



EXAMENSARBETE INOM TEKNIK,
GRUNDNIVÅ, 15 HP
STOCKHOLM, SVERIGE 2019

Delningstjänster för elsparkcyklar

Ett hållbart transportalternativ eller en ohållbar
ekvation

HANNES KRISTOFERSSON

ISAK WALLIN

Sammanfattning

Syftet med detta arbete är att undersöka hållbarheten hos de företag vilka bedriver uthyrning av elsparkcyklar i Stockholm. Detta har utförts genom att beräkna fordonets koldioxidutsläpp, vilket har mätts i gram koldioxid per personkilometer, samt undersöka hur utsläppen varierar i förhållande till elsparkcyklarnas livslängd. Elsparkcyklarnas koldioxidutsläpp har därefter jämförts med de från alternativa transportmedel, de transportmedel som elsparkcyklarna ersätter. Detta dels för att ge en uppfattning om storleken på elsparkcyklarnas utsläpp och dels för att se i vilken utsträckning de bör ersätta fossildrivna fordon för att kunna ses som ett hållbart tillskott till Stockholms transportsystem.

För att beräkna elsparkcyklarnas miljöpåverkan med avseende på koldioxidutsläpp, har ett livscykelperspektiv använts. Där utsläpp från produktion, användning och sluthantering har analyserats och beräknats. Resultatet uppvisar att produktionen står för majoriteten av elsparkcyklarnas koldioxidutsläpp. När utsläppen för de olika livscykelfaserna därefter summerats, och livslängden tilläts variera, visar resultaten ett totalt koldioxidutsläpp som minskar exponentiellt med en ökande livslängd. Vikten av denna parameter är således stor och det bör därför vara av intresse för företagen att maximera denna om de vill kunna identifiera sig som ett hållbart och smart transportalternativ.

Elsparkcyklarnas koldioxidutsläpp jämfördes därefter med utsläpp från alternativa transportmedel. Resultatet visar att, om elsparkcyklarnas livslängd uppgår till sex månader, motsvarar det ett koldioxidutsläpp som är större än det från ett scenario där samma sträcka tas till 10 % med bil, 23 % med buss, 12 % med tunnelbana och resterande med gång och cykel. Är livslängden däremot kortare så ökar utsläppen snabbt och med en livslängd som är kortare än två månader så är utsläppen i samma storleksordning som de från bilar.

Abstract

The purpose of this paper is to investigate the sustainability of the companies that carry out rental of electric scooters in Stockholm. This has been done by calculating the vehicle's carbon dioxide emissions, which have been measured in grams of carbon dioxide per person kilometer, and to see how the emissions vary depending on the life span of the electric scooters. The carbon dioxide emissions of the electric scooters were then compared with those from alternative means of transport, the means of transport that the electric scooters replace. This is partly to form an idea of the size of the emissions, but also to see to what extent they should replace fossil-fueled vehicles to be a sustainable addition to Stockholm's transport system.

A life-cycle perspective was used to calculate the carbon dioxide emissions of the electric scooters, where the emissions from production, use and disposal were calculated separately. The result shows that production accounts for most of the electric scooters' carbon dioxide emissions. When the emissions for the various life-cycle phases are then summed and the life span allowed to vary, the result shows a total carbon dioxide emission that decreases exponentially with an increasing life span. The importance of this parameter is thus great, and it should therefore be of interest to the companies to maximize this if they want to be able to identify as a sustainable and smart transport alternative.

The carbon dioxide emissions of the electric bicycles were then compared to those from alternative means of transport. One result of this was that, if the electric scooters have a life span of six months, it corresponds to a carbon dioxide emission that is larger than that from a scenario where the same distance is taken to 10 % by car, 23 % by bus, 12 % by metro and the rest with walking and cycling. On the other hand, if the life span is shorter, the emissions increase rapidly and with a life span of less than two months, the emissions are of the same magnitude as those from cars.

1 Inledning	1
2 Metod	3
2.1 Systemavgränsningar	3
2.1.1 Produktion	3
2.1.2 Användning	4
2.1.3 Sluthantering	4
2.1.4 Geografisk avgränsning	5
2.2 Koldioxidutsläpp i produktion, användning och sluthanteringsfas	5
2.2.1 Produktion	6
2.2.1.1 Materialfördelning	6
2.2.1.2 Transportsträcka	7
2.2.2 Användning	8
2.2.3 Sluthantering	8
2.3 Beräkning av koldioxidutsläpp för alternativa transportmedel	9
3 Resultat	11
4 Diskussion	14
Referenser	17

1 Inledning

Produkt-tjänst-system (PSS) är en affärsmodell vilken kan sammanfattas i att kunden betalar för att hyra en produkt, istället för att köpa den, och på så sätt omfördelar de risker, ansvar och kostnader som annars uppkommer i och med ägande av samma produkt (Retamal 2017). PSS är ett nytt koncept som har uppkommit på grund av den ökade klimatmedvetenheten bland konsumenter och den efterfrågan på hållbara alternativ som följer därefter (Tran och Park 2015). Begrepp som *delat ägande* och *delningsekonomi* har också sett en ökad popularitet bland företag och konsumenter. Dessa är system vilka frekvent använder sig av den affärsmodellen som PSS bygger på. Delat användande av produkter förväntas möjliggöra en mer miljövänlig användning av produkter då de, till skillnad från traditionellt ägande, används till en större utsträckning under sin livstid (Retamal 2017).

I takt med den ökade populariteten av delnings-ekonomiska tjänster och användandet av PSS-modellen så har företag vilka erbjuder uthyrning av elsparkcyklar sett en explosionsartad framväxt. VOI, ett svenskt företag som var först med att erbjuda den här tjänsten i Stockholm, grundades under sommaren 2018 och uppnådde, enligt ett instagraminlägg på företagets konto, över en miljon resor på mindre än ett år (VOI 2019a). Kort därefter började Lime, ett amerikanskt företag, placera ut sina sparkcyklar på Stockholms gator. Under projektets gång har sedan 3 nya aktörer lanserats i Stockholm: Tier, Glyde och Moow.

Tjänsten, som är näst intill identisk för alla ovan nämnda företag, går till som så att en app laddas ned som med hjälp av GPS-sändare visar vart alla lediga sparkcyklar står parkerade. Med sitt kontokort kopplat till appen kan användaren skanna en QR-kod för att låsa upp den. En startavgift på 5-10 kr, beroende på val av företag, dras då från användarens konto. Därefter debiteras användaren, omkring 2 kr, för varje minut som sparkcykeln används. När resan är klar parkeras elsparkcykeln på valfri plats och låser sig då användaren har betalat. Tanken är att detta ska erbjuda ett snabbare alternativ till promenader, ett smidigare alternativ till att cykla och ett mer miljövänligt alternativ till fossildrivna bussar, taxibilar och att äga en egen moped eller bil (VOI 2019b).

I en artikel av Verboven och Vanherck (2016) diskuteras de möjligheter som kommer med delningsekonomi och PSS-modellen. Enligt dem är de positiva effekterna väldokumenterade och allmänt accepterade, vidare så påstår de dock att det finns en risk för negativa externaliteter vilka ofta förbises i diskussionen om hållbarheten med delningsekonomin. Dessa negativa externaliteter uppkommer när de samhälls- och miljömässiga nackdelarna är större än kostnaderna för de individuella företagen. Om beslut tas vilka medför sådana kostnader, och dessa inte ingår i produkten eller servicens pris, så kommer samhället ändå behöva betala för dessa genom skatter och förlorat miljö- och hälsokapital. Denna motsägelse är vad Verboven och Vanherck (2016) kallar "hållbarhetsparadoxen" och är huvudtemat i artikeln från 2016. De definierar den enligt:

"The contradiction between the obvious positive effects of a sustainable business model and the often less visible or ignored negative externalities, including the rebound-effect, both on behavioral as on systemic level, associated with the transition from the "old" to the "novel" model."

Att med precision förutsäga de externaliteter, inklusive rekyleffekter, som kan uppstå på grund av denna affärsmodell är ett mycket omfattande arbete. Enklare ramverk för att bilda en uppfattning om dessa finns däremot tillgängligt i forskningslitteratur på ämnet. Ett sådant ramverk, med syftet att utvärdera hållbarheten hos företag med PSS-modellen, föreslås av Verboven och Vanherck i deras artikel om "hållbarhetsparadoxen" (2016). De utgår från egenskaperna som, enligt Jackson (2009) och Bocken et al. (2014), bör ingå i en hållbar ekonomi. Utifrån dessa egenskaper ställer Verboven och Vanherck upp en checklista som företagen bör förhålla sig till. Detta ramverk består av följande punkter:

- **Företag bör minimera konsumtion**
- Maximera samhälls- och miljöfördelar, snarare än att prioritera ekonomisk tillväxt,
- Ingenting bör kastas eller kasseras till omgivningen, ett så kallat slutet system,
- Fokus på att leverera funktionalitet och en bra kundupplevelse, snarare än produktägande,
- Tillfredsställande och givande arbetserfarenheter för alla, vilka bidrar till en ökad kreativitet och ger nya färdigheter för de anställda,
- Samarbete och delning, snarare än aggressiv konkurrens.

Den första av dessa punkter, en minimerad konsumtion är, åtminstone för företagen vilka bedriver uthyrning av elsparkcyklar, starkt kopplat till en maximerad livslängd för dessa fordon. Ju snabbare de går sönder, desto oftare behöver nya köpas in. Syftet med denna rapport är att undersöka hur de miljömässiga effekterna förändras med varierande livslängder för elsparkcyklarna. Detta kommer beräknas, genom användandet av ett livscykelperspektiv, i form av koldioxidutsläpp. Vidare så kommer dessa utsläpp därefter jämföras med koldioxidutsläpp för alternativa transportmedel, för att på så sätt bilda en uppfattning om storleken på de förändringar som en varierande livslängd medför.

Detta kan sammanfattas i följande frågeställningar:

- Hur förändras elsparkcyklarnas koldioxidutsläpp med en varierande livslängd?
- Hur ser förhållandet ut för koldioxidutsläpp mellan elsparkcyklar och alternativa transportmedel?

2 Metod

För att undersöka hur elsparkcyklarnas koldioxidutsläpp varierar med olika livslängder så måste först beroendet av övriga faktorer fastställas. För att beräkna elsparkcyklarnas koldioxidutsläpp på grund av dessa så har ett livscykelperspektiv använts, detta med materialvärden hämtade från programmet CES EduPack (CES EduPack 2019). Utsläppen för alternativa transportmedel erhöles från litteraturstudier. Resultatet har avgränsats till att endast beräkna koldioxidutsläpp, mätt i gram koldioxid per personkilometer ($\text{g CO}_2/\text{pkm}$). Skälet bakom denna avgränsning, samt varför övriga avgränsningar har gjorts, kommer diskuteras i detalj nedan. Beräkningarna utfördes i Excel, där livslängden tilläts variera, och med ett antal antaganden och uppskattningar, vilka också kommer diskuteras ytterligare senare i rapporten.

2.1 Systemavgränsningar

Den miljövariabeln som beräknades i denna rapport är koldioxidutsläpp, mätt i gram per personkilometer ($\text{g CO}_2/\text{pkm}$). Anledningen till att fokuset ligger på denna miljövariabel beror främst på att en ökning av koldioxidkoncentration i atmosfären är starkt kopplat till global uppvärmning (Creamer och Gao 2015). Vidare så är denna miljövariabel också vanligt förekommande i litteratur gällande hållbarhet inom transportsektorn, vilket i sin tur underlättar då de ska sättas i en kontext med andra, alternativa, transportmedel. Att de är vanligt förekommande innebär också att det finns mycket information att hämta för dessa värden vilket underlättar beräkningarna. I CES EduPack finns det materialvärden för koldioxidutsläpp per kilo material. Med vetskap om elsparkcyklarnas materialfördelning kan således fordonets koldioxidutsläpp beräknas. Det finns däremot ingen information att hämta i programmet gällande materialens övriga växthusgasutsläpp, vilket ytterligare talar för avgränsningen till koldioxidutsläpp.

Vidare så gjordes även avgränsningar inom de respektive stegen i elsparkcykelns livscykel, vilket innefattar produktion, användning och sluthantering. Det finns främst tre anledningar bakom dessa avgränsningar och dessa var: (1) De begränsningar som finns med CES EduPack, det fungerar bra att beräkna koldioxidutsläpp för material samt batteri men desto sämre för svårare komponenter såsom motor och elektronik, (2) avsaknaden av data angående elsparkcyklarna, både gällande de komponenter som ingår och hur den exakta användningen av elsparkcyklarna ser ut, (3) att en grov uppskattning av deras klimatpåverkan är duglig i syftet att jämföra dessa med utsläppen för de transportmedel som ersätts, då dessa också beräknades utifrån ett antal uppskattningar. Det eftersträvas alltså inte en fullständig livscykelanalys, utan snarare användandet av ett livscykelperspektiv. De systemavgränsningar som har gjorts inom de olika stegen är enligt följande:

2.1.1 Produktion

Den främsta avgränsningen som utfördes, gällande produktionen av elsparkcyklarna, är en förenkling av fordonets komplexitet. CES EduPack är ett program vilket främst erbjuder materialvärden, snarare än klimatavtryck för komplexa system. Det finns värden för batteriets koldioxidutsläpp men saknas för de övriga komponenterna. Att då med precision beräkna dessa komponenters klimatavtryck kräver en fullständig vetskap om materialfördelningar och tillverkningsmetoder. Att söka åtkomst till sådan information visade sig vara en utmaning. Förfrågningar skickades till både elsparkcyklarnas tillverkare

samt tjänsteföretagen, varav samtliga avböjde att svara på frågor. Av rättsliga skäl saknades även möjligheten att montera isär en elsparkcykel, vilket ytterligare försvårade det hela. På grund av dessa faktorer så avgränsas arbetet till att endast undersöka de största komponenterna vilka, av samma anledning, antogs bidra till majoriteten av utsläppen. Detta är följande komponenter:

- *Ramen*, vars materialfördelning samt tillverknings sätt är synlig och gick således att uppskatta utan att plocka isär fordonet,
- *Batteriet* (Litiumjon), vars koldioxidutsläpp finns tillgängligt i CES EduPack,
- *Däcken*, vilka förenklades till att endast bestå av gummi (bortsåg alltså från nav m.m.)
- *Elmotorn*, vars förenkling redovisas i *kapitel 2.2.1.1*.

De delar av elsparkcykeln som det bortsågs från är då de övriga komponenterna som hör till drivlinan, bromssystemet och övrig elektronik såsom display, kablar, osv. Detta ansågs vara dugligt då det är önskvärt att hamna i underkant, snarare än i överkant, när det gäller fordonets utsläpp. Det rättfärdigas också av det faktum att det endast är en uppfattning av utsläpp som eftersträvades snarare än en exakt siffra för denna miljövariabel.

2.1.2 Användning

I denna del av elsparkcykelns livscykel behövdes ett flertal avgränsningar göras. Detta på grund av brist på användardata och företagets ovilja att dela med sig av denna. Relevanta faktorer för koldioxidutsläppen inom användningsfasen är: (1) hur mycket de används dagligen, (2) hur ofta de laddas och (3) hur de laddas. Den första av dessa tre faktorer, hur mycket de används, gick att finna i studier. De andra två var däremot desto svårare. När elsparkcyklarna har laddat ur så får privatpersoner betalt för att plocka in och ladda dem, sedan får de också plockas in efter en viss tidpunkt, oberoende av hur urladdade de är. Hur denna process ser ut kan variera mycket vilket gör det svårt att uppskatta klimatavtrycket i denna del av användningsfasen. Även om vissa av elsparkcyklarna plockas in med en skåpbil, vilket uppenbarligen har en miljöpåverkan, så antogs det vara tillräckligt litet för att det skulle gå att bortse från det. Då data också saknas på hur stort antal enheter som plockas in, utan att vara helt urladdade, så antogs alla användas tills det att de är helt tomma på batteri.

Användningsfasen har också avgränsats till att uppskatta hur den genomsnittliga användningen över ett helt år ser ut, trots att den med största sannolikhet varierar under året. Ett antagande som gjordes här var att användningen förmodligen är lägre under vinterhalvåret än under sommarhalvåret. Detta är något som eventuellt skulle kunna ha effekter på de uppmätta miljövariablerna, men denna variation togs alltså inte med i beräkningarna och ett snitt över hela året beräknades istället.

2.1.3 Sluthantering

För att, med precision, beräkna de utsläpp som tillkommer vid sluthanteringsfasen så måste hanteringen vid denna vara känd. Mycket av detta är dock inte det och förenklingar har därför behövt göras. Den klimatpåverkan som ingår i denna fas har delats upp i två delar: (1) den koldioxid som krävs för sluthanteringen av materialen och (2) den som sparas in på grund av samma sluthantering. I CES EduPack finns det tillgång till utsläppen som tillkommer, samt sparas in, vid återvinning och *downcycling* av material. I det svenska språket finns det i dagsläget ingen motsvarighet för *downcycling*, så det engelska

uttrycket kommer användas i denna rapport. I korthet innebär det att ett material återvinns nedåt i kedjan, där den nya produkten är av sämre kvalitet och funktionalitet än originalet. En förenkling har gjorts till att anta att allt material som kan återvinnas, återvinns, och det material som inte kan återvinnas genomgår *downcycling*. Dessa summeras därefter för alla material som elsparkcykeln består av. Faktorer som, på grund av bristfällig tillgång till data, inte togs i beaktning vid dessa beräkningar är ett eventuellt bortfall i återvinning på grund av stöld och skadegörelse.

2.1.4 Geografisk avgränsning

Arbetet har avgränsats till Stockholm, men koldioxidutsläppen från elsparkcyklarna är densamma för städer i övriga Sverige också. Avgränsningen har däremot betydelse för fördelningen av vilka transportmedel som elsparkcyklarna ersätter. Olika städer har olika förutsättningar till val av alternativa transportmedel, till exempel så har inte övriga städer i Sverige tillgång till tunnelbana. Detta skulle innebära fler antaganden för att beräkna dessa utsläpp, något som i sin tur skulle leda till en större osäkerhet i resultatet. Därav gjordes valet att avgränsa arbetet till en stad. Anledningen till att det har avgränsats till just Stockholm beror på närheten till de tjänster som har undersökts, arbetet skrevs i Stockholm.

2.2 Koldioxidutsläpp i produktion, användning och sluthanteringsfas

Värden på dessa utsläpp erhöles, som tidigare nämnt, från programmet CES EduPack. Dock fås de där i enheten kilogram koldioxid per livslängd, medan det är gram per personkilometer som eftersträvas i denna rapport. För att göra denna omvandling krävs då antalet kilometer som elsparkcykeln, i snitt, färdas under dess livslängd. Detta beror i sin tur på:

- livslängden,
- genomsnittlig mängd körtimmar per dag (snittanvändningen),
- snitthastigheten.

Det är vid denna omvandling som livslängden, i beräkningarna som har utförts i Excel, tilläts variera för att påvisa dess inverkan på koldioxidutsläppet (g CO₂/pkm). Att hitta den genomsnittliga livslängden som elsparkcyklarna *de facto* har är svårt. I ett uttalande från VOIs grundare, Douglas Stark, påstås det att de har räknat på en livslängd som ligger mellan två och tre månader (Blixt, 2019). Vidare så uppges i en studie, vilken är baserad utifrån användningsdata från företagen *Lime* och *Bird* i staden Louisville, USA, att den genomsnittliga livslängden är 29 dagar (Griswold 2019). I beräkningarna som har gjorts så tilläts livslängden variera från en månad, vilket är livslängden enligt tidigare nämnd studie, upp till ett år. På så sätt har parametrarnas inverkan på koldioxidutsläppet dokumenterats.

Data för den genomsnittliga mängden körtimmar som sker per dag, snittanvändningen, fanns inte heller att erhålla från aktörerna i Stockholm. Denna parameter grundade sig istället med stöd av en studie, vilken nämndes ovan, från Louisville. Resultaten presenterades i en artikel från *Quartz* (Griswold 2019). I artikeln redovisades en snittanvändning på 3.49 resor per dag där den genomsnittliga resan varade i 18 min, vilket i sin tur ger en snittanvändning på cirka en timme per dag. Till en följd av de osäkerheter som existerar kring elsparkcyklarnas snittanvändning i Stockholm så har ett omfång kring datan från Louisville

skapats, ett omfång som visar ett bästa- och ett värsta fall. I det bästa fallet så angavs snittanvändningen till att vara 100 minuter och i det värsta fallet så angavs den till att vara hälften så stor som i studien från Louisville, vilket då motsvarar 30 minuter. Detta spann bör sannolikt vara tillräckligt stort för att innefatta den verkliga snittanvändningen för elsparkcyklarna i Stockholm.

I produktbeskrivningen för modellen “*Ninebot by Segway Kickscooter ES2*” presenteras en maxhastighet på 25 km/h för elsparkcyklarna (Segway 2019). Med ett antagande att användare sällan kör den hastigheten konstant, uppskattas istället en lägre genomsnittlig hastighet, en på 15 km/h.

Med ovan nämnda parametrar kan antalet kilometer som elsparkcykeln färdats under dess livslängd bestämmas. Detta kan vidare användas för att omvandla de utsläpp som erhållits från CES Edupack, från kilogram koldioxid under dess livslängd (kg CO₂/livslängd) till gram koldioxid per personkilometer (g CO₂/pkm). De antaganden som har gjorts för att beräkna koldioxidutsläppen i CES EduPack, samt de parametrar som uppskattades för de olika faserna (produktion, användning och sluthantering) i sparkcykelns livscykel hanteras i följande kapitel.

2.2.1 Produktion

För att beräkna koldioxidutsläpp för elsparkcyklarnas tillverkning så krävdes det att följande parametrar bestämdes:

- Elsparkcykelns materialfördelning, vilka komponenter som ingår, vilka material dessa består av och hur mycket komponenterna väger.
- Transportsträckan från fabrik till respektive företag som köper in elsparkcyklarna, var de tillverkas och hur de fraktas därifrån.

2.2.1.1 Materialfördelning

Centralt för produktionens klimatpåverkan är vilka komponenter som ingår i konstruktionen. Både vilka material de består av och hur stor del av sparkcykelns totala massa dessa utgör. Vilka dessa komponenter är, samt deras massa, kunde till största del bestämmas utifrån den produktinformation som finns för elsparkcykeln i helhet, samt med information om de reservdelar som finns på marknaden. De komponenter av sparkcykeln som har tagits i beaktning är, likt nämnt i avsnittet för systemavgränsningar, följande:

- Litiumjonbatteri
- Elmotor
- Fram- och bakhjul
- Ram

Massa på batteripaket, elmotor och hjul gick att återfinna hos återförsäljare såsom *alibaba.com*. Med vetskapen om sparkcykelns totala vikt kunde därefter ramens massa, vilken är den tyngsta av komponenterna, beräknas genom att subtrahera övriga komponenter från totalen, som enligt produktinformationen är 12,5 kg (Segway 2019).

I konsultation med forskaren Anna Hedlund drogs slutsatsen om vilka material som ramen består av. Därefter gjordes sedan en visuell uppskattning av respektive materials volymfraktion. Med kännedom om ramens totala vikt, materialens densitet och hur stor del av ramens volym dessa utgör, kan därefter massan för de olika materialen beräknas, vilket redovisas i *tabell 1* nedan. Detta ger i sin tur, med hjälp av CES EduPack, ramens klimatpåverkan i form av koldioxidutsläpp.

Tabell 1. Volymfraktion(%), densitet (kg/m³), massa (kg) och viktprocent (%) för de material som ramen består av

Material	Volymfraktion [%]	Densitet [kg/m ³]	Massa [kg]	Massfraktion [%]
Aluminium 6063 T6	56 %	2690	4,47	75 %
Polykarbonat, ABS (plast)	30 %	1200	1,07	18 %
Isoprene (gummi)	14 %	930	0,39	7 %

Batteriet finns som färdig komponent i CES EduPack. På grund av detta så ansågs en uppskattning för fördelningen av material på denna komponent vara överflödigt och har därför ej beräknats.

Elmotorn är en komplex komponent vilket gör det svårt att uppskatta dennes materialfördelning. Ingen produktinformation, utöver vikt, på en sådan elmotor har återfunnits. Enligt en studie av Li et al. (2013) hävdas att materialfördelningen i en elmotor ser ut som följande:

Tabell 2. Materialfördelningen och massfraktion (%) för en elmotor. Värden erhållna från Li et al. (2013)

Material	Massfraktion [%]
Stål	36.1
Gjutet aluminium	36.1
Koppar/mässing	27.8

Under antagandet att viktfordelningen ser densamma ut för elsparkcyklarnas elmotor kan CES EduPack användas för att få en uppskattning av koldioxidutsläpp för denna komponent.

2.2.1.2 Transportsträcka

Ninebot, företaget som tillverkar dessa sparkcyklar, är beläget i Kina. Det är därför relevant att se över de utsläpp som tillkommer på grund av den transport som sker från fabrik till kund, vilka i detta fall befinner sig i Stockholm. För att, i CES EduPack, beräkna de utsläpp som transporten bidrar med så behövs: sträckan som godset ska färdas (mätt i kilometer), massan för elsparkcyklarna, vilken enligt Segway (2019) är 12,5 kg/st, och de transportmedel som används. På grund av att transporten inom de två länderna är okänd så gjordes en avgränsning till att endast titta på transporten från Kina till Sverige, och bortsåg från den som sker inom respektive land. Transporten mellan länderna antogs dessutom utgöra en stor majoritet av transportutsläppen och ansågs därför vara en godtagbar avgränsning för att uppfylla rapportens syfte. Om fartyget vidare antas åka via Suezkanalen i Egypten, vilket är den kortaste sjövägen från Kina till Sverige, så motsvarar det, efter en överslagsräkning på en karta, en sträcka på ungefär 19 000 kilometer.

2.2.2 Användning

Koldioxidutsläppen som tillkommer vid laddningen av batteriet erhöles också från CES EduPack. Omvandlingen från energi till koldioxid sker där med hänsyn till vilket land som produkten används i, vilket i detta fall är Sverige. De räknar där med ett koldioxidutsläpp på 20 gram CO₂/kWh. Enligt en rapport från Energiföretagen (2018) så är utsläppet för svenskproducerad el 14 gram CO₂/kWh, alltså något lägre än den siffra som används i CES EduPack. Siffran från CES EduPack ansågs ändå vara godtagbar då det endast är en uppskattning av utsläppen som har beräknats.

För att beräkna detta utsläpp så krävdes också information om effekten på motorn samt hur många timmar fordonet körs per dag. Effekten på motorn kunde avläsas i produktinformationen och är 300W (Segway 2019). Antalet timmar som fordonet körs per dag beskrevs i *kapitel 2.2* och uppskattas för ett bästa- och ett värsta fall till 30 och 100 minuter per dag. Detta är en förenklad beräkning av utsläppen vid användningsfasen, ett antal avgränsningar har gjorts, men ansågs duglig i syftet att ge en uppfattning av utsläppen i denna del av livscykel.

2.2.3 Sluthantering

Då information om den verkliga sluthantering för elsparkcyklarna saknas så har de beräknats utifrån ett antagande om att allt som kan återvinnas, återvinns, och resterande komponenter genomgår *downcycling*. Detta ger följande fördelning på de material som hanteras:

Tabell 3. Sluthanteringsmetoder för en elsparkcykels olika komponenter

Komponent	Sluthantering
Aluminium (ram)	Återvinns
ABS-plast (ram)	Återvinns
Gummi (ram)	Downcycling
Batteri	Downcycling
Däck	Downcycling
Stål till elmotor	Återvinns
Aluminium till elmotor	Återvinns
Koppar till elmotor	Återvinns

Sluthanteringsfasens koldioxidutsläpp delades sedan in i två kategorier:

- Utsläpp vid sluthantering, detta är de direkta utsläppen vid hantering av materialet och ökar elsparkcykelns totala klimatavtryck.
- Sluthanteringspotentialen, denna mäter all den koldioxid som sparas in på grund av att materialet återvinns istället för att nytt måste produceras vid framtida tillverkningar. Detta minskar därmed elsparkcykelns totala klimatavtryck.

2.3 Beräkning av koldioxidutsläpp för alternativa transportmedel

För att få en uppfattning om storleksordningen av elsparkcyklarnas koldioxidutsläpp så har de jämförts med alternativa transportmedel. Detta har genomförts med en enklare scenario-modellering där de, i fyra olika scenarion, ersätter fossildrivna fordon till olika stora utsträckningar. De transportmedel som elsparkcyklarna antas ersätta är: gång, bil (privat och taxi), cykel, buss och tunnelbana.

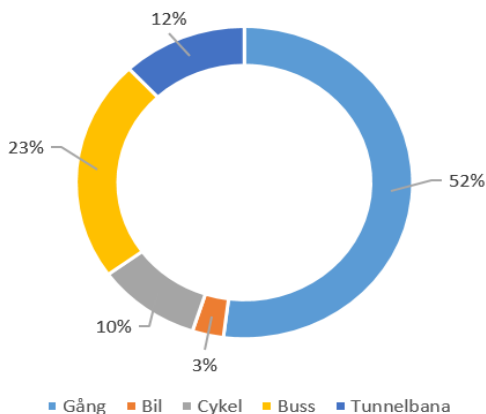
Koldioxidutsläppen från dessa hämtades från litteraturstudier och presenteras i *tabell 4* nedan.

Tabell 4. Koldioxidutsläpp (g CO₂/pkm) för de olika transportmedlen: gång, bil, cykel, buss, tunnelbana (European Environment Agency, 2016)¹, (Trafikverket, 2019)², (Klimatpåverkande utsläpp - MTR, 2017)³

Transportmedel	Koldioxidutsläpp [g CO ₂ /pkm]
Gång	0
Bil	104 ¹
Cykel	0
Buss	25 ²
Tunnelbana	0,1 ³

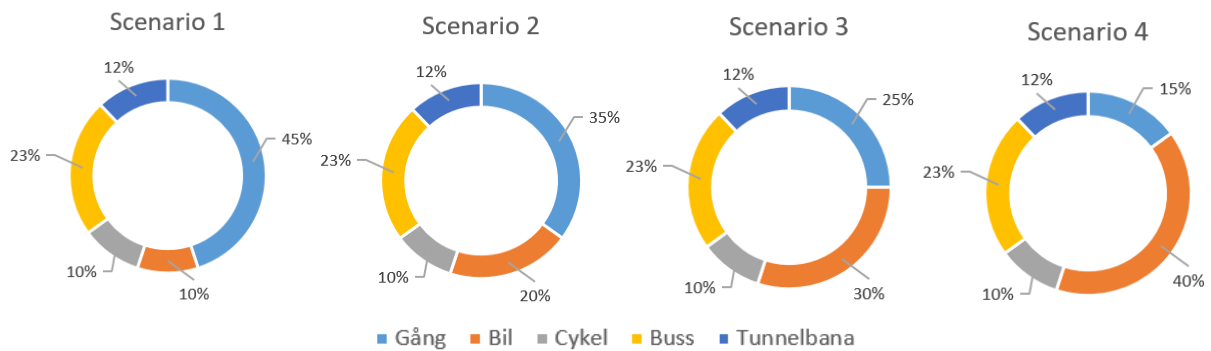
Detta är något av en förenkling i och med att det förutsätter att införandet av elsparkcyklar inte har påverkat produktionen av nya fordon. Hade detta däremot varit fallet hade, till exempel, utsläppen från cyklar inte varit noll. I dagsläget, med den korta tid som tjänsten har funnits, ansågs det dock vara ett rimligt antagande att tillräckligt få, för att det ska ha en inverkan på koldioxidutsläppen, har avstått från att köpa nya fordon på grund av införandet av dessa tjänster.

I samband med en uppgift i kursen *Energisystem modeller och scenarier*, utfördes en användarenkät av en KTH student (Rydén 2019) för att analysera vilken effekt aktörer, som tillhandahåller elsparkcyklar, har på koldioxidutsläppen i Stockholm. I samband med arbetet så utfördes en användarenkät, på omkring 30 användare, för att urskilja fördelningen för vad elsparkcyklarna ersätter. Denna enkät gav följande fördelning:



Figur 1. Procentuell fördelning (%) för vilka tidigare valda färdmedel som elsparkcyklarna ersätter: gång, bil, cykel, buss, tunnelbana

Trots en något bristfällig enkät, åtminstone gällande det begränsade antalet tillfrågade personer, så går det att konstatera att det främst är gång som elsparkcyklarna ersätter i dagsläget. Exakt hur denna fördelning ser ut har däremot inte undersökts i detta arbete. Fokuset har istället legat på *hur* olika fördelningar ser ut i jämförelse med utsläppen från elsparkcyklarna, vilka i sin tur varierar med livslängden. Fördelningarna som kommer ingå i jämförelsen utgår från den som demonstreras i *figur 1*, men med en varierande andel gång, samt bil, som ersätts. Bilersättandet ökar stegvis i samma takt som ersättandet av tidigare promenerade sträckor minskar. På detta sätt utformas fyra scenarion med 10, 20, 30 respektive 40 % bil som elsparkcyklarna ersätter. Detta ger följande fördelningar:

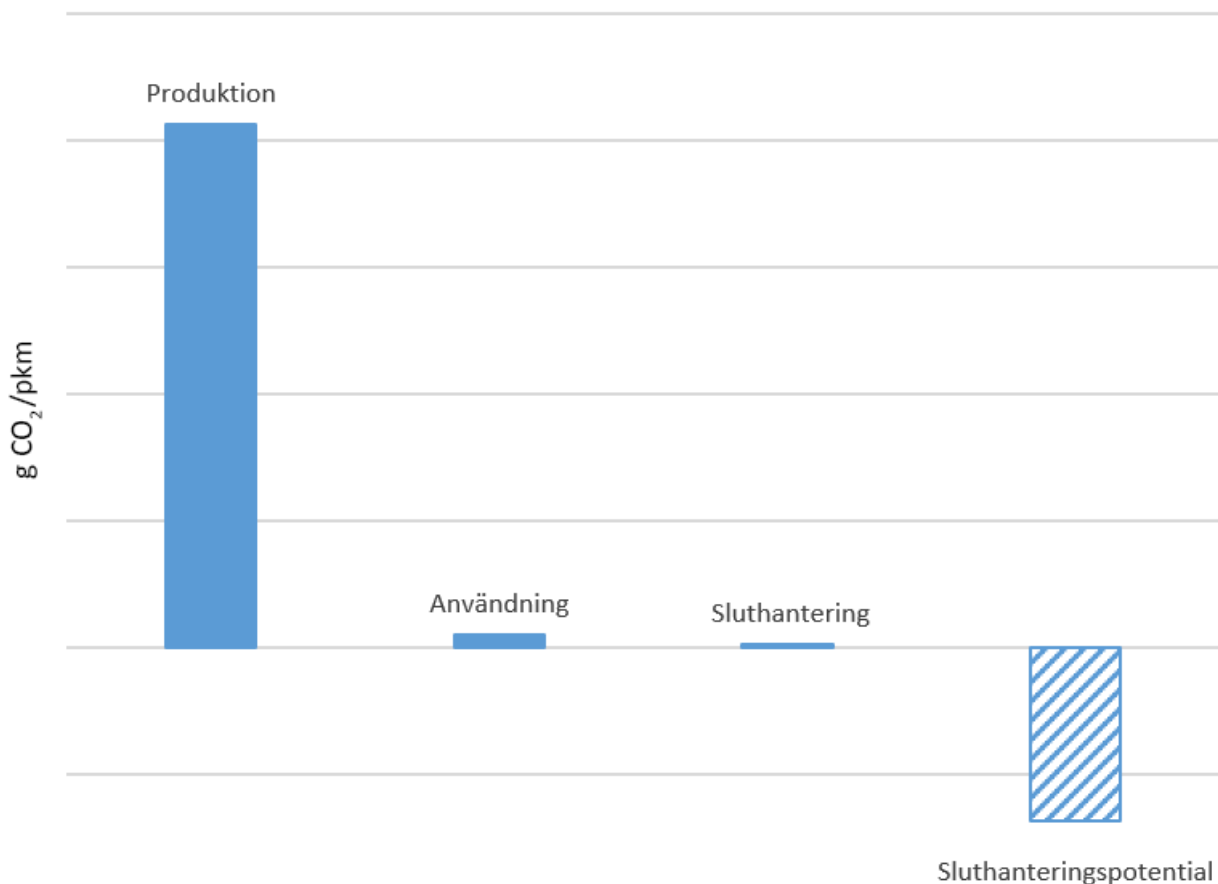


Figur 2. Procentuell fördelning (%) för vilka tidigare valda färdmedel som elsparkcyklarna ersätter: gång, bil, cykel, buss, tunnelbana. För scenario 1-4

Därefter har sedan, med hjälp av utsläppen för de olika fordonen, koldioxiden per personkilometer för de olika scenarierna beräknats och jämförts med koldioxidutsläppen för elsparkcyklarna (vilken varierar med livslängden).

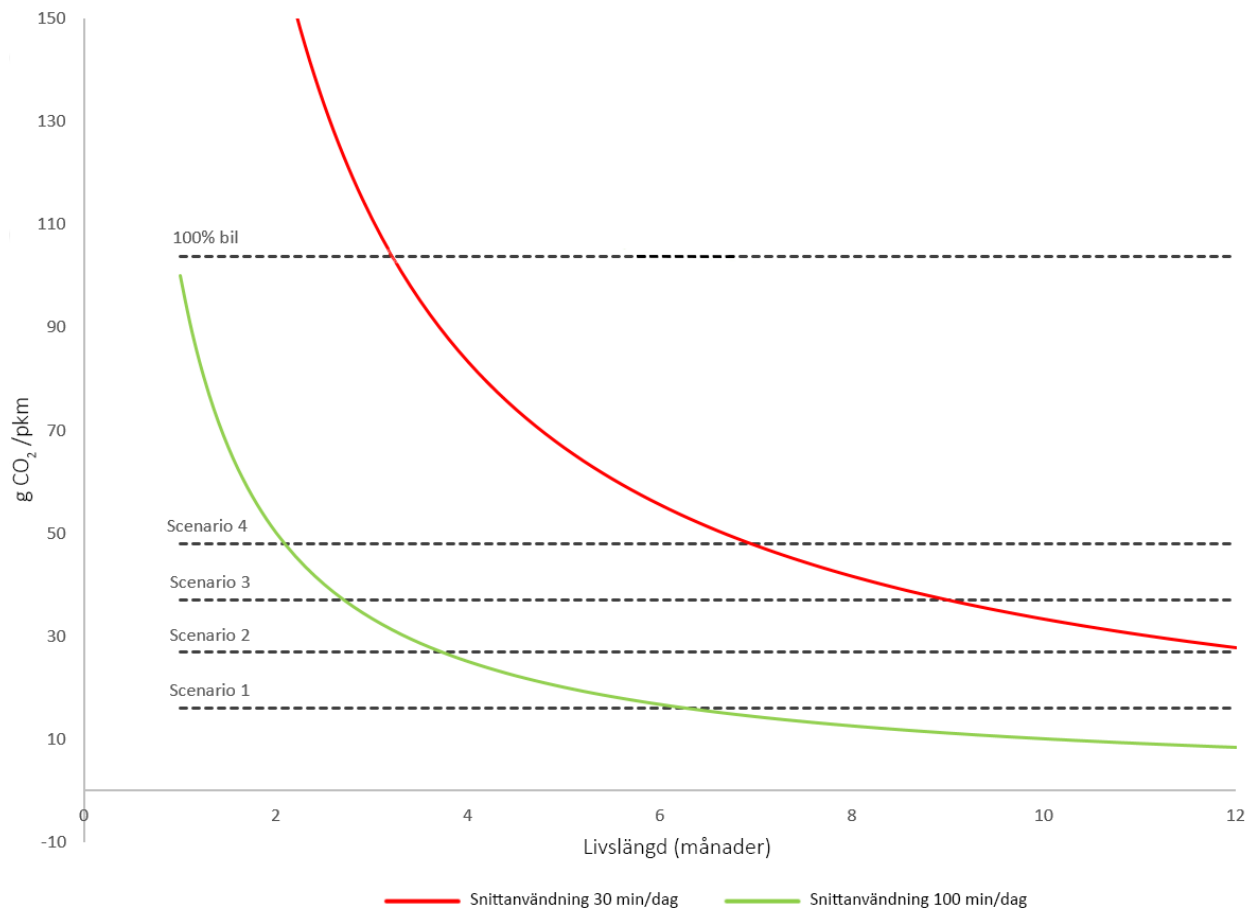
3 Resultat

Det är tydligt från beräkningarna av koldioxidutsläppen i de olika faserna att produktionsfasen, även om livslängden maximeras, står för majoriteten av utsläppen. En minskande livslängd ökar dessa skillnader ytterligare. Med en livslängd på 12 månader, vilket är flertalet gånger högre än den som uppskattades initialt, så är utsläppen för produktionen 42 gånger större än den från användningen och över 200 gånger större än den från sluthantering. En tredjedel av utsläppen i produktionsfasen går dock att bespara genom återvinning av materialen (sluthanteringspotentialen). Förhållandet mellan de olika faserna, vid en livslängd på 12 månader, presenteras nedan:



Figur 3. Förhållandet av koldioxidutsläpp (g CO₂/pkm) mellan de olika faserna: produktion, användning och sluthantering. Utsläpp från sluthanteringens delas in i utsläpp som krävs för att återvinna samt utsläpp som kan sparas in som en följd av samma återvinning, sluthanteringspotentialen.

Inom produktion ingår material, tillverkning och transport. Av dessa tre utgör materialet majoriteten av utsläppen. När utsläppen för alla de olika faserna därefter summeras och livslängden tillåts variera, så kan en jämförelse mot alternativa transportmedel utföras. Elsparkcyklarnas koldioxidutsläpp redovisas för två olika fall, ett där de har en snittanvändning som är 30 minuter per dag, samt ett där de har en snittanvändning på 100 minuter per dag. Detta ger följande resultat:



Figur 4. Kurva för koldioxidutsläpp (g CO₂/pkm), med en snittanvändning på 30 respektive 100 minuter per dag, vid varierande livslängd (månader). Samt utsläpp för motsvarande system, utan elsparkcyklar, enligt Scenario 1-4 och 100 % bilersättning

Det som går att avläsa från denna graf är dels den betydelse som livslängden har för elsparkcyklarnas koldioxidutsläpp, mätt i gram per personkilometer, samt hur dessa utsläpp förhåller sig till de från alternativa transportmedel. Detta jämförs med fördelningar för alternativa transportmedel enligt scenario ett till fyra, vilka går att se i *tabell 5* nedan, samt för utsläpp med enbart bil. Dessa utsläpp är likvärdiga där kurvorna för elsparkcyklarna skär linjerna för scenarierna. Med en livslängd som är kortare än två månader så är utsläppen från elsparkcyklarna, även om de har snittanvändning som är 100 min/dag, större än de från samtliga scenarion. Däribland ett scenario där elsparkcyklarna ersätter bil i 40 % av fallen (Scenario 4).

Tabell 5. Procentuell fördelning (%) för vilka tidigare valda färdmedel som elsparkcyklarna ersätter: gång, bil, cykel, buss, tunnelbana. För scenario 1-4

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4
<i>Gång</i>	45 %	35 %	25 %	15 %
<i>Bil</i>	10 %	20 %	30 %	40 %
<i>Cykel</i>	10 %	10 %	10 %	10 %
<i>Buss</i>	23 %	23 %	23 %	23 %
<i>Tunnelbana</i>	12 %	12 %	12 %	12 %

Livslängden som krävs, med en snittanvändning på 30 respektive 100 minuter per dag, för att utsläppen ska vara likvärdiga med utsläppen för de olika scenarierna sammanställs i *tabell 6* nedan. Livslängden som krävs för att elsparkcyklarnas utsläpp, om de används 30 minuter per dag, ska vara likvärdiga med *Scenario 1* och 2 hamnar utanför den graf som presenteras i *figur 4*, dessa hämtades istället från beräkningarna som utfördes Excel.

Tabell 6. Livslängder (månader) som krävs, om snittanvändningen är 100 respektive 30 minuter per dag, för att elsparkcyklarnas koldioxidutsläpp ska vara likvärdiga med de från scenario 1-4.

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4
Livslängd med en snittanvändning på 100 min	6,1 mån.	3,7 mån.	2,7 mån.	2,1 mån.
Livslängd med en snittanvändning på 30 min	20,3 mån.	12,4 mån.	9 mån.	7 mån.

Det som är tydligt från *Tabell 6* ovan, utöver den långa livslängd som krävs för att utsläppen ska vara likvärdiga med utsläppen enligt *Scenario 1*, är de stora skillnaderna mellan en snittanvändning på 30 respektive 100 minuter per dag. Eftersträvsvärt är det därför, utöver en maximerad livslängd, att även ha en så stor snittanvändning som möjligt. Som diagrammet i *figur 3* påvisar så står produktionen för majoriteten av koldioxidutsläppen. De koldioxidutsläpp som uppstår vid denna fas existerar oberoende av hur mycket elsparkcykeln används. För att minimera hur stora dessa utsläpp är *per personkilometer* däremot, så bör elsparkcykeln användas så mycket som möjligt, vilket är kopplat till både livslängd och snittanvändning.

4 Diskussion

Det resultatet visar är att livslängden har en stor betydelse för elsparkcykelns koldioxidutsläpp per personkilometer. Utsläppen ökar exponentiellt med en minskande livslängd. För att minimera koldioxidutsläppen är det därför av yttersta vikt att maximera denna livslängd, särskilt stor inverkan har detta om livslängden i dagsläget är kort. Kurvan är där brantare och en månads förändring påverkar då koldioxidutsläppet till en större grad. Betydelsen av detta belyses också genom jämförandet med alternativa transportmedel. Är livslängden för elsparkcyklarna kort så måste de ersätta bil till en mycket hög grad för att utsläppen mellan dessa system ska vara likvärdiga. Omvänt så krävs det en hög livslängd, över sex månader, för att utsläppen ska vara likvärdiga med de utsläpp som är fallet om samma sträcka tas enligt *Scenario 1*, vilket innefattar 10 % bil.

Därutöver kan man i resultatet, presenterat i *figur 3*, se sluthanteringens stora betydelse för livscykelns koldioxidutsläpp. Lyckas aktörerna säkerställa att allt material från enheterna som kan återvinnas, återvinns, och resterande material genomgår *downcycling*, så kan omkring en tredjedel av elsparkcyklarnas totala koldioxidutsläpp kompenseras (sluthanteringspotentialen). Jämförelsen mellan elsparkcyklarna och de fyra scenarierna (*figur 4*) har gjorts under antagandet att detta är fallet. Misslyckas aktörerna däremot att ta tillvara på resurserna inom sluthanteringens så skulle det krävas en ännu längre livslängd för att utsläppen från elsparkcyklarna ska vara lägre än de från det de ersätter. Faktorer som skulle kunna ha en påverkan på denna sluthantering, och därför bör beaktas av företagen, är ett möjligt bortfall till en följd av stöld och vandalism.

Hur lång den genomsnittliga livslängden *de facto* är, har inte kunnat fastställas. Källorna som har återfunnits innehåller skiftande påståenden och ingen data för detta har kunnat erhållas från företagen som tillhandahåller elsparkcyklarna. Enligt de källor som har undersökts så är den längsta påstådda livslängden tre månader (Blixt 2019). Om så är fallet så skulle detta vara betydligt kortare än den, av oss uppskattade, potentiella livslängden på elsparkcyklarna. Det vill säga den livslängden de skulle ha om de hanterades så varsamt som möjligt. Denna bör, enligt oss, kunna vara över ett år. Är den däremot så kort som källorna påstår så skulle det tala för att oaktsam hantering, vandalism och stöld förekommer. Instagramkonton såsom *Rensa_Voi* och *Birdgraveyard*, vilka publicerar bilder och videos på elsparkcyklar som vandaliseras, talar ytterligare för att en sådan hantering inte är ovanlig. En livslängd på tre månader skulle innebära utsläpp som är jämförbara med, i fallet med en snittanvändning på 100 minuter per dag, *Scenario 3*, vilket innefattar ett system där samma sträcka tas till 30 % med bil och till 23 % med buss. En studie påstår vidare att den genomsnittliga livslängden endast är en månad (Griswold 2019). Detta skulle, åter med en snittanvändning på 100 minuter per dag, innebära utsläpp som är jämförbara med om motsvarande sträcka enbart tas med bil.

Lyons (2018) definierar kraven på framtidens smarta transporter att de, utöver att erbjuda kostnadseffektiva, attraktiva och effektiva alternativ, också bör vara hållbara sådana. Detta faktum bör, om aktörerna vill att tjänsten ska identifieras som ett smart transportalternativ, driva dem i arbetet mot ett mer hållbart system. Livslängdens stora betydelse bör därmed också uppmärksammas och arbetet mot att maximera denna bör, om det inte redan har gjorts, initieras. Detta skulle innebära en minskad konsumtion, något som Verboven och Vanherck (2016) anser vara en nödvändighet för att företag med denna affärsmodell ska kunna klassas som hållbara. Ett sådant arbete skulle kunna innefatta en ökning av

reparationer, något som i sin tur ökar produktens livslängd, eller att informera användarna om de miljömässiga konsekvenserna av en felaktig hantering av fordonen.

I jämförelsen mellan elsparkcyklarnas utsläpp och de från alternativa transportmedel, är det önskvärt att de från elsparkcyklarna, inte bara är likvärdiga, utan hamnar så långt under de från det de ersätter som möjligt. För att uppnå detta bör det eftersträvas att förbättra fler parametrar utöver livslängden. Från resultatet framgår det, i och med fallen med olika snittanvändningar, att denna parameter också är av stor vikt när det kommer till att minska elsparkcyklarnas koldioxidutsläpp. De bör ha en så hög snittanvändning som möjligt. Vidare så bör det också av samma anledning eftersträvas att de, till en så stor grad som möjligt, ersätter fossildrivna transportmedel. Den sistnämnda, att ersätta fossildrivna transportmedel, kan enligt Verboven och Vanherck (2016) dock vara problematisk då de menar att utbud, i många fall, skapar efterfrågan. Personer som inte behöver ett fordon, utan hade promenerat en viss sträcka istället, hyr ett fordon på grund av att det finns tillgängligt. De hävdar att detta är en generell externalitet som hör till delningsekonomin, och inte endast för företag som hyr ut elsparkcyklar. Detta är något som vi anser att företagen bör vara medvetna om och försöka motverka. Detta är, utöver livslängden, också kopplat till en minimerad konsumtion och är enligt Verboven och Vanherck (2016) något som företag med denna affärsmodell bör arbeta med om de vill klassas som hållbara.

Slutsatsen av föregående visar betydelsen, för både aktörer och staden, att inte stirra sig blinda på en enkelsidig lösning. Utan för att systemet ska vara så hållbart som möjligt så krävs det att de arbetar parallellt mot att förbättra förutsättningarna inom flera områden samtidigt. Skulle till exempel företagen öka livslängden samtidigt som man ökar snittanvändningen samt andelen som väljer elsparkcykel framför fossildrivna transporter, såsom bil och buss, så skulle resultatet i kalkylen framställa tjänsten som ett betydligt mer hållbart transportalternativ. Ett förslag på värden att eftersträva, och någorlunda rimliga att uppnå, på dessa parametrar är enligt oss: (1) en livslängd som är 6 månader, (2) en snittanvändning som är 120 minuter per dag och (3) att ersättandet av alternativa transportmedel sker enligt *Scenario 3*, där ersättandet av bil uppgår till 30 %. Skulle aktörerna lyckas att uppnå dessa värden skulle systemet med elsparkcyklar, framgående ur resultatet i *figur 4*, producera mindre än hälften av mängden koldioxid som systemet för de ersatta transportmedlen skulle producerat under samma sträcka.

Det är värt att poängtera att de exakta värdena på elsparkcyklarnas utsläpp i resultatet bör användas med en viss varsamhet. På grund av ett antal förenklingar och antaganden för att nå detta resultat så går det inte med säkerhet, trots vetskap om elsparkcykelns livslängd, att säga exakt hur stora dessa utsläpp är. Resultatet finns främst för att bilda en någorlunda uppfattning om dessa utsläpp och hur de förhåller sig till alternativa transportmedel, samt hur de varierar med livslängden. Inte för att, med hjälp av grafen, säga vad det exakta värdet på dessa utsläpp är.

Då en av de främsta svagheter i denna studie är kopplat till antalet förenklingar och antaganden som gjordes så uppmuntras det vid framtida studier att, istället för att endast använda livscykelperspektivet, utföra en omfattande livscykelanalys. Förslagsvis bör fler miljövariabler tas i beaktning, samt alla de relevanta delprocesser som ingår i systemet.

Med den explosiva tillväxttakten på marknaden, med flera nytillkomna aktörer som tillhandahåller elsparkcyklar, bör det även vara av framtida intresse att undersöka hur man kan optimera storleken på

stadens fordonsflotta. Detta i syftet att undvika en övermättad marknad, något som i sin tur skulle medföra en minskning av snittanvändningen och därmed en ökning av koldioxidutsläpp per personkilometer.

Ytterligare ett förslag på framtida studier är att undersöka hur dessa företag förhåller sig till en, eller flera, av de punkter som ingår i Verboven och Vanhercks ramverk för en hållbar delningsekonomi (se *kapitel 1*). Exempelvis hur aktörer kan maximera samhälls- och miljöfördelar utan att riskera sin egna ekonomiska tillväxt.

Referenser

- Blixt, T. 2019. Voi-grundaren om det galet höga tempot: "Förhållandet till tid har blivit helt sjukt". *Breakit*. 5 mars. <https://www.breakit.se/artikel/18862/voi-grundaren-douglas-stark-efter-jatteresan-hela-forhallandet-till-tid-har-blivit-helt-sjukt> (Hämtad 2019-05-24).
- Bocken, N., Short, S., Rana P. och Evans, S. 2014. A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes. *J Clean Prod* 65: 42–56. doi: 10.1016/j.jclepro.2013.11.039
- CES EduPack. 2019. Cambridge: Granta Design.
- Creamer, A. och Gao, B. 2015. *Carbon Dioxide Capture: An Effective Way to Combat Global Warming*. New York: Springer.
- Energiföretagen. 2018. *Energibranschens klimat- och miljöpåverkan*. Energiföretagen. https://www.energiforetagen.se/globalassets/energiforetagen/statistik/energiaret/energiaret2017_miljo_ver_s180904.pdf?v=DcEUtxJkvPIK4IQvOPvgGKWhGtK (Hämtad 2019-06-03).
- Segway. 2019. *Segway - Ninebot by Segway KickScooter ES2*. <http://eu-en.segway.com/products/ninebot-by-segway-kickscooter-es2> (Hämtad 2019-05-07).
- European Environment Agency. 2016. *Carbon dioxide emissions from passenger transport*. <https://www.eea.europa.eu/media/infographics/carbon-dioxide-emissions-from-passenger-transport/view> (Hämtad 2019-05-01).
- Griswold, A. 2019. Shared scooters don't last long. *Quartz*. <https://qz.com/1561654/how-long-does-a-scooter-last-less-than-a-month-louisville-data-suggests/> (Hämtad 2019-05-07).
- Hedlund, Anna; Universitetslektor vid Kungliga Tekniska Högskolan. 2019. E-mail 24 maj.
- Hållberg, A. 2017. *Klimatpåverkande utsläpp*. MTR. <http://www.mtrnordic.se/om-oss/hallbarhet/hallbarhetsredovisning1/fokusomrade-2-birda-till-miskad-miljo-och-klimatpaverkan/klimatpaverkande-utslapp/> (Hämtad 2019-05-07).
- Jackson, T. 2009. *Prosperity without Growth: Economics for a Finite Planet*. London: Earthscan.
- Li, S., Li, J., Li, N., Lu, Q., Tong, D. and Gao, Y. 2013. Evaluation of environmental impacts of traction motor production and disposal. *Transactions of Tianjin University*, 19(6): 413-418. doi: 10.1007/s12209-013-2106-5
- Lyons, G. 2018. Getting smart about urban mobility – Aligning the paradigms of smart and sustainable. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 115: 4-14. doi: 10.1016/j.tra.2016.12.001
- Retamal, M. 2017. Product-service systems in Southeast Asia: Business practices and factors influencing environmental sustainability. *Journal of Cleaner Production* 143: 894-903. doi: 10.1016/j.jclepro.2016.12.032
- Rydén, J. 2019. *Energisystem modeller och scenarier (MJ2141)*. Stockholm: KTH.

Segway. 2019. *User Manual*. http://www.segway.com/media/2272/25612-00001_aa-kickscooter-user-manual-en.pdf (Hämtad 2019-05-17).

Trafikverket. 2019. *Jämför färdmedel – bil, flyg, tåg och buss*. <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/miljo---for-dig-i-branschen/energi-och-klimat/Jamfor-trafikslag/> (Hämtad 2019-05-19).

Tran, T. och Park, J. Y. 2015. Development of a Strategic Prototyping Framework for Product Service Systems Using Co-creation Approach. *Procedia CIRP* 30: 1-6. doi: 10.1016/j.procir.2015.02.102

Verboven, H. och Vanherck, L. 2016. The sustainability paradox of the sharing economy. *Sustainability Management Forum* 24 (4): 303–314. doi: 10.1007/s00550-016-0410-y.

VOI. 2019a. *VOI Scooters*. Instagram. 26 mars. https://www.instagram.com/p/Bvd-l2PBK5w/?utm_source=ig_web_copy_link (Hämtad 2019-05-28).

VOI. 2019b. *FAQ*. VOI Scooters <https://www.voiscooters.com/faq> (Hämtad 2019-05-17)

TRITA TRITA-ABE-MBT-19468