

51352-1 | 2023-05-31

# Dansmästaren - Dansar elbilsägare efter det lokala elnätets pipa?



# Dansmästaren

Dansar elbilsägare efter det lokala elnätets pipa?

Cajsa Bartusch och Tina Ringenson, Uppsala universitet  
Sara Renström, RISE

Dansmästaren (the dance master) - Are electric car owners dancing to the tunes of the local power grid

Uppsala universitet, Institutionen för samhällsbyggnad och industriell teknik  
Box 169, 751 04 Uppsala

Projektleddare: Cajsa Bartusch, Uppsala universitet

Tina Ringensson, Uppsala universitet

Sara Renström, RISE

Mathilda Ogden, STUNS energi

Diarenummer: 2020-014294

Projektnummer: 51352-1

---

## Förord

Dansmästaren – Dansar elnätsägare efter det lokala elnätets pipa? har genomförts i programmet SamspeL med finansiering från Energimyndigheten. Projektet har letts av Uppsala universitet och har genomförts i samverkan med RISE, Uppsala Parkerings AB och STUNS energi.

Samarbete har skett med projektet “Morgondagens mobilitetshus: systemmodellering och experiment med fokus på tekniska och sociotekniska aspekter”, som finansierades av Vinnova, koordinerades av Institutionen för elektroteknik vid Uppsala universitet och genomfördes tillsammans med STUNS energi och Uppsala Parkerings AB. De båda projekten delade referensgrupp och samordnade sina interna och externa möten.

Även projektets referensgrupp - som omfattades av Emil Andersson, WSP och BeBo; Fredrik Carlsson, Vattenfall FoU; Patrik Palo, Volvo Cars; Thomas Lindgren, Högskolan i Halmstad och Volvo Cars; Jenny Palm, Lunds universitet; Annika Strömdahl, RISE; Christofer Sundström, Linköpings universitet; Maria Thomtén, Uppsala Kommun; Hampus Thuresson, Power Circle; Reza Younesi, Uppsala universitet och ALTRIS; Uwe Zimmerman, Uppsala universitet och Micael Östlund, Skolfastigheter - har bidragit till projektet med sin erfarenhet och kompetens inom det aktuella området.

Uppsala, 31 maj 2023



Cajsa Bartusch

## Sammanfattning

Titeln "Dansmästaren" syftar till mobilitetshuset i Uppsala med samma namn och undertiteln "Dansar elbilsägare efter det lokala elnätets pipa" till parkörers drivkrafter och hinder att vara flexibla när de laddar sina el- och hybridbilar. Studiens resultat visar att smart laddning är mindre problematiskt i anslutning till bostaden än på publika parkeringsplatser. Detta eftersom osäkerheten är mindre och tillförlitligheten större i samband med den förra och vice versa med den senare. Ekonomiska incitament tenderar att vara en viktig drivkraft, och rädslan för utebliven laddning och laddblockning, betydande barriärer för flexibel laddning vid publik parkering.

*Nyckelord: efterfrågefleksibilitet, smart laddning, prismodeller, mobilappar*

## Summary

The title “Dansmästaren (the dance master)” refers to the mobility house in Uppsala by the same name and the sub-title ”Are electric car owners dancing to the tunes of the local power grid” to parkers’ drivers and barriers to being flexible when charging their electric and hybrid cars. The results of the study show that smart charging is less problematic adjacent to the home than in public parking lots. This is because the uncertainty is less and the reliability greater in connection with the former and vice versa with the latter. Financial incentives tend to be an important driver, and the fear of missing out on charging and “charge blocking, significant barriers to flexible charging in public parking.

*Keywords: demand response, smart charging, price models, mobile apps*

---

## INNEHÅLL

<b>1</b>	<b>INLEDNING</b>	<b>7</b>
1.1	BAKGRUND	7
1.2	SYFTE	8
1.3	PUBLIK LADDNING	8
<b>2</b>	<b>GENOMFÖRANDE</b>	<b>9</b>
2.1	KUNSKAPSGENERERING OCH -SAMMANSTÄLLNING	9
2.2	UTVECKLING AV DESIGNKONCEPT	9
2.2.1	FLEXIBELT INOM RAMAR	9
2.2.2	SAMMA FÖR ALLA	10
2.2.3	VÅGA ELLER SÄKRA	10
2.3	ANVÄNDARTESTER	10
2.4	PROJEKTETS DELTAGARE	11
<b>3</b>	<b>RESULTAT</b>	<b>12</b>
3.1	SMART LADDNING I VARDAGEN	12
3.2	PARKÖRERNAS LADDNINGSPREFERENSER	14
3.3	SLUTSATSER	17
<b>4</b>	<b>DISKUSSION</b>	<b>18</b>
4.1	FOKUS FÖR FORTSATTA STUDIER	19
<b>5</b>	<b>REFERENSER</b>	<b>20</b>

# 1 Inledning

Laddfordon som flexibilitetsresurs har teoretiskt en stor teknisk potential att bidra med flexibilitet i det elektriska energisystemet, men i praktiken kan den möjligheten begränsas av det faktum att förutsättningarna för elkonsumenter att bidra till en effektivare användning av lokala elnät i det avseendet är bristfälliga. Att involvera parkeringskunder är således en avgörande framgångsfaktor i samband med all form av utveckling som syftar till att främja smart laddning.

## 1.1 Bakgrund

Andelen elbilar i Sverige måste öka för att påskynda övergången till ett helt fossilfritt energisystem (se exempelvis SOU 2016:94 och European Commission, 2017). Om elbilarna inte laddas på ett smart sätt kan de emellertid bidra till en högre risk för effekt- och kapacitetsbrist i elnätet, vilket även en ökad andel intermittent vind- och solkraft i energisystemet gör. Genom att främja laddning av elbilsbatterier när tillgången och kapaciteten i elenergisystemet är höga kan elbilar istället bidra med efterfrågeflexibilitet och därmed att upprätthålla balansen mellan tillgång och efterfrågan i ett framtida energisystem (se exempelvis Alvehag m fl, 2016). Med vehicle to grid-teknik (V2G-teknik), det vill säga teknik som möjliggör överföring av energi från elbilsbatterier till elnätet, kan elbilar dessutom fungera som effektreserv vid kritiska tidpunkter.

Elbilar kan således teoretiskt bidra till både en ökad eller minskad risk för kapacitets- och effektbrist beroende på hur mycket och när elbilsförare i praktiken väljer att ladda dem. Det är därför viktigt att det finns ett fungerande samspel mellan elkonsumenterna/elbilsförarna, elbilarna och elsystemet. Flexibel elbilsladdning och elbilbatteriers nätnytta möjliggör inte bara en ökad andel intermittenta förnybara energikällor i energisystemet, vilket är en förutsättning för att åstadkomma ett fossilfritt energisystem, utan kan också ses som ett resurseffektivt komplement till elnätsförstärkningar. Detta eftersom elbilsbatterier med V2G-teknik kan användas både för framdrift av fordon och som energilagring åt energisystemet.

För att underlätta elbilsladdning och öka incitamenten för fossilfria bilar infördes den 15 maj 2020 nya lagkrav för alla parkeringar med fler än 10 parkeringsplatser. Lagändringen innebär en implementering av EUs ändringsdirektiv om byggnaders energiprestanda, som stipulerar att minst en femtedel av parkeringsplatserna ska förberedas för elbilsladdning (SFS 2020:274). Detta, tillsammans med den ökade elektrifieringen av såväl den svenska fordonsflottan som samhället i stort, leder till ökad belastning på lokala elnät. I Uppsala, liksom i flera andra svenska städer, råder redan idag kapacitetsbrist under ca 200 timmar per år.

Framtidens hållbara energisystem beskrivs ofta som ett system där elkonsumenter spelar en mer aktiv roll genom att de t ex köper produkter som kan drivas med förnybara energikällor, väljer el från förnyelsebara källor, sparar på el, köper energieffektiva produkter, inte använder el under effekttoppar för att balansera tillgång och efterfrågan, eller producerar egen el (Skjølvold, Ryghaug, & Berker, 2015; Katzeff m fl., 2017; Geelen, 2014). I tillägg beskrivs ofta en passiv elkonsument som problematisk; som någon som inte bidrar till framtidens hållbara energisystem (Naus, 2017). Användning och laddning av elbilar representerar en del av vardagslivet där elkonsumenter förväntas spela en mer aktiv roll i energisystemet. För att bidra till en minskad klimatpåverkan förväntas de dels investera i elbilar och nödvändig laddningsutrustning, dels ladda elbilen när det är fördelaktigt för det lokala elnätet och tillåta att bilens batteri används för olika typer av nätnyttor.

Trots att detta innebär stora förändringar för elkonsumenterna är deras perspektiv sällan vägledande i forsknings- och utvecklingsprojekt om framtidens hållbara energisystem (se översikt i Katzeff m fl., 2017). Genom att utgå från elkonsumenters egna framtidsvisioner fann exempelvis Renström (2019) att synen på hushåll som antingen aktiva och "bra" elkonsumenter eller passiva och "dåliga" elkonsumenter begränsar de många olika roller som hushåll skulle kunna spela i ett framtida hållbart energisystem. Dessutom accepterade elkonsumenterna i sina egna framtidsvisioner ganska långtgående anpassningar av vardagen, så länge förutsättningarna för dessa finns. Detta mer nyanserade perspektiv på elkonsumenter har därför utgjort ledstjärnan i det här projektet.

## 1.2 Syfte

Mot ovanstående bakgrund är det övergripande syftet med projektet att skapa goda förutsättningar för parkeringskunder att anpassa laddningen av sina elbilar till det lokala elnätets effektbehov och därmed bana väg för elbilsägare som leverantörer av flexibilitet.

Målet med projektet är dels att bidra till den samlade kunskapen om elkonsumenters roll i framtidens hållbara energisystem i allmänhet samt elbilsägars drivkrafter och hinder att bidra till upprätthållandet av den lokala effektbalansen i synnerhet, dels att med utgångspunkt från den kunskapen utveckla och testa ändamålsenligheten hos en parkeringstariff och mobilapplikation i kontexten publik laddning för ändamålet nätnyttä och efterfrågefleksibilitet i den elektrifierade transportsektorn.

Flera tidigare studier kring elanvändning och smarta energisystem har framhållit vikten av att utgå från elkonsumenter och deras behov i designen av energilösningar för smarta hem (Katzeff m fl., 2017). Användarcentrerad design och tjänstedesign är processer där just användarnas behov och deras vardagsliv utgör utgångspunkter. Sådana designprocesser har därför varit centrala för utvecklingen av såväl parkeringstariffen som mobilapplikationen.

## 1.3 Publik laddning

Det finns huvudsakligen två typer av publik elbilsladdning: brådskande laddning ("urgent charging"), som avser situationer när elbilen inte har nått sin slutdestination och laddningshastigheten således har relativt stor betydelse, till exempel vid ett stopp under en längre resa (Zhang, Hu, och Song, 2016), samt destinationsladdning (destination charging), som avser laddning av elbilar på platser där behovet av parkering ofta är oberoende av fordonets laddningsnivå, det vill säga när det primära syftet är att parkera och möjligheten till laddning betraktas mer som en bonus (Schmidt, Staudt, och Weinhardt, 2020). Publik destinationsladdning sker vanligtvis på platser som hotell, snabbköp och gym. Att ladda under natten på en publik parkeringsplats i anslutning till ett bostadsområde kan också anses vara en typ av destinationsladdning. En storskalig elektrifiering av fordonsflottan i städer kan innebära att publik destinationsladdning blir det primära laddningsalternativet för en större andel av den bilburna befolkningen, vilket betyder att den potentiellt har betydande möjligheter att bidra med flexibilitet i lokala elnät. Behovet av brådskande laddning tillgodoses vanligen av stationer med snabbbladdning längs vägarna (Zhang, Hu, och Song, 2016). Det aktuella projektet fokuserar framför allt på publik laddning i allmänhet och publik destinationsladdning i synnerhet.



## 2 Genomförande

På ett övergripande plan kan projektets genomförande delas in i tre delvis överlappande steg: kunskapsgenerering och -sammanställning via litteraturstudie, datainsamling och analys, utveckling av parkeringstariff och mobilapp baserat på erfarenheter och insikter från den inledande kunskapssammanställningen samt användartester av parkeringstariffen och mobilappen.

### 2.1 Kunskapsgenerering och -sammanställning

Den inledande fasen omfattade en litteraturgenomgång (se referenslistan) och sammanställning av befintlig kunskap baserad på såväl andras som våra egna tidigare studier. Parallellt genomfördes en intervjustudie som omfattade 19 användare av publika laddstationer och fokuserade på deras erfarenheter med och förväntningar på publik och flexibel laddning. Intervjuerna, som spelades in och transkriberades, analyserades med inspiration från verksamhetsteori för att öka förståelsen för hur digitala tjänster kan utformas för att främja flexibilitet.

### 2.2 Utveckling av designkoncept

Utgångspunkten för utvecklingen av digitala lösningar var att de både skulle *möjliggöra* och *uppmuntra* flexibel laddning av elbilar på publika parkeringsplatser i syfte att flytta elbilsaddning till tidpunkter när kapaciteten i elnätet är god. Totalt utvecklades tre olika designkoncept avseende parkeringstariff och motsvarande mobilapp: ”Flexibelt inom ramar”, ”Samma för alla”, och ”Våga, eller säkra”<sup>1</sup>.

För att möjliggöra flexibel laddning ur ett användarperspektiv är det nödvändigt att:

- laddningsresultatet i termer av batteriets laddningsnivå är förutsägbart
- laddningsresultatet i termer av batteriets laddningsnivå i viss mån kan påverkas av användaren
- laddningsprincipen (parkeringstariffen) är lätt att förstå och kompatibel med V2G-teknik
- mobilappen är enkel att använda
- mobilappen utmanar uppfattningen att flexibel laddning ska vara helt ”besvärsfri”.

För att uppmuntra flexibel laddning ur ett användarperspektiv behövs en:

- lösning som innebär att flexibel laddning uppfattas som meningsfullt
- laddningsprincip som uppfattas som rättvis, till exempel ”laddfordons-neutral”
- laddningsprincip som uppfattas som rättvis i relation till andra ”sektorer” såsom elintensiv industri.

#### 2.2.1 Flexibelt inom ramar

*Flexibelt inom ramar* innebär att parkörer via appen kan ställa in sluttiden för parkeringen och den laddnivå de önskar ha uppnått när de lämnar parkeringen. Parkeringskostnaden är beroende av hur flexibel parkören är; ju långsammare laddning en accepterar, desto billigare blir det.

---

<sup>1</sup> Designkoncept framtagna av Niels Stor Swinkels, Annika Gustafsson, Resat Sasik och Sara Renström, RISE samt Tina Ringensson, Uppsala universitet.

### 2.2.2 Samma för alla

*Samma för alla* innebär att alla parkörer får en snabb ”basladdning”; en given laddnivå motsvarande ca 20 procent av ett medelstort batteri uppnås med maximal effekt. När basladdningen har uppnåtts beror effekten (ladd-hastigheten) på den momentana kapaciteten i det lokala elnätet. Parkeringspriset är därmed det samma för alla parkörer, oavsett hur flexibla de är.

### 2.2.3 Våga eller säkra

*Våga, eller säkra* innebär att parkören väljer mellan tre laddningsalternativ: soligt, flexibelt eller snabbt. Soligt innebär att bilen endast laddas när lokal solet produceras och är förhållandevis billigt. Flexibelt innebär att effekten (laddhastigheten) är varierar med den momentana kapaciteten i elnätet och att ett standardpris tillämpas. Snabbt innebär att bilen, oavsett momentan kapacitet i elnätet, laddas med maxeffekt och är förhållandevis dyrt.

## 2.3 Användartester

Inför användartesterna gjordes en prototyp avseende konceptet *Våga, eller säkra* i form av en mobilapp, som fick namnet ”Uppströms”. Hur de olika laddningsalternativen som parkeringstariffen omfattar presenterades för parkörerna framgått av bilden nedan.



### Hur vill du ladda?

**Soligt**

- Bilen laddas av lokalt producerad solet. När solet inte finns laddas inte bilen.
- Tillgång nu: Låg | Medel | Hög
- Pris: 0,5 kr/kWh
- Belastning på elnätet: ingen

**Flexibelt**

- Bilen laddas när det finns mycket kapacitet i elnätet i Uppsala. Annars laddas bilen långsamt eller inte alls.
- Kapacitet nu: Låg | Medel | Hög
- Kapacitet om 3 h: Låg | Medel | Hög
- Pris: 1,5 kr/kWh
- Belastning på elnätet: låg

**Snabbt**

- Bilen laddas så snabbt som möjligt oavsett kapaciteten i elnätet.
- Kapacitet nu: Låg | Medel | Hög
- Kapacitet om 3 h: Låg | Medel | Hög
- Pris: 5,00 kr/kWh
- Belastning på elnätet: hög

Figur 1: Laddningsalternativen som omfattas av parkeringstariffen ”Våga eller säkra”.

Användartesterna genomfördes vid en laddstolpe med två laddplatser på parkeringen vid Ångströmlaboratoriet i Uppsala under perioden mitten av november 2022 till mitten av februari 2023. Alla nya användare fick 500 kr som en startkassa att ladda för och de som besvarade enkät fick påfyllning. I realiteten var det dock många som fick påfyllning oavsett om de fyllde i en enkät eller inte, eftersom det inte fanns någon betalningslösning på plats. Totalt omfattade testerna 149 användare, men dessa är inte nödvändigtvis unika. Det

fanns nämligen möjlighet att radera och därefter återinstallera mobilappen och därmed få tillgång till ytterligare en startkassa. Totalt 337 användare startade laddsessioner som varade längre än 3 minuter. Det förekom att användare bytte laddningsalternativ under en och samma session. Antalet påbörjade sessioner per användare varierade från 1-70 under hela testperioden.



Figur 2: Laddstolpe som användes för användartesterna vid Ångströmlaboratoriet i Uppsala.

## 2.4 Projektets deltagare

Projektet har letts av Cajsa Bartusch - docent på Institutionen för samhällsbyggnad och industriell teknik och ledare av USER, Uppsala Smart Energy Research group, vid Uppsala universitet. Övriga partners har varit RISE, STUNS Energi och UPAB, Uppsala Parkerings AB. Störst ansvar för projektets genomförande har Tina Ringenson, postdoktor och medlem av USER, och Sara Renström, senior forskare på RISE, tagit. Till sin hjälp har de haft Niels Stor Swinkels, Annika Gustafsson och Resat Sasik på RISE; Linnea Klingström, David Svedinger, Magdalena Wiksten och Isabella Landberg på UPAB samt Mathilda Ogden, Cajsalisa Bäcklin Neijnes och Oscar Agius på STUNS energi.

## 3 Resultat

Projektet fokuserade inledningsvis på publik parkering och laddning, men resultaten omfattar även många insikter och lärdomar om privat parkering och laddning. Anledningen är framför allt att dialogerna med parkörer har visat att inställningen till den förra i hög grad påverkas av tillgången till den senare och att det därför är svårt att prata om den ena utan att även inkludera den andra i samtalet.

### 3.1 Smart laddning i vardagen

Att lära sig köra elektriskt är en ibland både lång och besvärlig process, som omfattar att lära känna bilen, dess batteri och laddningskablar, att ta reda på hur bilen laddas hemma och publikt samt hur laddningen kan bli en del av och anpassas till vardagliga aktiviteter. Kunskapskällorna omfattar bilförsäljare, andra laddföresägare, bruksanvisningar och "trial and error".

Att ladda flexibelt hemma tenderar att vara ganska oproblematiskt. När man väl har lärt sig de olika momenten - att ansluta bilen, starta eller ställa in tidpunkten för laddningen via sin app och dra ur kabeln - blir de snart rutin och en del av vardagen. Ett undantag är när laddningen sammanfaller med användningen av andra effektkrävande apparater, men med tiden lär man sig att hantera även det problemet. Tillgången till en app som möjliggör automatisk styrning och det faktum att elprisets variation under dygnet är relativt förutsägbart bidrar till att möjliggöra flexibel laddning.

Publik laddning och parkering uppfattas som besvärligt, eftersom mobilappar och laddningsstationer varken är enhetliga (de fungerar olika på olika ställen), användarvänliga, kompatibla eller robusta. Publik laddning måste dessutom anpassas till och kombineras med andra aktiviteter i vardagen, vilket innebär att laddningsstationernas placering är mycket viktig. Laddningen måste också planeras och genomföras med tanke på var bilen ska laddas nästa gång för att undvika onödig blockering av laddningsstationer.



Figur 3: Att "laddblocka" är inte socialt accepterat och ibland inte heller tillåtet från parkeringsbolagets sida.

Många parkörer har utvecklat strategier för att hantera denna komplexa situation, bland annat genom att hålla sig till för dem kända parkeringar där de har lärt sig hur mobilappen och laddningsstationen fungerar; att ladda i samband med specifika aktiviteter, till exempel medan man jobbar; att bara ladda när det verkligen behövs, eller när det finns tillgång till snabb och billig eller gratis laddning samt att anpassa förläggningen av aktiviteter till ställen där laddningen är fördelaktig i dessa avseenden. I ljuset av dessa strategier kan preferensen för snabb publik laddning förstås som att man minskar komplexiteten genom att minska tiden som man måste hitta på något meningsfullt att göra, eller minska behovet av att beräkna hur mycket laddning som behövs för att komma till nästa laddningsstation. För en del är tanken att dessutom börja tänka flexibelt inte tilltalande, ibland till och med övermäktig.

Parkörers syn på prissättning av laddning i samband med publik parkering varierar. De som laddar publikt mer sällan lägger ofta mindre vikt vid priset och tilldelar bekvämlighet en större betydelse. Många letar dock aktivt efter billig eller gratis laddning och det har blivit lite av en sport för dem att lokalisera de optimala parkeringarna i termer av läge, laddningshastighet och pris. Appar bidrar till att förenkla kostnadsberäkningar och jämförelser. Det är inte ovanligt att parkörer blir så motiverade av billig eller gratis el att de laddar sin bil oavsett om det behövs eller inte. En annan bidragande orsak till att laddningsstationer med gratis el är populära är förmodligen det faktum att de är mer användarvänliga, eftersom de är mindre komplicerade och kräver mindre digital interaktion.

*”Om det är gratis, så laddar man!”*

En del parkörer tycker att det rimligen borde vara billigt att ladda bilen, eftersom den är dyrare i inköp än en fossildriven bil. Många tycker att de redan har dragit sitt strå till stacken och borde belönas med billig el-bilsladdning för sitt bidrag till en hållbar utveckling. En del tycker inte att det är parkörernas ansvar att bidra till att balansera elnätet, efter som de anser sig redan ha bidragit med sin beskärda del i och med att de har investerat i en elbil.

Att ladda bilen har inget värde i sig, utan är ett nödvändigt ont för att kunna använda bilen i syfte att underlätta vardagen; att lämna och hämta barn på förskolan, att pendla till jobbet, att handla mat etc. Det är inte jämförbart med att tanka en fossildriven bil, eftersom det tar längre tid och behöver göras oftare. Laddningen kan ofta göras hemma under natten, eller parallellt med andra aktiviteter. Av den anledningen behöver laddningen integreras i vardagslivet på ett annat sätt än tankningen. Så kan laddningen också påverka vardagen i olika avseenden: till exempel var man väljer att handla, när, var och hur länge man tränar, vilket hotell man övernattar på,



Figur 4: Behovet av laddning kan påverka vardagen, till exempel var man väljer att handla.

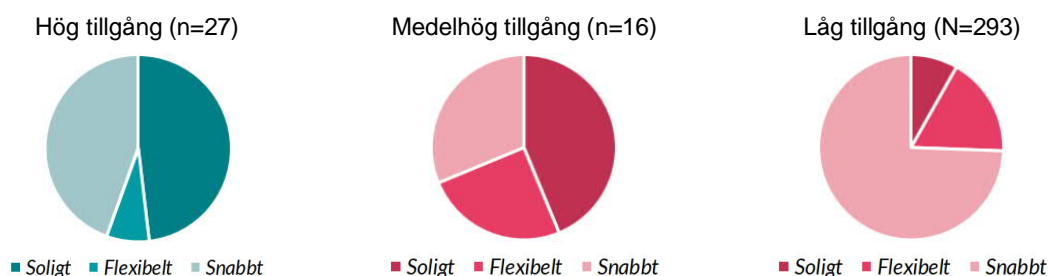
### 3.2 Parkörernas laddningspreferenser

Resultatet från användartesterna av prototypen ”Uppströms” (se 2.3 Användartester) visar att det populäraste laddningsalternativet var ”snabbt”, både i termer av antal laddningar och laddningstid (Se Figur 5). Detta ska dock ses mot bakgrunden att testperioden var utmanande i den meningen att det var generellt låg kapacitet i elnäten och få soltimmar under testperioden, vilket innebär att möjligheterna till laddning med alternativen Soligt och Flexibelt var mycket begränsade. En annan omständighet som kan ha påverkat resultaten är det faktum att testanvändarna betalade med fiktiva pengar.

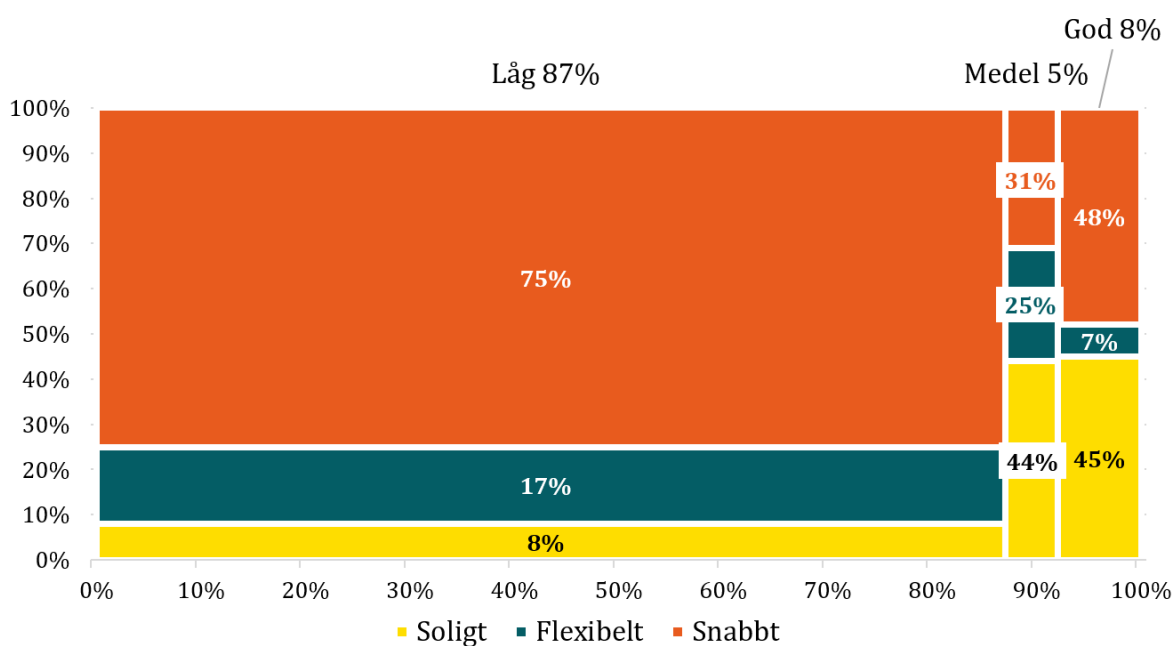


Figur 5: Antal laddningar och laddningstid per laddningsalternativ.

Vid god och medelgod tillgång på solen var det en större andel testanvändare som valde laddningsalternativet Soligt (se Figur 6 och Figur 7).

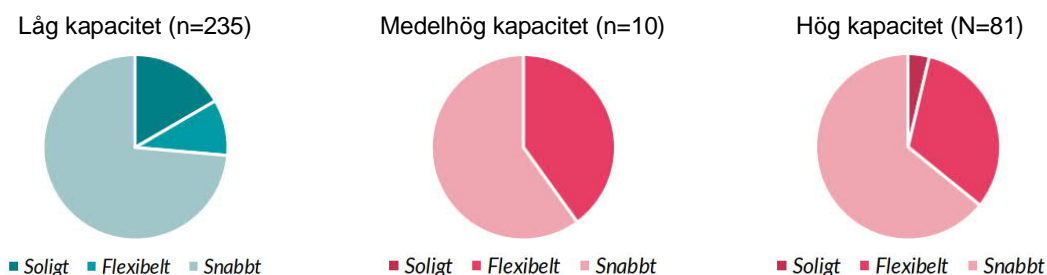


Figur 6: Val av laddningsalternativ vid olika tillgång på solen.

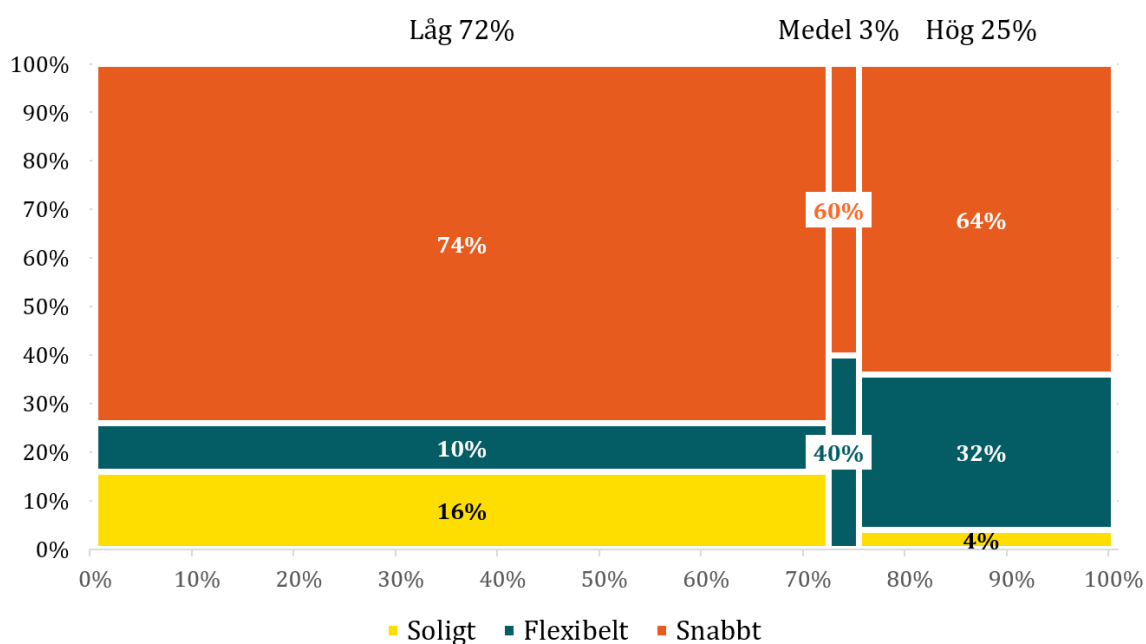


Figur 7: Val av laddningsalternativ vid olika tillgång på momentan solet (Fisher's Exact Test for Count Data, p-value = 3.754e-08, alternative hypothesis: two-sided).

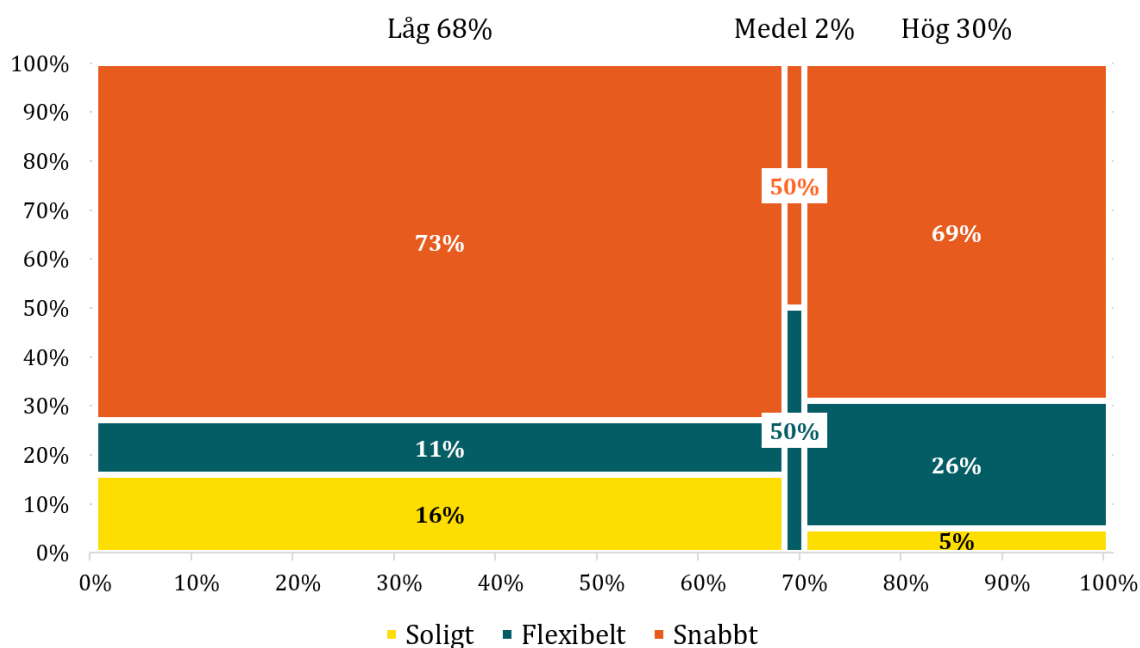
Vid de flesta tillfällen när valet föll på laddningsalternativet Soligt var det låg kapacitet i elnätet och vid de flesta tillfällen när valet föll på laddningsalternativet Flexibelt var det medelhög eller hög kapacitet i elnätet (Se Figur 8, Figur 9 och Figur 10). Valet av laddningsalternativ tenderar inte att påverkas av om baseras på den momentana eller den om 3 timmar förväntade kapaciteten i elnätet (jämför Figur 9 och Figur 10).



Figur 8: Val av laddningsalternativ vid olika kapacitet i elnätet totalt sett.



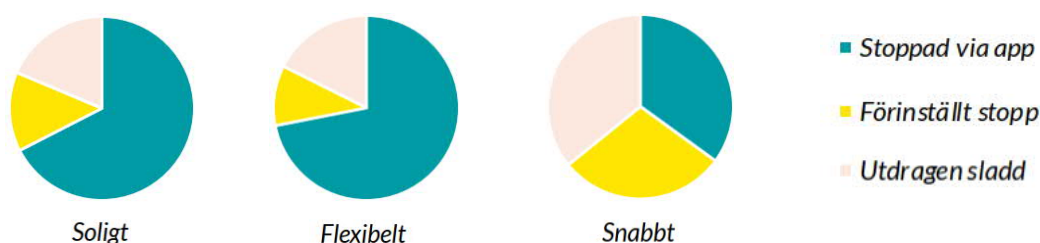
Figur 9: Val av laddningsalternativ vid olika momentan kapacitet i elnätet. (Fisher's Exact Test for Count Data, p-value = 1.829e-06, alternative hypothesis: two-sided)



Figur 10: Val av laddningsalternativ vid olika förväntad kapacitet i elnätet om 3 timmar (Fisher's Exact Test for Count Data, p-value = 0.0009223, alternative hypothesis: two-sided).



Det var vanligare förekommande att laddningen avslutades via mobilappen vid laddningsalternativen Soligt och Flexibelt än med Snabbt (se Figur 11).



Figur 11: Anledning till avslutad laddning vid olika laddningsalternativ.

### 3.3 Slutsatser

Hemladdning anses vanligen vara förhållandevis bekvämt och många är positivt inställda till att testa flexibel laddning hemma, eftersom det innebär kostnadsbesparingar och en minskad risk för strömavbrott i hemmet. Publik laddning upplevs å andra sidan vara svårt och otillförlitligt. Långa laddningstider innebär att det är svårt att integrera den aktiviteten i vardagen på ett smidigt sätt. Flexibel laddning medför ytterligare en dimension av osäkerhet och komplexitet, även när det finns tid att ladda både fullt och flexibelt. Man vill ladda fullt för säkerhets skull, eftersom det upplevs som osäkert när det ges tillfälle till laddning nästa gång. Dessutom vill man inte blockera andra parkörer från att ladda, vilket flexibel laddning anses kunna medföra. Det är också tydligt att de ekonomiska incitamenten i hemmen är en viktig drivkraft för flexibel laddning.

Det finns ett statistiskt signifikant samband mellan den momentana tillgången på solet och valet av laddningsalternativ i den meningen att många valde Soligt vid tillfällena när det fanns god tillgång på lokalt producerad solet. Vid flertalet av dessa tillfällen var det samtidigt låg kapacitet i elnätet, vilket innebär att valet av laddningsalternativet Soligt bidrog till att elnätet avlastades vid tidpunkter när det fanns behov av det.

Laddningsalternativet Flexibelt visade sig vara signifikant populärast vid tillfällena när kapaciteten i elnätet är medelhög eller hög, oavsett om valet baseras på den momentana kapaciteten i elnätet eller den förväntade om 3 timmar. Det innebär att den observerade viljan att ladda flexibelt inte alltid bidrar till att avlasta elnätet vid tidpunkter när det finns behov för det.

Laddningsalternativet Snabbt är, oavsett tillgången på solet och kapaciteten i elnätet, det i särklass mest valda laddningsalternativet, och i synnerhet vid låg kapacitet i elnätet. Faktum kvarstår dock att en mindre andel av testpersonerna trots allt vågade välja laddningsalternativen Soligt och Flexibelt även när kapaciteten i elnätet var låg och tillgången på solet stor.

Dessa resultat ska dock betraktas mot bakgrunden att testet inte genomfördes med ”riktiga” pengar och att det genomfördes under en period med liten tillgång till solet och generellt låg kapacitet i det lokala elnätet. Det var således relativt få tillfällen med hög tillgång på solet och god kapacitet i elnätet, vilket innebär att chansen att överhuvudtaget få laddning med Soligt och Flexibelt var begränsade. Att parkera och ansluta bilen till laddningsstolpen utan att ladda kan dessutom uppfattas som omoraliskt i och med att man ”laddblockerar”, det vill säga hindrar andra från att ladda sina bilar.

Slutsatsen är att parkörer under nu rådande förutsättningar för och erfarenheter av publik laddning inte är beredda att riskera att inte få någon laddning alls samt att förutsägbarhet tenderar att vara viktigare än kostnad.

## 4 Diskussion

Distinktionen mellan brådskande laddning och destinationsladdning är inte svart-vit. Den huvudsakliga anledningen till att man laddar under ett stopp i samband med en längre resa är inte nödvändigtvis att batterinivån är låg, utan att föraren är trött eller hungrig och behöver en paus. Under de omständigheterna är inte nödvändigtvis snabbhet det viktigaste, utan den ideala tidsåtgången för laddningen är istället densamma som den för pausen. Detta eftersom man annars riskerar att blockera andra från att ladda om man inte flyttar bilen när batteriet är fullt. Det förekommer också att man inte parkerar bilen i direkt anslutning till bostaden, utan kör den till en annan närbelägen parkeringsplats för att ladda, ofta över natten, och först därefter kör den till sin primära parkeringsplats, ofta i direkt anslutning till bostaden eller arbetsplatsen. Inte heller i det här fallet är snabbhet viktigt, eftersom föraren inte har för avsikt att vänta vid bilen medan den laddas. Det kan dock ha betydelse i det fall inte bara laddningen, utan även parkeringen medför kostnader. Bilförare utan privat parkeringsplats med laddningsmöjligheter är helt hänvisade till den här typen av publika laddningsstationer. De här exemplen visar att potentialen för flexibel (publik) laddning varierar beroende på situationen. Ur ett användarperspektiv är det således värdefullt att kunna påverka laddningshastigheten och därmed erbjuda flexibel laddning när omständigheterna så tillåter, oavsett typ av publik laddning.

Många elbilsförare upplever att det finns för få publika laddningsstationer och att de som finns ibland är trasiga, eller svåra att använda. Studien kan inte belägga hur ofta de faktiskt inte fungerar, men att det är ett uppenbart problem, som på engelska kallas ”charge point trauma” och innebär att användare av elfordon utvecklar oro som relaterar till tillgången på laddningsstationer och -platser samt betalningsprocesser och funktionsduglighet (Chamberlain och Al Majeed, 2021). Flexibilitet tillför ytterligare en dimension av osäkerhet i det här avseendet. Ett sätt att motverka denna osäkerhet skulle kunna vara att implementera en ”opt-out-funktion” och möjligheten att påverka laddningens schemaläggning och omfattning i parkeringsappen. En del elbilsförare anser att man inte ska ladda fullt, utan bara tillräckligt, när man laddar publikt. Denna inställning talar för flexibel laddning, men den sociala normen – och ibland de lokala reglerna – att inte blockera andra från att ladda och farhågan att inte hitta en ledig laddningsstation som dessutom fungerar hotar att stå i vägen för en utveckling mot ökad flexibilitet. Implikationerna av dessa insikter är att elbilsförare även skulle vara behjälpta av digitala tjänster som möjliggör pålitlig färd- och laddningsplanering för att helt enkelt känna sig trygga med att engagera sig i flexibel laddning.

Många av de intervjuade elbilsförarna framhåller att de har gjort en personlig investering till gagn för hela samhället och klimatet när de började köra elbil och anser därför att de borde ”belönas” för det av samhället med smidig laddinfrastruktur. Samhället borde se till att det finns kapacitet i elnätet och tillgängliga laddstolpar i stället för att elbilsförarna ska behöva vara flexibla i sin laddning. Den här bilden av att det är en tillräcklig insats att köra elbil behöver utmanas om kraven på att alltid kunna ladda snabbt ska förändras. Intressant nog kräver sällan cyklisterna utmärkt infrastruktur trots att deras transportmedel är ännu bättre ur klimatsynpunkt.

Potentialen för flexibel elbilsladdning verkar vara störst under nattetid. De som har möjlighet att ladda på natten har ofta en mer positiv attityd till flexibel laddning. Många elbilsförare, framför allt de med tillgång till laddning hemma, har implementerat någon form av smart laddning i sin vardag, vanligen en vana att ladda på natten för att elpriset är lägre då. Prisnivån är för övrigt en viktig faktor i samband med publik laddning, eftersom den varierar kraftigt mellan olika parkeringsplatser. Att ladda på natten har två fördelar

ur flexibilitetssynpunkt. För det första innebär det vanligtvis att man parkerar under en relativt lång tid, vilket naturligtvis innebär större marginaler att vara flexibel. För det andra sker vanligtvis laddning som äger rum på natten i nära anslutning till bostaden, vilket innebär att parkörerna känner sig trygga med situationen; laddningsstationen fungerar och kostnaderna är förutsägbara. Å andra sidan är risken för kapacitetsbrist fortfarande lägre på nätterna.

#### 4.1 Fokus för fortsatta studier

Som framgick av ovanstående diskussion är det många som associerar elbilsägande med miljö- och kostnadsfördelar, vilket medför en känsla av att ha gjort ett (klimat-)smart val som borde belönas av ”det offentliga”. Mot den bakgrunden känner somliga sig svikna av samhället, eftersom de upplever att det inte alltid delar den självbilden i den meningen att det inte belönar dem med billig och lättillgänglig infrastruktur. Det väcker i sin tur frågor om vilka knappar vi bör trycka på i betal- och återkopplingstjänster för smart laddning. Den mest dominerande uppfattningen om elfordon verkar vara att de är ett mer ekonomiskt och miljövänligt alternativ till fossildrivna bilar, men studien visar att det finns fler faktorer som påverkar vår attityd till (smart) elbils-laddning. Ett exempel är att långa bilresor kan ta mer tid i anspråk med el- än fossildrivna bilar, eftersom laddning i normalfallet tar längre tid än tankning. Detta faktum är dock inte bara av ondo, utan medför även positiva konsekvenser; en paus är ofta förenat med en möjlighet till rekreation i någon form. Andra ser ett värde i att tillhöra en gemenskap med andra elbilsägare eller känner en tillfredsställelse i att under spelliknande former utmana sig själv i ambitionen att minimera sina laddkostnader. Mer kunskap om hur den typen av drivkrafter kan påverka vår benägenhet att engagera oss i smart laddning vore mycket värdefull för den fortsatta utvecklingen av produkter och tjänster för ändamålet.

Förutsägbarhet och möjligheten att vid behov kunna avstå från flexibel laddning tenderar att vara viktiga faktorer för parkörers inställning till parkeringstariffer som uppmuntrar till smart laddning. Detta är i och för sig helt rimliga krav på tjänst som man betalar för, men det finns en risk vi inom en inte alltför avlägsen framtid har en situation där kapacitetsbristen i elnäten innebär ett momentant akut behov att sänka effektuttaget i laddningsstationer. I ljuset av den insikten behöver vi även mer kunskap om parkörers tolerans för smart styrning av laddningssessioner som de under vissa omständigheter inte kan påverka.

Det finns en teoretisk risk att upplevda osäkerheter med flexibel laddning kan öka elbilsägares misstro mot laddningsinfrastrukturen, vilket potentiellt skulle kunna underminera de miljömässiga fördelarna med elektrifieringen av bilflottan. Eftersom elfordonens batterier står för en stor del av dess negativa miljöpåverkan (Xia och Li, 2022) vore det problematiskt ur ett hållbarhetsperspektiv om den smarta laddningen i sig skulle leda till en ökad efterfrågan på större elbilsbatterier. Även i det här avseendet har forskningen viktiga kunskapsluckor att fylla.

## 5 Referenser

- Al Majeed, S. and Chamberlain, K. (2021) Evaluating the barrier effects of charge point trauma on UK electric vehicle growth, *World Electric Vehicle Journal*, vol. 12, no. 3.
- Alvehag, K., Werther Öhling, L., Östman, K., Broström, E., Strömbäck, E., Klasman, B., Lahti M., Morén, G. Åtgärder för ökad efterfrågeflexibilitet i det svenska elsystemet. Ei R2016:15. Energimarknadsinspektionen: Eskilstuna, 2016.
- Alvehag, K., Broström, E., Klasman, B., Lahti M., Morén, G., Öhling, L. Werther, Östman, K., Åtgärder för ökad efterfrågeflexibilitet i det svenska elsystemet. Ei R2016:15. Energimarknadsinspektionen: Eskilstuna, 2016.
- Chamberlain, K. och Al Majeed, S. (2021) Evaluating the barrier effects of charge point trauma on UK electric vehicle growth, *World Electric Vehicle Journal*, vol. 12, no. 3.
- Electric Nation. Powered up – Charging EVs without stressing the electricity network. Hämtad från <https://electricnation.org.uk/resources/smart-charging-project/> [2020-06-07]
- European Commission. Electrification of the Transport System – Studies and reports. Directorate-General for Research and Innovation Smart, Green and Integrated Transport, 2017.
- Geelen, D. Empowering End Users in the Energy Transition – An Exploration of Products and Services to Support Changes in Household Energy Management, Technische Universiteit Delft, Delft, 2014.
- IEA, “Global Energy Review: CO2 Emissions in 2021,” 2022. Accessed: Feb. 28, 2023. [Online]. Available: <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-co2-emissions-in-2021-2>
- IEA, “Transport,” Paris, 2022. Accessed: Feb. 28, 2023. [Online]. Available: <https://www.iea.org/reports/transport>
- International Energy Agency, “Global EV Outlook 2022 Securing supplies for an electric future,” 2022. Accessed: Feb. 28, 2023. [Online]. Available: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2022>
- Jenn, A. and Highleyman, J. “Distribution grid impacts of electric vehicles: A California case study,” *iScience*, vol. 25, no. 1, p. 103686, Jan. 2022, doi: 10.1016/J.ISCI.2021.103686.
- Johansson, S., Persson, J., Lazarou, S., and Theocharis, A. “Investigation of the Impact of Large-Scale Integration of Electric Vehicles for a Swedish Distribution Network,” 2019, doi: 10.3390/en12244717.
- Katzeff, C., Hasselqvist, H., Önnvall, E., Nyström, S. Smarta elnät - För vem? Energimyndigheten, 2017.
- Krishna, G. “Understanding and identifying barriers to electric vehicle adoption through thematic analysis,” *Transp Res Interdiscip Perspect*, vol. 10, p. 100364, Jun. 2021, doi: 10.1016/J.TRIP.2021.100364.
- Krishnan, G. (2021) Understanding and identifying barriers to electric vehicle adoption through thematic analysis, *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, vol. 10, 100364.
- Lahti, M., Morén, G., Alvehag, K., Broström, E., Klasman, B., Öhling, L., Östman, K., Werther, K., Åtgärder för ökad efterfrågeflexibilitet i det svenska elsystemet. Ei R2016:15. Energimarknadsinspektionen: Eskilstuna, 2016.

- Naus, J. *The Social Dynamics of Smart Grids*, Wageningen University, Wageningen, 2017.
- Noel, L., Zarazua de Rubens, G., Kester, J., and Sovacool, B. K. "Understanding the socio-technical nexus of Nordic electric vehicle (EV) barriers: A qualitative discussion of range, price, charging and knowledge," *Energy Policy*, vol. 138, p. 111292, Mar. 2020, doi: 10.1016/J.ENPOL.2020.111292.
- Renström, S. Supporting diverse roles for households in smart energy systems, *Energy Research and Social Science*. 53 (2019) 98–109.
- Ringenson, T., Arnfalk, P., Kramers, A., and Sopjani, L. "Indicators for Promising Accessibility and Mobility Services," *Sustainability*, vol. 10, no. 8, p. 2836, 2018, doi: 10.3390/su10082836.
- Saunders, C., Göransson, L., Steen, D., Karlsson, S., and Papatriantafidou, M. "Electric vehicles and intermittent electricity production," in *System perspectives on electromobility 2013*, B. Sandén, Ed., Göteborg, 2013, pp. 101–115.
- Schmidt, M., Staudt, P., and Weinhardt, C. (2020) Evaluating the importance and impact of user behavior on public destination charging of electric vehicles, *Applied Energy*, vol. 258, 114061.
- Schmalfuß, F. et al., "User responses to a smart charging system in Germany: Battery electric vehicle driver motivation, attitudes and acceptance," *Energy Res Soc Sci*, vol. 9, pp. 60–71, Sep. 2015, doi: 10.1016/J.ERSS.2015.08.019.
- Shafique, M. and Luo, X. "Environmental life cycle assessment of battery electric vehicles from the current and future energy mix perspective," *J Environ Manage*, vol. 303, p. 114050, Feb. 2022, doi: 10.1016/J.JENVMAN.2021.114050.
- Skjølvold, T.M., Ryghaug, M., and Berker, T. "A traveler's guide to smart grids and the social sciences," *Energy Research and Social Science*. 9 (2015) 1–8.
- SFS 2020:274. Förordning om ändring i plan- och byggförordningen (2011:338). Stockholm: Finansdepartementet.
- SOU 2016:94. Fossilfrihet på väg (del 1 av 2). Hämtad från <https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/statens-offentliga-utredningar/2013/12/sou-201384/> [2020-06-07]
- Statistiska centralbyrån, "Den framtida folkökningen ojämnt fördelad i riket," Jun. 03, 2020. <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/befolkning/befolkningsframskrivningar/befolkningsframskrivningar/pong/statistiknyhet/regional-befolkningsframskrivning-2020-2030/> (accessed Feb. 28, 2023).
- Statistiska centralbyrån, "Drivmedelspriserna på rekordnivåer," Mar. 16, 2022. [https://www.scb.se/hitta-statistik/temaomraden/sveriges-ekonomi/fordjupningsartiklar\\_Sveriges\\_ekonomi/drivmedelspriserna-pa-rekordnivaer/](https://www.scb.se/hitta-statistik/temaomraden/sveriges-ekonomi/fordjupningsartiklar_Sveriges_ekonomi/drivmedelspriserna-pa-rekordnivaer/) (accessed Feb. 28, 2023).
- Statistiska centralbyrån, "Högre priser på el på samtliga marknader i december 2022," Jan. 25, 2023. <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/priser-och-konsumtion/prisindex-i-producent-och-importled/prisindex-i-producent-och-importled-ppi/pong/statistiknyhet/prisindex-i-producent--och-importled-december-2022/> (accessed Feb. 28, 2023).
- Statistiska centralbyrån, "Statistik - ELIS - PowerCircle," 2023. <https://powercircle.org/statistik/> (accessed Feb. 28, 2023).

Sundström, O. and Binding, C. “Flexible charging optimization for electric vehicles considering distribution grid constraints,” *IEEE Trans Smart Grid*, vol. 3, no. 1, pp. 26–37, Mar. 2012, doi: 10.1109/TSG.2011.2168431.

Xia, X. and Li, P. “A review of the life cycle assessment of electric vehicles: Considering the influence of batteries,” *Science of The Total Environment*, vol. 814, p. 152870, Mar. 2022, doi: 10.1016/J.SCI-TOTENV.2021.152870.

Zhang, H., Hu, Z., Xu, Z., and Song, Y. “An Integrated Planning Framework for Different Types of PEV Charging Facilities in Urban Area,” *IEEE Trans Smart Grid*, vol. 7, no. 5, pp. 2273–2284, Sep. 2016, doi: 10.1109/TSG.2015.2436069.

*”Ett problem är att folk inte har ändrat hur de tänker, att de laddar mer än de behöver.”*