, hvor markedsprisen er lav
- der åbnes for lettere adgang for elbiler til at deltage i regulerkraftmarkedet



INDHOLDSFORTEGNELSE

0	SAMMENFATNING	I
1	INDLEDNING	1
1.1	Baggrund.....	2
1.2	Problemformulering	2
1.3	Disposition	4
2	VINDKRAFTENS EFFEKTIVISERINGSPOTENTIALE	5
2.1	Negativ prisprofil	6
2.2	Nul/negative spotpriser	7
2.3	Balanceomkostninger.....	8
2.4	Elbiler på vindkraft i fremtiden	10
3	ELBILERS FORBRUGSFLEKSIBILITET	11
3.1	Kørselsbehov	12
3.2	Rådighedsperiode og ladelokation	12
3.3	Batterikapacitet, energiforbrug og rækkevidde	13
3.4	Fuld daglig opladning eller turafmålt opladning	14
3.5	Opladningshastighed og ladepunkt kapacitet	14
3.6	Envejs eller tovejs ladning.....	15
4	ANALYSE AF OPLADNINGSTRATEGIER.....	16
4.1	Udvikling af tre opladningsstrategier.....	18
4.2	De fem test-elbiler	22
4.3	Simulering af opladningsudgift.....	23
5	EVALUERING AF RAMMEBETINGELSER	28
5.1	Elprisen: Tariffer og afgifter.....	29
5.2	Elmarkedet: Markedsadgang og omkostninger	32
5.3	Elmåleren: Dataadgang og omkostninger	34
5.4	Elbilen: IKT-adgang og omkostninger.....	35
6	KONKLUSIONER OG ANBEFALINGER	37
	LITTERATURFORTEGNELSE	A

1 INDLEDNING

Danmarks energiforsyning skal i de kommende år omstilles til at opfylde klima- og energipolitiske målsætninger om lavere CO₂-udledningen, øget anvendelse af vedvarende energi og udfasning af fossile brændsler. Et af virkemidlerne bliver at fordoble vindkraftandelen til 50 pct. af elforsyningen i 2020. Et andet består i at udbrede elbiler, der kan erstatte benzin- og dieselmotorer.

Vindudbygningen forudsætter, at der fra samfundets side investeres massivt i ny infrastruktur til at håndtere den stigende mængde fluktuerende produktion. Planen er at finansiere investeringerne ved at hæve de PSO- og nettariffer, der indgår i forbrugerelprisen, og som elkunderne betaler over elregningen.

En målrettet tidsstyring af mange elbilers opladning i forhold til vindproduktionens fluktuerende natur vil kunne reducere behovet for investeringer i ny infrastruktur og dermed begrænse stigningerne i forbrugerelprisen.

Den samfundsøkonomiske styrke ved netop denne løsning er, at det bliver elbilejerne, der påtager sig investeringen, når de køber en elbil. Tidsstyret opladning i forhold til vindproduktionen er så at sige en "genbrugs-løsning", som går ud på at udnytte den del af elbilens kapacitet, ejeren ikke anvender til kørsel, til at effektivisere udnyttelsen af vind-

kraft og åbne rum for en omkostningseffektiv yderligere udbygning.

Danmark har allerede i dag verdensrekord i indpasning af vindkraft med en andel på ca. 20 pct. af forbruget. Bagsiden af medaljen er, at den høje vindandel medvirker til, at en del af produktionen i perioder udnyttes relativt ineffektivt, hvilket kommer til udtryk ved, at elprisen falder til et lavt niveau og indimellem også bliver negativ. Det belaster selvsagt vindproducenternes driftsøkonomi, og ikke mindst når de må betale for at afsætte produktionen eller alternativt slukke for vindmøller.

En målrettet tidsstyring af mange elbilers opladning, så den primært gennemføres i de perioder, hvor vindkraftandelen er højest, og hvor vindkraftproducenterne opnår de laveste priser for deres produktion, eller ligefrem må betale for at få den afsat, vil i teorien kunne effektivisere udnyttelsen af vindkraft, øge vindkraftens markedsværdi og dermed forbedre vindkraftproducenternes driftsøkonomi.

Fordelene for elbilejerne vil bestå i, at de får opladet deres elbiler med billig, CO₂-fri vindkraft. Fordelen for vindmølleejerne vil bestå i, at de får marginalt bedre afregningspriser for deres produktion som følge af elbilernes efterspørgsel i de timer, hvor produktionen er højest, og prisen presses mest.

Formålet med nærværende rapport er at undersøge, hvordan en målrettet tidsstyring af elbilers opladning kan effektivisere udnyttelsen af vindkraft til fælles gavn for elbilejernes kørselsøkonomi, vindkraftproducenternes driftsøkonomi og samfundsøkonomien

1.1 BAGGRUND

Rapporten er udarbejdet af konsulenterne Jørgen Horstmann og Frank Nørgaard for Vindenergi Danmark som projekter og med finansieringstilskud fra Energistyrelsens forsøgsordning for elbiler.

Vindenergi Danmark er et uafhængigt el-handelsselskab, som varetager vindmølle-ejernes økonomiske interesser i elmarkedet. Selskabet forvalter en portefølje på 2.943 danske vindmøller med en samlet installeret effekt på 1.915 MW. Årsproduktionen er 3,8 TWh, eller hvad der svarer til knap 10 procent

af det danske elforbrug. Vindmøllernes elproduktion sælges dels på den nordiske elbørs Nord Pool dels som certificeret grøn strøm til forbrugere i Danmark og i det øvrige Europa.

Vindkraft er en ren energikilde, der ikke bidrager til den globale opvarmning. Samtidig er vindkraft i Danmark på markedsvilkår, hvilket betyder, at den skal konkurrere med f.eks. kulkraft. Vindenergi Danmark arbejder for at forbedre konkurrencevilkårene for vindkraften og skaffe den højest mulige afregning til vindkraftproducenterne.

1.2 PROBLEMFORMULERING

Projektet har til formål at udvikle en strategi for tidsstyret opladning af elbiler i et elsystem med høj andel vindkraft. VINDOPTIMERET OPLADNING, som opladningsstrategien kaldes, skal sigte mod at opfylde tre målkriterier. VINDOPTIMERET OPLADNING skal:

1. minimere elbilens opladningsudgift
2. øge vindkraftens markedsværdi
3. effektivisere udnyttelsen af elsystemet, herunder skabe rum for en omkostnings-effektiv udbygning med vindkraft og en omkostningseffektiv udbredelse af elbiler

Med elbilens opladningsudgift menes den samlede markedspris for indkøb af elforbrug til opladning på elmarkedet. Målet med VINDOPTIMERET OPLADNING er desuden at maksimere forbrugets vindandel, så elbilen primært drives med vindkraft.

Det forudsættes, at minimeringen af opladningsudgiften samtidig maksimerer vindkraftandelen. Dvs., at de laveste elpriser på elmarkedet i høj grad korrelerer med høj vindkraft-

andel, hvilket til dels også er tilfældet ikke mindst i det vstdanske elsystem.

Det gælder i høj grad i de perioder om natten, hvor elbilen typisk er til rådighed for opladning, og i de timer, hvor prisen er lavest for nedregulering på regulerkraftmarkedet.

Med vindkraftens markedsværdi menes den samlede gennemsnitlige afregningspris for den samlede vindproduktion på de markedspladser, hvor vindkraften afsættes, dvs. spot- og regulerkraftmarkedet for nedregulering.

Analysen omfatter tre centrale spørgsmål:

1. Hvad koster det at oplade en elbil til et typisk kørselsbehov, når der benyttes VINDOPTIMERET OPLADNING?
2. Hvor meget kan elbilejeren spare ved at benytte VINDOPTIMERET OPLADNING i stedet for IKKE-STYRET og INTELLIGENT OPLADNING?
3. Gør det nogen forskel for opladningsudgiften og de øvrige gevinster, om elbilen er udstyret med et lille eller et stort batteri?

Spørgsmålene analyseres ved at simulere opladningen for en elbil med et typisk kørselsforbrug på basis af historiske elmarkedsdata for Vestdanmark. Vindandelen er højere end landsgennemsnittet i Vestdanmark, og det gør området velegnet som rollemodel for et fremtidigt elsystem for hele Danmark.

Forudsætningsdata for kørselsforbrug konstrueres ud fra data fra DTU Danmarks Transportvaneundersøgelse, og reference-elbilernes opladning konstrueres ud fra producenternes oplyste specifikationer.

VINDOPTIMERET OPLADNING består af en dynamisk optimeringsalgoritme, der tidsstyrer opladningen ud fra prissignaler og vinddata på de to markedspladser, spot- og regulerkraftmarkedet. Opladningen simuleres på elbilniveau, og beregningerne baseres på elmarkedspriser. Der ses bort fra, at mange elbilers tidsstyrte opladning vil kunne influere på markedernes prisdannelse.

Strategien omfatter desuden en beslutningslogik for markedsvalg og en budstrategi for aggregeret indkøb af vindkraft til opladning på de pågældende markedspladser, og den er

afstemt med gældende markedsregler, tilgængelige markedsdata mv.

Analysens anden del handler om, hvad det betyder for tilskyndelsen til at oplade med vindkraft, når opladningsudgiften beregnes på basis forbrugereprisen, dvs. elmarkedsprisen plus, nettatariffer og afgifter. På den baggrund stilles forslag til, hvordan de lovgivningsmæssige rammer med fordel kan tilpasses.

Rapporten analyserer primært, hvordan elbilers opladning til kørselsforbrug kan bidrage til at effektivisere udnyttelsen af vindkraft via de etablerede markedspladser, hvor der handles vindkraft. Dermed afgrænses blandt andet fra V2G, midlertidig energilagring og tovejsopladning, alternative markedsdesign, og elbilers deltagelse i markederne for systemydelser.

Rapporten vil som gennemgående tema udvikle og analysere tre alternative opladningsstrategier og simulere fem forskellige elbilers opladningsudgifter ved brug af de tre strategier. De tre opladningsstrategier er IKKE-STYRET OPLADNING, "almindelig" INTELLIGENT OPLADNING og VINDOPTIMERET OPLADNING, som er beskrevet i figur 1 nedenfor.

FIGUR 1

OPLADNINGSSTRATEGIER FORKLARET

IKKE-STYRET OPLADNING	Opladning påbegyndes hver dag straks efter endt arbejdsdag og fortsætter indtil batteriet er 100 pct. opladet. Strategien svarer til den opladningsadfærd, en elbilist kan forventes typisk at ville udøve, hvis elforbruget afregnes til enhedstarif. Opladningsudgiften svarer til elmarkedsprisen for den el, der forbruges til opladning, når elbilisten afregnes til enhedstarif. Alt opladning gennemføres i spotmarkedet, og elbilisten er passiv deltager i elmarkedet.
INTELLIGENT OPLADNING	Opladningen udskydes automatisk til den eller de timer i rådighedsperioden, hvor elmarkedsprisen på spotmarkedet er lavest. Elforsbruget afregnes til en variabel tarif på basis af spotprisen. Opladningen gennemføres hjemme og hver dag, indtil batteriet er 100 pct. genopladet. Opladningen aktiveres alene i spotmarkedet, og elbilisten er aktiv deltager.
VINDOPTIMERET OPLADNING (hj)	Opladning hjemme i timer med laveste priser på spot- og regulerkraftmarkedet. Oplades dagligt afmålt til næste dags kørsel i spotmarkedet, men kun hvis nødvendigt. Overskydende batterikapacitet oplades i regulerkraftmarkedet, men kun når prisen er nul eller negativ.
VINDOPTIMERET OPLADNING (hj+arb/envejs)	Som ovenfor, men hvor der oplades både hjemme og på arbejde.

1.3 DISPOSITION

Rapporten er opdelt i seks kapitler. Først forudsætningskapitlerne 2 og 3. Derefter strategid udvikling og analyse i kapitel 4. Evaluering af rammevilkår i kapitel 5 og til slut konklusioner og anbefalinger i kapitel 6.

I kapitel 2 om vindkraftens effektiviseringspotentiale analyseres de markedsmæssige forhold ved vindkraft, der gør, at produktionen i perioder udnyttes relativt ineffektivt. De tre forhold, der belaster vindkraftens driftsøkonomi i relation til, hvordan elbiler i givet fald vil kunne yde et bidrag, er vindkraftens negative prisprofil på spotmarkedet, nul/negative spotpriser og balanceomkostninger.

Kapitlet runder af med at vurdere betydningen for vindkraftens markedsværdi, når vindkraftandelen som planlagt udbygges til 50 pct. i 2020, samt en forklaring på, hvorfor elbiler både er en oplagt mulighed for at effektivisere vindkraft og en praktisk nødvendighed.

Hvor kapitel 2 handler om vindkraft som potentiel besparende ressource for elbilers opladning, handler kapitel 3 og de egenskaber ved elbiler, der gør dem til en potentiel effektiviserende ressource for vindkraft.

I kapitel 3 om elbilers forbrugsfleksibilitet be-

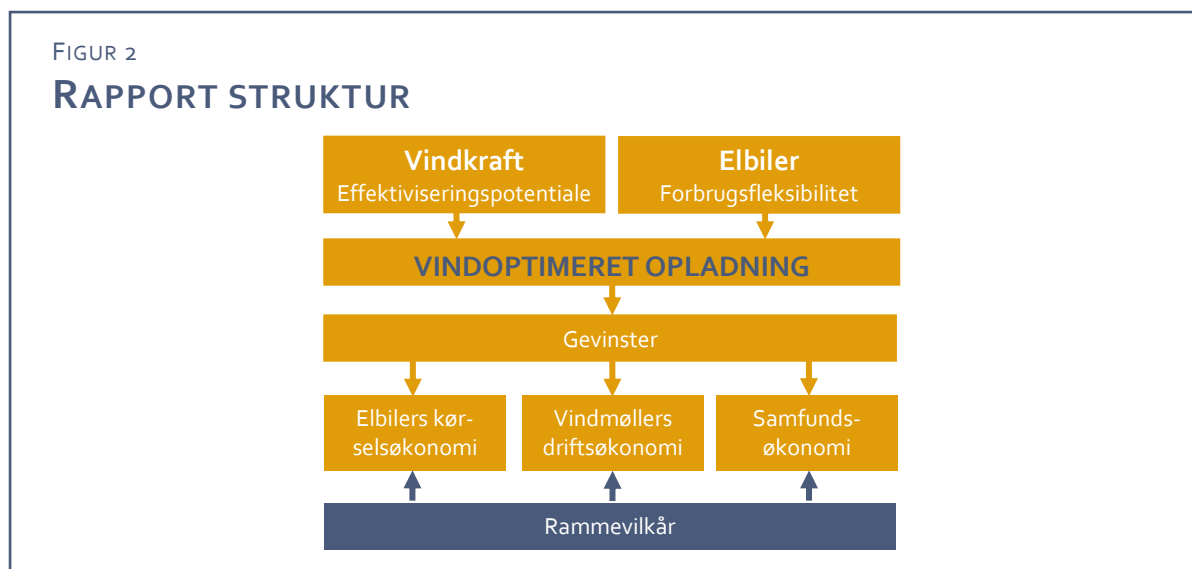
skrives de egenskaber ved elbiler og ved elbilejeres kørselsadfærd, der gør opladningens fleksible elforbrug særligt velegnet til at effektivisere udnyttelsen af vindkraft.

I kapitel 4 udvikles og analyseres opladningsstrategien VINDOPTIMERET OPLADNING samt de to referencestrategier, IKKE-STYRET OPLADNING og INTELLIGENT OPLADNING. Opladningsudgiften for fem elbiler med varierende rækkevidde simuleres. Kapitlets centrale spørgsmål er: Hvad koster det at oplade en elbil, når strategien VINDOPTIMERET OPLADNING anvendes, og hvor meget kan der spares sammenlignet med referencestrategierne IKKE-STYRET og INTELLIGENT OPLADNING? Med fokus på, hvordan de tre opladningsstrategier formår at aktivere opladning i regulerkraftmarkedet, hvor der på den ene side er de bedste muligheder for at opnå besparelser for elbilejeren, og på den anden side størst effektiviserende effekt på udnyttelsen af vindkraft.

I kapitel 5 evalueres rammebetingelser af relevans for VINDOPTIMERET OPLADNING.

I kapitel 6 opsummeres konklusioner, og der stilles forslag til ændringer i rammevilkår.

Rapportens opbygning er illustreret i figur 2.



2 VINDKRAFTENS EFFEKTIVISERINGSPOTENTIALE

I dette kapitel analyseres tre forhold, som i særlig grad påvirker vindproduktionens markedsværdi negativt: Vindkraftens negative prisprofil på spotmarkedet, nul/negative spotpriser og balanceomkostninger. Tre forhold, som elbilers opladning potentielt set vil kunne rette op på. Analysen skal danne basis for den strategi for VINDOPTIMERET OPLADNING, der udvikles i kommende kapitler. De første tre afsnit analyserer hvert af de tre forhold. I sidste afsnit beskrives, hvordan den planlagte vindudbygning må forventes at påvirke vindkraftens markedsværdi, og hvordan overskydende vindkraft, der ellers vil være en samfundsøkonomisk belastning, vil kunne drive alle elbiler i Danmark – i dag og i mange år frem. I samme afsnit forklares, hvordan en målrettet tidsstyring af mange elbilers opladning må forventes at kunne influere på markedsdannelsen for vindkraft.

Tidsstyret opladning vil potentielt set kunne effektivisere udnyttelsen af vindkraft og dermed trække i den modsatte retning på de tre forhold, der i dag presser vindkraftens værdi på markedet ned. Til gavn for producenternes driftsøkonomi, og det ville gøre dem mindre afhængige af produktions- og balancetilskud.

Disse subsidier finansieres med den PSO-tarif, der indgår som en del af forbrugerelprisen, og som alle elkunder betaler til via elregningen. Det samme gælder flere af de øvrige tariffer, der indgår i forbrugerelprisen. Dermed vil en tidsstyring af elbilernes opladning generelt kunne give lavere elpriser til fordel for alle forbrugere. Endelig vil tidsstyret opladning

kunne reducere flere af de øvrige tariffer, der indgår i forbrugerelprisen.

Transmissionstariffen og nettab, fordi opladningen indstilles til at aftage produktion, som det ellers ville være bekostelig og forbundet med store nettab at transportere til udlandet. Distributionstariffen, fordi opladningen primært gennemføres i perioder med lav forbrugslast og ledig kapacitet i distributionsnettene. Eller omvendt, fordi opladning i lavlastperioder erstatter opladning i spidslastperioder, hvor det ville kræve udbygninger af nettene. Forskellige opladningsstrategiers indflydelse på tariffer og afgifter analyseres nærmere i kapitel 5.



2.1 NEGATIV PRISPROFIL

Vindkraft opnår generelt en lavere gennemsnitlig afregningspriser på spotmarkedet end kraft- og kraftvarmeværkerne. I Vestdanmark opnåede vindkraft i 2010 i gennemsnit 331,62 kr. per MWh, og det var ca. 10 pct. mindre end kraft- og kraftvarmeværkerne 367,29 kr. per MWh. I Østdanmark var vindkraft prisen ca. 5 pct. lavere. Totalt en mindrepris for vindkraft på i alt ca. 245 mio. kr. (figur 4).

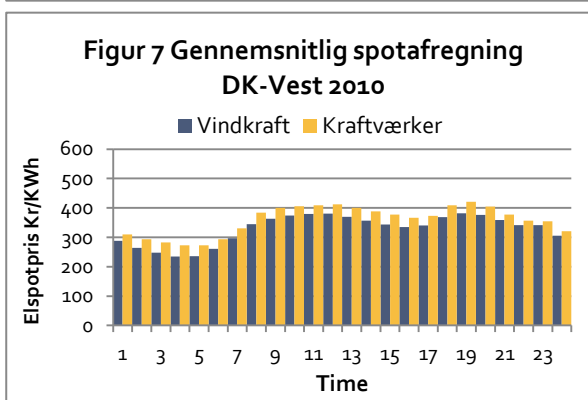
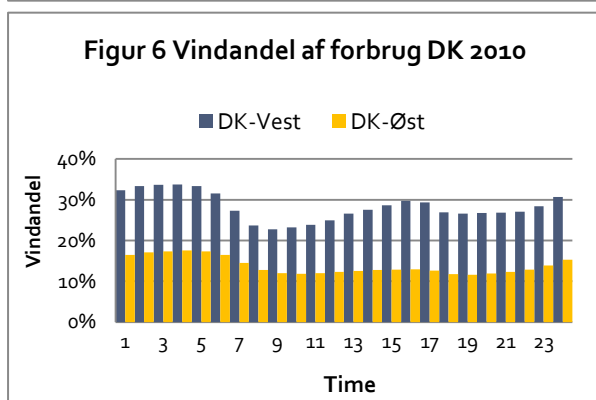
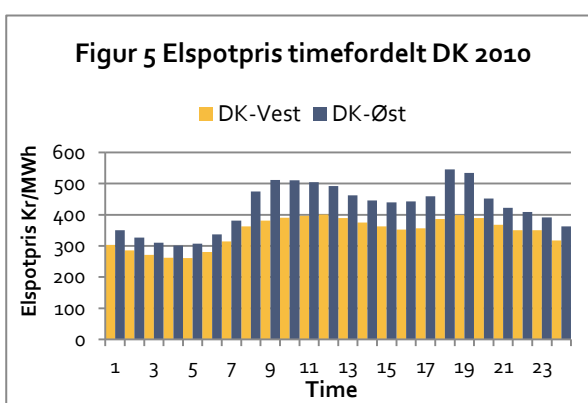
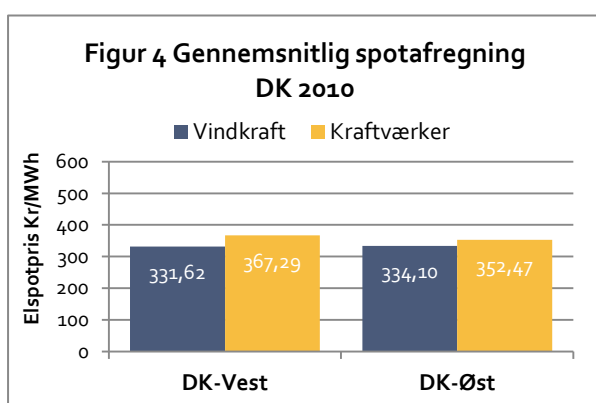
Vindkraftens lavere værdi skyldes bl.a. dens høje udbredelse og lave marginale produktionsomkostninger, samt at vindkraft prioriteres forud for anden produktion, og at den typisk tilbydes til nul kroner eller derunder.

Når vindproduktionen er høj, trækker den spotprisen ned, og når den er lav, presser dens fravær spotprisen op. Det går mest ud over vindkraftens gennemsnitlige afregningspris. Det gavner mest kraft- og kraftvarmeværkerne gennemsnitlige afregningspris. Døgnet laveste spotpriser opstår typisk om natten, hvor forbruget er lavest, og vind-

kraftens forbrugsdækning generelt er højest (figur 5 og 6). På ugebasis er priserne typisk lavere i weekenden end på hverdage. Vindproduktionens afregningspris følger generelt spotprisens døgnfordeling med de laveste priser i nattetimerne (figur 7).

Disse negative konsekvenser for vindkraftproducenternes driftsøkonomi kan teoretisk set begrænses ved at placere en given forbrugsvækst i de perioder, der presser vindkraftens gennemsnitlige afregningspris relativt mest op. Dvs. i de perioder, hvor vindkraft dækker den højeste andel af forbruget.

Nyt forbrug presser generelt altid prisen op, men det vil kun gavne vindkraftens driftsøkonomi, hvis prisen presses i timer med høj vindkraftandel, dvs. typisk om natten. Det er også typisk i de timer, at vindkraftens gennemsnitlige afregningspris er lavest, at differencen mellem vindkraftens og kraftværkerne gennemsnitlige afregningspriser er højest, samt at spotprisen er lavest.



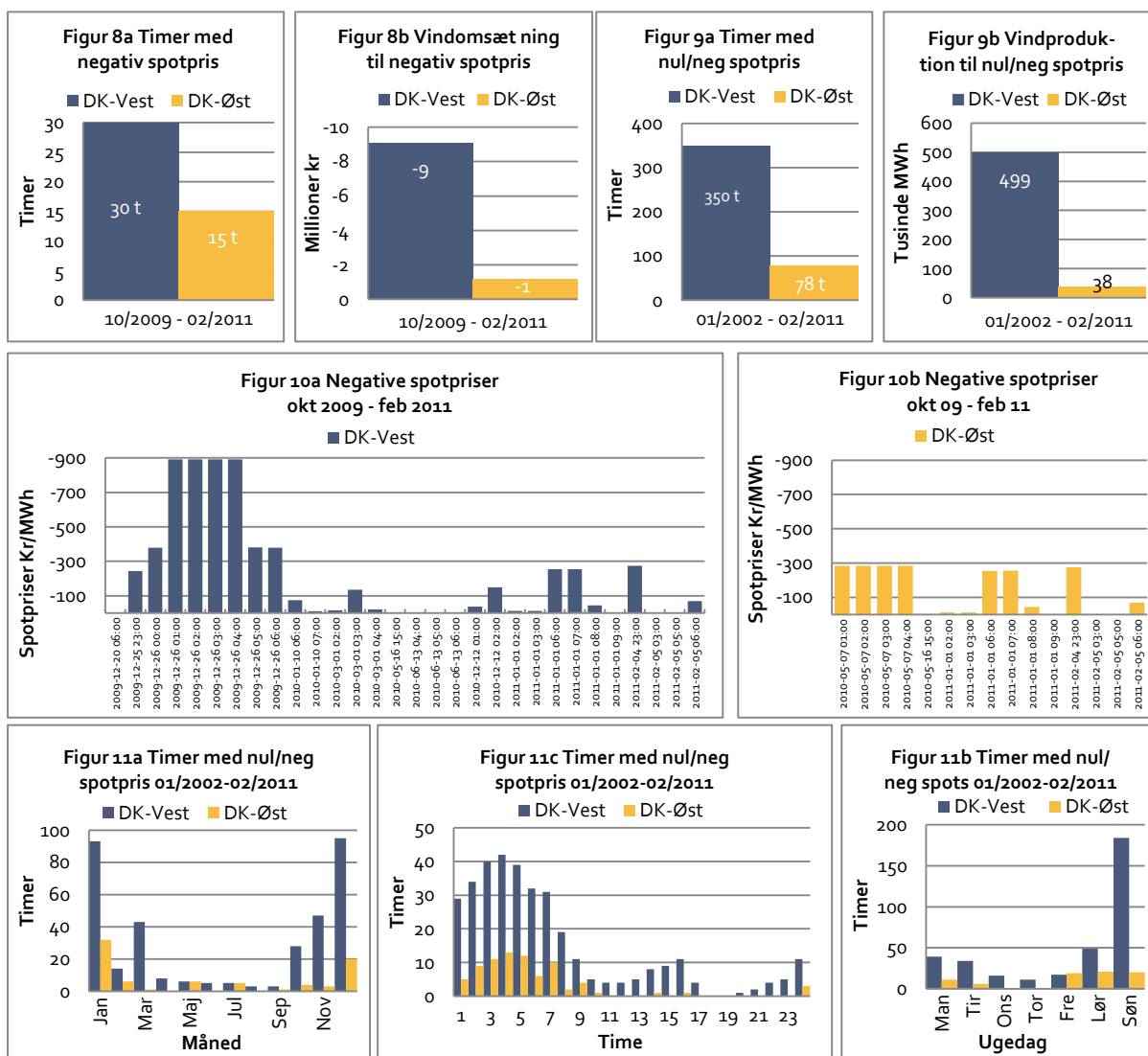
2.2 NUL/NEGATIVE SPOTPRISER

For de vindmøller, der ikke har mulighed for at regulere produktionen, betyder nul/negative spotpriser, at de kan komme til at skulle betale for at få produktionen afsat. For de regulerbare vindmøller betyder nul/negative priser, at de såfremt de slukker for møllerne, vil gå glip af højproduktive driftstimer. Uanset hvad, vil det gå ud over driftsøkonomien.

Fra negativ-reglens indførelse i oktober 2009 og frem til marts 2011 har prisen været negativ i 30 timer i Vest, svarende til 0,27 pct. af tiden. I Øst 15 timer, lig 0,14 pct. af tiden. Vindproducenterne har i perioden betalt ca. 10 mio. kr. for at afsætte i alt 60.393 MWh (figur 8a og b).

Det svarer cirka til 25.000 elbilers elforbrug til opladning. Hvis nulpris timerne medregnes, har der fra januar 2002 til februar 2011 været 350 nul/negative timer i Vestdanmark og 78 i Østdanmark (figur 9a). Heraf henholdsvis 320 og 63 af timerne med nulpriser, lig ca. 0,4 pct. af tiden i Vest og 0,1 pct. i Øst.

Vindproducenterne har i perioden afsat ca. 500.000 MWh uden betaling (figur 9b). Nul/negative pristimer optræder typisk i klumper, og når visse forudsætninger er opfyldt: Høj vindproduktion, lavt forbrug, stort varmebehov og eksport flaskehalse. Det betyder, at nul/negative timer typisk vil opstå om natten, i weekenden og om vinteren.



2.3 BALANCEOMKOSTNINGER

Når vindprognoserne slår fejl resulterer det i, at vindproducenterne i driftstimen enten producerer for meget eller for lidt i forhold til, hvad de forud for driftsdøgnet havde tilbudt på spotmarkedet. Vindproduktionen afviger fra prognosen stort set hvert time året rundt, og når den gør det, kompenserer Energinet.dk ved at købe eller sælge el på regulerkraftmarkedet. Handlen afvikles via en NOIS-liste (Nordic Operational Information System), hvor bud aktiveres prisordnet og afregnes til det sidst aktiverede buds pris.

Når vindproduktionen overstiger prognosen, og overskudsproduktionen afhjælper systemubalancen, afregnes den til spotpris. Når overskudsproduktionen forværrer systemubalancen, afsættes den til regulerkraftpris, og den er lavere end spotprisen. Når vindproduktionen er lavere end forventet, og systemubalancen er negativ, indkøbes produktionsunderskudet på regulerkraftmarkedet til opreguleringspris. Når systemubalancen er positiv, afregnes vindproduktions underskud til spotpris.

I ca. 58 pct. af tiden i DK-Vest afhjælper vindubalancen systemubalancen, og den afregnes til elspotpris uden omkostningsmæssig betydning for vindmøllernes økonomi (Figur 12). Det gør derimod de vindubalancer, som i ca. 42 pct. af tiden bidrager til systemubalancen.

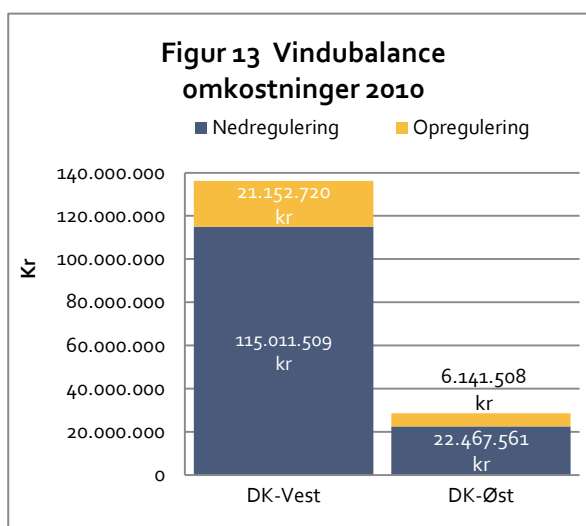
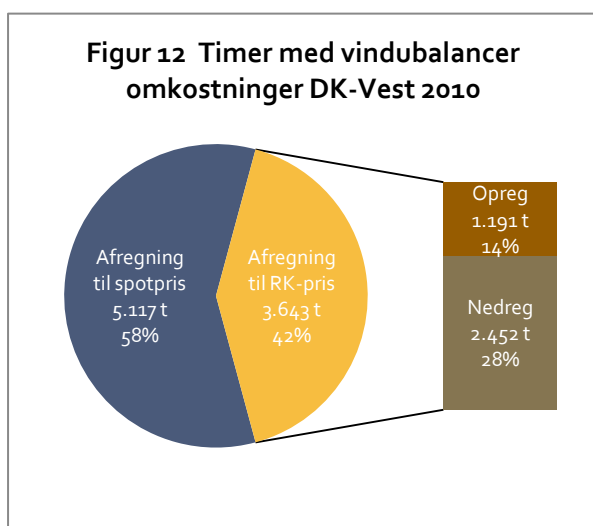
Vindproducenterne i Vest betalte i 2010 for ubalancer i 3.643 timer fordelt på 1.191 timer med opregulering og 2.452 timer med nedregulering (Figur 12). Regningen blev 136,2 mio. kr, heraf 16 pct. for opregulering og 84 pct. for nedregulering (Figur 13). Øst fulgte lignende mønster med betaling for balancering i 37 pct. af tiden. Regningen blev 28,6 mio. kr., heraf 21 pct. opregulering og 79 pct. nedregulering.

2.3.1 NEDREGULERING TIL NUL/-NEGATIV REGULERKRAFTPRIS

I visse situationer med meget høj vindstyrke dominerer vindkraftens prognosefejl prisdannelsen på regulerkraftmarkedet. Det gør, at vindproduktion afsættes til lave priser, og i ekstreme situationer med høj vindstyrke og eksportflaskehalse til priser under nul kroner.

De totale vindubalancer i 2010 i timer med nul/negative priser (nedregulering) var 107.090 MWh, og udgiften var ca. 71 mio. kr., eller hvad der svarer til ca. 43 pct. at de totale udgifter til op- og nedregulering (figur 14). Der var i alt 327 timer med nul-/negative priser for nedregulering.

Vindproducenternes totale nedregulering til nul/negative regulerkraftpriser på 107.090 MWh svarer til ca. 50.000 elbilers opladningsforbrug til et typisk kørselsbehov.



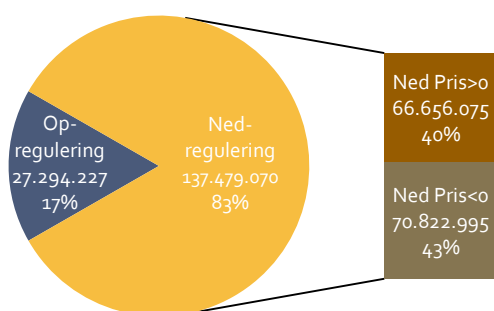
2.3.2 OPREGULERING TIL HØJ

REGULERKRAFTPRIS

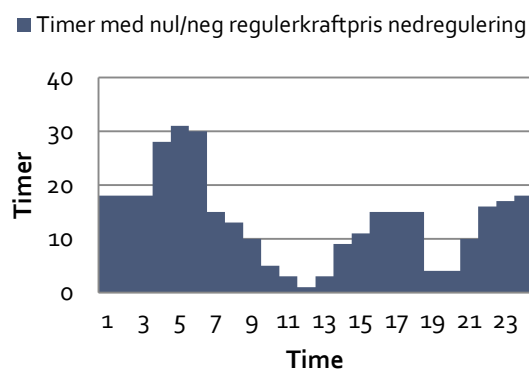
Vindproducenterne havde omkostninger til opregulering i 181 timer i 2010, hvor regulerkraftprisen var højere end eller lig med 1.000 DKK/MWh. I den dyreste time var prisen 5.000 DKK/MWh. Vindkraftens totale omkostninger til opregulering var godt 27 mio. kr. Heraf ca. 15 mio. kr. til opregulering i timer med regulerkraftpriser over 1.000 DKK/MWh (figur 16). Vindproducenterne betalte i alt for 4.073 MWh opregulering til meget høje balancepriser. Når vindproduktionen er mindre end prognosticeret bliver andre producenter mod betaling

bedt om at opregulere, eller forbrugere bliver bedt om at frakoble forbrug mod betaling. Elbiler kunne i teorien levere tilsvarende opregulering. Elbiler, som oplader med el, der er bestilt i spotmarkedet, kan frakoble, og dermed levere produktionsopregulering. Elbiler med tovejsladning kan aflade og tilsvarende levere opregulering. VINDOPTIMERET OPLADNING optimerer alene opladning i regulerkraftmarkedet for nedregulering (og i spotmarkedet), men den kunne uden videre opgraderes til også at omfatte tovejsladning og aktivering af afladning i regulerkraftmarkedet for opregulering.

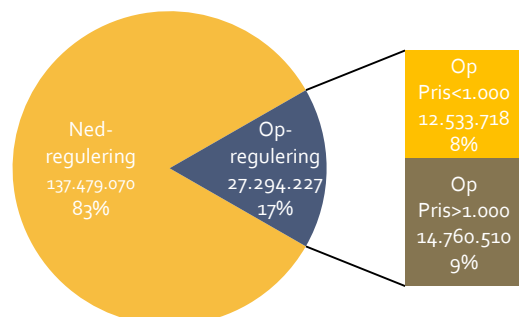
Figur 14 Vindubalance omkostninger (nedregulering specificeret) DK 2010



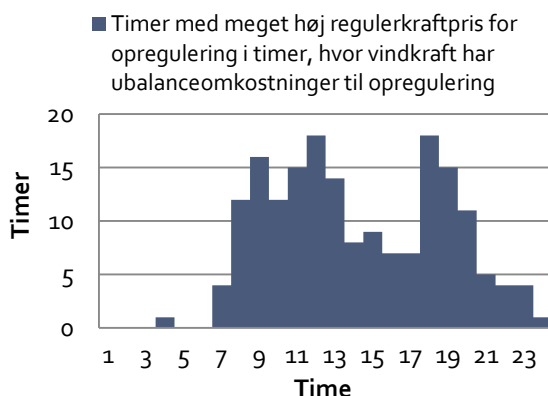
Figur 15 Timer med nul/neg pris for nedregulering DK 2010



Figur 16 Vindubalance omkostninger (opreg specificeret) DK 2010



Figur 17 Timer med høj pris for opregulering DK 2010



Nul/negative regulerkraftpriser (nedregulering)

- Vindproducenterne havde 327 timer med nedregulering i 2010
- Det kostede ca. 71 mio. kr. at få afsat 107.090 MWh
- Elbiler kan levere nedregulering ved at starte opladning
- Det kunne have dækket 50.000 elbilers årsforbrug

Høje regulerkraftpriser (opregulering)

- I 2010 var regulerkraftprisen for opregulering 1.000 DKK/MWh eller højere i 181 timer
- Balanceomkostningerne i timerne var ca. 15 mio. kr.
- Svarer til 9 pct. af de totale balanceomkostninger

2.4 ELBILER PÅ VINDKRAFT I FREMTIDEN

Vindkraft udgør i dag ca. 25 pct. af forbruget, og den politiske målsætning er at øge andelen til 50 pct. i 2020. Vindkraftens relativt høje forbrugsdækning medvirker allerede i dag til, at der ind imellem afsættes vindenergi på spot- og regulerkraftmarkedet til meget lave og nul/negative priser. Det belaster producenternes driftsøkonomi, og situationen vil alt andet lige forværres i takt med udbygningen.

Fx måtte producenterne i 2010 betale ca. 71 mio. kr. for at få afsat ca. 100.000 MWh regulerkraft i timer med nul/negative priser. Det svarer til ca. 50.000 elbilers årsforbrug ved et typisk kørselsbehov. Og på spotmarkedet måtte de samme år betale for at afsætte produktion til nul/negative spotpriser svarende til ca. 25.000 elbilers årsforbrug.

Overskydende vindproduktion, som i princippet ville gå tabt, kunne med andre ord allerede fra i dag alt andet lige forsyne 75.000 elbiler med CO₂-fri opladning. Det antal vil med stor sandsynlighed stige eksponentielt i takt med udbygningen med vindkraft, hvis der ikke investeres andre løsninger. Det vil ikke være urealistisk at forvente, at vindkraft til nul/negative priser også i 2020, når vindandelen når 50 pct., vil kunne forsyne alle de elbiler, der til den tid måtte være i Danmark. Måske også i 2030 og 2050 – alt andet lige.

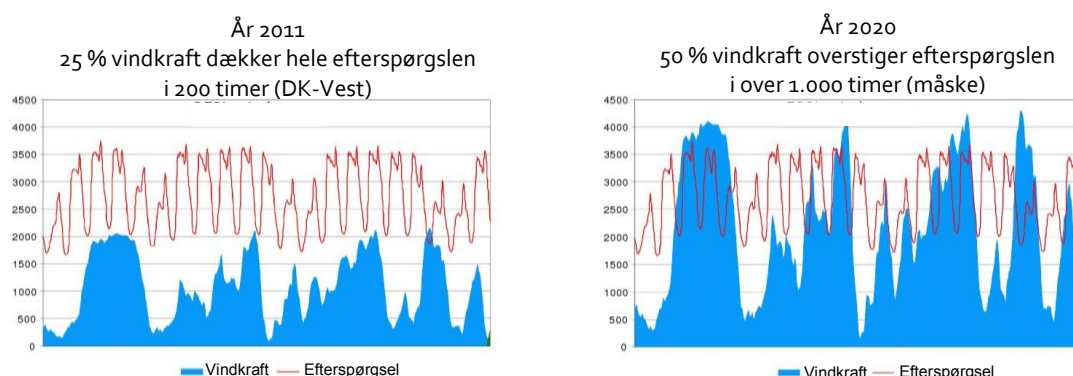
Analyser viser, at en stigning i vindkraftproduktion med 150 pct., så vindmøllernes andel af elforbruget kommer op på 50 pct., vil medføre, at produktionen vil være større end forbruget i 22 pct. af tiden i Vestdanmark. Figur 18 nedenfor illustrerer, hvordan der i 2020 forventes markant flere timer, hvor vindproduktionen overstiger forbruget.

Elbilers mulige bidrag til de tre forhold, der belaster vindkraftens driftsøkonomi mest, dvs. lave gennemsnitlige afregningspriser på spotmarkedet, nul/negative spotpriser og balanceomkostninger, kunne om muligt bestå i at aktivere en overvejende del af elbilernes elforbrug til opladning i spot- og regulerkraftmarkedet i timer med laveste vindkraftpriser og de højeste vindandele.

En relativ høj andel af elbilernes totale efterspørgsel ville i givet fald gå til at presse elmarkedspriserne op på den billigste vindkraft, og det ville primært komme vindkraftproducenterne og ikke fx kraftvarmeverkerne til gode. Dermed ville elbilers efterspørgsel bidrage til at øge vindkraftens markedsværdi, forbedre vindkraftproducenternes driftsøkonomi og reducere behovet for subsidier. Og elbiljerne ville få den lavest opnåelige opladningsudgift samtidigt med, at elbilernes CO₂-udledning ville blive de lavest opnåelige.

FIGUR 18

VINDKRAFTENS FORBRUGSDÆKNING I 2011 OG 2020



3 ELBILERS FORBRUGSFLEKSIBILITET

I dette kapitel beskrives kort de grundlæggende egenskaber ved elbiler, der har betydning for at kunne tidsstyre opladningen i forhold til prisvariationerne på elmarkedet, så opladningsudgiften minimeres, og elbilen bidrager til at effektivisere udnyttelsen af vindkraft. Disse egenskaber, som fx elbilens batterikapacitet og rækkevidde og opladningspunktets kapacitet skal sammen med blandt andet elbilejerens kørselsbehov danne basis for den opladningsstrategi, VINDOPTIMERET OPLADNING, der udvikles og analyseres i næste kapitel. Tilsammen bestemmer disse egenskaber elbilens forbrugsfleksibilitet.

Elbilens potentielle bidrag til at effektivisere udnyttelsen af vindkraft afhænger af forhold vedrørende kørselsmønster, opladningsbehov, rådighedsperiode, energieffektivitet, batterikapacitet, opladningspunktets kapacitet samt den informations- og kommunikationsteknologi (IKT), elbilen og opladningspunktet er udstyret med.

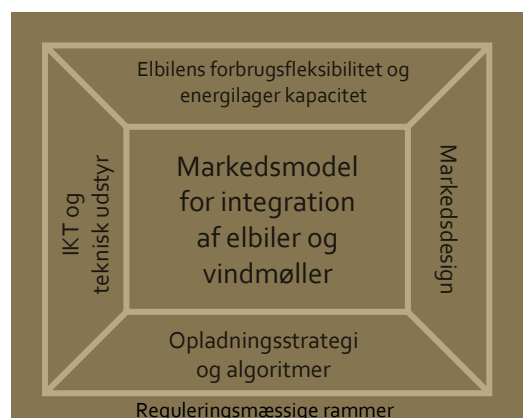
En effektiv opladningsstrategi omfatter både en effektiv udnyttelse af elbilens forbrugsfleksibilitet som beskrevet i dette kapitel, og en effektiv tilpasning til de markedsmæssige forhold vedrørende vindproduktion og handel med vindkraft, som beskrevet i foregående kapitel. Det har blandt andet betydning, hvordan opladningsstrategien tilpasses markedsreglerne for handel med vindkraft og den til-

gængelige markedsinformation. Det har fx betydning for opladningsudgift og nyttebidrag til vindkraft, om elbilen er udstyret med et lille eller et stort batteri, om den oplades daglig eller ugentlig, om den oplades 100 pct. hver gang eller efter behov, og hvor høj ladeeffekt, der benyttes. Og det har betydning, om opladningen aktiveres alene i spotmarkedet eller både spot- og regulerkraftmarkedet.

Elbilens forbrugsfleksibilitet refererer fx til dens rækkevidde per opladning, hvor mange dages kørselsforbrug, den kan oplades til, antal timer til rådighed for opladning, og hvor hurtigt batteriet kan oplades. Hvis elbilen er udstyret med tovejsladning, vil den også kunne anvendes til midlertidig energilager og som leverandør af systemydelse.

FIGUR 19

MARKEDSMODEL FOR INTEGRATION AF ELBILER OG VINDMØLLER



I analyser om optimering af elbilers opladning i forhold til elmarkedet eller elsystemet antages det typisk, at den undersøgte elbils rækkevidde per opladning kun lige netop dækker ejerens daglige kørselsforbrug, at den oplades i en fast rutine hver dag, og hver gang indtil batteriet igen er fuldt opladet, samt at den oplades langsomt i mange timer – typisk i løbet af natten. Og ikke overraskende konkluderes det, at der ikke vil være forbundet med

særlige gevinster i form af besparelser for elbileren eller effektivisering af vindkraftudnyttelse at oplade elbilen såkaldt intelligent.

Nærværende rapportens analyse bygger på en antagelse om, at ovennævnte elbiler ikke er repræsentative for fremtidens elbiler, og at en mere nuanceret tilgang til tidsstyring af fremtidens elbiler vil give et ganske andet og positivt resultat hvad angår potentiale.

3.1 KØRSELSBEHOV

De elbiler, der markedsføres pt. og de, der forventes introduceret i de kommende år, vil primært være mindre elbiler med begrænset rækkevidde. Det vil sige elbiler, som hovedsagelig vil finde anvendelse i privatsektoren som bil til arbejdspendling og til bykørsel.

Efterhånden forventes der lanceret lidt større mellemklasse elbiler, men de vil stadig være begrænset af lav batterikapacitet og relativ kort rækkevidde. Med undtagelse af fx den allerede lancerede Tesla Roadster og den kommende Tesla S, som ifølge producenten vil få rækkevidde på op til 480 km.

Studier af DTU's Transportvaneundersøgelse og oplysninger fra Danmarks Statistik giver et fyldestgørende billede af danskernes bilkørsel mht. til en række elbil-relevante parametre så som daglig kørselsforbrug, turlængde, turformål, tidsforbrug, udbredelse af bil nr to osv.

De understøtter, at de elbiler, der markedsføres i dag, og som vil komme på markedet de næste år, har mere end tilstrækkelig rækkevidde til at opfylde de fleste arbejdspendleres typiske, daglige kørselsbehov.

I analysen i næste kapitel forudsættes det, at elbilerne anvender reference-elbilerne til daglig arbejdspendling og korte weekendture, og med et gennemsnitligt dagligt kørselsforbrug på 45 km, der fordeler sig jævnt over alle ugens dage. Det til et årligt kørselsforbrug på ca. 17.000 km.

Dette svarer til den registrerede gennemsnitlige årskørsel for personbiler i Danmark. Videre forudsættes det, at elbilen anvendes til to timers daglig kørsel i perioderne 8-9 og 17-18, og at den i de øvrige 22 timer er parkeret ved ejerens hjemmeadresse og arbejdsplads.

3.2 RÅDIGHEDSPERIODE OG LADELOKATION

Elbilens rådighedsperiode for opladning betegner den eller de perioder af længere varighed, hvor elbilen ikke anvendes til kørsel men holder parkeret og har tilkoblet et ladekabel.

Jævnfør ovenfor forudsættes en maksimal daglig rådighedsperiode på 22 timer inden for de angivne tidsintervaller.

Analysens beregninger sonderer mellem, om elbilen er til rådighed for opladning kun på hjemmeadressen eller både hjemme og på arbejde. Hvis elbilen kun kan oplades, når den holder parkeret ved hjemmet, forudsættes en daglig rådighedsperiode på 14 timer. Både hjemme og på arbejde giver en daglig rådighedsperiode på 22 timer.

3.3 BATTERIKAPACITET, ENERGIFORBRUG OG RÆKKEVIDDE

Elbilens batterikapacitet i kombination med dens energiforbrug per kørt kilometer bestemmer tilsammen elbilens rækkevidde. Sammenholdt med elbilejeres kørselsbehov bestemmer det, hvor hyppigt det er nødvendigt at oplade, dvs. det maksimale antal dage, der kan gå mellem opladning.

Små og mindre elbiler er i dag typisk udstyret med batteripakker med en disponibel kapacitet på 16-24 kWh, som tilfældet ifølge specifikationerne for henholdsvis Mitsubishi iMiEV og Nissan Leaf, der begge indgår i analysen i næste kapitel. Energiforbruget opgives typisk omkring 130-160 Wh per km, afhængig af kørselsforhold, kørestil, varme- og klimaanlæg osv. Det giver små elbiler en kørselsrækkevidde omkring 120-160 km per opladning.

Nuværende større elbiler er typisk udstyret med 53-90 kWh batteripakker, som f.eks. den allerede lancerede sportsbil Tesla Roadster og den kommende Tesla S i premium-udgaven. De to Tesla'ers har et elforbrug på henholdsvis 180 Wh per km (målt for Vindenergi Danmarks Tesla Roadster) og ca. 186 Wh per km, hvilket giver dem en teoretisk kørselsrækkevidde på ca. 294-483 km per opladning.

Der er endvidere gennemført beregninger for en avanceret elbil, EV 2010, som tidligere er beskrevet i Miljøstyrelsens rapport, "Perspek-

tiver for elbiler i Danmark", Orientering 1, 1997. Denne elbil blev ud fra forventninger om den teknologiske udvikling frem til 2010 vedrørende energieffektivitet og batteriteknologi vurderet som en optimal elbil ud fra en samlet vurdering af energiforbrug per km, batterikapacitet og omkostninger. Specifikationerne for den beskrevne elbil er et energiforbrug på 100 Wh/km, en batterikapacitet på 25 kWh og en maksimal rækkevidde på 250 km på en opladning målt ved en standard europæisk kørecyklus eller ved konstant 90 km/t.

I analysen i næste kapitel betegnes reference-elbilerne med notationen "Elbil xx/yyy", hvor xx refererer til batteriets disponible kapacitet i kWh, og yyy refererer til elbilens elforbrug i Wh per km. Elbilers elforbrug og rækkevidde er forbundet med usikkerhed, og de to mål kan variere afhængig af landeforhold, kørselsforbrugets fordeling mellem f.eks. by- og motorvejskørsel, kørestil, brug af ekstraudstyr så som varme- og klimaanlæg, batteriets opladningsstatus ved turstart osv. Ligesom det også er tilfældet for benzin- og dieslbiler. Analysen forudsætter, at reference-elbilerne opfylder de angivne specifikationer for batterikapacitet og elforbrug. Ud fra hver af reference-elbilerne refereres til en eksisterende elbil-model, hvis specifikationer for batterikapacitet og elforbrug ca. svarer til reference-elbilens.

FIGUR 20

EKSEMPEL PÅ OPDELING AF BATTERIET



3.4 FULD DAGLIG OPLADNING ELLER TURAFMÅLT OPLADNING

Opladningshyppigheden har betydning for udnyttelsen af elbilens forbrugsfleksibilitet, effektiviseringsgevinsternes størrelse og elbil-ejerens opladningsudgift. Det er ikke lige meget, om batteriet oplades hver dag, og indtil det igen er 100 pct. opladet, eller om en opladning kan række til en uges kørsel.

Beregninger vedrørende elbilers samspil med vindkraft forudsætter typisk, at batteriet oplades dagligt, og hver gang til det igen er 100 pct. opladet. Dermed udnyttes forbrugsfleksibiliteten kun delvist, og det resulterer ofte i at det konkluderes, at højest kan opnås små effektiviseringsgevinster med tidsstyret opladning. Det er misvisende, for som analysen i næste kapitel viser, kan der opnås betydelige fordele og effektiviseringer, hvis forbrugsfleksibiliteten udnyttes maksimalt.

Nærværende rapport foreslår en opladningsstrategi, som tilstræber at udnytte "hele" elbilens forbrugsfleksibilitet til at effektivisere udnyttelsen af vindkraft. I stedet for at rutineoplade hver nat, oplades der kun, når det er nødvendigt for at kunne dække næste dags kørsel, eller når der er størst behov for fleksibelt elforbrug til at balancere elsystemet.

3.5 OPLADNINGSHASTIGHED OG LADEPUNKT KAPACITET

Elbilens opladningshastighed bestemmes af en række parametre vedrørende blandt andet ladestikkets kapacitet og batteriets evne til at optage energi. Typiske stikkontakter i danske hjem har en effekt på 2,3-3,6 kW (230V, 10-16 amp). I nærværende analyse forudsættes en opgraderet netforbindelse på 3-faser (230V, 16 amp) med en effekt på 11 kW.

Der forudsættes desuden et ladetab ca. 5 pct. Endelig forudsættes en række forenkede antagelser vedrørende energikonvertering og opladningens linearitet. F.eks. at ladestikkets

Hvis ikke der er mulighed for at oplade hele batteriet til særligt lave spotpriser, oplades kun lige netop den nødvendige batterikapacitet, der forudsættes opladet, for at kunne dække næste dags kørselsbehov. Overskydende batterikapacitet, der ikke er reserveret til næste dags kørsel, oplades ad hoc med regulerkraft, men kun når regulerkraftprisen er exceptionel lav, typisk under nul kr. Der anvendes en sæsonvariabel for grænseværdien.

En relativ simpel regel kunne være, kun at oplade overskydende batterikapacitet, når enten spot- eller regulerkraftprisen er nul eller negativ. Til gengæld oplades batteriet altid 100 procent, når der opstår nul/negative priser på regulerkraft. Kørselsreserveret batterikapacitet refererer til opladning, der er nødvendig til at dække næste dags kørsel.

Overskydende batterikapacitet referer til den resterende batterikapacitet, som kan oplades til efterfølgende dages kørsel, hvis elbilen alene er udstyret med envejslader, eller som kan aflades til elnettet eller anvendes til efterfølgende dages kørsel, hvis elbilen er udstyret med tovejslader.

effekt konverteres direkte til energivolumen således, at et batteri, der oplader en time med en neteffekt på 11 kW minus 5 pct. ladetab, vil være opladet med 10,5 kWh.

Endelig forudsættes det, at der oplades ved en konstant spænding og at opladningen forløber lineær uanset opladningsstatus. Et batteri, der oplades i fire timer med en effekt på 11 kW og et ladetab på 5 pct., indeholder ved opladningens slut $10,5 * 4 = 42$ kWh, og den fordeler sig ligeligt i hver af de fire timer.

3.6 ENVEJS ELLER TOVEJS LADNING

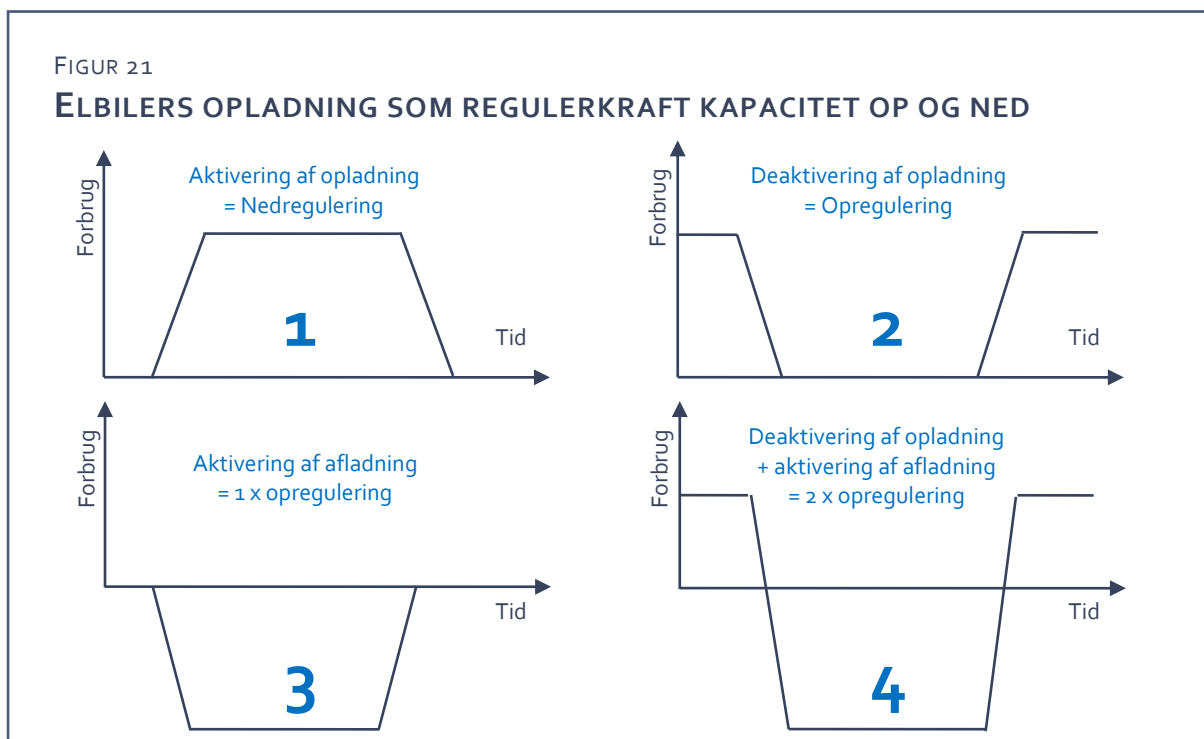
I denne rapport analyseres alene opladning til kørselsforbrug, dvs. envejsladning. Der afgrænses fra tovejsladning, hvor der oplades til midlertidig lagring og efterfølgende aflagrung til elnettet. Endvidere afgrænses fra muligheden for at deaktivere opladning, der allerede er aktiveret i spotmarkedet og derved at levere forbrugsnedregulering svarende til produktionsopregulering. På sigt vil elbiler givetvis være udstyret med tovejsladning, og det vil øge mulighederne for at minimere opladningsudgiften og effektivisere vindkraftudnyttelsen.

Fx en Tesla S, der bliver til rådighed sidst på eftermiddagen med 80 kWh tilbage på elbilens 90 kWh batteripakke. Først på natten falder elprisen på regulerkraftmarkedet til under nul kr. per kWh. Allerede i de første timer genoplades batteriet, til det er 100 pct. fyldt, og ejeren kører på arbejde næste dag og dagens kørsel koster under nul kr. i ren elmarkedspris. Hvis Tesla'en havde været udstyret med tovejsladning, ville batteriet måske have afladet 100 pct. i spotmarkedet i "kogespidsen" sidst på eftermiddagen/først på aftenen til over gen-

nemsnietsprisen. Og opladet 90 kWh i regulerkraftmarkedet i løbet af natten til under nul kr. per kWh. Det ville give en opladningsudgift på en del under nul kr. for næste dags kørsel.

Hvis elbilen er udstyret alene med envejsladning, vil dens markedsdeltagelse være begrænset til dens elforbrug til kørsel. Med tovejsladning, vil den kunne udnyttes som midlertidig energilager og leverandør til elmarkedet. Med envejsladning kan opladning alene levere opregulering i timer, hvor forbruget er aktiveret i spotmarkedet. Med tovejsladning er der flere muligheder (se figur 21):

- Opladning aktiveret i spotmarkedet kan afbrydes, så der leveres 1 x kapacitet til opregulering
- Opladning aktiveret i spotmarkedet kan afbrydes og suppleres med afladning, så der leveres 2 x kapacitet til opregulering
- Afladning aktiveres i timer, der ikke i forvejen er aktiveret i spotmarkedet, så der leveres 1 x kapacitet til opregulering



4 ANALYSE AF OPLADNINGSSTRATEGIER

I dette kapitel udvikles og analyseres opladningsstrategien VINDOPTIMERET OPLADNING. Kapitlets centrale spørgsmål er, hvad en elbils elforbrug til opladning koster i elmarkedspriser, når opladningsstrategien VINDOPTIMERET OPLADNING benyttes? Og hvor meget der spares sammenlignet med referencestrategierne IKKE-STYRET OPLADNING og INTELLIGENT OPLADNING? Beregningerne baseres på teoretiske simuleringer af en test-elbilejers kørsels- og opladningsforbrug til daglig arbejdspendling. Data for kørselsforbrug konstrueres ud fra Danmarks Transportvaneundersøgelse og historiske data for vindkraft og elhandel for Vestdanmark i 2010 ud fra Energinet.dk's udtræk af markedsdatabaser. Simuleringerne gennemføres for fem forskellige elbil-modeller med varierende batterikapacitet, energiforbrug og rækkevidde. Indledningsvis beskrives VINDOPTIMERET OPLADNING og herefter analyseres strategiernes resultater med hensyn til opladningsudgift, udnyttelse af vindkraft og regulerkraft osv.

Elbiler har varierende forbrugsfleksibilitet og energilagerkapacitet, som på mere eller mindre avanceret vis kan udnyttes i højere eller mindre grad til at optimere elforbruget til opladning. I nærværende rapport udvikles en "middel-avanceret" opladningsstrategi, VINDOPTIMERET OPLADNING, som sammenlignes med to mindre avancerede opladningsstrategier. Ligeledes kan optimeringen på mere eller mindre avanceret vis knyttes sammen med elmarkedet og vindkraftproduktionen. Også på dette punkt kan VINDOPTIMERET OPLADNING kategoriseres som en "middel-avanceret" løsning.

Hovedbegrænsningerne for elbilens forbrugsfleksibilitet og energilagerkapacitet, og hvor avanceret den kan udnyttes, er elbilens teknologiniveau og dens styringsteknologi. Fx elbilens batterikapacitet og rækkevidde, samt om den er udstyret med tovejsladning. I dag er niveauet lavt, men det kan med tiden forventes at ville udvikle sig i takt med blandt andet udbredelsen af elbiler, teknologiudviklingen og elmarkedets parathed, som illustreret i figur 22 på næste side.

Hovedbegrænsningerne for, hvor avanceret elbilen kobles sammen med elmarkedet og vindproduktionen er blandt andet elmarkedets parathed og vindmøllernes styringsteknologi. Her spiller ikke mindst de lovgivningsmæssige rammebetingelser en vigtig rolle.

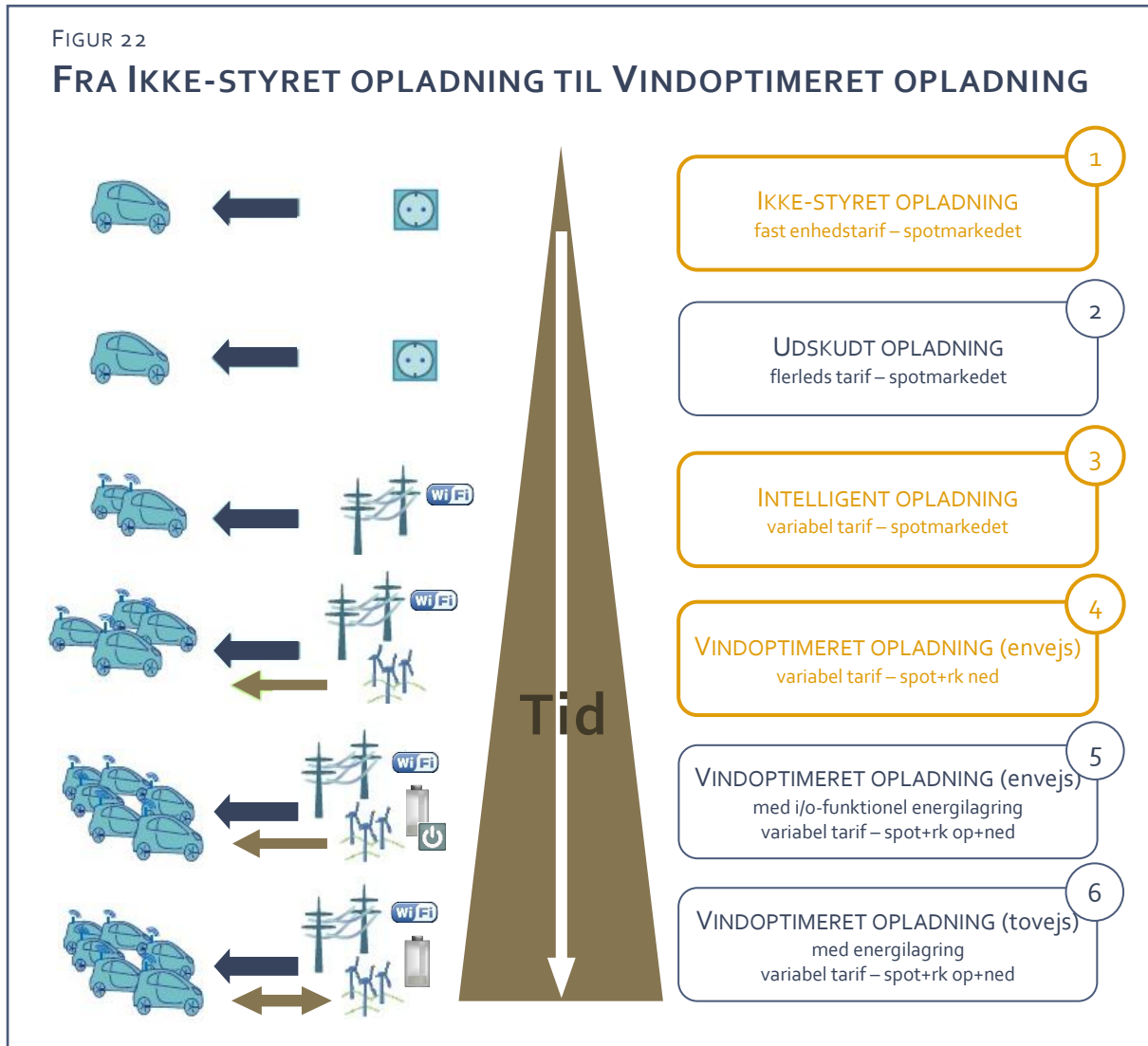
De elbiler, der markedsføres i dag, har så lav en rækkevidde, at fordelene ved at styre opladningen ville være relativt små. De oplades ikke-styret, hvor opladningen starter, når kablet tilsluttes stikkontakten, og den fortsætter, til batteriet er fuldt genopladet.

Næste skridt kunne være at udstyre dem med en simpel manuel timer samt at indføre en flerledstarif for elforbrug, så opladningen kunne udskydes til nogle faste timer i løbet af natten. Næste igen kunne være at benytte en relativ simpel intelligent løsning, hvor elbilen kobles sammen spotmarkedet, og der indføres en dynamisk tarif fastsat efter spotprisen.

Næste skridt kunne være VINDOPTIMERET OPLADNING som defineret i denne rapport, hvor hovedbegrænsningen er, at der alene

benyttes envejsladning, og at opladningen alene er koblet sammen med elmarkedet, og ikke direkte sammen med vindmøllerne. Sidstnævnte ville være den ultimative løsning, et virtuelt kraftværk med elbiler og vindmøller,

som illustreret i figur 23, hvor elmarkedet alene inddrages vedrørende den del af balanceringen, som elbilerne og vindmøllerne ikke direkte kan udveksle indbyrdes. VINDOPTIMERET OPLADNING tilhører kategori A.



4.1 UDVIKLING AF TRE OPLADNINGSSTRATEGIER

I beregningerne sammenlignes opladningsstrategien VINDOPTIMERET OPLADNING med to reference-strategier, IKKE-STYRET OPLADNING og INTELLIGENT OPLADNING.

IKKE-STYRET OPLADNING

Erfaringer viser, at de fleste elbilbrugere i dag sætter bilen til opladning, når de kommer hjem om eftermiddagen efter arbejde, og lader den fuldt op i løbet af aftenen og natten.

Denne fremgangsmåde er den enkleste og afspejler, at forbrugeren med ens elpriser i alle døgnets timer ikke har noget incitament til at understøtte elsystemet med et mere fleksibelt forbrug. Afregningen kan ske med eksisterende elmålere, og for den enkelte elbillejer er prisen blot proportional med elbilens forbrug.

IKKE-STYRET OPLADNING kan med et større antal elbiler betyde behov for øget kraftværkskapacitet og behov for dyre forstærkninger af især eldistributionsnettet. Det supplerende elforbrug til elbilerne vil som hovedregel blive produceret på kulkraftværker og elbilerne vil kun i uvæsentligt omfang kunne bidrage til at forbedre vindkraftens negative prisprofil.

INTELLIGENT OPLADNING

Ved INTELLIGENT OPLADNING afregnes forbruget til variabel tarif på basis af spotmarkedspriserne, og opladningen udskydes til den eller de timer i rådighedsperioden, hvor spotprisen er lavest. Opladningen sker hver dag, indtil batteriet er fuldt opladet.

INTELLIGENT OPLADNING i spotmarkedet forudsætter timeaflyste forbrugsmålere og vil være relativt enkelt at realisere. Spotpriserne for de enkelte timer i det kommende døgn fastsættes på spotmarkedet kl. 12.00 dagen før og er tilgængelig for alle. Elbillejeren kan principielt styre opladningen med en timer, og der kan udvikles enkle automatiske løsninger.

Beregninger baseret på timepriserne i Vestdanmark i 2010 viser, at der målt på grossistprisen på spotmarkedet kan spares ca. 40 % af eludgifterne sammenlignet med ikke-styret opladning. Inklusiv afgifter med den nuværende afgiftsstruktur er forskellen imidlertid kun ca. 10 % og vil næppe udgøre tilstrækkeligt incitament for den enkelte elbillejer.

Lave elpriser opstår typisk, når forbruget er lavt og andelen af el fra vindmøller er høj, og intelligent opladning vil dermed kunne bidrage til at forbedre vindkraftens negative prisprofil.

Med INTELLIGENT OPLADNING vil et betydeligt antal elbiler kunne oplades, uden at der bliver behov for at øge kraftværkskapaciteten ligesom det som regel ikke vil blive nødvendigt at udbygge det lokale distributionsnet.

VINDOPTIMERET OPLADNING

VINDOPTIMERET OPLADNING er i denne rapport udviklet som en opladningsstrategi, hvor den nødvendige opladning til næste dags kørsel sker i spotmarkedet til de lavest mulige timepriser. Herudover oplades elbilens overskydende batterikapacitet på regulerkraftmarkedet, men kun hvis prisen er under en fastsat værdi, f.eks. nul eller negativ.

Disse lave priser optræder typisk i situationer, hvor vindproduktionen er høj og ikke kan afsættes til indenlandsk forbrug eller eksporteres som følge af begrænsninger i transmissionskapaciteten. I disse situationer vil der som oftest ske et stop for en del af vindproduktionen, og opladningen vil i vidt omfang kunne ske med vindproduktion, der ellers ville gå tabt.

Elbilers opladning i regulerkraftmarkedet vil udover timeaflyste forbrugsmålere kræve ændrede markedsregler samt investeringer i ny kommunikations- og styringsteknik.

FIGUR 24

OPLADNINGSTRATEGIER FORKLARET

IKKE-STYRET OPLADNING	Opladning påbegyndes hver dag straks efter endt arbejdsdag, og den fortsætter indtil batteriet er 100 pct. opladet. IKKE-STYRET OPLADNING er den opladningsadfærd, en elbilist vil udøve, når elforbruget afregnes til enhedstarif. Opladningsudgiften svarer til grossistprisen for den el der forbruges til opladning, når elbilisten afregnes til enhedstarif. Alt opladning gennemføres i spotmarkedet, og elbilisten er passiv deltager i elmarkedet.
INTELLIGENT OPLADNING	Elforbruget afregnes til en variabel tarif på basis af spotprisen, og opladningen udskydes automatisk til den eller de af rådighedsperiodens timer, hvor elmarkedsprisen er lavest. Alt opladning gennemføres hjemme og hver dag, indtil batteriet er 100 pct. genopladet. Alt opladning gennemføres i spotmarkedet, og elbilisten deltager aktivt i spotmarkedet.
VINDOPTIMERET OPLADNING (hj)	Opladning hjemme i timer med laveste priser på spot- og regulerkraftmarkedet. Oplades dagligt afmålt til næste dags kørsel i spotmarkedet, men kun hvis nødvendigt. Overskydende batterikapacitet oplades i regulerkraftmarkedet, men kun hvis nul/negative priser. Ud fra et givet sæt principper og kriterier.
VINDOPTIMERET OPLADNING (hj+arb)	Som ovenfor men hvor der oplades både hjemme og på arbejde.

4.1.1 MARKEDSVALG

VINDOPTIMERET OPLADNING er en dynamisk prisoptimerende budstrategi for elindkøb til fleksibel opladning med vindkraft. I stedet for alene at aktivere opladningen i spot- eller i regulerkraftmarkedet, benyttes en kombineret budstrategi, hvor opladningen aktiveres på begge markedspladser.

Hovedparten af den vindkraft, der afsættes på Nord Pool elbørsen, handles på day-ahead spotmarkedet, og en mindre del afsættes som regulerkraft til nedregulering. Vindkraftproducenterne afgiver salgsbud på spotmarkedet, og Energinet.dk afsætter på vegne af producenterne vindproduktion som regulerkraft, når den bidrager til systemubalancen.

Set ud fra elbilejerens motiv om at minimere prisen på elbilens elforbrug til opladning, er indkøb i regulerkraftmarkedet mest attraktivt. Det er her, at der mest hyppigt forekommer store prisudsving, der forekommer flest nul/negative pristimer, og minimumsgrænsen for, hvor langt under nul, prisen kan falde, er lavest

på regulerkraftmarkedet. På regulerkraftmarkedet falder prisen ind imellem til minus 9.000 kr. per MWh, på spotmarkedet er den nedre tilladte grænse minus 1.600 kr.

Jævnfør analysen i kapitel 2 var der i 2010 329 timer med nul/negative priser på regulerkraftmarkedet. Mere end ti gange så mange som på spotmarkedet. Problemet er blot, at der ikke per definition kan opnås garanti for at få opladning aktiveret i regulerkraftmarkedet.

Opladningsstrategien VINDOPTIMERET OPLADNING er udledt ved at sammenholde analysen af vindkraftens effektiviseringspotentiale, markedsregler og prisdannelse i kapitel 2 med elbilens forbrugsfleksibilitet i kapitel 3.

VINDOPTIMERET OPLADNING følger to hovedprincipper vedrørende markedsvalg (se figur 25 på næste side).

Det første er, at opladning afmålt til næste dags kørsel altid aktiveres i spotmarkedet, og i timer, hvor spotprisen forventes at være lavest. Hvis batteriet allerede er tilstrækkeligt

FIGUR 25

VINDOPTIMERET OPLADNING AF ELBIL MED STORT BATTERI

		Rådighedsperiode	
		Hjemme	Arbejde
Kørselsreserveret batterikapacitet	Spot-markedet	(Rutine-) Oplad til næste dags kørsel i timer med laveste priser	Aldrig
Overskydende batterikapacitet	Spot-markedet	Aldrig	Aldrig
	Regulerkraft-markedet	Oplad kun i timer med "fler-døgns" laveste priser	Oplad kun i timer med "fler-døgns" laveste priser

En rådighedssekvens løber fra elbilen ankommer i garagen sidst på dagen til den igen ankommer sidst på dagen næste dag

opladet til at kunne dække næste dags kørsel, oplades der ikke i spotmarkedet i den pågældende rådighedsperiode. Heller ikke selv om batteriet kun er delvist opladet, og prognosen siger, at der vil opstå timer med nul/negative spotpriser. I så fald, vil batteriet allerede kunne dække næste dags kørsel, og der vil med en vis sandsynlighed forekomme timer i rådighedsperioden med negative regulerkraftpriser, der er lavere end de negative spotpriser.

Det andet er, at der i de timer i rådighedsperioden, hvor opladning ikke er aktiveret i spotmarkedet, afgives købsbud på el i regulerkraftmarkedet til opladning af batteriet ud over den energi, der er nødvendig for at kunne dække næste dags kørsel, men kun i timer, hvor regulerkraftprisen forventes at blive lavere end et minimum, som er fastsat ud fra sæson. Som udgangspunkt er dette prisminimum nul kroner. Strategien sigter efter hovedsageligt kun at oplade i regulerkraftmarkedet, når prisen er nul eller negativ – eller lavere end efterfølgende rådighedsperioders spotpris.

Den todelte markedsstrategi er valgt ud fra en afvejning af risiko og pris. Risikoen for at blive tvunget til at aktivere opladning i timer med relativt høje priser, eller modsat at opnå tilstrækkelig aktivering til næste dags kørsel, holdt overfor muligheden for primært at aktivere til den laveste pris i de to markeder. Hvis kun et af de to markeder vælges, vil det enten

betyde for høj risiko eller for høj årlig opladningsudgift.

Omvendt er prisen sværere at forudsige på regulerkraftmarkedet end på spotmarkedet, og der er timer, hvor der ikke aktiveres regulerkraft til nedregulering. Prisen i de enkelte timer i det kommende driftsdøgn er relativt lettere at forudsige i spotmarkedet, og der er tilgængelig udbudt volumen i alle timer.

Hvis kun spotmarkedet vælges, bliver den årlige opladningsudgift højere, end hvis kun regulerkraftmarkedet vælges. Men hvis kun regulerkraft vælges, vil der ikke være garanti for at opnå tilstrækkelig aktivering til at dække næste dags kørsel. Afvejningen mellem strategien fordele i form af gevinstmuligheder, og ulemper i form af forudsigelighed og sikkerhed er opsummeret i figur 26.

FIGUR 26

MULIGHEDER OG ULEMPER VED ALTERNATIVE MARKEDSVÆLG

Opladning i	Gevinst muligheder	Forudsigelighed/sikkerhed
Spot-markedet	små prisvariationer få nul/neg pristimer	forudsigeligt prisniveau sikkerhed for aktivering
Regulerkraft-markedet	store prisvariationer mange nul/neg pristimer	uforudsigelig reguleringsretning/pris usikkert om aktivering

I modellen for VINDOPTIMERET OPLADNING:

- sikrer opladningen i spotmarkedet, at batteriet altid er tilstrækkeligt opladet til næste dags kørsel, og at opladning til næste dags kørsel altid gennemføres i timer med laveste spotpriser, og
- opladningen i regulerkraftmarkedet sikrer, at der kun oplades til laveste priser

Specielt større elbiler med stor batterikapacitet og/eller høj energieffektivitet kan forventes at opnå så hyppig aktivering i regulerkraftmarkedet, at opladning i spotmarkedet vil blive holdt på så få timer om året, at det vil få ubetydelig indflydelse på den årlige opladningsudgift.

Derudover sondres der som illustreret i figur 25 mellem opladning hjemme og på elbilejers arbejdsplads, hvor reglen er at oplade i både spot- og regulerkraftmarkedet på hjemmelokationen, men alene i regulerkraftmarkedet på arbejdslokationen.

Endelig bemærkes det, at det ville være muligt kun at oplade i regulerkraftmarkedet og opnå en lavere årlig opladningsudgift end ved VINDOPTIMERET OPLADNING, hvis operatøren ser bort fra, at opladningen vil medføre ubalancer.

Fx ved at afgive bud i regulerkraftmarkedet på nul kroner eller derunder løbende i hele rådgivningsperioden indtil et par timer før, elbilisten påbegynder næste dags kørsel. Såfremt der ikke opnås tilstrækkelig aktivering i nul/negative pristimer kan operatøren i de sidste timer hæve minimumsgrænsen, så der sikres tilstrækkelig aktivering.

Det vil dog medføre, at der muligvis bidrages til systemets samlede ubalancer i de sidste par timer, men det vil muligvis give en lavere årlig opladningsudgift end VINDOPTIMERET OPLADNING, ikke mindst hvis muligheden for reservationsbetalt indregnes. Det strider dog mod formålet med valget af opladningsstrategi, som er, at opladningen skal afhjælpe ubalancer, ikke bidrage til dem.

Sondringen mellem opladning til næste dags kørsel i spotmarkedet og opladning af overskydende batteri kapacitet i regulerkraftmarkedet kunne desuden udelades, hvis det inden spotmarkedets lukning ville være muligt med tilstrækkelig præcision at forudsige prisniveau og reguleringsretning for regulerkraft i hele den kommende rådgivningsperiode. Det er givetvis vanskeligt, og i givet fald anslås mervinsten i forhold til VINDOPTIMERET OPLADNING at blive marginal.

Hovedkriteriet for afgivelse af købsbud er kun at oplade i timer med de laveste priser. I spotmarkedet oplades i timer med laveste priser til næste dags kørsel. I regulerkraftmarkedet oplades kun i timer, hvor prisen er under et sæsonbestemt minimumsniveau.

Dermed forudsætter modellen at timerne med laveste priser (under nul kroner) kan forudsiges og rangordnes, hvilket er forbundet med usikkerhed. Hvis ikke dette er muligt, vil opladningen i regulerkraftmarkedet rangordne efter time, dvs. med risiko for, at batteriet oplades fuldt ud til lave priser, inden de laveste pristimer indtræffer. Det anslås i givet fald højest at ville få marginal betydning for den samlede årlige opladningsudgift.

4.2 DE FEM TEST-ELBILER

Beregningerne er gennemført med data for vindkraft, elhandlen og elmarkedspriser for Vestdanmark i 2010.

Der er sammenlignet beregninger for fem forskellige elbiler med varierende batterikapacitet og energieffektivitet. Fire elbiler har specifikationer svarende til modeller fra henholdsvis Mitsubishi (iMiEV), Nissan (Leaf) og Tesla (Roadster og Model S).

Variationerne giver mulighed for at analysere opladningsstrategiernes effektivitet for henholdsvis "små" elbiler og "store" elbiler, hvor små og store refererer til elbilernes batterikapacitet og rækkevidde.

Derudover testes strategierne på den tidligere beskrevne EV2010 med specifikationer, som vurderes at svare til en fremtidig "optimal"

elbil, hvad angår afvejningen af batterikapacitet og energieffektivitet. Specifikationerne for de fem testelbiler beskrives i figur 27.

Analyserne bygger desuden på opstillede forudsætninger for elbilejerens kørselsprofil med hensyn til kørselsforbrug, kørselsformål, hvornår elbilen er til rådighed for opladning, og hvornår elbilen anvendes til kørsel.

Kørselsprofilen som beskrevet i nedenstående figur er konstrueret ud fra repræsentative data fra Danmarks transportvaneundersøgelse (DTU) og Danmarks Statistik.

Endelig er forudsætningerne vedrørende ladepunktets kapacitet beskrevet i nedenstående figur 27. Der er valgt at teste modellen på et ladepunkt med en effekt på 11 kW.

FIGUR 27

KØRSELSVARIABLE TIL SIMULERING AF VINDOPTIMERET OPLADNING

	Reference elbil ^{*)}	Svarer til elbil	Batteri vol. kWh	Elforbrug Wh/km	Elforbrug Km/kWh	Rækkevidde Km/opl
Elbil specifikationer	Elbil 16/130	Mitsubishi iMiEV	16	130	7,7	123
	Elbil 24/160	Nissan Leaf	24	160	6,3	150
	Elbil 25/100	EV 2010	25	100	10	250
	Elbil 53/180	Tesla Roadster	53	180	5,6	294
	Elbil 90/186	Tesla S 2012	90	186	5,4	483
*) Betegnelsen "Elbil xx/yyyy" refererer til henholdsvis batterivolumen (kWh) og elforbrug per km (Wh/km). Referenceelbilerne er rangeret efter batterivolumen og elforbrug						
Elbilejers kørselsprofil	Kørselsforbrug Km/år	Kørselsforbrug Km/dag	Rådighedsperiode hj	Kørselsperiode ud	Rådighedsperiode arb	Kørselsperiode hjem
	16.425	45	18-08	8-9	9-17	17-18
Kilde: Fra Danmarks Transportvaneundersøgelser						
Ladepunkt kapacitet	Lokation	Ladepunkt	Effekt kW	Ladetab	Ladekapacitet netto kW	
	Hjemme og arbejde	3-fase 230V 16 amp	11	5%	10,5	

4.3 SIMULERING AF OPLADNINGSUDGIFT

Nedenfor refereres hovedresultaterne fra simuleringerne for en test-elbilejers opladning med de tre opladningsstrategier og de fem referenceelbiler.

4.3.1 ÅRLIG OPLADNINGSUDGIFT FOR VINDOPTIMERET OPLADNING

En elbil med et stort batteri er så forbrugsfleksibel, at den for det meste kun oplader i timer med negative elpriser, og der gør, at udgiften på årsbasis bliver under nul kr.

VINDOPTIMERET OPLADNING af en Tesla S koster på årsbasis minus 361 kr. Heraf koster den andel, der aktiveres i spotmarkedet 173 kr., og den del, der aktiveres i regulerkraftmarkedet minus 533 kr. Se figur 28.

Elbiler med store batterier aftager effektivt regulerkraft. Størstedelen eller 79 pct. af årsforbruget på 3.119 kWh aktiveres i regulerkraftmarkedet, nemlig 79 pct. Kun ca. 20 pct. aktiveres i spotmarkedet. Se figur 29.

Tæt på 100 pct. af den energi, en elbil med et stort batteri oplades med, vil være vindkraft.

Ca. 80 pct. af elbilens elforbrug er regulerkraft

og i overvejende grad indkøbt i timer med lave negative priser forårsaget af høje vindubalancer. Dvs. 80 pct. indkøbt i timer med sandsynligvis 100 pct. vindandel. Og de øvrige 20 pct. er indkøbt på spotmarkedet i døgnets timer med laveste pris og høje vindandele.

Det kan også hævdes, at en stor del af opladningen vil være vindkraft, som ellers ville være blevet eksporteret, og med et høje nettab.

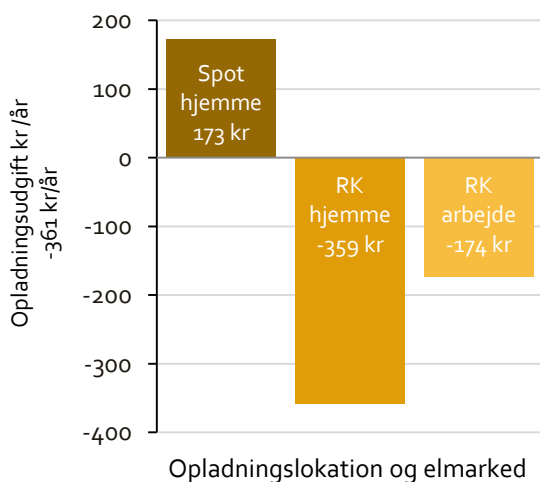
VINDOPTIMERET OPLADNING af elbiler med lang rækkevidde koster under nul kr. per år

VINDOPTIMERET OPLADNING af elbiler med lang rækkevidde består primært af regulerkraft

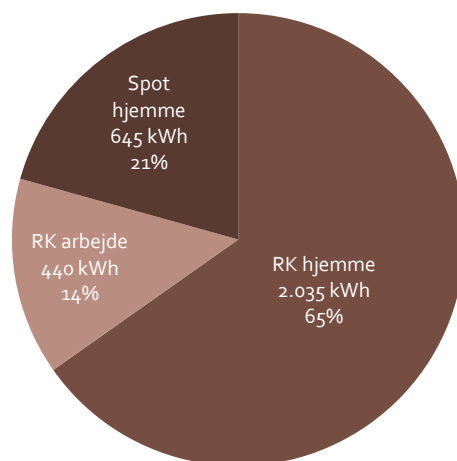
VINDOPTIMERET OPLADNING af elbiler med lang rækkevidde består primært af vindkraft

VINDOPTIMERET OPLADNING af elbiler med lang rækkevidde erstatter effektivt eksport af regulerkraft

FIGUR 28
VINDOPTIMERET OPLADNING:
ELUDGIFT FORDELT PÅ ELMARKED OG
LOKATION - TESLA S HJ-ARB



FIGUR 29
VINDOPTIMERET OPLADNING:
ELFORBRUG FORDELT PÅ ELMARKED OG
LOKATION - TESLA S HJ-ARB



4.3.2 SAMMENLIGNING AF FEM ELBILERS OPLADNINGSDUDGIFT

Sammenligningen af fem forskellige elbilers VINDOPTIMERET OPLADNING viser en tydelig sammenhæng mellem elbilernes rækkevidde og opladningsudgift. Når rækkevidden når op over et vist antal kilometer, bliver den årlige opladningsudgift negativ.

Elbiler med et stort batteri og lang rækkevidde er mere forbrugsfleksible, og det gør dem i stand til at oplade til flere dages kørsel, og dermed også bedre i stand til kun at skulle oplade, når elprisen er lavest. Modsat er elbiler med små batterier tvunget til at oplade hyppigt, også selv om elprisen er relativ høj.

Dette forhold er illustreret nedenfor i figur 30, hvoraf det fremgår, at opladningsudgiften for store elbiler er markant lavere end for små elbiler. Til trods for de store elbilers højere elforbrug.

VINDOPTIMERET OPLADNING koster minus 361 kr. om året for en Tesla S og 251 kr. for en Mitsubishi iMiEV. Selv om Tesla S har et elforbrug på 3.119 kWh/år, der er næsten 50 pct. højere end Mitsubishi iMiEV'ens elforbrug på 2.142 kWh/år.

Den gennemsnitlige udgift per kWh bliver for Tesla S (-361/3.119) -11,6 øre, og for Mitsubishi iMiEV (251/2.142) 11,7 øre.

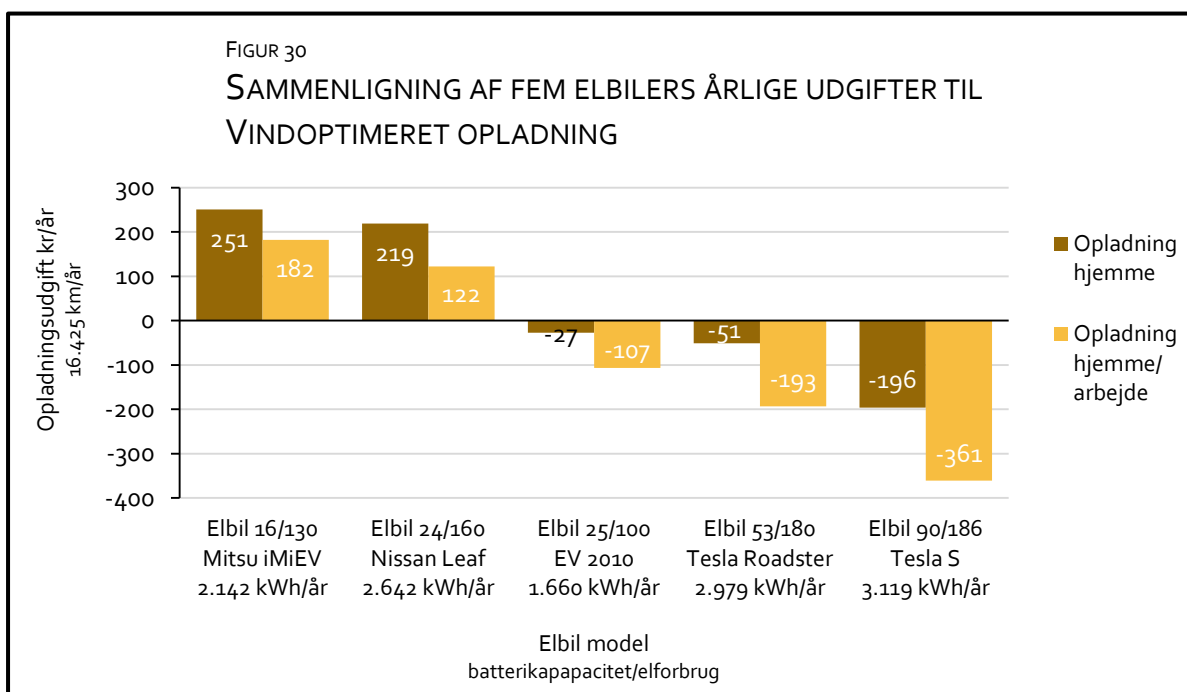
Samme mønster som for en elbil med et stort batteri gælder for en elbil med et moderat batteri (25 kWh) men med et markant lavt elforbrug (100 Wh/km), jævnfør midtersøjlerne i figur 30.

Tilsvarende generelle mønster, som for opladning hjemme og på arbejde, gør sig gældende, når rådighedsperioden afkortes til kun at omfatte opladning hjemme.

VINDOPTIMERET OPLADNING koster markant mindre for elbiler med lang rækkevidde end for elbiler med kort rækkevidde

Fx kan en (stor) Tesla S oplades billigere end en (lille) Mitsubishi iMiEV til samme kørselsforbrug

Selv om Tesla S'ens elforbrug er næsten 50 pct. højere end Mitsubishi iMiEV'ens



4.3.3 UDNYTTELSE AF REGULERKRAFT

Figur 31 nedenfor viser de fem elbilers elforbrug til VINDOPTIMERET OPLADNING i kilowatttimer procentfordelt på oprindelsesmarked og opladningslokation.

Som det fremgår af figuren er elbiler med lang rækkevidde markant bedre i stand til at aktivere opladning i regulerkraftmarkedet.

Den store elbil, Tesla S'en aktiverer 79 pct. af dens elforbrug til opladning i regulerkraftmarkedet. Tesla Roadster'ens regulerkraftandel når helt op på 88 pct. Og EV 2000 elbilen med moderat batterikapacitet men lavt elforbrug oplades med 65 pct. regulerkraft.

Mitsubishi iMiEV'en derimod placerer til sammenligning kun 36 pct. af dens elforbrug i regulerkraftmarkedet.

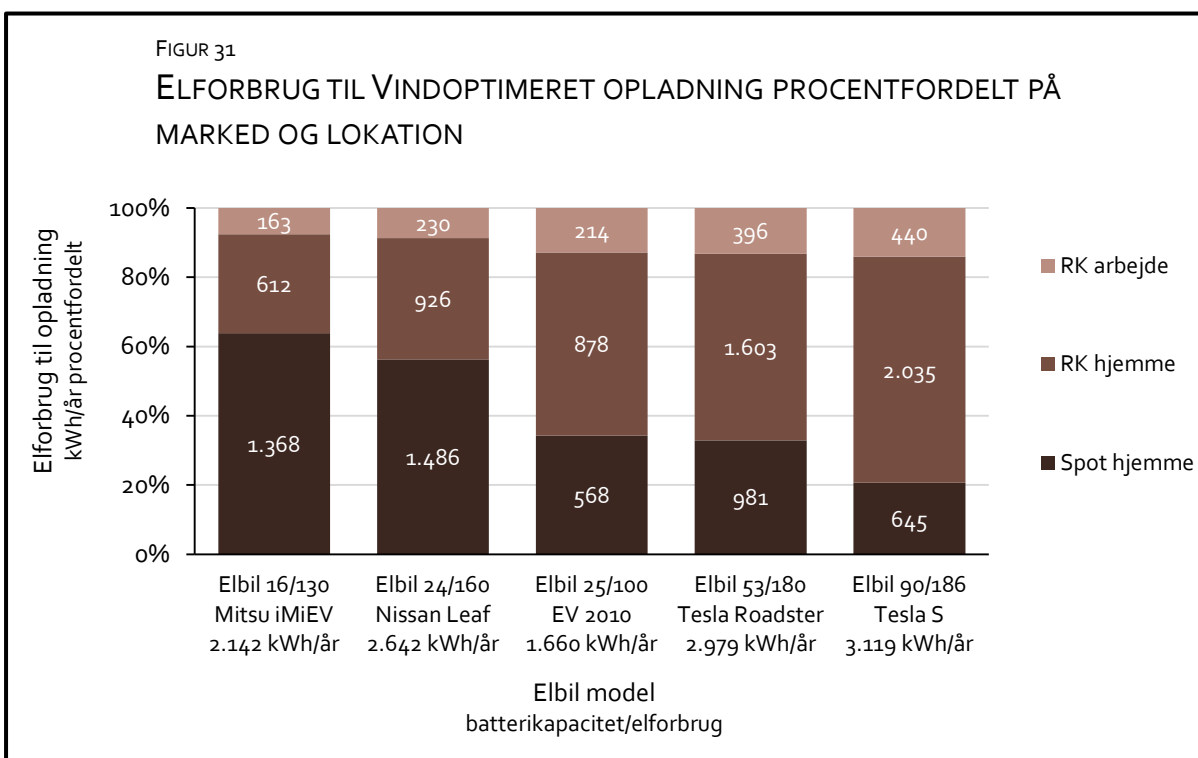
Det forklarer, hvorfor elbiler med et stort batteri og elbiler med et lavt elforbrug kan oplades til under nul kr. om året. Og det forklarer, hvorfor det koster mere at oplade elbiler med et lille batteri (og lavt elforbrug) end elbiler med et stort batteri (og et højt elforbrug).

Der er relativt flere timer med negative priser og niveauet er generelt lavere på regulerkraftmarkedet end på spotmarkedet. VINDOPTIMERET OPLADNING aktiverer effektivt opladning på regulerkraftmarkedet i disse timer, når elbilen er udstyret med et stort batteri og/eller har et særligt lavt elforbrug.

Dette understøtter argumentet for at anvende en kombineret tomarkeds strategi, hvor opladning i spotmarkedet ikke per automatik aktiveres, når prisen er nul/negativ, som det er reglen for aktivering i regulerkraftmarkedet, men i stedet kun når opladning er absolut nødvendig for at batteriet er tilstrækkeligt opladet til at kunne dække næste dags kørsel.

VINDOPTIMERET OPLADNING af elbiler med lang rækkevidde består primært af regulerkraft

VINDOPTIMERET OPLADNING af elbiler med kort rækkevidde består primært af spotmarkedsel



4.3.4 SAMMENLIGNING AF TRE OPLADNINGSTRATEGIER

I figur 32 nedenfor sammenlignes de fem elbilers opladningsudgifter alt efter, hvilken af de tre opladningsstrategier, der anvendes.

Spørgsmålet er: Kan VINDOPTIMERET OPLADNING betale sig? Hvor meget kan en elbilist spare ved at benytte VINDOPTIMERET OPLADNING i stedet for IKKE-STYRET og INTELLIGENT OPLADNING?

Som det fremgår af figuren, koster IKKE-STYRET OPLADNING fra 854-1.244 kr. per år for de fem elbiler. Og prisen er generelt stigende, jo større elbil(batteri) henholdsvis elforbrug. Samme mønster gælder for INTELLIGENT OPLADNING, men på et lavere niveau, 527-767 kr. per år.

VINDOPTIMERET OPLADNING er markant billigere for alle fem elbiler end alternativerne IKKE-STYRET og INTELLIGENT OPLADNING. Fra 182 kr. per år for Mitsubishi iMiEV til i den anden ende af skalaen - 361 kr. for Tesla S.

Og bemærkelsesværdigt er mønstret omvendt. Opladningsudgiften falder, jo større

elbil(batteri). Eller rettere sagt, jo længere rækkevidde. Trods generelt stigende elforbrug, hvis der ses bort fra EV2010 eksemplet.

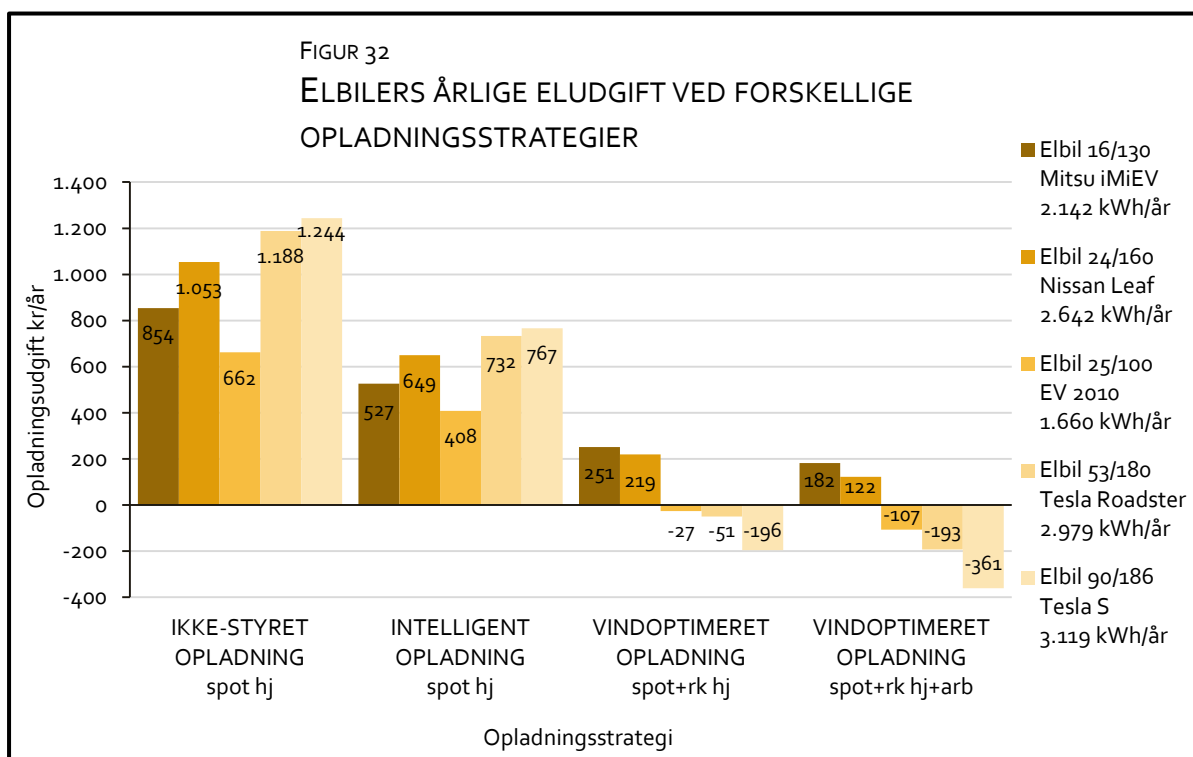
Besparselsen ved VINDOPTIMERET OPLADNING sammenlignet med IKKE-STYRET OPLADNING er 1.605 kr. per år for en Tesla S. En besparelse på 129 pct.

Sammenlignet med INTELLIGENT OPLADNING kan en Tesla S spare 1.128 kr. per år ved at skifte til VINDOPTIMERET OPLADNING. Dvs. en besparelse på 147 pct.

VINDOPTIMERET OPLADNING er markant billigere end både IKKE-STYRET OPLADNING og INTELLIGENT OPLADNING.

VINDOPTIMERET OPLADNING er markant billigst, uanset elbilens rækkevidde

VINDOPTIMERET OPLADNING af elbiler med rækkevidder, der er længere end 160-250 km, koster under nul kr.



4.3.5 FØLSOMHEDSANALYSER

Følsomhedsanalysen er afgrænset til at omfatte elbilers elforbrug ved konstant batterikapacitet. Kørselsrækkevidde per batteriopladning er en af de største usikkerheder ved fremtidens elbiler, dvs. forholdet mellem batterikapacitet og elforbrug. Elbilernes elforbrug varierer i forhold til flere faktorer. Fx elbilernes vægt, elmotorernes energiuudnyttelse, genvinding af bremse energi, kørslen, vejforhold, brug af varmeapparat osv.

Elbil-producenterne forventer at teknologiudviklingen vil bidrage til at øge kørselsrækkevidden. Fx er det producenten Tesla's mål, at den kommende Model S model i Premium udgaven vil være udstyret med en batteripakke, som giver en kørselsrækkevidde på ca. 480 km og med en energieffektivitet på ca. 186 Wh/km. Dvs. cirka samme elforbrug for Tesla S modellen som for Roadster modellen, trods S-modellens højere forventede vægt.

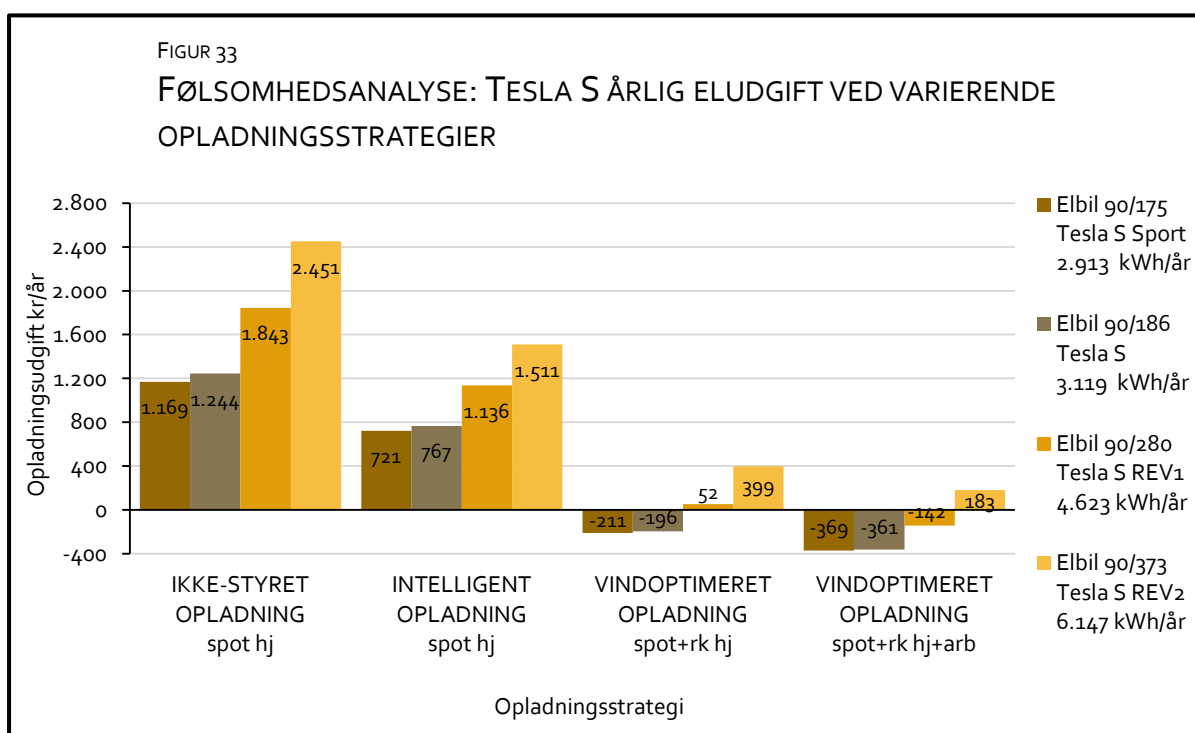
I nedenstående figur 33 er Tesla S modellens kørselsrækkevidde henholdsvis halveret og reduceret med en tredjedel (standard er 300 miles, en tredjedels reduktion svarer til 200

miles, og en halvering svarer til 150 miles). Ved samme batterikapacitet svarer det til et elforbrug på henholdsvis 280 og 373 Wh/km. Derudover vises beregninger for en model Tesla S Sport med et elforbrug på 175 Wh/km.

Jævnfør figuren vil en reduktion af elforbruget, når der oplades efter VINDOPTIMERET OPLADNING, kun få marginal betydning for den årlige opladningsudgift, nemlig 8 kr. ved VINDOPTIMERET OPLADNING hjemmearbejde og 15 kr. ved VINDOPTIMERET OPLADNING hjemme.

Ligeledes vil et øget elforbrug med, hvad der svarer til en reduktion af kørselsrækkevidden på en tredjedel, heller ikke betyde alverden for den årlige opladningsudgift, som dermed bliver -142 kr. for VINDOPTIMERET OPLADNING

Med en halvering af kørselsrækkevidden bliver årsudgifter henholdsvis 183 kr. (hjemmearbejde) og 399 kr. (hjemme). Tilsvarende marginale, omend nominelt lidt større variationer i den årlige kørselsudgift, opstår for IKKE-STYRET OPLADNING og INTELLIGENT OPLADNING.



5 EVALUERING AF RAMMEBETINGELSER

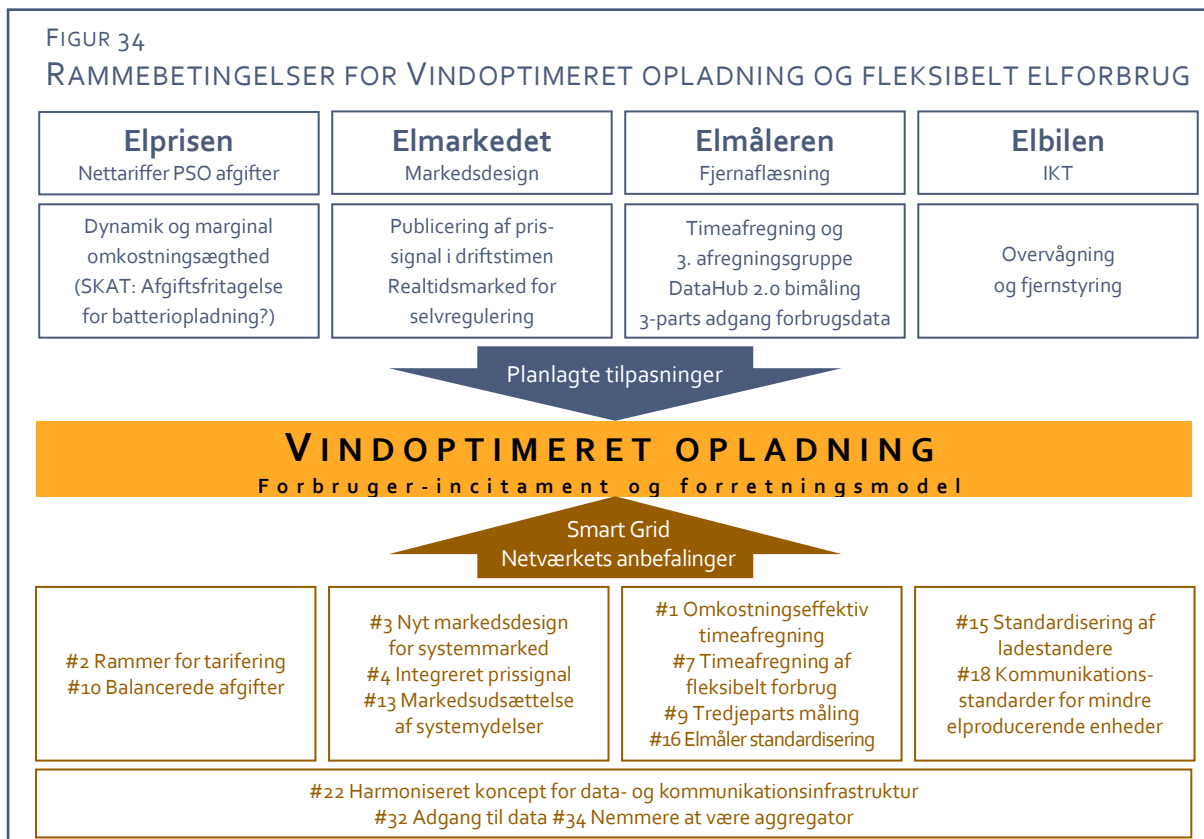
VINDOPTIMERET OPLADNING er jævnfør forrige kapitel markant billigere end IKKE-STYRET og INTELLIGENT OPLADNING, når udgiften beregnes i elmarkedspriser. En elbiler kan spare ca. 1.600 kr. om året på elmarkedspriser ved at udskyde opladningen til de billigste timer? Men gælder det også, når udgiften opgøres i forbrugerelpriser, dvs. den elpris elbileren reelt skal betale for elforbruget? Og kan VINDOPTIMERET OPLADNING betale sig, når fx omkostninger til forbrugsmåling og timeafregning medregnes? Fremmer de gældende rammevilkår VINDOPTIMERET OPLADNING optimalt, eller er der behov for tilpasninger? Og hvad med de planer, der skal fremme fleksibelt elforbrug generelt? Vil de også specifikt fremme VINDOPTIMERET OPLADNING, eller skal der mere til?

I dette kapitel identificeres fire rammevilkår, der har afgørende betydning for realisering af VINDOPTIMERET OPLADNING:

1. Dynamiske tariffer og afgifter (elprisen)
2. Regler for markedsdeltagelse (elmarkedet)
3. Fjernaflest forbrugsmåling (elmåleren)
4. Adgang til bildata (elbilen)

Rammerne evalueres i relation til de nuværende regler og de anbefalinger, der lægges op til i aktuelle redegørelser vedrørende Smart Grid og fleksibelt elforbrug generelt. Se figur 34.

I næste kapitel stilles forslag til ændringer i rammebetingelserne, som specifikt kunne fremme VINDOPTIMERET OPLADNING.



5.1 ELPRISEN: TARIFFER OG AFGIFTER

De rammebetingelser, der i dag gælder for nettatariffer, PSO og statslige afgifter, tilskynder ikke optimalt til VINDOPTIMERET OPLADNING. En elbilist med en Tesla S kan spare ca. 1.600 kr. årligt på at tidsstyre opladningen efter de timer, hvor elmarkedsprisen på spot- og regulerkraftmarkedet er lavest.

Men hvis elbilejeren skal have fuldt udbytte af besparelsen, skal den elpris, vedkommende betaler for elforbruget til opladning, også afregnes som en tidsdynamisk variabel. Problemet er, at elmarkedsprisen kun udgør en brøkdel af den totale forbrugerepris, som elbilisten i praksis skal betale for elbilens elforbrug, og de øvrige priselementer er faste.

Den forbrugerepris, som mindre kunder betaler for elforbrug, kan opdeles i tre dele:

1. Kommerciel el: Elmarkedsprisen plus elleverandørens fortjeneste
2. Tariffer: Nettatariffer, PSO mv.
3. Statslige afgifter

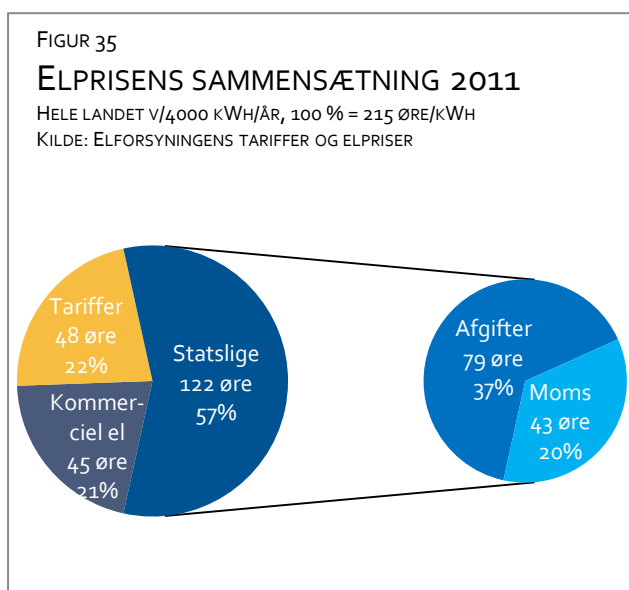
Et eksempel på forbrugereprisens sammensætning er illustreret i figur 35, og i figur 36 er delelementerne yderligere udspecificeret på de omkostningsposter, de finansierer.

5.1.1 OPLADNING TIL NUVÆRENDE TARIFFER OG AFGIFTER

Ifølge de nuværende regler betaler mindre elforbrugere faste beløb for tariffer og afgifter, uanset hvornår forbruget finder sted. Det betyder, at det alene er prisen for kommerciel el, der kan opkræves som en variabel, og den udgør typisk kun ca. en femtedel af den samlede forbrugerepris.

En elbilejer med en Tesla S kan spare mellem 130 og 160 pct. ved at vælge VINDOPTIMERET OPLADNING i stedet for IKKE-STYRET og INTELLIGENT OPLADNING, når der regnes i rene elmarkedspriser. Men når nettatariffer, PSO og statslige afgifter samt moms indregnes i den forbrugerepris, elbilejeren skal betale, reduceres den procentuelle besparelse til ca. 30 pct. Se figur 37.

Når tariffer og afgifter opkræves som faste betalinger, betaler elbilejeren samme beløb, uanset hvornår opladningen gennemføres. Dvs. uanset om elbilen benytter IKKE-STYRET OPLADNING eller VINDOPTIMERET OPLADNING. Og uanset hvor effektivt opladningens elforbrug indkøbes i elmarkedet og effektiviserer udnyttelsen af vindkraft.



FIGUR 36
TARIFFER OG AFGIFTER (HELE LANDET 01.01.2011)

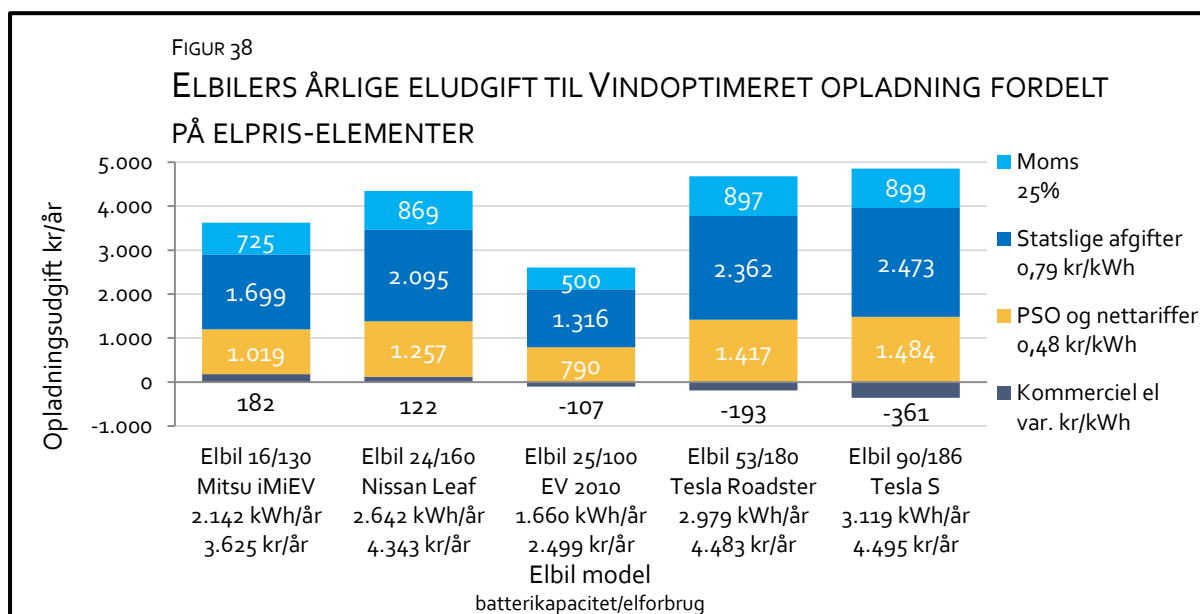
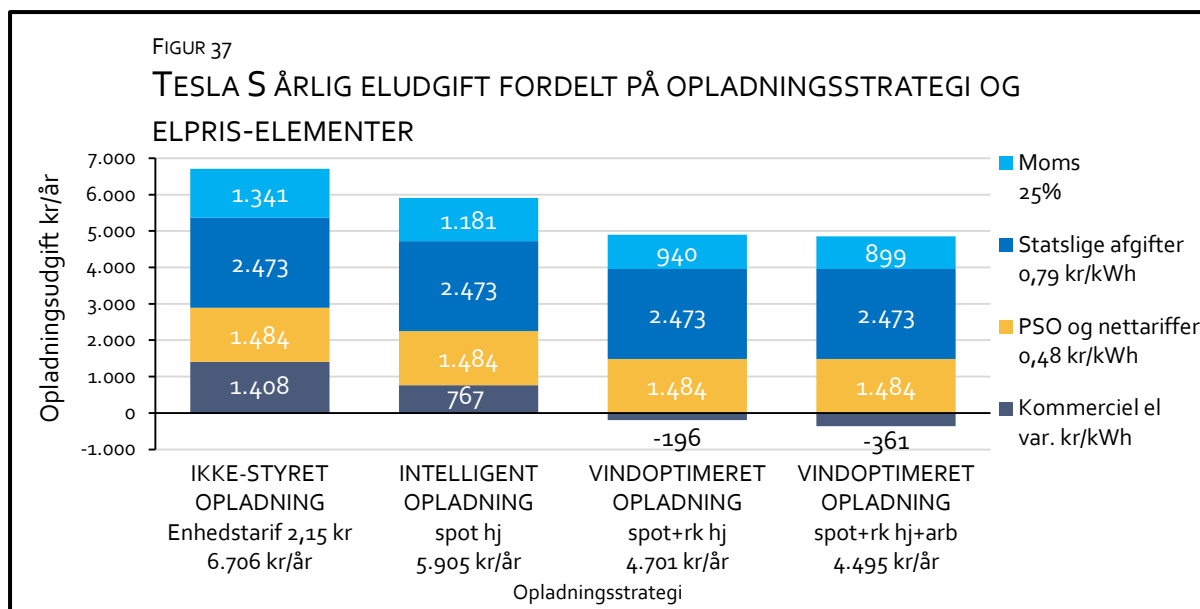
Gennemsnitlig samlet elpris v/4000 kWh/år, øre/kWh		Statslige afgifter øre/kWh	
Abon forsyningspligt	2,64	Almindelig elafgift	62,40
Abon og effektbet net	15,78	Tillægsafgift el	6,00
PSO	6,00	Eldistributionsafgift	4,00
Energinet.dk transmis	7,40	Elsparebidrag	0,60
Regional transmission	0,89	Energispareafgift	6,30
Lokal nettarif	14,86		
Tariffer i alt	47,57		
Kommerciel el	45,13		
I alt eksl moms	92,70	I alt eksl moms	79,30
Moms	23,18	Moms	19,83
I alt inkl moms	115,88	I alt inkl moms	99,13
Forbrugerepris inkl moms = 2,15 kr/kWh			
Kilde: Elforsyningsnetts tariffer & elpriser 2011, Dansk Energi, 2011			

Til trods for, at VINDOPTIMERET OPLADNING på ingen måde i samme grad som de øvrige opladningsstrategier belaster de bagvedliggende omkostningsposter, som tariffene og afgifterne finansierer. I flere tilfælde direkte aflaster VINDOPTIMERET OPLADNING netto de pågældende omkostningsposter, hvorimod IKKE-STYRET OPLADNING belaster dem maksimalt.

Eksempelvis afregnes VINDOPTIMERET og IKKE-STYRET OPLADNING for samme nettabstarif, hvor der i praksis vil være tale om en negativ meromkostning for VINDOPTIMERET OPLADNING og en døgnmaksimal meromkostning for IKKE-STYRET OPLADNING.

Det kunne også hævdes, at faste tariffer og afgifter skævvrider de reelle meromkostninger, som elbiler med varierende rækkevidde påfører de bagvedliggende omkostningsposter, når opladningen gennemføres som VINDOPTIMERET OPLADNING.

Som illustreret i figur 38 betaler en Tesla S næsten 5.000 kr. i tariffer og afgifter, samt moms heraf, og en Mitsubishi iMiEV betaler ca. 3.400 kr. Selv om der for Tesla S'en reelt ville være tale om, at den i flere tilfælde påfører de bagvedliggende omkostningsposter negative marginalomkostninger, hvor Mitsubishi iMiEV'en påfører dem positive marginalomkostninger.



5.1.2 OPLADNING TIL DYNAMISKE TARIFFER OG AFGIFTER

De nuværende faste tariffer og afgifter giver kun et ringe incitament til elbilers aktive deltagelse i elmarkedet, selv om elmarkedspriserne i fremtiden slår igennem overfor forbrugerne. De faste tariffer og afgifter udgør en så stor andel af forbrugerprisen, at investeringer i avancerede strategier som VINDOPTIMERET OPLADNING næppe vil kunne finansieres og i givet fald kun udgøre et ringe incitament for den enkelte elbilejer.

Der er derfor gennemført beregninger for at belyse effekten af dynamiske tariffer og afgifter, hvor de som en fast procentvis andel af elmarkedsprisen på engrosmarkedet. Procentsatsen er i beregningerne fastsat således, at det samlede provenu for elforbruget i Vestdanmark i 2010 bliver det samme, som med den nuværende tarif- og afgiftsstruktur. Ved negative elpriser beregnes ikke betaling.

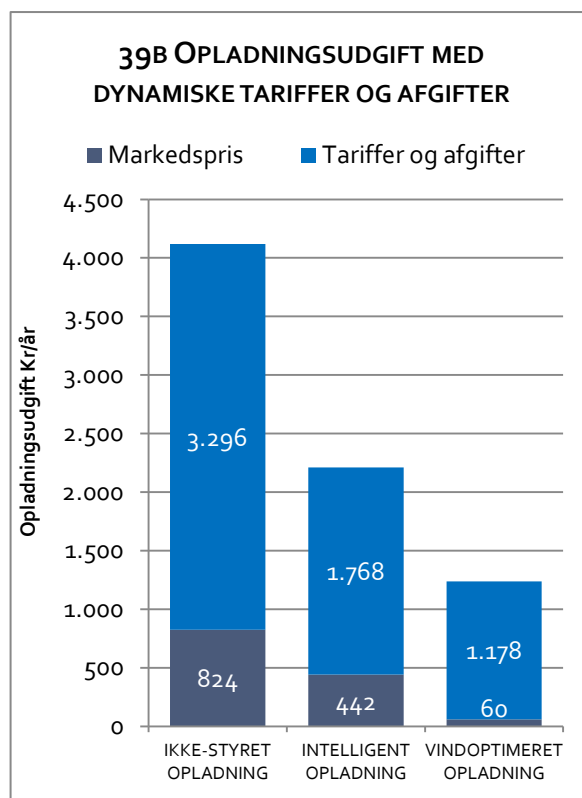
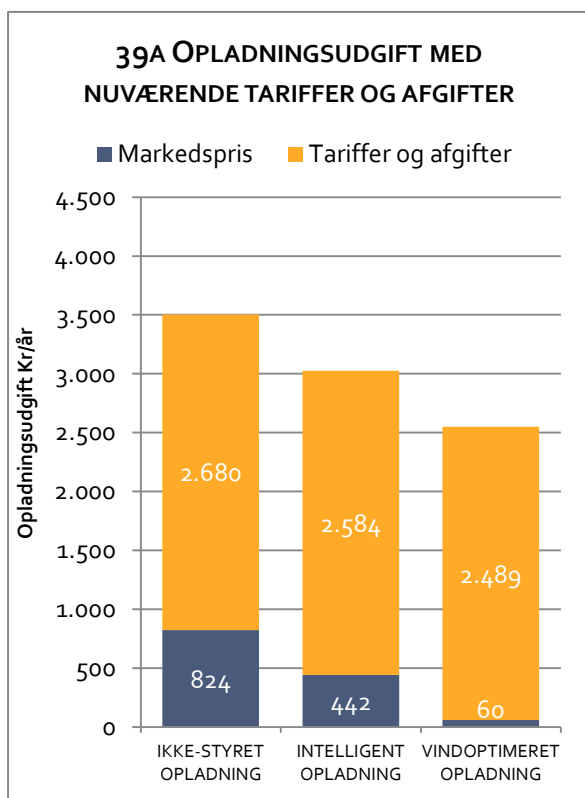
Opladningsudgiften for avanceret elbil- EV 2010 - med alternative opladningsstrategier

og afgiftssystemer. Af hensyn til en optimering af batteriets levetid udnyttes i disse beregninger kun 60 % af batteriets nominelle kapacitet. Dette giver lidt højere opladningsudgifter, idet en mindre del af opladningen kan finde sted i regulerkraftmarkedet.

Som figurerne viser, betyder de skitserede dynamiske tariffer og afgifter:

- en *mindre* stigning i udgifterne ved IKKE-STYRET OPLADNING,
- en *mærkbar* reduktion af udgifterne ved INTELLIGENT OPLADNING, og
- en *væsentlig* reduktion af udgifterne ved VINDOPTIMERET OPLADNING

De analyserede dynamiske tariffer og afgifter afspejler derfor på en hensigtsmæssig måde fordelingen af de samfundsøkonomiske fordele ved de undersøgte opladningsstrategier, og de vil kunne være et aktivt incitament til at fremme et optimalt samspil mellem elbilers opladning og indpasning af en højere vindkraft andel i elsystemet.



5.2 ELMARKEDET: MARKEDSADGANG OG OMKOSTNINGER

VINDOPTIMERET OPLADNING er elbiler, der deltager aktivt i både spot- og regulerkraftmarkedet. Favorable regler for markedsadgang, publicering af markedsinformation og omkostninger ved markedsdeltagelse er derfor af afgørende betydning for realiseringen af et opladningskoncept, der bygger på VINDOPTIMERET OPLADNING.

VINDOPTIMERET OPLADNING bygger på, at et antal elbiler afgiver aggregerede direkte købsbud på spot- og regulerkraftmarkedet, således at de i sig selv ikke bidrager til ubalancer, men afhjælper dem. Netop forudsætningen om med tilstrækkelig sandsynlighed at opnå favorable aktiveringer i regulerkraftmarkedet er strategiens svaghed, idet det bygger på en forudsætning om, at det en vis tid forinden er muligt at forudsige udviklingen på regulerkraftmarkedet.

Forslaget om at fremrykke publiceringen af aktiverede regulerkraftbud til driftstimen er et skridt på vejen til at lette regulerkraftmarkedets forudsigelighed. En yderligere lempelse, eksempelvis hvor også afgivne bud offentliggøres løbende, ville fremme VINDOPTIMERET OPLADNING yderligere.

Det samme ville en nedsættelse af minimum budgrænsen for deltagelse i spot- og regulerkraftmarkedet, som illustreret i figur 40. Og

ligeledes en favorisering af elbilers deltagelse på omkostningssiden.

Et bud, der afgives på regulerkraftmarkedet, skal minimum være på 10 MW, og det forudsætter, at et antal mindre forbrugsenheder puljes i en gruppe, der kan agere som en samlet enhed overfor markedet. Mindstebud krævet forudsætter fx mindst 988 elbiler, der oplader samtidig med en effekt på ca. 11 kW, for at der kan afgives bud på regulerkraftmarkedet. Derudover kræves det, at enhedernes forbrug online måles i realtid, og at det er en balanceansvarlig virksomhed, der aktiverer enhederne, når Energinet.dk ordrer det.

Energinet.dk foreslår i rapporten "Udvikling af rammer for regulerkraft", at offentliggørelsen af regulerkraftprisen fremskyndes således, at prisen på det sidst aktiverede bud publiceres løbende i driftstimen¹. I dag offentliggøres det sidst aktiverede bud i det fælles nordiske marked (NOIS, Nordisk Operations Informations System) én time efter driftstimen.

Forslaget indebærer, at der i realiteten indføres et realtidsmarked for balanceydelse. Formålet er, at give mindre forbrugsenheder mulighed for at levere balanceydelse til Energinet.dk ved selv at regulere i forhold til den offentliggjorte pris. Uden at de behøver at opfylde alle krav til aktiv markedsdeltagelse.

FIGUR 40

KORRELATION MELLEMINIMUM BUDSTØRRELSE PÅ SPOT- OG REGULERKRAFTMARKEDET (MW) OG ANTAL NØDVENDIGE ELBILER

	Minimum antal netforbundne elbiler for at opfylde minimum budstørrelse		
Min. bud/Kapacitet (MW)	3,6 kW	11 kW	11 kW - 92 pct. rådighed
1	278	91	99
5	1.389	455	495
10	2.778	910	988
50	13.889	4.550	4.940

Det nye forslag åbner mulighed for en øget aktivering af mindre forbrugsenheder i regulerkraftmarkedet, idet de hver for sig selvstændigt vil kunne reagere på et publiceret prissignal, såkaldt selvregulering, og uden at elforbruget nødvendigvis fjernaflæses i realtid.

Grundprincipperne bag den nye model er, at:

- Prisen på det sidst aktiverede bud på NOIS-listen offentliggøres i driftstimen
- Forbrug inkluderes i det eksisterende fælles nordiske regulerkraftmarked - dvs. nye former for balanceringsydelse skal konkurrere med eksisterende leverandører
- Den eksisterende markedsmodel fastholdes – aktiveringer af balanceringsydelse sker gennem de balanceansvarlige
- Anvendelse af den nye model kræver aftale mellem balanceansvarlige og slutkunden
- Aktivering af balanceringsydelse sker ud fra omkostning og ikke efter anlægstype

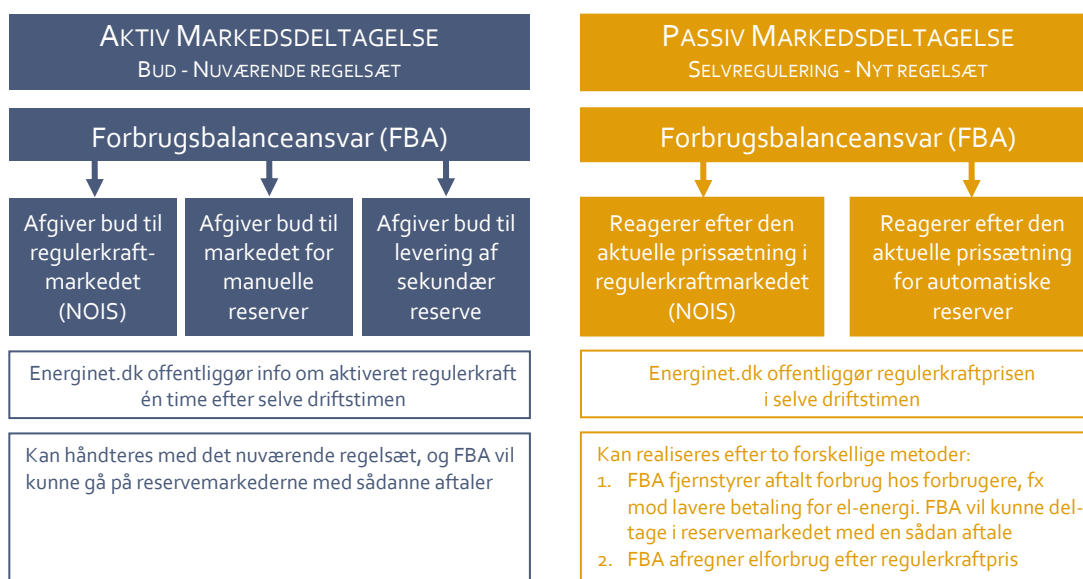
Det nye forslag skal ses som et supplement til den nuværende model, således at der fremover vil være to metoder, hvorpå forbrug kan deltage i balanceopgaven; enten ved at deltage i det eksisterende marked ved at følge de nuværende regelsæt, eller ved at foretage selvregulering (levering af balancering uden aktivering fra systemansvaret). Se figur 41.

Forbrugsbalanceansvarlige aktørers balanceafregning afregnes efter et étprissystem. Aktører, der har indkøbt for meget strøm i spotmarkedet og dermed efterfølgende er nødt til at sælge strøm til Energinet.dk i balancemarkedet, vil uanset om elsystemet er i op- eller nedregulering modtage regulerkraftprisen for dens ubalance.

Er elsystemet i opregulering, dvs. der er mangel på strøm, modtages regulerkraftprisen for opregulering, og den er højere end spotprisen. Er elsystemet i nedregulering, dvs. der er overskud af strøm, modtages regulerkraftprisen for levering af nedregulering, og den er lavere end spotprisen.

FIGUR 41

FORBRUGS DELTAGELSE I REGULERKRAFTMARKEDET



Kilde: Illustreret ud fra rapporten "Udvikling af rammer for regulerkraft - Indpasning af mindre forbrugsenheder og andre mindre enheder i regulerkraftmarkedet", Energinet.dk, 2010

5.3 ELMÅLEREN: DATAADGANG OG OMKOSTNINGER

VINDOPTIMERET OPLADNING vil forudsætte, at elbilerne timemåles og timeafregnes. Ligeledes, at de realtidsdata, der kræves i dokumentation for deltagelse i spot- og regulerkraftmarkedet, kan leveres omkostningseffektivt af de måleansvarlige netselskaber. Alternativt kunne tredjepartsvirksomheder tillades adgang til at udføre forbrugsmåling, datavalidering og videreformidling. Eller det kunne tillades, at de opsætter og benytter bimålere.

Energinet.dk m.fl. foreslår i rapporten "Fremme af prisfleksibelt elforbrug for små og mellemstore kunder", at der introduceres en ny 3. afregningsgruppe for timeafregnede skabelonkunder, hvor tidsfristen for netvirksomheden til at hjemtage timeværdier udvides i forhold til de gældende markedsregler. Forslaget indebærer, at der indføres et afregningsalternativ med lav abonnementsbetaling for mindre kunder, så det også kan blive attraktivt for dem at indrette elforbrug fleksibelt efter spotprisen på engrosmarkedet.

Omkostninger til validering af data ved timeafregning har betydning for størrelsen af abonnement. I stedet for som nu at skulle fremsende måldata til Energinet.dk den 3. arbejdsdag efter driftsdøgnet, og rette fejl inden 5. arbejdsdag, vil timeværdierne kunne hjemtages til afregning fx én gang om måneden og videresendes senest 5 arbejdsdage efter driftsmånedens udgang.

VINDOPTIMERET OPLADNING forudsætter, at elbilerens elforbrug timeafregnes, og det

forudsætter fjernaflæst timemåling. Et årsabonnement for timeafregning på op til 5.000 kr. er en barriere. Det ville overstige besparelsen ved VINDOPTIMERET OPLADNING.

Figur 42 viser de forventede omkostninger for en 3. afregningsgruppe afhængig af flere forudsætninger samt, om virksomheden allerede har udrullet fjernaflæsningsmålere. I de tilfælde, hvor målerne er udrullet, er niveauet i abonnementsforøgelsen 20-50 kr./år.

Ulempen ved en 3. afregningsgruppe er, at der ikke skabes direkte kobling mellem kundernes fleksible forbrug og indkøb i engrosmarkedet, da de aktuelt målte timeværdier først er tilgængelige for dem, der skal handle strømmen i engrosmarkedet efter fx en måned. Dermed ville 3. afregningsgruppe ikke kunne fremme VINDOPTIMERET OPLADNING.

Oprettelse af 3. afregningsgruppe, hvor datavalideringskravene lempes, for at muliggøre omkostningseffektiv timeafregning af skabelonkunder og udnyttelse af fleksibelt elforbrug generelt, vil ikke fremme VINDOPTIMERET OPLADNING. 3. afregningsgruppe vedrører alene spotmarkedet, og indkøbet vil stadig blive foretaget, som var der tale om skabelonkunder.

VINDOPTIMERET OPLADNING sigter primært på at placere opladning i regulerkraftmarkedet, og det er afgørende for effektiviseringsgevinsterne, at indkøbet baseres på elbilernes respons på markedsdannelsen.

FIGUR 42

FORØGELSEN AF ABONNEMENTSOMKOSTNINGER VED HÅNDTERING AF EN 3. AFREGNINGSGRUPPE

		Om fjernaflæste målere er fuldt udrullet	
		Ja	Nej
Timeafregnet efter lempeligt regelsæt for 3. afregningsgruppe	Alle	20-50 kr.	200 kr.
	Enkeltvis	150 kr.	500 kr.

Kilde: Fremme af prisfleksibelt elforbrug for små og mellemstore kunder, Energinet.dk, 2011

5.4 ELBILEN: IKT-ADGANG OG OMKOSTNINGER

VINDOPTIMERET OPLADNING forudsætter, at data fra forskellige datakilder og udstyr omkostningseffektivt kan integreres med den intelligens, der tidsstyrer og optimerer opladningen i forhold til vindproduktionen og elmarkedet. Jævnfør ovenfor rejser det en række spørgsmål vedrørende realtidsadgang til data i målepunktets afregningsmåler og fx omkostninger til videreformidling i overensstemmelse med givne dokumentationskrav.

Tilsvarende gælder data, der registreres i elbilens IKT-system, og som det også vil være nødvendigt at integrere omkostningseffektivt, for at VINDOPTIMERET OPLADNING kan betale sig. Fx data vedrørende kørselsforbrug, lokation, opladningsstatus, tilslutningsstatus samt fjernstyring osv. Se figur 43.

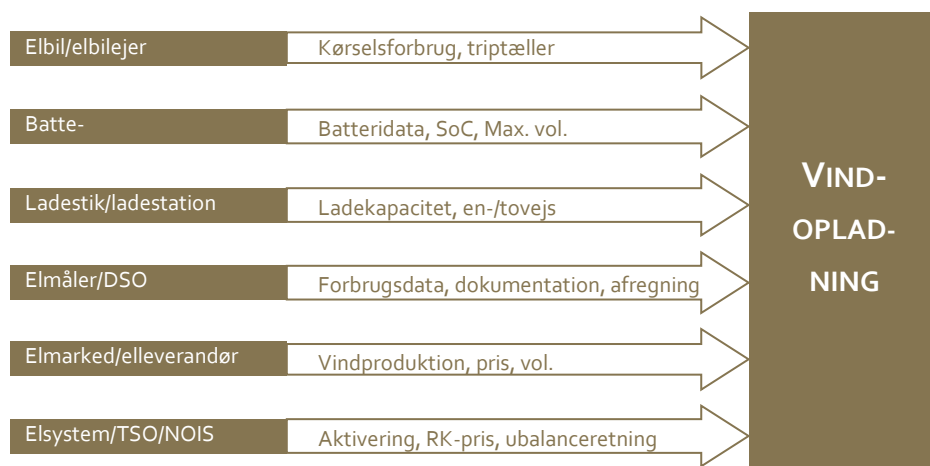
Ifølge de nuværende regler kan elbilisten forvente at skulle betale ca. 5.000 kr. om året for procesomkostninger vedrørende data, der registreres i forbrugsmåleren. Elbilproducenterne kunne i teorien opkræve tilsvarende betalinger for adgang til data i elbilens IKT-system og for adgang til fjernstyring af opladningen. Fremtidens elbiler vil givetvis være udstyret med alle nødvendige IKT-faciliteter, for at kunne oplade som VINDOPTIMERET OPLADNING. Spørgsmålet er, om elbilprodu-

centerne vil tillade, at elbilejeren overdrager adgang hertil til fx elleverandører, der tilbyder VINDOPTIMERET OPLADNING. Eller om elbilproducenterne vil opkræve betaling herfor, udstede eksklusivrettigheder og udelukke andre leverandører mod betaling. Eller om de vil kræve, at de mod betaling selv leverer data og fjernstyringsadgang.

Der er talrige indikationer for, at det bliver tilfældet, og det kan resultere i, at effektiviseringsgevinsterne og besparelserne ved VINDOPTIMERET OPLADNING vil tilfalde elbilproducenterne, og ikke elbilejerne og vindkraftproducenterne, som det var præmissen for denne rapport's formålsbeskrivelse. Elbilproducenterne har allerede udviklet de nødvendige IKT-systemer og fjernstyringsudstyr til VINDOPTIMERET OPLADNING (se case story på næste side), og det kan forventes fabriksindbygget i næste generation elbiler. Eftersom området er ureguleret, vil elbilproducenterne have større adgangsmagt og disse data og faciliteter, end de måleransvarlige netvirksomheder har over elmålerne i dag. Alternativt kan det blive nødvendigt at installere ekstraudstyr, men det vil givetvis blive for omkostningskrævende, og det vil alligevel ikke helt eliminere behovet for adgang til elbilens IKT.

FIGUR 43

DATAINPUT OG DATAKILDER TIL VINDOPTIMERET OPLADNING



CASE STORY

SMARTE OPLADNINGS APPLIKATIONER TIL ELBILER

Udvalgte mobiltelefon brugergrænseflader fra elbilproducenters opladningsapplikationer. Fra oven Nissan Leaf, Ford Focus Electric, GM Volt og BMW's i3 og i8 koncept.

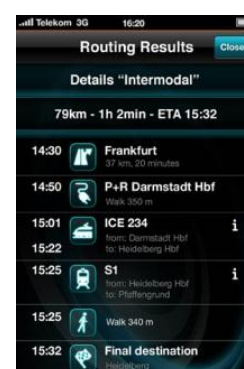
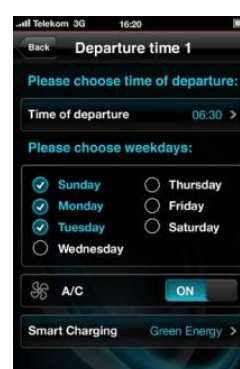
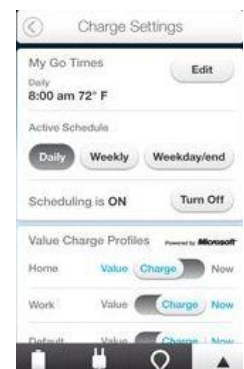
Fords app modtager et opladningssignal direkte fra elbilerens elleverandør. Signalet styrer, om opladningen skal påbegyndes straks eller udskydes til elprisen er lavest. Tjenesten er udviklet af og leveres af Microsoft.

I Fords app kan brugeren indtaste sin foretrukne profil "Value Charge Profiles", hvor der er mulighed for at vælge mellem at oplade "Nu" eller når prisen er "Billigst". Også denne tjeneste er "Powered by Microsoft".

I GM Volts app har elbileren mulighed for at vælge mellem "straks ladning" eller "udskudt netvenlig ladning".

I BMW's app indstilles timeren med afgangstidspunkt og om ugedagens opladninger skal være "Smart Charging" eller "Green Energy".

Med GM Volts OnStar kan elbilens intelligente ladesystem integreres med en ladeoperatør og et elsystem med fx vedvarende energi.



6 KONKLUSIONER OG ANBEFALINGER

Der er i denne rapport udviklet en markedsmodel for, hvordan elbiler kan oplades med vindkraft til maksimal fælles gavn for elbilejerne, vindkraftproducenterne og samfundet.

Modellen består dels af en opladningsstrategi, VINDOPTIMERET OPLADNING, der tidsstyrer efter elprisen og vindkraftandelen på spot- og regulerkraftmarkedet. Så opladningsudgiften minimeres, og elbilen mest kører på CO₂-fri vindkraft. Den anden del består af en budstrategi for elkøb på markederne.

Dermed både reagerer og influerer VINDOPTIMERET OPLADNING på markedsdannelsen i vindkraftens favør. Så de økonomiske effektiviseringsgevinster ved at matche elbilens forbrugsfleksibilitet med vindkraftens fluktuationer på fair vis deles. Elbilejerne får billig opladning og vindmøllejerne opnår bedre driftsøkonomi. Og udnyttelsen af vindkraft effektiviseres, så dens markedsværdi øges, og der skabes rum for, at den planlagte udbygning kan indføres samfundsøkonomisk omkostningseffektivt.

Dertil kommer netdrifts besparelserne og de samfundsøkonomiske gevinster, der nærmere beskrives til sidst i dette kapitel i forbindelse med anbefalingerne til tilpasninger af rammebetingelser.

VINDOPTIMERET OPLADNING er en helhedsorienteret markedstilgang til optimeret opladning af elbiler. Det gør, at der kan skabes signifikant højere økonomiske gevinster, end der kan med alternative opladningsstrategier.

Der sammenlignes med to alternativer. "Simple" INTELLIGENT OPLADNING, der alene optimerer i spotmarkedet, når elprisen er lavest, og som ikke udnytter regulerkraftmarkedet mange nul/negative pristimer. Og IKKE-STYRET OPLADNING i spotmarkedet, som

påbegyndes efter elbilejerens bekvemmelighed, dvs. straks efter hjemkomst sidst på eftermiddagen, hvor elprisen typisk er højest.

Rapporten har simuleret opladningen for en repræsentativ dansk arbejdspendlers kørselsforbrug og analyseret diverse elbilmodellers opladningsudgift og alternative opladningsstrategier. Opladningsudgiften opgøres som elforbrugets samlede elmarkedspris på spot- og regulerkraftmarkedet.

Elbiler, der er udstyret med et stort batteri, kan oplades med VINDOPTIMERET OPLADNING til et års kørsel for under nul kroner i elindkøb

VINDOPTIMERET OPLADNING af en Tesla S koster minus 361 kr. per år

Analysen² omfatter alene envejs opladning, dvs. at der afgrænses fra tovejsladning og muligheden for at aflade batteriet tilbage til elnettet og fx skabe indtjening ved at afgive salgsbud på opregulering. Desuden afgrænses fra at deltage i markedet for manuelle reserver og opnå reservationsbetaling. VINDOPTIMERET OPLADNING kan udvides med disse muligheder, og det ville i givet fald øge gevinsterne betydeligt.

Laveste opladningsudgift

Hovedkonklusionen er, at elbiler kan opnå store besparelser ved at benytte VINDOPTIMERET OPLADNING i stedet for alternativene IKKE-STYRET og INTELLIGENT OPLADNING. Elbiler med store batterier kan opnå besparelser på over 100 pct., så opladningsudgiften bliver under nul kroner for et års kørsel. For elbiler med små batterier koster elforbruget til VINDOPTIMERET OPLADNING under et par hundrede kroner.

Analysens nok mest bemærkelsesværdige resultat er, at elindkøbet til et års kørsel i en Tesla S kan gøres for minus 361 kr., når den benytter VINDOPTIMERET OPLADNING. For en Mitsubishi iMiEV koster et års VINDOPTIMERET OPLADNING 182 kr., og det svarer til en besparelse på ca. 60-80 pct. i forhold til alternativene.

Lige så bemærkelsesværdig er det, at det med VINDOPTIMERET OPLADNING er billigere at oplade elbiler, der er udstyret med store batterier, end elbiler, der er udstyret med små batterier. For de to andre opladningsstrategier er det omvendt. De gør det dyrest at oplade elbiler udstyret med store batterier.

VINDOPTIMERET OPLADNING til et års kørsel koster ca. 500 kr. mindre for en Tesla S end for

en Mitsubishi iMiEV. Selv om en Tesla S (3.119 kWh) bruger næsten 50 pct. mere energi end en Mitsubishi iMiEV (2.142 kWh), til samme kørselsforbrug på 16.425 km/år. Tesla S opnår en gennemsnitlig købspris på elmarkedet på 12 øre per kWh, mens iMiEV må betale 8 øre per kWh. Hver kørt kilometer i en Tesla S koster -2 øre, og i en iMiEV ca. 1 øre.

Med VINDOPTIMERET OPLADNING er opladningsudgiften omvendt proportional med rækkevidden. Jo længere rækkevidden er, jo lavere er opladningsudgiften. Med IKKE-STYRET og INTELLIGENT OPLADNING er den proportional. Længere rækkevidde giver højere udgift. Tesla S koster 240-390 kr. mere end en Mitsubishi iMiEV.

Tesla S'ens rækkevidde gør, at en batteriopladning vil kunne dække cirka en uges kørsel, og det gør den i stand til effektivt at udnytte de relativt mange nul/negative pristimer på regulerkraftmarkedet. Tesla S oplader 80 pct. af dens elforbrug med regulerkraft. Mitsubishi iMiEV kan oplades til 2-3 dages kørsel, og den placerer 37 pct. af dens elforbrug i regulerkraftmarkedet.

VINDOPTIMERET OPLADNING gør det billigere at oplade en Tesla S med 100 pct. vindkraft end at oplade en Mitsubishi iMiEV med 50 pct. vindkraft. Selv om Tesla S med et årsforbrug på 3.000 kWh bruger op mod 50 pct. mere energi end en Mitsubishi iMiEV.

Rammebetingelserne gør, at det koster ca. 5.000 kr. at oplade en Tesla S med 100 pct. vindkraft, mens det koster 3.600 kr. at oplade en Mitsubishi iMiEV med fx 50 pct. vindkraft og 50 pct. fra kraft- og kraftvarmeværkerne.

Vindkraftens markedsværdi

VINDOPTIMERET OPLADNING øger vindkraftens markedsværdi og mere effektivt end INTELLIGENT og IKKE-STYRET OPLADNING.

² I kapitlet med konklusioner er alle værdier afrundet, og der er tale om cirka-værdier

Vindkraft har en negativ prisprofil på elmarkedet, der belaster producenternes driftsøkonomi. I visse perioder, fx med høj vindstyrke, og laveste forbrug, dominerer vindkraften prisdannelsen, og presser prisen ned.

Det gør, at vindkraft på årsbasis opnår en lavere gennemsnitspris end fx kraftvarmeværkerne. På regulerkraftmarkedet presser vindkraften i særlig grad prisen ned, når prognosefejl forværrer systembalancen, og det falder sammen med visse forhold, som fx høj vindproduktion og lavt forbrug. Det gør, at der relativt hyppigt forekommer nul/negative priser på nedregulering, og det rammer vindproducenternes driftsøkonomi.

VINDOPTIMERET OPLADNING adresserer effektivt vindkraftens negative prisprofil og effektiviserer udnyttelsen til gavn for vindproducenternes driftsøkonomi. Hvis mange elbiler ville placere det meste af deres elforbrug i de timer på de markeder, hvor vindkraften afregnes til laveste markedspriser, og hvor vindandelen er højest, vil elbilernes prispræstige gavn vindproducenterne mest.

Det er netop, hvad VINDOPTIMERET OPLADNING gør. VINDOPTIMERET OPLADNING placerer ca. 80 pct. af en Tesla S' årsforbrug i regulerkraftmarkedet, og i overvejende grad i timer med nul/negative priser.

I 2010 var der 327 timer med nul/negative priser på regulerkraftmarkedet. Der blev afsat lidt over 100.000 MWh vindkraft til nul/negative priser, og det kostede producenterne ca. 70 mio. kr. Vindproduktionen på 100.000 MWh svarer cirka til 45.000 elbilers årsforbrug. I år 2020, når vindkraften er udbygget til at udgøre 50 pct. af forbruget, vil der måske være 1.200 timer med nul/negative priser, hvis ikke problemet løses.

Vindkraftens negative prisprofil og prognosefejl koster hvert år producenterne et trecifret millionbeløb, og det gør vindkraften særlig

afhængig af pristilskud og ubalancetilskud, som finansieres via PSO-tariffen på elkundernes elregninger. En del af tilskuddene kunne potentielt spares ved at tilpasse rammebetingelserne, så de optimalt tilskynder til VINDOPTIMERET OPLADNING.

Som rammebetingelserne er i dag, vil VINDOPTIMERET OPLADNING ikke kunne realiseres. Og alene på grund af rammebetingelserne. Faste nettariffer, PSO og statslige afgifter vil udvande elbilerens incitament.

Høj abonnementsbetaling på op mod 5.000 kr. per år for forbrugsaflysning af timeværdier, plus ekstra abonnement for den halvdel af elkunderne, der endnu ikke har en timemåler, vil gøre VINDOPTIMERET OPLADNING dyrere end andre typer opladning.

Til trods for, at VINDOPTIMERET OPLADNING i langt mindre grad ville belaste, og i flere tilfælde direkte ville aflaste, de omkostningsposter, som tariffene og afgifterne finansierer. Det anbefales derfor, at rammebetingelserne tilpasses, så de optimalt fremmer VINDOPTIMERET OPLADNING.

Anbefaling 1: Timeafregning med dynamiske tariffer og afgifter

Det anbefales, at rammebetingelserne for nettariffer, PSO og statslige afgifter på el indrettes således, at de optimalt forstærker den økonomiske tilskyndelse til at vælge VINDOPTIMERET OPLADNING og tilsvarende opladningsstrategier, der målrettet effektiviserer udnyttelsen af vindkraft og elsystemet.

Der kunne fx indføres tidsdifferentierede nettariffer, PSO og statslige afgifter, der reelt afspejler de bagvedliggende marginalomkostninger, det pågældende forbrug giver anledning til i den pågældende time. Eller der kunne ganske enkelt indføres tariffer og afgifter, der varierer procentuel med elmarkedsprisen, når

den er over nul kroner, og ellers fritage for betaling, når prisen er nul eller derunder.

Tariffer og afgifter opkræves i dag som faste betalinger, og de udgør cirka trefjerdedele af forbrugereprisen. Det betyder, at en elbilist vil skulle betale det samme til tariffer og afgifter for VINDOPTIMERET OPLADNING som for INTELLIGENT og IKKE-STYRET OPLADNING. Selv om VINDOPTIMERET OPLADNING i visse tilfælde kun ville belaste de bagvedliggende omkostninger med en brøkdel af, hvad de andre strategier ville.

Med VINDOPTIMERET OPLADNING ville nettabstariffen, der er en del af distributionstariffen, typisk blive negativ. Med IKKE-STYRET OPLADNING ville den blive maksimal. VINDOPTIMERET OPLADNING ville kunne effektivisere udnyttelsen af den eksisterende netinfrastruktur. IKKE-STYRET OPLADNING ville kræve betydelige nyinvesteringer.

VINDOPTIMERET OPLADNING ville spare PSO. IKKE-STYRET OPLADNING ville koste PSO. VINDOPTIMERET OPLADNING ville bidrage til at nå de vedtagne CO₂-reduktionsmål og burde derfor ikke opkræves for CO₂-afgift. IKKE-STYRET OPLADNING ville øge samfundets udgifter til at nå målene.

Hvis fremtidens elbilejere skal have et incitament til at bidrage til at effektivisere udnyttelsen af vindkraft og spare samfundet for merudgifter til blandt andet netudbygning vil det kræve, at der indføres dynamiske, marginal omkostningsægte nettatariffer, PSO og statslige afgifter for elforbrug.

Anbefaling 2: Forbrugs adgang til deltagelse i regulerkraftmarkedet

Det anbefales, at reglerne for deltagelse i regulerkraftmarkedet tilpasses, så fleksibel elforbrugs aktive markedsdeltagelse med direkte budafgivelse på nedregulering favoriseres.

Elbiler skal i dag opfylde samme regler for markedsdeltagelse, som fx et kraftvarmeværk. I lyset af de effektiviseringsgevinster, der kan opnås med VINDOPTIMERET OPLADNING, ville det være hensigtsmæssigt at lette reglerne for fleksibel elforbrugs markedsdeltagelse med afgivelse af direkte bud på nedregulering.

Det ville ikke være nok at fremme muligheden for at aktivere fleksibelt elforbrug uden direkte markedsdeltagelse med budafgivelse. Sådelt selvregulering. Det ville ikke i samme grad effektivisere udnyttelsen af vindkraft, som direkte budgivning fx med VINDOPTIMERET OPLADNING.

Det bør indføres tiltag, der ikke kun fremmer aktivering af fleksibelt elforbrug generelt, men som målrettet fremmer fx VINDOPTIMERET OPLADNING, eller mest hensigtsmæssigt, som direkte favoriserer de mest samfundsøkonomisk gavnlige typer aktivering, som fx VINDOPTIMERET OPLADNING.

Fx en sænkning af minimumsgrænsen for købsbud til 1 MW for elbilers aggregerede forbrug, lempeligere krav til individuel online måling, tillade tredjeparts forbrugsaflysning og tredjepartsmålere, lempeligere krav om selvstændig balanceansvarindmelding, indsendelse af køreplaner mv.

Anbefaling 3: Timeafregning og kosteffektiv måleraflysning

Det anbefales,

- at der politisk besluttes en dato for, hvornår alle forbrugere skal kunne timeafregnes, og
- at der politisk besluttes en tidsplan for effektiviseringsmål, der kan nedbringe omkostningerne til håndtering af timeafregnede forbrugeres målerdata, så betaling for måleraflysning kommer på niveau med skabelonafregnede forbrugeres betaling.

Der er i dag to absolutte barrierer for, at VINDOPTIMERET OPLADNING kan realiseres fuldt ud. Den ene er, at kun cirka halvdelen af elforbrugere indtil videre har fået installeret en fjernaflæst timemåler.

Den anden er, at timeafregnede forbrugere i tillæg til ekstra abonnementsbetaling for timemåleren kan forvente at skulle betale ca. 5.000 kr. i abonnement for måleraflæsning, datavalidering og videreformidling af forbrugsdata, og dermed vil ekstraomkostningerne ved VINDOPTIMERET OPLADNING overstige besparelserne.

Oprettelse af en 3. afregningsgruppe, hvor datavalideringskravene lempes, for at muliggøre omkostningseffektiv timeafregning af skabelonkunder og udnyttelse af fleksibelt elforbrug generelt, vil ikke fremme realisering af VINDOPTIMERET OPLADNING.

En 3. afregningsgruppe vedrører alene spotmarkedet, og indkøbet vil stadig blive foretaget, som var der tale om skabelonkunder. VINDOPTIMERET OPLADNING sigter primært på at placere opladning i regulerkraftmarkedet, og det er afgørende for effektiviseringsgevinsterne, at indkøbet baseres på elbilernes respons på markedsdannelsen.

Anbefaling 4: Adgang til IT og data i ladestander, elbil og elmåler

Det anbefales,

- at der stilles krav om, at indbygget IT, software og interfaces i ladestander, elbiler og elmålere omkostningseffektivt skal kunne integrere med andet udstyr og services
- at det besluttet, at forbrugsdata er forbrugers ejendom, og at det er dennes ret at overdrage dataadgang til en tredjepartsvirksomhed efter eget valg
- at elbilejere får ret til at vælge at få elbilens forbrug aflæst af en tredjepartsvirksomhed
- at tredjepartsvirksomheders aflæsning og bimålere, fx indlejret i ladestander eller elbil, vil kunne godkendes til forbrugsafregning og som dokumentation for markedsdeltagelse

Elbilejere bør frit kunne vælge elleverandør til opladning, og de bør frit kunne vælge udstyr og en servicevirksomhed til at forestå tidsstyringen, naturlig under forudsætning af at generelle standardkrav er opfyldt. De muligheder giver rammebetingelserne ikke i dag.

LITTERATURFORTEGNELSE

- Elforsyningens tariffer & elpriser pr. 1. januar 2011, Dansk Energi, marts 2011
- Effektiv anvendelse af vindkraftbaseret el i DK, Samspil mellem vindkraft, varmepumper og elbiler, Energinet.dk, 2009
- Bedre integration af vind, Analyse af elpatronloven, treleds-tariffen for mindre kraftvarmeanlæg, afgifter og andre væsentlige rammebetingelser”, Ea Energianalyse og Risø DTU for Energistyrelsen og Skatteministeriet, 2009
- Redegørelse om mulighederne for og virkningerne af dynamiske tariffer for elektricitet, Energistyrelsen, 2010
- Redegørelse om muligheder for og virkninger af ændrede afgifter på elektricitet med særlig henblik på bedre integration af vedvarende energi (dynamiske afgifter), Skatteministeriet, 2010
- Udvikling af rammer for regulerkraft, Indpasning af mindre forbrugsenheder og andre mindre enheder i regulerkraftmarkedet, Energinet.dk, 2010
- Fremme af prisfleksibelt elforbrug for små og mellemstore kunder, Energinet.dk og Dansk Energi, 2011
- Potentiale og muligheder for fleksibelt elforbrug med særligt fokus på individuelle varmepumper, Energinet.dk, 2011
- Redegørelse om mulighederne for anvendelse af prisfleksibelt elforbrug i det danske elsystem, Energistyrelsen, 2006
- Analyse af grænsesænkning for fjernaflæsning og timeafregning, Energinet.dk, 2009
- Det intelligente elforbrug - Salgsprodukter på elmarkedet, Energistyrelsen, 2009
- Redegørelse om standarder for måling af el i slutforbruget, Energistyrelsen, 2009
- Vindkraft og eloverløb, Energistyrelsen, 2011
- Danmarks eksport af vindmøllestrøm, Energistyrelsen, 2008
- Stamdataregister og datahub til håndtering af måledata i det danske elmarked, Energistyrelsen, 2009
- Kundernes adgang til oplysninger i DataHub'en, Energinet.dk, 2010
- Introduktion til DataHub projekt, Energinet.dk, 2010
- Meddelelse fra Kommissionen: "Intelligente forsyningsnet: fra innovation til etablering – Smart Grids", Klima- og Energiministeriet, 2011
- Aspekter krav til elbil ladeinfrastruktur, Energinet.dk 2010
- El- og hybridbiler, Samspil med elsystemet, Energistyrelsen, 2010
- Redegørelse om rammebetingelser for opstilling af ladestationer til elbiler, Energistyrelsen, 2011
- Hovedrapport fra Smart Grid Netværkets arbejde, Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2011
- Vores Energi, Regeringen, 2011
- Forskrift C2: Balancemarkedet og balanceafregning, Energinet.dk, 2008
- Strategiplan 2010, Energinet.dk, 2010
- Systemplan 2011, Energinet.dk, 2011
- FlexPower projektbeskrivelse, Ea Energianalyse m.fl., 2010
- Electric Vehicles in Future Market Models, EDISON Deliverable D2.3, 2011
- Introducing Electric Vehicles into the Current Electricity Markets, EDISON Deliverable D2.3, 3.0 2010
- Distributed Integration Technology Development, EDISON Deliverable D3.1, 2011
- Market mechanisms and ICT architecture EVs
- Harmonization of Balance Regulation in the Nordic Countries, Nordel 2008
- Umsetzung der Marktprozesse für Elektromobilität, regio it aachen gesellschaft für informationstechnologie mbh,
- Electric Vehicles for Improved Operation of Power Systems with High Wind Power Penetration, Esben Larsen, Divya K. Chandrashekhara, Jacob Østergård, DTU, 2008
- Opportunities for the Use of Renewable Energy in Road Transport, IEA-RETD RETRANS, 2010
- Bucks for balancing: Can plug-in vehicles of the future extract cash – and – carbon from the power grid?, National Grid & Ricardo, 2011
- PJM and Better Place An Assessment of the Price Impacts of Electric Vehicles on the PJM Market 2011
- Beyond the plug: finding value in the emerging EV charging ecosystem – Business strategy analysis, Ernst & Young, 2011
- Plug-in Hybrid Electric Vehicles as Control Power, Case studies of Sweden and Germany, Master thesis, Sara-Linnéa Andersson & Anna Elofsson, Calmers/ETH Zürich, 2009
- Using EVs to Meet Balancing Requirements Associated with Wind Power, DOE PNNL 2011
- The relationship between electricity price and wind power generation, DTU

