Modellering av mikromobilitet (M3) – Fortsättningsprojekt kring parkering och ruttval

Forskningsprojekt finansierat av Trafikverket (TRV 2023/57724)

Slutrapport
12 augusti 2026

Erik Jenelius
Boel Berg Wincent
Wilco Burghout
Chengxi Liu
Filip Kristofersson

Kungliga Tekniska högskolan (KTH)
Avdelningen för transportplanering

Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI)
Trafikanalys och logistik

TRITA-ABE-RPT-2617

Innehåll

Innehåll 2
Förord 3
1 Bakgrund 4
2 Syfte och mål 5
2.1 Vem kombinerar delade elsparkcyklar och kollektivtrafik? 5
2.2 Hur används elsparkcyklar vid störningar i kollektivtrafiken? 5
2.3 Hur påverkas resande och gångavstånd av utbudet av elsparkcyklar? 5
2.4 Hur kan elsparkcyklar implementeras i multimodala simuleringsmodeller? 6
3 Genomförande och metodik 7
3.1 Genomförande 7
3.2 Enkätundersökning 7
3.3 Analys av automatiska resedata 7
3.4 Agentbaserad simulering 9
4 Resultat 13
4.1 Kombinerat resande med kollektivtrafik 13
4.2 Användande under kollektivtrafikstörningar 14
4.3 Utbud, resande och gångavstånd 16
4.4 Simulering i MATSim 17
5 Slutsatser 21
5.1 Kombinerat elsparkcykel- och kollektivtrafikresande vanligt i vissa grupper 21
5.2 Många använder elsparkcyklar vid stora kollektivtrafikstörningar 22
5.3 Tröskeleffekter i utbudets påverkan på resandet 22
5.4 Goda möjligheter att modellera delad mikromobilitet 22
6 Resultatspridning 24
7 Forskningsrapporter 25
Referenser 26

Förord

Den här rapporten sammanfattar utfallen av forskningsprojektet ”Modellering av mikromobilitet (M3) – fortsättningsprojekt kring parkering och ruttval” som genomfördes vid Avdelningen för transportplanering, KTH och Trafikanalys och logistik, VTI, från januari 2024 till juni 2026. Projektet finansierades av Trafikverket genom Centre for Traffic Research (CTR) och forskningsportföljen Möjliggöra. Per F Eriksson har varit handläggare av projektet hos Trafikverket.

Projektet har letts av Erik Jenelius, KTH. Boel Berg Wincent, KTH har genomfört merparten av arbetet med datainsamling, bearbetning och analys. Wilco Burghout, KTH har tillsammans med Erik Jenelius varit handledare för Boels doktorandstudier under projektet. Chengxi Liu, VTI har lett arbetet med att implementera elsparkcyklar i MatSim. Filip Kristofersson, VTI, har genomfört merparten av det arbetet.

En referensgrupp bestående av Per F Eriksson, Matilda Mårtensson och Johan Irvenå från Trafikverket, Tina Ghasemi Liljekvist och Sofie Cederberg från Voi, Tobias Carlsson från Region Stockholm, Henrik Söderström från Stockholms stad och Markus Aarflot, Göteborgs stad, har följt projektet och bidragit med värdefull input. Vi vill tacka alla medlemmar för deras tid och engagemang som bidragit till projektets framgång. Vi vill särskilt tacka Voi för deras delning av data som varit ovärderlig för projektet, samt Stockholms stad för deras hjälp med kompletterande data.

Rapporten inleds med en beskrivning av bakgrunden till projektet, följt av syfte och mål, metodik, projektledning och genomförande. Rapporten avslutas med sammanfattning av våra viktigaste slutsatser och några utpekade riktningar för vidare forskning, följt av redovisningar av genomförd resultatspridning och forskningsrapporter.

Stockholm, augusti 2026
Erik Jenelius, Boel Berg Wincent, Wilco Burghout, Chengxi Liu och Filip Kristofersson

1 Bakgrund

Transportsystemen i våra större städer genomgår stora förändringar där nya former av mobilitet på kort tid etablerat sig som påtagliga inslag. Elsparkcyklar och liknande former av delad mikromobilitet utgör ett snabbt, tyst och utrymmessnålt färdmedel. Den snabba etableringen har dock inneburit att dagens infrastruktur inte är anpassad till deras egenskaper, vilket har gett upphov till ett antal konflikter. Ett problem är att delade elsparkcyklar ofta lämnas på ställen som påverkar framkomligheten för fotgängare och andra trafikanter och bidrar till en oordnad stadsmiljö. Som följd av detta har parkeringsrestriktioner införts i många städer, bl.a. Stockholm.

Företeelsen med delade elsparkcyklar i städer är fortfarande relativt ny, och systemen och deras förutsättningar förändras snabbt. Det finns således ett stort behov hos väg- och gatuhållare att förstå hur de positiva sidorna hos mikromobiliteten kan stärkas och hur de negativa sidorna kan avhjälpas.

Det här projektet har byggt vidare på projekten *Modellering av mikromobilitet (M3) – Förstudie om kunskapsbehov och användningsmönster* (2019-2020) och *Modellering av mikromobilitet (M3) – Resmönster, potential och utformning av delade elskotertjänster* (2021-2023), som båda finansierats av Trafikverket genom CTR.

I förstudien kartlades vilka kunskapsbehov som finns hos involverade aktörer, framför allt gatu- och väghållare och mobilitetsföretag, och en internationell kunskapsöversikt gjordes. Resor med elsparkcyklar är i genomsnitt en mile (engelsk mil) eller tio minuter långa med en övervikt på fritidsresor, men de har fortfarande i allmänhet inte rollen som transportlösning för dagligt resande. Vissa studier har identifierat fallgropar på miljöområdet eftersom delade elsparkcyklar för närvarande ersätter mer miljövänliga alternativ som att gå, och det finns vissa begränsningar vad gäller utnyttjande och drift av de delade tjänsterna. Den främsta källan till konflikter är körning och parkering på trottoarer, och man kan se en ökning av olycksfrekvensen för elsparkcyklar. Städer har reagerat genom att genomföra olika åtgärder för att kontrollera och minska negativa konsekvenser: reglering av fordonsflottor och aktörer, trafik- och parkeringsregler, utbildning, jämlikhetsaspekter, multimodalitet etc. Intervjuer med vissa transportplanerare avslöjar dock behovet av en djupare förståelse av elsparkcyklar resmönster och hur de kan förändra nuvarande resmönster genom att utgöra första/ sista-milslösningar i förorterna.

I det efterföljande *Resmönster*-projektet samlades data kring elsparkcykelresor in från flera källor, bl.a. operatören Voi och Stockholms stads upphandlade plattform Cityscope. Dessutom genomfördes en stor enkätstudie hos elsparkcykelanvändare i Stockholm, Göteborg och Malmö. Analysen gav nya insikter kring vad användare tycker om parkeringsrestriktionerna som infördes 2022, hur införandet påverkade deras resande och hur de kombinerar kollektivtrafik och elsparkcykel, samt hur detta varierar beroende på var de bor och andra demografiska skillnader. Projektet påvisade också att elsparkcyklar ofta används som ett ”sista minuten”-färdmedel, dvs. de ersätter gångresor framför allt när man är sen, och därmed fyller en lucka hos övriga färdmedel. Resultaten har rönt stort intresse hos väg- och gatuhållare och operatörer, och kommer att kunna vara till praktisk nytta i framtida stads- och trafikplaneringsarbete.

Det föreliggande projektet beviljades i oktober 2023 och genomfördes mellan januari 2024 och juni 2026. Projektet har byggt vidare på resultaten från *Resmönster*-projektet och fördjupat sig i flera av de utpekade forskningsområdena.

2 Syfte och mål

Syftet med det här projektet har varit dels att fördjupa analysen av elsparkcyklarnas användarmönster på individnivå med hjälp av nya data, dels att utifrån resultaten ta fram principer för utformning när det gäller infrastruktur för elsparkcyklar, i synnerhet parkering och samlokalisering med kollektivtrafik. Projektet har tagit fram ny kunskap om hur delade elsparkcyklar används och vilken funktion de fyller i transportsystemet, särskilt som komplement till kollektivtrafiken, vid tidskritiska resor och vid störningar i kollektivtrafiken. Resultaten bidrar med underlag för att utveckla effektsamband för mikromobilitet, ett område där det idag finns begränsad kunskap. Även om delad mikromobilitet idag utgör en liten del av den totala urbana trafiken finns det nyttor med att inkludera delad mikromobilitet i modeller. Delad mikromobilitet finns inte med i Sampers och underlaget från projektet kan användas för inkludering i modellen som tidigare har gjorts med cykel. Resultaten ger underlag för planering, reglering och uppföljning av mikromobilitet i svenska städer.

Projektet har haft som långsiktigt mål att fortsätta uppbyggnaden av analys- och modelleringskompetens inom mikromobilitet i stadstrafik. Det har därmed kompletterat den kunskap och forskning som CTR bygger upp kring vägtrafik, kollektivtrafik och cykelresande. Projektet kommer att leda till doktorsexamen för Boel Berg Wincent, som i och med detta fyller ett viktigt kompetensbehov som expert kring elsparkcyklar och mikromobilitet i Sverige.

Utbudet, förutsättningarna och användandet av delade elsparkcyklar förändras och utvecklas ständigt, vilket gör att vissa frågor blir mer angelägna att studera medan andra minskar i relevans. Projektet har därför haft ett öppet arbetssätt där forskningsfrågor har preciserats och reviderats under projektets gång. Referensgruppen, med representanter från nationella, regionala och lokala myndigheter samt mobilitetsföretag, har haft en central roll för att hålla projektgruppen uppdaterad kring aktuella policy- och planeringsfrågor och peka ut intressanta forskningsriktningar kopplade till delade elsparkcyklar.

Projektet har fokuserat på ett antal frågeställningar kring användandet av delade elsparkcykeltjänster:

2.1 Vem kombinerar delade elsparkcyklar och kollektivtrafik?

En ofta återkommande debatt de senaste åren har varit i vilken utsträckning delade elsparkcyklar konkurrerar med kollektivtrafiken om resenärer. Det föregående *Resmönster*-projektet och annan forskning har visat att elsparkcyklar och kollektivtrafik till viss del kombineras till multimodala resor och därmed kompletterar varandra. Det här projektet har utgått från den enkät som skapades och skickades ut inom *Resmönster*-projektet för att fördjupa analysen kring vilka användare (med avseende på demografiska och geografiska attribut) som kombinerar elsparkcyklar och kollektivtrafik, och vilka faktorer som bidrar till en hög andel kombinerade resor.

2.2 Hur används elsparkcyklar vid störningar i kollektivtrafiken?

I ett multimodalt transportsystem kan olika transportslag utgöra komplement och alternativ till varandra när något av dem drabbas av störningar. Det här projektet har fördjupat sig in en del av samspelet mellan delade elsparkcyklar och kollektivtrafiken, som är i vilken utsträckning elsparkcyklar används under större störningar i Stockholms tunnelbana. Även om systemet har relativt låg kapacitet och inte passar alla kollektivtrafikresenärer, skulle det kunna avlasta andra alternativ som ersättningsbussar och taxi, men forskningen har hittills varit begränsad. Studien har undersökt om tunnelbanestörningar genererar signifikanta lokala ökningar i elsparkcykelresor, var i staden dessa kluster uppstår, hur responsen varierar över tid och beroende på störningens karaktär. Analysen har använt data från Vianova kring startpunkter för elsparkcykelresor i samband med flera dokumenterade större störningar i tunnelbanan.

2.3 Hur påverkas resande och gångavstånd av utbudet av elsparkcyklar?

Det föregående *Resmönster*-projektet visade att utbudet av delade elsparkcyklar och gångavståndet till närmaste fordon är viktiga faktorer för användarnas upplevelse och resande. Dessutom undersökte projektet hur långt användare går för att inleda en elsparkcykelresa, i genomsnitt och vid olika tider på dygnet. Det här projektet har fördjupat analysen av hur gångavstånd och resande påverkas av den

tillgängliga volymen av elsparkcyklar genom att titta på variationer i tid och rum. Syftet har varit att närma sig en förståelse kring vilket utbud, som kan regleras genom parkeringsmöjligheter och omfördelning av fordon, som krävs för att uppnå en tillräcklig volym av resor för att vara ekonomiskt lönsam. Analysen har använt detaljerade data från Voi (en av de största operatörerna i Stockholm) kring start- och målpunkt samt var och när appen öppnades för ett stort antal resor. Dessa har kompletterats med data från Vianova kring utbud, start- och målpunkter på zon-nivå för alla operatörer i Stockholm.

2.4 Hur kan elsparkcyklar implementeras i multimodala simuleringsmodeller?

Ett annat konkret mål med projektet har varit att testa hur mikromobilitet, i form av elsparkcyklar, kan integreras i en befintlig multimodal simuleringsmodell. Arbetet har genomförts som ett proof-of-concept med utgångspunkt i en MATSim-baserad modell för Stockholms län, som tidigare har använts och kalibrerats inom andra projekt. Projektet har undersökt möjligheten att kombinera elsparkcykelresor med kollektivtrafik. Detta omfattar exempelvis resor där elsparkcykel används som anslutande färdmedel till eller från en hållplats eller station. Fokus har därmed varit på att pröva modellprinciper och arbetsflöden för mikromobilitet i ett multimodalt sammanhang, snarare än att ta fram en slutlig, fullt kalibrerad modell. Resultaten ska bidra till en ökad förståelse för hur framtida modelleringsverktyg kan utvecklas för att bättre beskriva elsparkcyklars roll i det multimodala transportsystemet.

3 Genomförande och metodik

3.1 Genomförande

Projektet har genomförts av KTH, Avdelningen för transportplanering, och VTI, Trafikanalys och logistik. Projektet har letts av Erik Jenelius, KTH. Boel Berg Wincent, KTH har genomfört merparten av arbetet med datainsamling, bearbetning och analys. Wilco Burghout, KTH har tillsammans med Erik Jenelius varit handledare för Boels doktorandstudier under projektet. Chengxi Liu, VTI har lett arbetet med att implementera elsparkcyklar i MatSim. Filip Kristofersson, VTI, har genomfört merparten av det arbetet.

En referensgrupp bestående av Per F. Eriksson, Matilda Mårtensson och Johan Irvenå från Trafikverket, Sofie Cederberg från Voi, Tobias Carlsson från Region Stockholm, Henrik Söderström från Stockholms stad och Markus Aarflot från Göteborgs stad har följt projektet. Referensgruppsmöten har hållits två gånger per år: 7 februari 2024 (uppstartsmöte), 8 oktober 2024, 7 maj 2025, 21 november 2025 och 28 maj 2026.

Projektet har använts sig av tre huvudsakliga metodologiska angreppssätt: En enkätundersökning om åsikter och resvanor hos användare av delade elsparkcyklar i Stockholm, Göteborg och Malmö, statistisk analys av automatiskt insamlade data om utförda elsparkcykelresor i Stockholm, samt agentbaserad simulering (implementering, kalibrering och validering).

3.2 Enkätundersökning

För analysen av kombinerat resande med elsparkcyklar och kollektivtrafik genomfördes en enkätundersökning bland Vois användare i Stockholm, Göteborg och Malmö i november 2022. Enkäten utformades med en blandning av frågor, där ett flertal bestod av gradering av påståenden på en likertskala (1-5). Målet var att enkäten skulle vara enkel för att så många som möjligt skulle slutföra svarsformuläret. Det var inte möjligt att hoppa över frågor men om respondenten svarade ”Nej” på vissa frågor hoppade respondenten automatiskt över det aktuella avsnittet. Ett exempel på en sådan fråga var ”Har du använt en friflytande elsparkcykel som anslutning till eller från kollektivtrafik de senaste 6 månaderna?”.

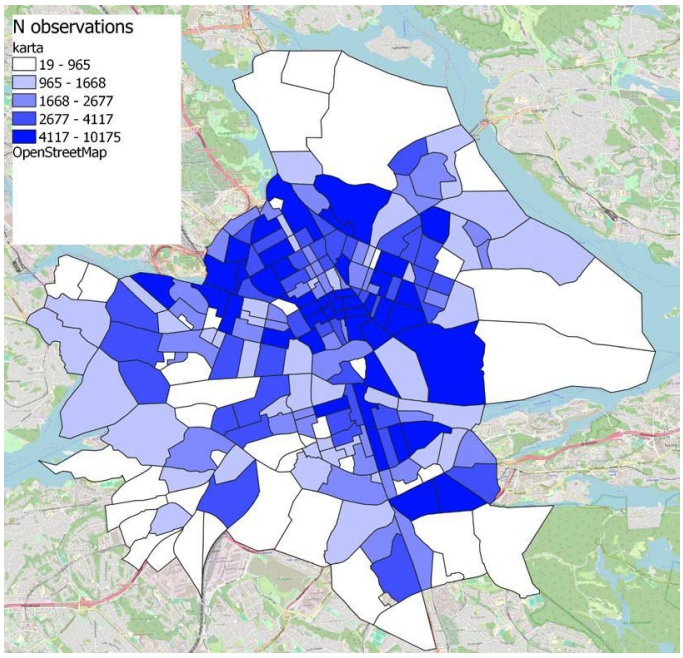
Enkätens frågeformulär togs fram under hösten 2022. Enkäten för Stockholms användare togs fram tillsammans med Preem Huq och Hawler Rabun som skrev ett parallellt examensarbete vid Avdelningen för transportplanering på KTH. Totalt inkom 1584 svar. 965 användare från Stockholm, 145 användare från Göteborg och 159 användare från Malmö ingick i det slutliga urvalet som låg till grund för resultatet.

En binär logistisk regressionsmodell skattades för att identifiera faktorer som påverkar sannolikheten att ha kombinerat elsparkcykel och kollektivtrafik. Förklaringsvariablerna omfattade bland annat bostadens läge i förhållande till elsparkcyklarnas driftzon, resefrekvens med elsparkcykel, inkomst och ålder. En fördjupad analys av faktorer som förklarar hur ofta man kombinerat elsparkcykel och kollektivtrafik gjordes med hjälp av en ordinal regressionsmodell.

3.3 Analys av automatiska resedata

För analysen av utbudets inverkan på gångavstånd och resande har två olika dataset använts i kombination. Det första är ett dataset från plattformsleverantören Vianova, som vid tiden anlitades av Stockholms stad för att samla och analysera data från samtliga verksamma elsparkcykeloperatörer i staden. Data består av det totala antalet inledda och avslutade resor samt det totala antalet tillgängliga fordon per timme på baszonsnivå för perioden 1 januari till 30 september 2022. Det andra datasetet är från operatören Voi för samma tidsperiod. Datasetet består av koordinater och tidsangivelser för tre händelser kopplade till varje resa: användaren öppnar Vois app och ser utbudet av lediga fordon, användaren startar en elsparkcykelresa, och användaren avslutar resan. Genom att matcha koordinaterna och rutterna däremellan mot en digital karta av gatunätet är det möjligt att skatta gångavståndet från öppnandet av appen till starten av resan. Även längden på varje elsparkcykelresa och närheten till

kollektivtrafikstationer vid resans början och slut kan skattas. Genom tidsangivelserna kan variationer i gångavstånd över dygnet studeras. Dessa värden aggregerar vi till zonnivå, som illustreras i Figur 1.



Figur 1. Totalt antal inledda resor per basområde och dag, 1 januari–30 september 2022, data från Vianova.

För att undersöka utbudets (kvantifierat som antalet tillgängliga fordon per kvadratmeter) inverkan på antal inledda resor och gångavstånd skattades rumsliga regressionsmodeller, där hänsyn tas till att variabler i närliggande zoner kan vara korrelerade. Andra faktorer som veckodag, tid på dagen och väderförhållanden undersöktes också.

För studien av elsparkcyklar som ersättningsfärdmedel till kollektivtrafik har vi analyserat data från Vianova över elsparkcykelresor i Stockholm, insamlade under åren 2022 och 2023. Data över antal inledda resor aggregerades rumsligt i hexagoner över Stockholm. Fem stora störningshändelser i Stockholms tunnelbana med olika egenskaper valdes ut för att analyseras:

2022-10-19 (onsdag): Röd och blå linje, 07:30–09:00. Strömavbrott och fordonshaveri under morgonrusningen, drabbade röd linje vid Hornstull–Zinkensdamm samt blå linje.

2022-11-18 (fredag):Grön linje, 14:00–19:00. Ställverksfel orsakade totalstopp på södra grenarna av gröna linjen i fem timmar.

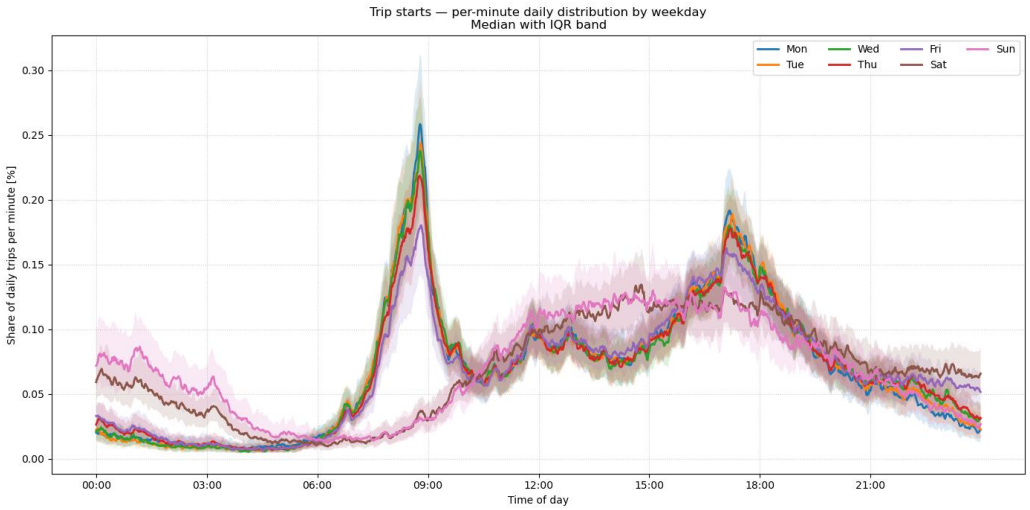
2023-04-26 (Onsdag): Alla linjer, 06:45–09:00. Strömavbrott drabbade samtliga tunnelbanelinjer samt Roslagsbanan, Tvärbanan och Nockebybanan.

2023-05-26 (fredag): Röd linje, 12:25–13:00. Stopp på röda linjen mellan Tekniska Högskolan och Mariatorget under ca 35 minuter.

2023-07-06 (torsdag): Alla linjer, 15:00–16:15. Totalstopp på samtliga tunnelbanelinjer under eftermiddagen.

För varje störningshändelse valdes tio helgfria vardagar i anslutning till störningsdagen ut som jämförelsedagar. Baseline att jämföra resandet under störningen mot utgjordes av det genomsnittliga normalresandet under det berörda tidsintervallet. Figur 2 visar dygnprofiler för antal inledda resor per veckodag. De heldragna linjerna visar medianvärden medan de skuggade områdena visar interkvartilbredden (variationen mellan den 25:e och 75:e percentilen i fördelningen mellan dagar). Man

kan se att resandet varierar betydligt mellan framför allt vardagar, lördagar och söndagar, vilket gör det viktigt att jämförelsedagar väljs ut med omsorg.



Figur 2: Dygnsprofiler för antal inledda elsparkcykelresor per veckodag.

Två olika metoder användes för att analysera förändringen i resandet med elsparkcyklar jämfört med baseline under varje störningshändelse. Först gjordes ett enkelt t-test på skillnaden i totala antalet resor mellan störningsdagen och jämförelsedagarna under de tidsintervall över dygnet som störningen pågick. Därefter användes det statistiska verktyget SaTScan (www.satscan.org) för att identifiera kluster i tid och rum där resandet under störningsdagen var signifikant större än normalt. SaTScan utvecklades ursprungligen för att analysera uppkomst och spridning av epidemier, men har med tiden tillämpats på många andra områden. Vi delade in data i rumsliga hexagoner och 15-minuters tidsintervall och lät SaTScan hitta sammanhängande kluster av områden och tidsintervall där antalet inledda resor var signifikant högre än vad som kan förklaras enbart genom slumpmässiga variationer runt baseline.

3.4 Agentbaserad simulering

Projektet har undersökt hur elsparkcyklar, eller mer generellt delade mikromobilitetstjänster (t.ex. lånecyklar), kan införas som ett färdmedel i MATSim. MATSim (MATSim, matsim-org/matsim-libs: Multi-Agent Transport Simulation) är ett agentbaserat simuleringsramverk för transportmodeller där enskilda syntetiska resenärer, så kallade agenter, genomför dagliga resplaner i ett transportnätverk. Varje agent har en plan med aktiviteter och resor, och modellen kan användas för att analysera hur olika färdmedel, restider, kostnader och nätverksförhållanden påverkar resandet.

Det innebär att modellen behöver kunna beskriva hur en användare går till en station/parkeringsplats, använder en elsparkcykel till en annan station/parkeringsplats och därefter går vidare till sin slutdestination. En viktig del är också att elsparkcykeln inte behöver användas för hela resan. Modellen bör till exempel kunna hantera att en person använder elsparkcykel i ena riktningen, men väljer ett annat färdmedel på tillbakaresan, eller tvärtom. Arbetet genomfördes i flera steg.

MATSim är utvecklat som ett öppet ramverk och innehåller, utöver grundfunktionaliteten, även ett antal tilläggsmoduler, så kallade contribs. Dessa moduler utvecklas av MATSim-communityt och kan användas för att lägga till funktionalitet som inte ingår i standardversionen. En inledande del av projektet var därför att undersöka om det redan fanns en lämplig modul för mikromobilitet eller delade fordon, eller om en egen lösning behövde utvecklas för att kunna beskriva elsparkcyklar i modellen.

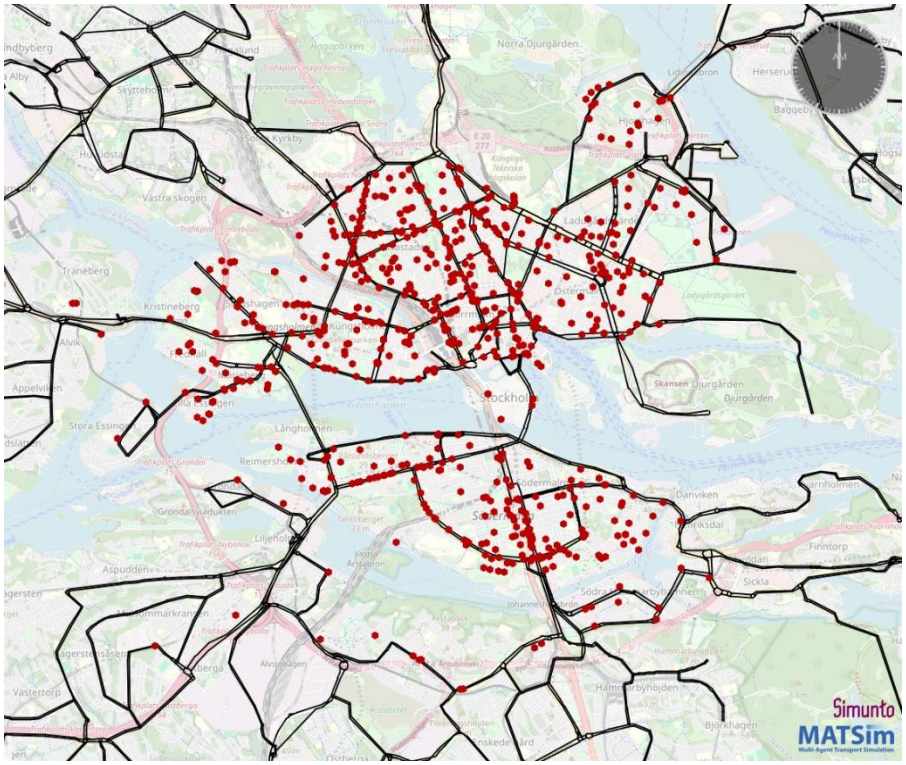
När en lämplig modellansats hade identifierats testades funktionaliteten först i en enkel simuleringsmiljö. Syftet med detta var att isolera den nya funktionaliteten och säkerställa att det nya färdmedlet fungerade korrekt innan det lades till i en större modell. Testmiljön bestod därför av ett begränsat antal agenter, ett litet antal elsparkcykelstationer och förenklade resor. I det första steget

simulerades själva elsparkcykelresan som teleportering, vilket innebär att resan inte sker längs explicita länkar i nätverket. I stället beräknas restiden utifrån avstånd och en antagen hastighet. Genom att analysera modellens utdata kunde det kontrolleras att agenterna kunde gå till en station/parkeringsplats, hämta en elsparkcykel, använda den till en annan station/parkeringsplats och därefter gå vidare till sin slutdestination.

Efter de inledande funktionstesterna var nästa steg att införa elsparkcyklar i en befintlig simuleringsmodell för Stockholms län. Denna modell, här kallad Stockholmsmodellen, är en MATSim-baserad modell som tidigare har använts och kalibrerats inom andra projekt. Modellen omfattar hela Stockholms län och inkluderar färdmedlen bil, kollektivtrafik, cykel och gång. Efterfrågan i modellen bygger på ett reseunderlag som efterliknar resultat från den nationella Sampersmodellen. För att skapa heldagsmönster för enskilda resenärer kompletteras detta med tidsdimensioner från den nationella resvaneundersökningen. Modellen beräknar därmed individuella heldagsresmönster och flöden i transportsystemet, baserat på generaliserade reskostnader såsom restid, avstånd och avgifter (Flötteröd, 2020).

Nätverket i Stockholmsmodellen baseras på OpenStreetMap (OSM). För att minska beräkningstiden innehåller den här versionen av modellen dock inte samtliga länkar från det ursprungliga vägnätet, utan en filtrering har gjorts så att det huvudsakliga nätverket ingår, se Figur 1 för exempel på Stockholms innerstad. Kollektivtrafiken representeras med tidtabellsdata från Trafiklab, som tillhandahåller data i GTFS-format. Detta gör det möjligt att simulera kollektivtrafikresor med hänsyn till linjer, hållplatser och tidtabeller.

Data över uppställningsytor och parkeringsplatser för elsparkcyklar hämtades från Stockholms stads Dataportalen. Underlaget består av ytgeometrier som beskriver platser i staden där elsparkcyklar kan ställas upp. I modellen används dessa platser för att beskriva var agenter kan hämta och lämna elsparkcyklar.



Figur 3: Cykellänkar och elsparkcykelstationer, Stockholms innerstad.

Införandet av elsparkcyklar i Stockholmsmodellen genomfördes inkrementellt. I ett första steg användes samma förenklade ansats som i testmiljön, där elsparkcykelresan simulerades som teleportering mellan

stationer. Detta gjorde det möjligt att testa om färdmedlet kunde integreras i den större modellen och om agenter kunde välja elsparkcykel som en del av sina resplaner. I detta steg studerades även hur kostnader och nyttoparametrar för elsparkcykel påverkar efterfrågan, exempelvis om ändrade kostnadsantaganden leder till förändrade färdmedelsval.

I nästa steg testades en mer detaljerad representation där elsparkcykelresan genomförs längs länkar i nätverket. För detta användes länkar som tillåter cykeltrafik, vilket innebär att elsparkcykelresor kan beskrivas mer likt cykelresor i modellen. Detta steg är viktigt för att kunna analysera ruttval och nätverksberoende effekter, exempelvis hur tillgången till lämpliga länkar påverkar vilka resor som kan genomföras med elsparkcykel och vilka rutter som väljs.

Ett ytterligare steg i metodiken var att undersöka hur elsparkcykelresor kan kombineras med kollektivtrafik. Detta är relevant eftersom elsparkcyklar ofta kan fungera som ett anslutande färdmedel, till exempel för resan mellan hemmet och en kollektivtrafikstation eller mellan en hållplats och den slutliga destinationen. Modellen behöver därför kunna hantera reskedjor där elsparkcykel endast används för en del av resan, och där andra färdmedel används före eller efter elsparkcykeldelen.

Den modul som valdes var MATSim-modulen *shared_mobility*, som är utvecklad för att simulera delade fordonstjänster. Modulen hanterar grundläggande funktioner som att hitta ett fordon, hämta upp det, använda det under en del av resan och därefter lämna tillbaka det. Detta gjorde modulen lämplig för projektets syfte, eftersom elsparkcykelanvändning i modellen behöver beskrivas som en kedja av delresor snarare än som ett vanligt färdmedel från startpunkt till målpunkt.

shared_mobility kan användas för både friflytande och stationsbaserade system. I detta projekt användes ett stationsbaserat upplägg, där upphämtning och återlämning av elsparkcyklar begränsas till definierade uppställningsytor och parkeringsplatser. För att begränsa tillgängligheten till färdmedlet användes även ett maximalt gångavstånd till och från stationerna. I projektet sattes detta avstånd till 300 meter, vilket innebär att en agent endast kan använda en elsparkcykel om det finns en station inom detta avstånd från den aktuella start- eller målpunkten för delresan.

Själva elsparkcykelresan valdes att simuleras som *bike*. Det innebär att elsparkcykeldelen värderas och förflyttas på samma sätt som en cykelresa i modellen. Denna förenkling användes eftersom elsparkcyklar i många avseenden använder samma eller liknande infrastruktur som cykel, och eftersom det gjorde det möjligt att relativt enkelt integrera färdmedlet i den befintliga modellstrukturen. För att ändå kunna styra kostnaden och efterfrågan för elsparkcykelresor användes en särskild grundkostnad, en så kallad BaseFare, vid upphämtning av fordon. Genom att justera denna kostnad kunde efterfrågan på elsparkcykel påverkas i modellen.

För att möjliggöra kombinationer mellan elsparkcykel och kollektivtrafik användes även funktionalitet från *SwissRailRaptor* som kan användas som ett alternativ till MATSims standardruttare för kollektivtrafik. En viktig funktion i detta projekt är stöd för intermodal access och egress, vilket innebär att andra färdmedel än gång kan användas för anslutningsresor till och från kollektivtrafiken. I projektet används detta för att testa om elsparkcykel kan fungera som ett anslutande färdmedel, exempelvis mellan en startpunkt och en kollektivtrafikstation eller mellan en hållplats och den slutliga destinationen.

Kombinationen av *shared_mobility* och *SwissRailRaptor* var därför central för att kunna beskriva elsparkcykel som en del av en längre multimodal resa. I stället för att elsparkcykel endast används som ett fristående färdmedel från startpunkt till målpunkt kan modellen representera reskedjor där en agent först går till en uppställningsplats, använder en elsparkcykel till en kollektivtrafikstation, reser vidare med kollektivtrafik och därefter fortsätter till sin slutdestination. På motsvarande sätt kan elsparkcykel användas efter en kollektivtrafikresa.

När funktionaliteten hade införts och testats i Stockholmsmodellen var det sista metodsteget att kalibrera modellen. Syftet med kalibreringen var att få en rimlig nivå på färdmedelsfördelningen när elsparkcykel inkluderas som ett nytt alternativ. Kalibreringen genomfördes mot OD-data för elsparkcykelanvändning

under en genomsnittlig vardag, aggregerad på zonnivå. Genom att jämföra simulerade resor med observerade resmönster kunde modellens parametrar justeras för att bättre motsvara den observerade användningen av elsparkcyklar.

4 Resultat

4.1 Kombinerat resande med kollektivtrafik

Vår studie visar på tydliga skillnader mellan den sociodemografiska profilen för användare av delade elsparkcyklar i allmänhet och de som har gjort minst en elsparkcykelresa i kombination med kollektivtrafik under de senaste sex månaderna. Användare av delade elsparkcyklar i Stockholm, Göteborg och Malmö matchar den demografiska profil som hittades i tidigare studier: de är mestadels unga, välutbildade, välbetalda män i stadsmiljö (Laa och Leth, 2020; Weschke et al., 2022; Wang et al., 2023; Reck et al., 2022). Dessutom finner vi att den genomsnittliga användaren bor i innerstaden, vilket överlappar med elsparkcyklarnas driftzon.

Däremot hade användare bosatta utanför innerstaden högre odds att göra multimodala resor och göra det oftare, särskilt i Stockholm och Göteborg. Det tyder på att delade elsparkcyklar spelar en starkare kompletterande roll för användare bosatta utanför innerstaden. Denna grupp använder inte delade elsparkcyklar för hemresor utan kan i stället ta kollektivtrafik in till staden och använda elsparkcyklar för den sista kilometern, eller den första kilometern när de återvänder hem. För de många användare som bor i kommuner kring Stockholm, där delade elsparkcyklar också finns tillgängliga, kan dessa resor således fungera som första- eller sista-kilometerlösningar, och komplettera det mindre täta kollektivtrafiksystemet i dessa områden.

Vår regressionsanalys indikerar att inkomst är negativt associerad med sannolikheten att göra en multimodal resa i Stockholm. Detta står i kontrast till den typiska höginkomsttagaren av delade elsparkcyklar, vilket tyder på att multimodala cyklister i Stockholm kan representera en distinkt undergrupp som bor utanför stadskärnan och tjänar mindre. Även om delade elsparkcyklar ofta förknippas med rekreationsanvändning och beskrivs som ett roligt transportsätt, tyder våra resultat på ett annat användningsfall: för låginkomstgrupper och invånare i ytterstäderna kan elsparkcyklar vara ett viktigt alternativ för första eller sista kilometern. Effekten var mindre men fortfarande signifikant för invånare som bor utanför Göteborgs stadskärna.

Hu et al. (2025) fann att kombinationen av delade elsparkcyklar och kollektivtrafik kunde öka tillgängligheten till sysselsättning inom en 30-minuters restid. Tillgänglighet till sysselsättning kan förklara varför låginkomsttagare har högre odds att delta i multimodala resor trots den relativt höga kostnaden för delade elsparkcyklar. Dessa tjänster konkurrerar främst med kollektivtrafiken gällande restid, inte kostnad (Aarhaug et al., 2023; Kalakoni et al., 2024). Däremot fann vi att inkomst är positivt kopplad till sannolikheten för multimodala resor i Malmö. Detta resultat skulle kunna återspegla den specifika urbana och socioekonomiska kontexten i Malmö, inklusive skillnader i kollektivtrafiksystemet eller den demografiska sammansättningen av användare av delade elsparkcyklar jämfört med Stockholm. Det kan också vara relaterat till den högre kostnaden för att kombinera delade elsparkcyklar med kollektivtrafik jämfört med att gå till en hållplats.

Till skillnad från i Oslo (Aarhaug et al., 2023) och Portland (McQueen och Clifton, 2022) fann vi inte att studenter kombinerade transportsätten signifikant mer än andra grupper. Faktum är att studenter inte var en särskilt stor användargrupp, vilket kan tyda på att urvalet var för litet för att ge statistiskt signifikanta resultat. Även om de flesta användarna var män var kön inte en signifikant förklaringsvariabel för multimodala resor i våra data, till skillnad från studier från Oslo, Portland och Chicago (Javadinasr et al., 2025). Till skillnad från Los Angeles och Washington, D.C. (Huang et al., 2024) fann vi att frekvent användning av delade elsparkcyklar gav multimodala resor, men inte i en signifikant högre grad. Dessa resultat tyder på att även om exponering ökar sannolikheten, återspeglar det inte nödvändigtvis ett strukturellt beroende av multimodala resor.

Till skillnad från Los Angeles, Washington, D.C. (Huang et al., 2024) och Chicago (Javadinasr et al., 2025) fann vi inget samband mellan högre utbildning och multimodala resor, trots att vi fann att delade elsparkcyklister i Stockholm, Göteborg och Malmö generellt sett hade högre utbildningsnivåer än resten av befolkningen. Således verkar en högre utbildningsnivå inte vara en avgörande faktor för vem som

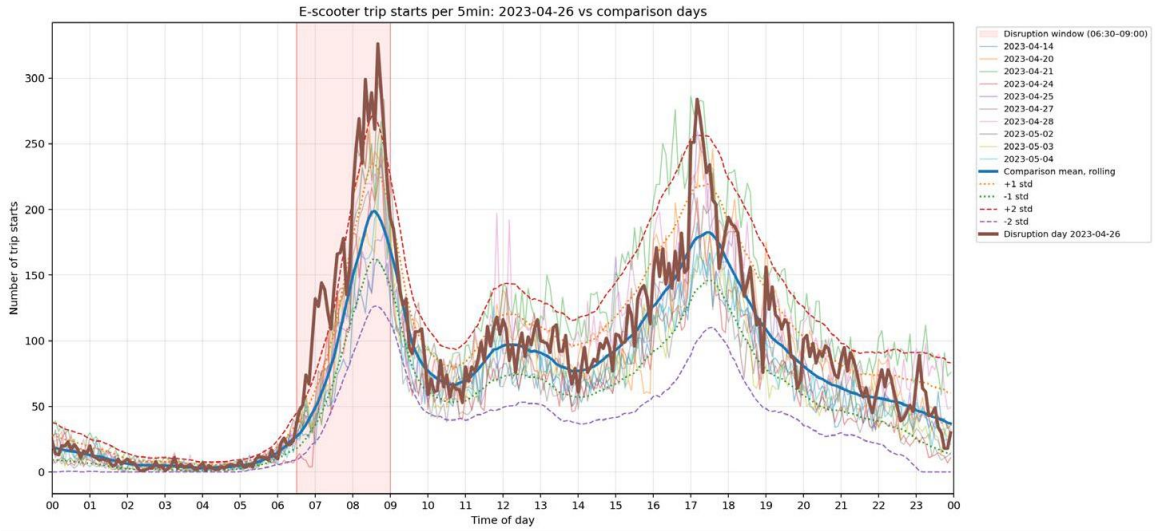
kombinerar de två transportsätten i den svenska kontexten. En möjlig förklaring till detta skulle kunna vara att svenska städer har en mer rättvis tillgång till och användning av kollektivtrafik mellan demografiska grupper, jämfört med en nordamerikansk kontext.

Sammanfattningsvis varierar de grupper som gör resor på den första och sista sträckan mellan de tre städerna. Dessutom skiljer sig multimodala användare från de typiska användarna av delade elsparkcyklar , särskilt i Stockholm och Göteborg. Resultaten tyder på att delade elsparkcyklar kan fylla olika syften för olika användargrupper: För användare med lägre inkomster som bor utanför stadskärnan kan delade elsparkcyklar spela en viktig kompletterande roll. Användare med högre inkomster kan vara mer benägna att kombinera olika färdsätt när detta ger en betydande tidsbesparing.

4.2 Användande under kollektivtrafikstörningar

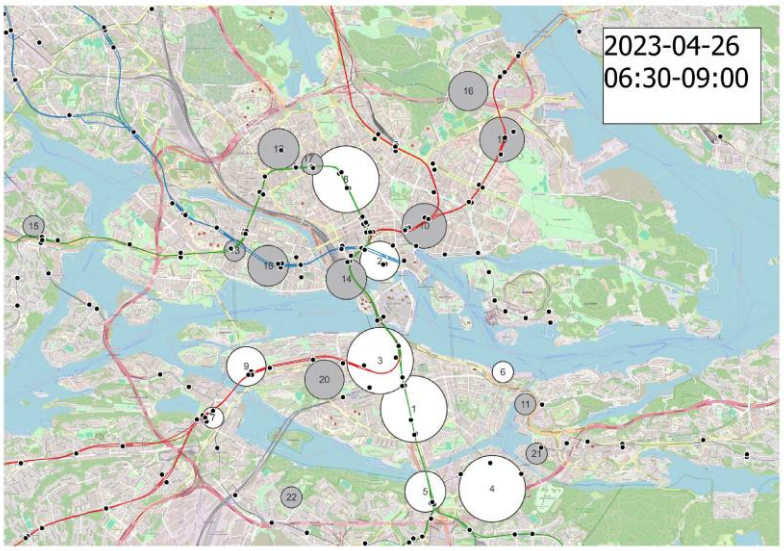
Användandet av elsparkcyklar under kollektivtrafikstörningar undersöktes genom djupgående analyser av fem omfattande störningshändelser i Stockholms tunnelbana under 2022 och 2023. För att begränsa rapportens längd visar vi här en av de fem händelserna, det stora avbrottet den 26 april 2023, som ett illustrerande exempel. En mer utförlig beskrivning och diskussion av samtliga fem störningshändelser finns i Berg Wincent et al. (2026b).

Figur 4 visar dygnsprofilen av det totala antalet elsparkcykelresor i Stockholm den aktuella dagen (tjock linje) och dess jämförelsedagar (tunna linjer). Figuren visar också det genomsnittliga resandet under jämförelsedagarna och ett konfidensintervall på två gånger standardavvikelsen runt medelvärdet som glidande medelvärden. Det färgade fältet visar tiden på dygnet då strömavbrottet, som drabbade samtliga tunnelbanelinjer samt Roslagsbanan, Tvärbanan och Nockebybanan, påverkade kollektivtrafiken. Man kan se att resandet med elsparkcyklar den aktuella dagen var klart högre jämfört med baseline, och skillnaden är starkt statistiskt signifikant.



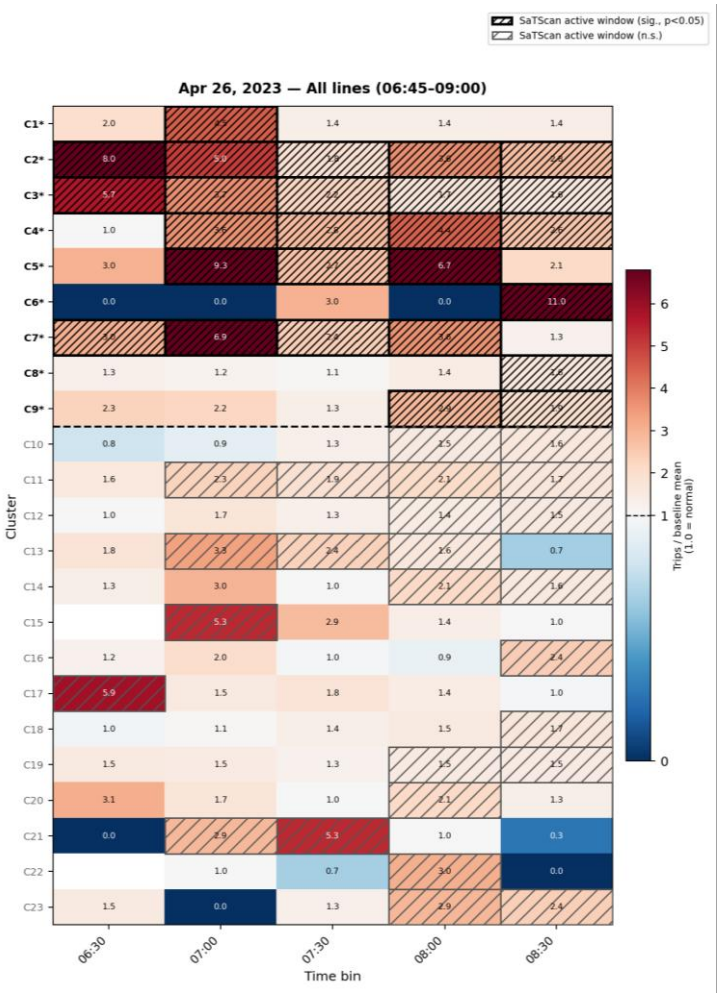
Figur 4:Dygnsprofil över antal elsparkcykelresor 23 april 2023 och jämförelsedagar.

Vi använde SaTScan för att analysera var och när ökningen i resandet uppstod. SaTScan identifierade ett antal kluster i tid och rum där ökningen var markant, se figur 5. Storleken på varje cirkel återspeglar den geografiska omfattningen av klustret, och färgen signalerar om SaTScan identifierat klustret som statistiskt signifikant (vita cirklar) eller inte. Figuren visar också tunnelbanans olika linjer och stationer. Man kan se att många av klustren innefattar en eller flera stationer hos tunnelbanan och tvärbanan.



Figur 5:Kluster av ökat resande med elsparkcyklar 23 april 2023, SaTScan.

Figur 6 visar samtliga identifierade kluster på den vertikala axeln och tiden längs den horisontella axeln. Siffrorna i klusternamnen återfinns på kartan i Figur 5. De streckade fälten indikerar vilka tidsintervall som varje kluster är aktivt. Färgen på fältet indikerar kvoten mellan antal inledda resor i klustret på störningsdagen i förhållande till baseline (medelvärdet för jämförelsedagarna). Tillsammans beskriver alltså Figur 5 och Figur 6 varje klusters rumsliga och tidsmässiga utsträckning.



Figur 6:Temporal omfattning, effekt och signifikans av kluster med ökat resande 23 april 2023.

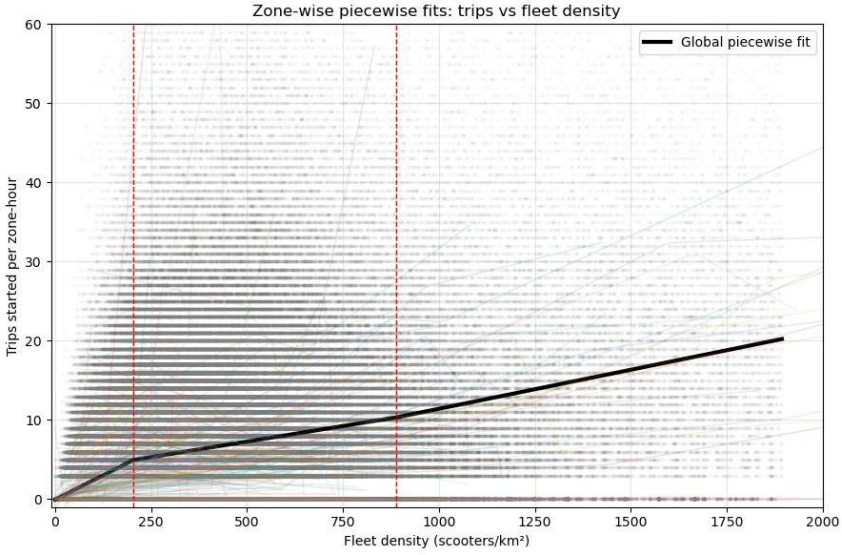
Noterbart är att kluster 2 och 3, belägna vid de viktiga knutpunkterna Slussen och T-Centralen, uppvisar mycket höga resandekvoter i tidsintervallet 6:30-7:00 (8,0 respektive 5,7). Detta tyder på en omedelbar effekt under inledningen av morgonens rusning. Kluster 5 är också beläget vid en knutpunkt (Gullmarsplan) och har en tydlig effekt (resandekvot 9,3) vid 7:00. Vi ser en trend där klustren fortplantar sig söderut över tiden, vilket troligen beror på stoppet på Tvärbanan. Överlag gav störningen rumsligt utspridda effekter, till skillnad från flera andra störningar som drabbade enskilda tunnelbanelinjer.

Sammantaget ger de studerade störningarna starkt stöd till hypotesen att elsparkcyklar används av vissa resenärer som alternativt färdmedel när kollektivtrafiken drabbas av en stor, oplanerad störning. Det totala antalet tillkomna resor uppgår till flera hundra för flera av de analyserade störningarna, vilket inte är försumbart i sammanhanget. Resultaten påminner om de som Klingen (2019) finner för cykeldelning vid oplanerade störningar i Paris. Delade elsparkcyklar tycks dock ge något bredare rumslig räckvidd än stationsbaserade system. Vi ser också en längre påverkad tidsperiod än i Paris.

Analysen tyder vidare på att längden på kollektivtrafikstörningen formar klustrens karaktär. Korta, akuta störningar (19 oktober, 26 maj) kännetecknas av skarpa toppar och höga resandekvoter, och alla kluster överstiger det maximala resandet under jämförelsedagarna. Långa störningar (18 november) ger en ihållande måttlig förhöjning och fler kluster, men lägre resandekvot per intervall. Tiden på dagen och kontexten spelar också roll: Störningar under morgonrusningen ger starkast och tydligast effekter (18 oktober, 26 april), medan semesterperioden under sommaren (6 juli) ger svagast effekt trots ett omfattande stopp på samtliga linjer. Omfattande stopp (26 april, 6 juli) genererar annars kluster i fler stadsdelar och uppvisar en bredare rumslig spridning, medan linjespecifika störningar ger tätare kluster i anslutning till drabbade stationer.

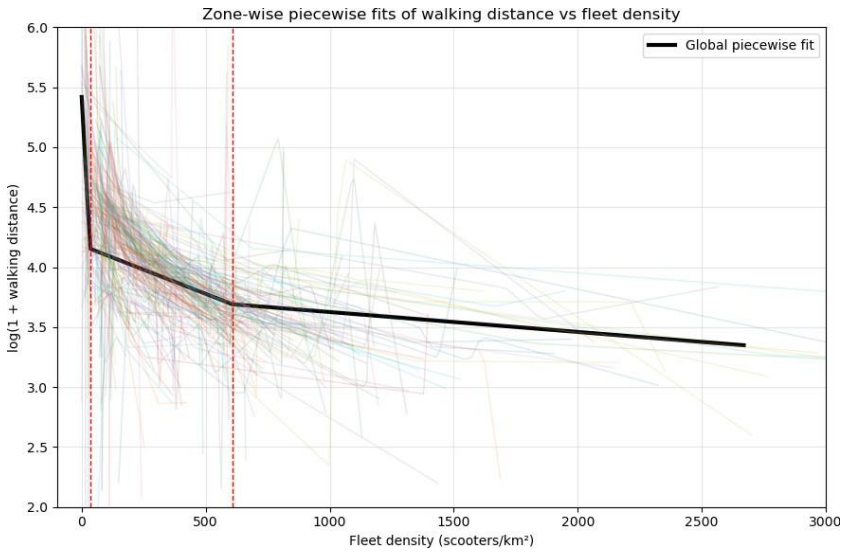
4.3 Utbud, resande och gångavstånd

För att undersöka effekten av tillgången på elsparkcyklar (mätt som antal fordon per kvadratkilometer) på zonnivå på antal inledda resor och gångavstånd skattades två styckvis linjära regressionsmodeller. Figur 7 visar att antalet inledda resor ökar brant med utbudet upp till ca 250 fordon per kvadratkilometer. Därefter avtar ökningstakten, men ett större utbud ger fortsatt ett ökat resande.



Figur 7: Antal inledda resor i förhållande till utbud av elsparkcyklar per zon och tidsintervall.

Figur 8 visar hur gångavståndet (närmare bestämt en logaritmisk transformering av gångavståndet) till vald elsparkcykel varierar i förhållande till utbudet av fordon. Resultatet visar att avståndet minskar mycket snabbt vid låga volymer av fordon, därefter avtar effekten successivt.



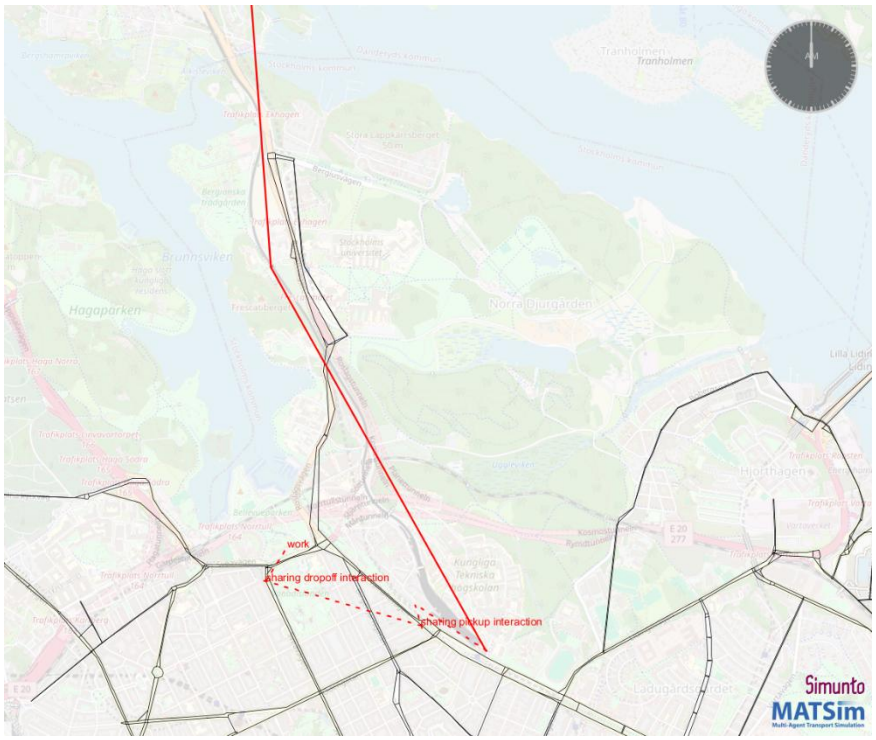
Figur 8: Gångavstånd till nyttjat fordon i förhållande till utbud av elsparkcyklar per zon och tidsintervall.

Ur de två figurerna kan man dra slutsatsen att kortare gångavstånd är en viktig orsak, men inte den enda orsaken, till att större utbud av elsparkcyklar leder till ökat resande. Sannolikt är ett antal olika effekter inblandade: För det första innebär ett större utbud av fordon en större sannolikhet att ett fordon finns tillgängligt då en användare vill inleda en resa. För det andra finns sannolikt gemensamma faktorer som påverkar både utbud och efterfrågan av elsparkcyklar: områden med stor aktivitet och rörlighet har sannolikt en högre täthet av parkeringszoner och cykelställ, ett större inflöde av avslutade elsparkcykelresor, och en hög attraktivitet hos elsparkcyklar som färdmedel.

Resultaten är ett första steg mot att kunna prediktera hur mycket nytt resande som genereras om utbudet av fordon i ett område ökas. Utbudet kan ökas genom flera typer av åtgärder: den mest radikala förändringen är när en eller flera operatörer etableras sig i ett område som tidigare saknat delade elsparkcyklar. Ökningar av utbudet kan också uppnås genom att den totala fordonsflottan ökar, att parkeringskapaciteten ökas i områden med kapacitetsproblem, eller att aktiva omfördelningar av fordon görs mellan olika områden.

4.4 Simulering i MATSim

Det slutliga proof-of-conceptet visade att *shared_mobility* (med stöd av *SwissRailRaptor*) kunde kombineras med Stockholmsmodellen och att elsparkcykel kunde ingå som ett nytt färdmedel i den befintliga modellmiljön. Det gick även att kombinera elsparkcykelresor med kollektivtrafik, vilket var ett viktigt mål för projektet. Detta är särskilt relevant eftersom elsparkcyklar i praktiken ofta används som ett anslutande färdmedel, exempelvis mellan hemmet och en kollektivtrafikstation eller mellan en hållplats och den slutliga destinationen. Modellen kan därmed representera reskedjor där elsparkcykel endast används för en del av resan och där andra färdmedel används före eller efter elsparkcykeldelen.



Figur 9: Exempel på resväg för en kombinerad resa med kollektivtrafik och elsparkcykel. Den exakta resvägen längs cykellänkar för elsparkcykeldelen visualiseras inte.

En viktig iakttagelse från arbetet är att användningen av elsparkcykel i modellen är relativt liten, under en procent av det totala resandet. Detta gör kalibreringen svår, särskilt när modellen körs i en nedskalad version med ett urval av den fulla syntetiska befolkningen. Små förändringar i antal resor kan då få relativt stor påverkan på den simulerade elsparkcykelanvändningen, samtidigt som det är svårt att avgöra om avvikelser beror på modellparametrar, slumpvariation eller begränsningar i indata.

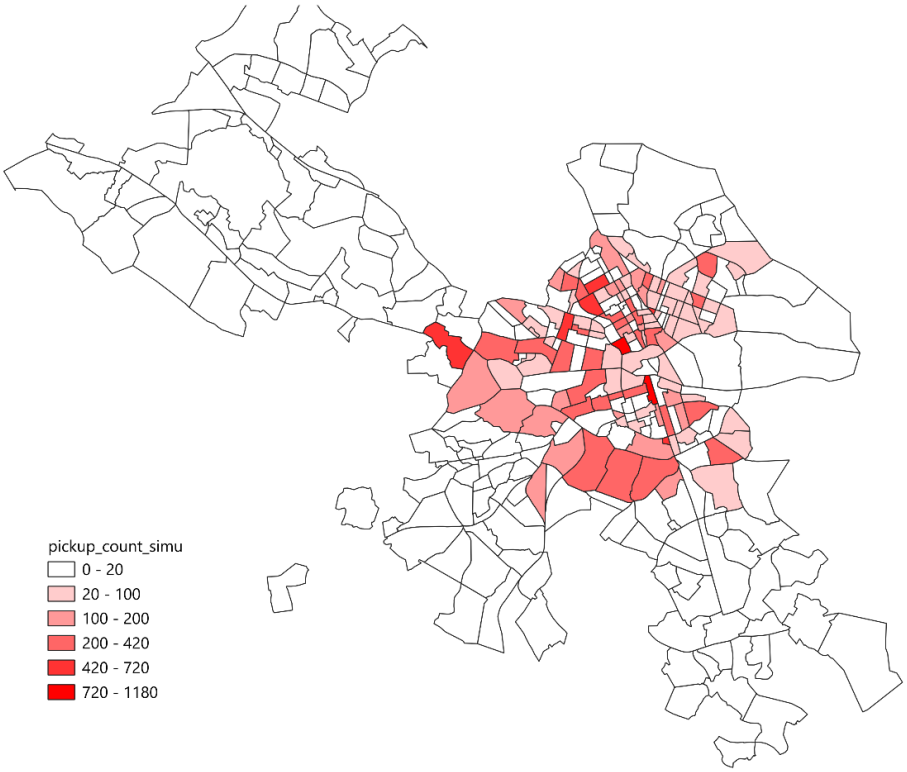
Kalibrering mot färdmedelsandelar visade sig också vara problematisk. Stockholmsmodellen har tidigare kalibrerats genom att jämföra färdmedelsandelar med resultat från resvaneundersökningar. För elsparkcyklar blir detta svårare, eftersom elsparkcykel ofta används som en del av en längre resa. Om en resa exempelvis består av gång, elsparkcykel, kollektivtrafik och gång uppstår frågan vilket färdmedel som ska definieras som resans huvudsakliga färdmedel. För analyser av kollektivtrafikresande kan samma resa betraktas som en kollektivtrafikresa, medan den ur ett mikromobilitetsperspektiv även innehåller en relevant elsparkcykelresa. Detta gör att valet av definition för huvudsakligt färdmedel får stor betydelse för hur resultaten tolkas och för hur kalibreringen bör genomföras.

För att bättre fokusera på elsparkcykelanvändningen användes därför i stället data över upphämtade och återlämnade fordon på zon-nivå. Modellen kalibrerades mot origin-/destination-data för elsparkcykelanvändning under en genomsnittlig vardag. Denna ansats gör det möjligt att styra den totala nivån på elsparkcykelanvändningen, framför allt genom justering av grundkostnaden för att använda färdmedlet. På så sätt kan modellen anpassas så att antalet simulerade elsparkcykelresor hamnar på en rimlig nivå i förhållande till observerad användning. Tabell 1 visar det simulerade antalet elsparkcykelresor i den slutgiltiga proof-of-concept-modellen och hur det förhåller sig till det uppmätta antalet.

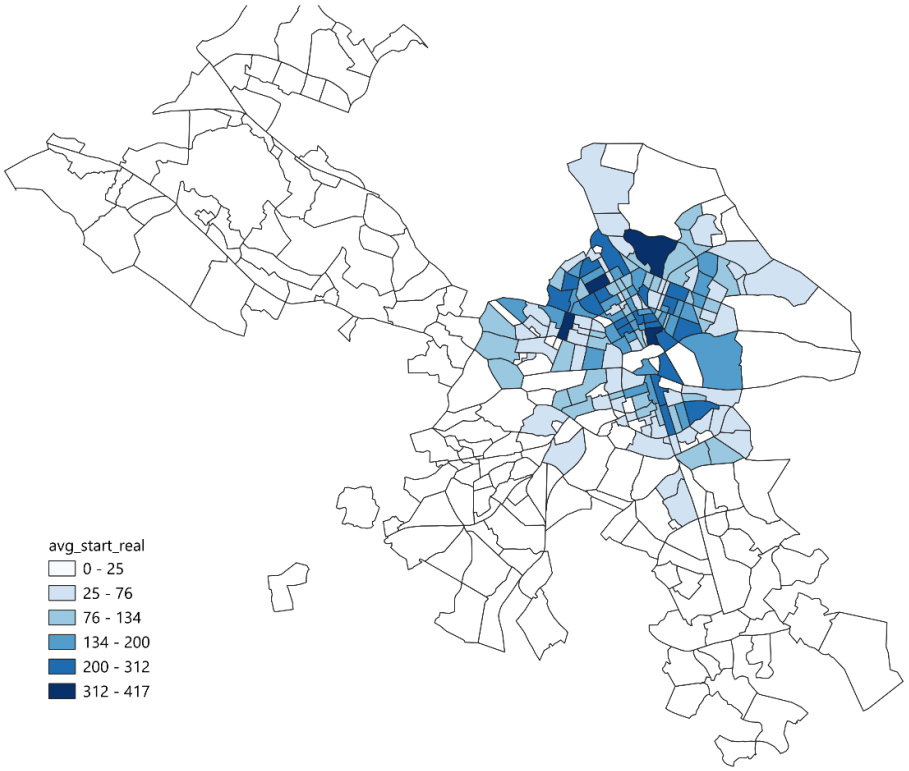
Tabell 1: Genomsnittligt antal elsparkcykelresor per vardag, måndag–torsdag, i september 2022 och simulerat antal elsparkcykelresor, uppräknade för att representera hela populationen.

Datakälla	**Antal resor per dygn**
Historiska data	19 700
Simulering	21 080

Samtidigt visade resultaten att den geografiska fördelningen av elsparkcykelresorna inte helt överensstämmer med den observerade origin-/destination-datan, se Figur 10 och Figur 11. En möjlig förklaring är att det förenklade cykelnätet i Stockholmsmodellen inte ger tillräckligt god tillgänglighet till alla stationer och zoner. Eftersom nätverket är filtrerat för att minska simuleringstiden saknas vissa lokala länkar, vilket påverkar vilka stationer som kan användas och vilka rutter som kan beräknas. Detta kan bidra till att vissa zoner får för låg eller för hög simulerad användning.



Figur 10: Antal upphämtade elsparkcyklar per zon – simulering.



Figur 11: Genomsnittligt antal upphämtade elsparkcyklar per zon – historiska data.

Det förenklade nätverket kan dock sannolikt inte förklara alla skillnader mellan simulerad och observerad användning. Det finns troligen även beteendemässiga faktorer som inte fångas fullt ut i modellen. Exempelvis kan eventuellt ålder påverka benägenheten att använda elsparkcykel, liksom resans syfte, tidpunkt, avstånd och om resan sker i anslutning till kollektivtrafik. Det kan även finnas systematiska mönster i verklig elsparkcykelanvändning, till exempel att färdmedlet oftare används efter en kollektivtrafikresa än före, eller att det används mer i vissa typer av ärenden eller områden. Sådana mönster hanteras endast förenklat i den nuvarande modellen.

En annan förenkling är att kostnaden för elsparkcykel främst styrs genom en grundkostnad vid upphämtning. I verkligheten kan kostnaden bero på både startavgift och restid eller reslängd. En mer fullständig modellering skulle därför kunna inkludera en mer detaljerad kostnadsstruktur, där längre resor blir dyrare än kortare resor. Detta skulle även innebära att elsparkcykel integreras mer konsekvent i modellens hantering av generaliserade reskostnader.

Modellen gör inte heller skillnad mellan olika typer av cykelinfrastruktur vid ruttvalet. I detta proof-of-concept värderas samtliga vägar som tillåter cykel på samma sätt, men det är möjligt att resenärer i praktiken föredrar vissa typer av infrastruktur framför andra. Exempelvis kan separata cykelbanor upplevas som mer attraktiva än länkar där cykeltrafik blandas med biltrafik. En mer utvecklad modell skulle kunna inkludera olika kostnader eller nyttovärden för olika vägtyper och därmed påverka ruttvalen på ett mer realistiskt sätt.

En ytterligare förenkling är att modellen inte tar hänsyn till antalet tillgängliga fordon vid varje station. I den nuvarande modellen antas agenter alltid kunna få tillgång till en elsparkcykel om en station finns inom det tillåtna avståndet. Det innebär att fordon inte kan ta slut vid en station och att modellen inte fångar effekter av obalans i fordonsfördelningen. För de övergripande frågeställningarna i detta proof-of-concept bedöms detta vara en mindre viktig förenkling, men det kan bli relevant i mer detaljerade analyser av drift, tillgänglighet och omfördelning av fordon.

5 Slutsatser

Projektet har syftat till att förbättra vår kunskap kring användandet av delade elsparkcykeltjänster och hur det kan modelleras, i syfte att så småningom kunna göra underlag för planeringsunderlag och policyriktlinjer kopplade till delade mobilitetstjänster. Empiriskt har projektet i synnerhet undersökt vilka resenärer som kombinerar elsparkcyklar med kollektivtrafik, hur elsparkcyklar används under stora, oplanerade kollektivtrafikstörningar, och hur utbudet av fordon påverkar gångavstånd och antal genererade resor. Metodologiskt har projektet utforskat vägar till att implementera elsparkcyklar och delad mikromobilitet i agentbaserade transportmodeller.

Relevanta resultat från projektet kan läggas till i revideringar av *Handbok för attraktiv kollektivtrafik* och *Tillgänglighet i ett hållbart samhälle* eller motsvarande handböcker för att vägleda för kommuner och regioner. Här nedan följer några av de viktigaste slutsatserna som dragits från projektet.

5.1 Kombinerat elsparkcykel- och kollektivtrafikresande vanligt i vissa grupper

Projektet har undersökt demografin och egenskaperna hos användare av delade elsparkcyklar som kombinerar delade elsparkcyklar och kollektivtrafik i Stockholm, Göteborg och Malmö, Sverige. Genom att skatta binära och ordinala logistiska regressionsmodeller identifierar vi vilka användargrupper som gjorde första och sista kilometern-resor med delade elsparkcyklar och vilka grupper som gjorde det oftast. I Stockholm hade frekventa användare signifikant högre odds att göra en kombinerad resa under de senaste sex månaderna. Frekvent användning av elsparkcyklar bidrog dock inte till signifikant mer frekventa multimodala resor. Dessutom var användare med lägre inkomster eller de som bodde utanför stadskärnan i Stockholm mer benägna att ha gjort en kombinerad resa och att använda delade elsparkcyklar för multimodala resor i högre grad. I Göteborg, i likhet med Stockholm, var användare som bodde utanför den centrala driftszonen mer än fem gånger så benägna att ha gjort en kombinerad resa jämfört med användare som bodde i stadskärnan. I Malmö hade användare under 30 år som ofta använde delade elsparkcyklar eller hade högre inkomster högre odds att ha gjort en multimodal resa.

Sammanfattningsvis varierar de grupper som gör första och sista milen-resor i de tre städerna. Dessutom skiljer sig multimodala användare från de typiska användarna av delade elsparkcyklar, särskilt i Stockholm och Göteborg. Våra resultat tyder på att delade elsparkcyklar kan tjäna olika syften för olika användargrupper: För låginkomsttagare som bor utanför stadskärnan kan delade elsparkcyklar spela en viktig kompletterande roll. Höginkomsttagare kan vara mer benägna att kombinera transportsätt där det ger en betydande restidsfördel. Detta resultat belyser rollen för delade elsparkcyklar inom det urbana transportsystemet och deras potential som ett kompletterande färdmedel.

Det faktum att de typiska användarna av delade elsparkcyklar och multimodala användare är olika är viktigt för planerare att beakta. Våra resultat tyder på att beslutsfattare också bör ta hänsyn till användare som bor utanför det omedelbara serviceområdet när de reglerar eller ändrar tjänsten, eftersom de ofta är mer benägna att göra multimodala resor. Dessutom belyser vår studie vilka användargrupper som skulle kunna dra mest nytta av att integrera delade elsparkrar i kollektivtrafikens biljettsystem, till exempel genom inkluderade minuter i resekort eller rabatter för kortinnehavare.

Framtida forskning bör syfta till en mer detaljerad förståelse av varför användare kombinerar färdmedel, vilket möjliggör en tydligare åtskillnad mellan opportunistisk användning och nödvändighetsdriven multimodalitet. Forskningen skulle kunna fokusera på delade elsparkcyklars roll utanför kollektivtrafikens trafikeringstider, där Luo et al. (2021) och Currie et al. (2025) fann kompletterande resor i Indianapolis och Melbourne. Ytterligare forskning bör också inkludera enkätfrågor om användningsmönster för kollektivtrafik, biljettköpsmönster, körkort och tillgång till bilar i hushållet för att fördjupa analysen.

5.2 Många använder elsparkcyklar vid stora kollektivtrafikstörningar

Projektet visar att oplanerade störningar i tunnelbanetrafiken konsekvent ger upphov till signifikanta rumsliga kluster i användningen av elsparkcyklar. Analysen visar samtidigt att störningarnas styrka, varaktighet och rumsliga utbredning varierar systematiskt beroende på störningens karaktär. Särskilt morgonrusningen och akuta störningar genererar de starkaste och mest robusta effekterna, vilket tyder på att resenärer snabbt söker alternativa färdmedel när deras ordinarie färdvägar påverkas. Resultaten pekar även på både primära och sekundära effekter, där konsekvenserna inte enbart är begränsade till de direkt berörda stationerna utan även påverkar omkringliggande områden och delar av transportsystemet.

För berörda aktörer innebär detta att elsparkcyklar redan idag fungerar som en form av spontan ersättningstrafik vid störningar, trots att någon formell samordning mellan kollektivtrafikoperatörer och elsparkcykelaktörer saknas. Detta öppnar möjligheter att formalisera och utveckla denna roll genom förbättrad optimering av fordonsplacering, effektivare kommunikation med resenärer samt ökad samordning mellan olika transportaktörer. Resultaten understryker också att tillgängligheten till elsparkcyklar och en ändamålsenlig flottdistribution är särskilt viktiga under störningstillfällen för att möta den tillfälligt ökade efterfrågan.

För framtida forskning finns flera intressanta utvecklingsområden. Ett viktigt nästa steg är att studera resedestinationer vid störningar för att bättre förstå hur alternativa resmönster uppstår. Ytterligare forskning bör också undersöka resenärers beteende och betalningsvilja i samband med störningar samt hur transportsystem kan utformas för att möjliggöra en mer proaktiv och effektiv respons när störningar inträffar.

5.3 Tröskeleffekter i utbudets påverkan på resandet

Projektet visar att ökat utbud av elsparkcyklar leder till ökat resande. Effekten är starkast vid låga utbudsnivåer men sambandet fortsätter även vid höga nivåer. Resultaten ger en första indikation på effektsambanden mellan utbud och resande, som i senare steg skulle kunna integreras i planeringsriktlinjer och policyanalyser. För att bättre förstå sambanden är det viktigt att även kunna analysera effekterna av att introducera delade elsparkcyklar i områden där de tidigare inte funnits. Detta skulle ge bättre möjligheter att klargöra orsakssambanden mellan utbud och efterfrågan, renodla effektsambanden och beräkna utbudselasticiteter.

5.4 Goda möjligheter att modellera delad mikromobilitet

Projektet visar att det är möjligt att integrera mikromobilitet i form av elsparkcyklar i en befintlig MATSim-baserad modell för Stockholms län. Genom att använda *shared_mobility* kunde elsparkcykelresor representeras som delade fordonstjänster med upphämtning och återlämning vid definierade stationer. Detta gjorde det möjligt att beskriva hela resekedjan kring elsparkcykelanvändning, från gång till station, vidare resa med elsparkcykel och därefter gång eller annat färdmedel till slutdestination.

Ett viktigt resultat är att elsparkcykel kunde kombineras med kollektivtrafik i modellen. Detta innebär att modellen inte begränsas till resor där elsparkcykel används från start till mål, utan även kan hantera resor där elsparkcykel fungerar som ett anslutande färdmedel. Detta är centralt för att kunna beskriva mikromobilitetens roll i ett multimodalt transportsystem.

Projektet visar också att kalibrering av elsparkcykelanvändning kräver andra mått än traditionella färdmedelsandelar. Eftersom elsparkcykel ofta ingår som en del av en längre resa blir det svårt att entydigt definiera resans huvudsakliga färdmedel. För analyser som fokuserar på mikromobilitet är det därför mer ändamålsenligt att studera själva användningen av elsparkcyklar, exempelvis genom antal upphämtade och återlämnade fordon på zon-nivå.

Sammantaget visar proof-of-conceptet att den tekniska integrationen fungerar och att modellen kan användas för att studera mikromobilitet i en regional transportmodell. Samtidigt visar resultaten att en

mer detaljerad kalibrering och vidareutveckling krävs för att modellen ska kunna återge den geografiska fördelningen av elsparkcykelresor med högre precision.

Det fortsatta arbetet bör i första hand fokusera på att förbättra kalibreringen av elsparkcykelanvändningen. Ett första steg är att komplettera kalibreringen mot antal upphämtade och återlämnade fordon med kalibrering mot reslängd. Detta skulle ge en bättre bild av om modellen inte bara skapar rätt antal elsparkcykelresor, utan även resor av rimlig längd. I ett senare steg skulle modellen kunna kalibreras mot hela reskedjor, där både startpunkt, målpunkt, färdmedelskombination och reslängd beaktas. En sådan kalibrering kräver dock mer detaljerade data än vad som används i detta proof-of-concept.

En viktig vidareutveckling är också att förbättra den geografiska representationen av cykel- och elsparkcykelnätet. Det förenklade nätverket i Stockholmsmodellen kan påverka tillgängligheten till stationer och möjligheten att simulera realistiska rutter. Ett mer detaljerat nätverk, eller en särskild anpassning av nätverket för mikromobilitet, skulle kunna förbättra den geografiska fördelningen av simulerade resor.

Vidare bör modellen utvecklas så att olika typer av infrastruktur kan värderas olika. Elsparkcykelanvändare kan antas föredra separata cykelbanor framför länkar där cykeltrafik blandas med biltrafik. Genom att införa olika kostnader eller nyttovärden för olika vägtyper kan ruttvalen göras mer realistiska och mer användbara för policyanalyser.

En annan möjlig vidareutveckling är att införa en mer detaljerad kostnadsstruktur för elsparkcykel. I den nuvarande modellen styrs efterfrågan huvudsakligen genom en grundkostnad vid upphämtning. En mer komplett modell skulle kunna inkludera både startavgift och kostnad per tidsenhet eller avstånd. Detta skulle göra det möjligt att bättre beskriva hur prisstrukturer påverkar efterfrågan och reslängder.

Det finns också behov av att undersöka vilka beteendefaktorer som påverkar valet av elsparkcykel. Exempelvis kan ålder, ärendetyp, tid på dygnet, tillgång till kollektivtrafik och avstånd till station påverka sannolikheten att välja elsparkcykel. Om sådana samband kan identifieras i observerade data kan de användas för att utveckla mer träffsäkra modellparametrar.

För mer detaljerade analyser kan det även bli relevant att ta hänsyn till antalet tillgängliga fordon vid varje station. Detta skulle göra det möjligt att studera situationer där fordon saknas vid efterfrågade stationer eller där stationer blir överbelastade. En sådan vidareutveckling är särskilt relevant om modellen ska användas för att analysera driftfrågor, reglering av uppställningsplatser eller behov av omfördelning av fordon.

Slutligen bör även den underliggande Stockholmsmodellen fortsätta att förfinas. Modellen skulle kunna uppdateras och kalibreras mot nyare resvaneundersökningar och en uppdaterad Sampers-baserad scoring-modell. En förbättrad grundmodell skulle ge bättre förutsättningar för att analysera mikromobilitet, eftersom elsparkcykelresorna påverkas av hur väl övriga färdmedel och resmönster representeras.

6 Resultatspridning

Resultat från projektet har spridits i ett antal nationella och internationella forum:

Tillfälle	Datum	Typ	Ämne
Städte-Symposium Mikromobilität, online	11 april 2024	seminarium	*Attitudes and Perceptions of Shared E-Scooter Parking in Stockholm, Gothenburg and Malmö*
CTR-dagen (Research Day), Stockholm	10 juni 2024	endagskonferens	*Attityder och beteendeförändringar kopplade till parkeringsregleringen för elsparkcyklar*
hEART Conference, Helsingfors, Finland	20 juni 2024	konferens	*Attitudes and Perceptions of Shared E-Scooter Parking in Stockholm, Gothenburg and Malmö*
European Transport Conference (ETC), Antwerpen, Belgien	20 september 2024	konferens	*Who combines shared e-scooter and public transportation?*
Drive Sweden – Rundabordssamtal om hantering av mikromobilitet	10 oktober 2024	workshop	*Vilka kombinerar delade elsparkcyklar och kollektivtrafik?*
Swedish Transport Research Conference, Göteborg	16 oktober 2024	konferens	*Who combines shared e-scooter and public transportation?*
Voi Lunch and Learn	30 oktober 2024	seminarium	*Shared e-scooters: The last-minute mode / Who Combines Shared E-Scooters and Public Transportation? Insights from Stockholm, Gothenburg and Malmö*
Transportforum, Linköping	16 januari 2025	konferens	*Delade elsparkcyklar och kollektivtrafik: Vilka användare gör multimodala resor?*
CTR-dagen (Research Day), Stockholm	11 juni 2025	endagskonferens	*Who Combines Shared E-Scooters and Public Transportation? Insights from Stockholm, Gothenburg and Malmö*
EIT Urban Mobility North Summit 2025, Stockholm	12 september 2025	konferens	*Who combines shared e-scooter and public transportation?*
Swedish Transport Research Conference, Norrköping	23 oktober 2025	konferens	*Walking Distance and Trip Demand in Response to Shared E-Scooter Availability*
CTR-dagen (Research Day), Stockholm	16 juni 2026	endagskonferens	*Rumslig och temporal analys av användningen av delade elsparkcyklar vid störningar i kollektivtrafiken*

Inom referensgruppskretsen har resultat dessutom spritts vid mötena som hölls 7 februari 2024 (uppstartsmöte), 8 oktober 2024, 7 maj 2025, 21 november 2025 och 28 maj 2026.

7 Forskningsrapporter

Forskningsresultat från projektet beskrivs i detalj i följande publikationer. Varje publikation innehåller en beskrivning av bakgrund, förutsättningar, syfte, metodik, fallstudie, resultat och slutsatser. Några av artiklarna innehåller resultat som togs fram inom det föregående *Resmönster*-projektet, men hann inte publiceras inom det projektets tidsramar.

1. Berg Wincent, B., Jenelius, E. and Burghout, W. (2024) Shared e-scooters: a last-minute mode? *Travel Behaviour and Society* 37, 100864. https://doi.org/10.1016/j.tbs.2024.100864

2. Berg Wincent, B., Jenelius, E. and Burghout, W. (2025) Shared e-scooter parking regulation: Effects on rider attitudes, perceptions, and use. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 199, 104527. https://doi.org/10.1016/j.tra.2025.104527

3. Berg Wincent, B., Jenelius, E. and Burghout, W. (2026a) Who combines shared e-scooters and public transportation? Insights from Stockholm, Gothenburg, and Malmö, Sweden. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, in press.

4. Berg Wincent, B., Jenelius, E. and Burghout, W. (2026b) Shared e-scooter usage during unplanned public transportation disruptions: Spatial and temporal effects. Working paper.

Referenser

Aarhaug, J., Fearnley, N. and Johnsson, E. (2023) E-scooters and public transport – Complement or competition? *Research in Transportation Economics* 98, 101279. https://doi.org/10.1016/j.retrec.2023.101279

Currie, G., Delbosc, A., Cox, R., Jayawardhena, M. and Reynolds, J. (2025) Exploring shared e-scooter trip patterns and links to public transport service level. *Multimodal Transportation* 4, 100205. https://doi.org/10.1016/j.multra.2025.100205

Flötteröd, G. (2020) Waterborne urban mobility: final project report. VTI report, retrieved from https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:vti:diva-15240.

Hu, L., Liao, Y., Gao, K., Jin, S. and Precup, R.E. (2025) Integration of e-scooter sharing with public transit on employment accessibility and equity. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 140, 104604. https://doi.org/10.1016/j.trd.2025.104604

Javadinasr, M., Asgharpour, S. and Mohammadian, A. (2025) E-scooters as transit feeders: insights from revealed preferences of shared e-scooter users. *Transportation Letters* 17(10), 1801–1818. https://doi.org/10.1080/19427867.2025.2496455

Kalakoni, A.M.P., Christoforou, Z. and Gioldasis, C. (2024) The ambivalent relationship of e-scooters and public transport: evidence from France. *Transport Policy* 159, 215–229. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2024.10.023

Klingen, J., 2019. Do metro interruptions increase the demand for public rental bicycles? Evidence from Paris. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 123, 216–228. https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.10.018

Laa, B. and Leth, U. (2020) Survey of e-scooter users in Vienna: Who they are and how they ride. *Journal of Transport Geography* 89, 102874. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.10287

Luo, H., Zhang, Z., Gkritza, K. and Cai, H. (2021) Are shared electric scooters competing with buses? A case study in Indianapolis. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 97, 102877. https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102877

McQueen, M. and Clifton, K.J. (2022) Assessing the perception of e-scooters as a practical and equitable first-mile/last-mile solution. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 165, 395–418. https://doi.org/10.1016/j.tra.2022.09.021

Reck, D.J., Martin, H. and Axhausen, K.W. (2022) Mode choice, substitution patterns and environmental impacts of shared and personal micro-mobility. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 102, 103134. https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.103134

Wang, K., Qian, X., Fitch, D.T., Lee, Y., Malik, J. and Circella, G. (2023) What travel modes do shared e-scooters displace? A review of recent research findings. *Transport Reviews* 43, 5–31. https://doi.org/10.1080/01441647.2021.2015639

Weschke, J., Oostendorp, R. and Hardinghaus, M. (2022) Mode shift, motivational reasons, and impact on emissions of shared e-scooter usage. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 112, 103468. https://doi.org/10.1016/j.trd.2022.103468