Slutrapport Helsingbotica Community Robot

Datum (2026-08-20)

Niklas Arvidsson, Daniel Rudmark

DRIVE SWEDEN

With support from
VINNOVA Sweden's Innovation Agency
Swedish Energy Agency
FORMAS
Strategic innovation programmes

Innehållsförteckning

Sammanfattning **5**

English summary **6**

Bakgrund **7**

Projektets idé: Community Robot **8**

Projektupplägg **10**

Syfte **10**

Mål **11**

Projektperiod **11**

Partner **11**

Metod och aktiviteter **12**

Resultat **14**

Genomförbarhet, prestanda och incidenter **14**

Kund- och invånarupplevelse **15**

Förändringar i leveranskedjan, ekonomi och klimat **16**

Leveranskedjan och förarens roll 16

Ekonomi och klimat 18

Affärsmodeller 19

Slutsats, lärdomar och nästa steg **20**

Spridning och publikationer **22**

Vetenskapliga publikationer **22**

Referenser 22

Presentationer **22**

Mediamedverkan **22**

Övrig publicitet **23**

Referenser **24**

Övrigt material **27**

Sammanfattning

Helsingbotica – Community Robot har undersökt hur autonoma leveransrobotar kan användas som en del av e-handelns sista kilometer för att göra leveranser mer hållbara, effektiva och socialt accepterade. Projektet bygger vidare på en tidigare förstudie och har prövat konceptet community robot: en robot som ”bor” i ett avgränsat bostadsområde och tar de korta, småskaliga leveranserna nära hemmet, medan den ordinarie skåpbilsföraren fyller på roboten, byter batteri och fortsatt hanterar tyngre och skrymmande gods. På så sätt är roboten inte tänkt att ersätta hela distributionssystemet, utan att komplettera befintlig logistik och göra samspelet mellan förare, fordon och automation mer produktivt. Projektet har genomförts av VTI tillsammans med Helsingborgs stad, Apotea, Best Transport och Hugo/Engage.

Konceptet testades i villaområdet Raus Vång i Helsingborg, där hela leveranskedjan prövades i verklig miljö: kunden valde robotleverans i Apoteas kassa, paketet koordinerades via Best Transport och Hugo/Engage, roboten levererade till kundens hem och uthämtning skedde med BankID. Vid slutdemonstrationen genomfördes tolv leveranser under två dagar, samtliga framgångsrika och utan rapporterade incidenter. Roboten navigerade autonomt i området, med ledsagare som säkerhetsåtgärd, och testerna visade att den tekniska lösningen och den digitala integrationen mellan aktörerna fungerade i liten skala. Kundintervjuerna visade hög nöjdhet, med ett genomsnittligt betyg på 4,6 av 5, och en enkät med 46 boende visade en övervägande positiv inställning till robotleveranser. Samtidigt framkom viktiga villkor för acceptans: tjänsten behöver vara tydlig, trygg och enkel att använda, och frågor om stöld, trafiksäkerhet, barns närvaro i gaturummet och obevakad övernattning behöver hanteras inför uppskalning.

För att bedöma potentialen bortom pilotens begränsade skala kompletterades projektet med en optimeringsstudie, publicerad i Transportation Research Part E. Studien visar att en blandad flotta av robotar och lätta lastbilar kan minska driftskostnaderna med 40–60 procent och energianvändningen med upp till 42 procent jämfört med en helelektrisk skåpbilsflotta, givet tillräcklig paketvolym och en rimlig andel paket som roboten kan hantera. Den samlade slutsatsen är att community robot-konceptet är genomförbart och uppskattat i den testade miljön, men att robotleveranser inte är en generell lösning för alla urbana leveranser. Potentialen bedöms vara störst i villa- och radhusområden, där trafikmiljön är mindre komplex och där roboten kan ersätta eller minska behovet av korta bilresor till ombud och delar av skåpbilsdistributionen. Samtidigt erbjuder stadskärnor högre kunddensitet. Nästa steg bör vara större och längre piloter utan ständig ledsagning, fördjupad analys av affärsmodell och ansvarsfördelning samt fortsatt arbete med säkerhet, reglering, geofencing, datadelning och livscykelanalys.

English summary

Helsingbotica – Community Robot has explored how autonomous delivery robots can be used as part of the last mile of e-commerce to make parcel delivery more sustainable, efficient and socially acceptable. The project builds on an earlier feasibility study and has tested the community robot concept: a robot that “lives” within a defined residential area and handles short, small-parcel deliveries close to home, while the regular van driver restocks the robot, swaps its battery and continues to deliver heavier and bulkier goods. The robot is therefore not intended to replace the entire distribution system, but to complement existing logistics and make the interaction between drivers, vehicles and automation more productive. The project was carried out by VTI together with the City of Helsingborg, Apotea, Best Transport and Hugo/Engage.

The concept was tested in the detached-house area of Raus Vång in Helsingborg, where the full delivery chain was trialled in a real-world setting: the customer selected robot delivery in Apotea’s checkout, the parcel was coordinated through Best Transport and Hugo/Engage, the robot delivered it to the customer’s home, and collection was completed using BankID. In the final demonstration, twelve deliveries were completed over two days, all successful and without reported incidents. The robot navigated autonomously in the area, with a safety escort as required by the pilot design, and the tests showed that both the technical solution and the digital integration between the actors worked at small scale. Customer interviews indicated high satisfaction, with an average rating of 4.6 out of 5, and a survey of 46 local residents showed a predominantly positive attitude towards robot deliveries. At the same time, the results highlight important conditions for acceptance: the service must be clear, safe and easy to use, and concerns related to theft, traffic safety, children in the street environment and the robot’s unattended overnight presence must be addressed before scaling up.

To assess the potential beyond the limited scale of the pilot, the project was complemented by an optimisation study published in Transportation Research Part E. The study shows that a mixed fleet of robots and light commercial vehicles can reduce operating costs by 40–60 percent and energy use by up to 42 percent compared with an all-electric van fleet, provided that there is sufficient parcel volume and a reasonable share of parcels that the robot can handle. The overall conclusion is that the community robot concept is feasible and well received in the tested environment, but that robot delivery is not a general solution for all urban deliveries. Its potential appears greatest in suburban areas, where the traffic environment is less complex and where the robot can reduce short car trips to parcel pick-up points as well as parts of van-based distribution. The advantage with the city center is higher customer density. The next steps should include larger and longer pilots without continuous escorting, a deeper analysis of business models and allocation of responsibilities, and continued work on safety, regulation, geofencing, data sharing and life-cycle assessment.

Bakgrund

Projektet har sin bakgrund i ett snabbväxande behov av lösningar för e-handelns sista kilometer som är mer hållbara, effektiva och socialt anpassade än idag. I den tidigare förstudien HelsingBotica (Rudmark et al., 2024) identifierade projektet hur autonoma leveransrobotar kan vara en sådan lösning med hög potential. Förstudien visade att robotarna har god energieffektivitet (jämfört med andra möjliga fordonslösningar som elektrifierade lätta lastbilar), lägre skaderisk vid kollision än större distributionsfordon, och erbjuder möjlighet till ökad flexibilitet i leveransprocessen. Samtidigt identifierade projektet flera begränsningar som exempelvis komplex trafikmiljö, anpassningar av fysisk och digital infrastruktur samt tekniska utmaningar avseende trappor, hissar och mer avancerad godshantering.

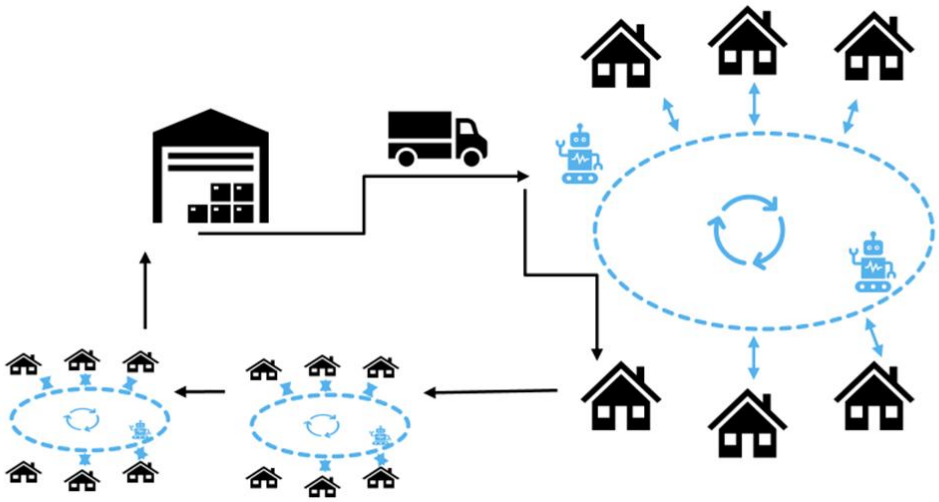
Projektets bakgrund är också nära kopplad till utvecklingen inom svensk e-handel. Trots att e-handeln i många fall kan vara mer transporteffektiv än traditionell handel (Mangiaracina et al., 2015; Shahmohammadi et al., 2020), innebär dagens leveransupplägg ofta att konsumenten behöver resa med bil till ombud eller box för att hämta sitt paket. Då detta motverkar ambitionen om ett transporteffektivt samhälle har Helsingborgs stad och övriga projektparter velat undersöka om robotleveranser kan bidra till att göra paket mer tillgängliga nära hemmet och samtidigt minska beroendet av bilresor för hämtning.

Projektets idé: Community Robot

Konceptet "community robot" (utvecklat i Rudmark et al. (2024)) baseras på att sista steget i en leverans idag är dyrt och ineffektivt. Idag rullar ca 600 000 lätta lastbilar i svenska städer varje dag (en siffra som dubblerats på tjugo år) men dessa lastbilar levererar bara ca 2% av allt gods mätt i tonkilometer men en tredjedel av koldioxidutsläppen och upp till 50 procent av kväveoxid och partiklar (Trafikanalys, 2023). Dessutom tillbringar förarna en mycket stor del av sin arbetstid utanför bilen, Dalla Chiara et al. (2021) visar att tiden bilen står still under en arbetsdag kan vara så mycket som 50-80%. Under tiden bilen står still går chauffören till kundens dörr, ringer på dörrklockor och väntar medan fordonet står still.

Grundtanken med community robots är att effektivisera denna ineffektiva leveransprocess genom en blandad flotta där leverans sker i samarbete mellan autonoma leveransrobotar och vanliga lätta lastbilar, snarare än att roboten ska ersätta bilen helt och hållet. Det nya systemet blir därför ett sätt att göra skåpbilsföraren mer produktiv.

I konceptet (se Figur 1 för en överblick) tilldelas roboten ett eget avgränsat område, exempelvis ett kvarter eller ett bostadsområde, och stannar i det området under dagen. Skåpbilsföraren kör ut på morgonen, lastar av ca 5-10 paket till roboten och byter samtidigt robotens batteri, och chauffören fortsätter sedan med slutleverans av sådant som robotarna inte klarar: tunga eller skrymmande paket (en försiktig uppskattning är ca 30% av den totala volymen (tidigare forskning från Calabrò et al., 2022; Kahr, 2022; Ranjbari et al., 2022, p. anger siffror mellan 12 och 28%)), och påfyllning av robotarna i nästa område. Kunden får ett meddelande när paketet är på väg och kan antingen möta roboten ute på gatan eller låta den komma fram till dörren. Missar man leveransen finns roboten kvar i grannskapet, och man ska kunna hitta dess nuvarande position via en särskild app eller webbsida[1].



Figur 1 - Illustration av community robot som samspel mellan robot och skåpbil

[1] Denna funktion fanns inte med i det testerna p.g.a. nödvändiga prioriteringar

Det som skiljer konceptet från tidigare idéer kring leveransrobotar är att roboten inte behöver transporteras tillbaka varje dag efter utfört ”arbetspass”. I många konkurrerande upplägg kör robotarna själva ut eller fraktas av ett slags moderskepp på morgonen och hämtas sedan hem på kvällen (Boysen et al., 2018; Jennings & Figliozzi, 2020; Ostermeier et al., 2022), och den hanteringen visar sig stå för en stor del av kostnaderna (Lemardelé et al., 2025). En community robot stannar i stället kvar i sitt område dygnet runt och fungerar som ett mobilt paketskåp, utan fast infrastruktur och utan att kunden behöver förflytta sig någonstans, eftersom batteribyte och annan löpande service (ex. byte av trasiga delar) sköts av föraren i samband med paketpåfyllning.

Denna typ av robotlösning fungerar sannolikt bäst i bostadsområden av villa- och radhuskaraktär snarare än i täta stadskärnor. Detta eftersom trafiken i dessa områden är lugnare, mindre av trappor och trafiksignaler samt mindre konkurrens om utrymme på trottoarer och gång- och cykelvägar vilket gör det enklare för roboten att navigera. Dessutom har motståndet mot robotar i offentlig miljö visat sig vara mindre i denna typ av bostadsområden. Erfarenheter från San Francisco visar till exempel att motstånd från gångtrafikanter och intresseorganisationer kan bli så kraftigt att robotar helt förbjuds, och att denna typ av motstånd var mindre uttalat i villakvarter (Kovacic et al., 2024).

Förstudien pekar på att potentialen i konceptet är betydande (Rudmark et al., 2024) men kräver en mer detaljerad analys vilken redovisas i avsnitt ”Ekonomi och klimat” nedan. En central fördel är att systemet är modulärt och kan byggas ut stegvis, utan att särskilda investeringar krävs.

Sammanfattningsvis kan Community robot-konceptet inte i första hand sägas handla om tekniken. Det handlar i stället om ett nytt sätt att tänka kring hur mänsklig tid, fordon och automation kan samspela bättre i den allra sista biten av leveranskedjan.

Projektupplägg

Utifrån den ovan beskrivna projektidén har projektet designats för att möjliggöra test av konceptet i en verklig miljö. Projektet har kombinerat teknikutveckling, logistikdesign, användarstudier och samhällsanalys i ett iterativt upplägg.

En viktig del i projektupplägget har varit test av både nödvändig fysisk och digital samverkan. Den fysiska samverkan innefattar hur en robot rör sig i området, hur den interagerar med kunder och andra trafikanter, men också samspel med traditionella leveransfordon. Digital samverkan har primärt innefattat informationsflöden mellan e-handelsplattform, transportör, robotoperatör och kund.

Projektet har även undersökt användar- och medborgarperspektiv och därför inkluderat frågor om kundnöjdhet, upplevd trygghet, acceptans bland boende samt upplevda och observerade risker kring exempelvis sabotage, störningar och osäkerhet inför ny teknik.

Syfte

Syftet med projektet har varit att öka kunskapen om möjligheter och begränsningar när leveransrobotar används vid e-handelns sista kilometer, med fokus på hur autonoma leveransrobotar kan användas i Helsingborg som en del av ett mer hållbart, effektivt och digitalt understött transportsystem som hjälper staden att nå sin målsättning om att vara klimatneutral 2030[2]. Medan syftet har varit att bidra med generell kunskap om leveransrobotars möjligheter och begränsningar, har Community Robot-konceptet utgjort den konkreta pilot genom vilken dessa frågor har prövats i praktiken. Den övergripande frågan, om robotleveranser kan göra den sista kilometern mer hållbar och effektiv, bröts ned i sex delfrågor som besvaras genom resultaten och slutsatserna nedan.

1. Genomförbarhet och precision: kan roboten navigera tryggt i ett villaområde och nå rätt leveransplatser med liten avvikelse från den planerade rutten?

2. Säkerhet och incidenter: vilka incidenter uppstår kring trafik, skadegörelse eller inbrott, och hur hanteras de?

3. Kundernas upplevelse: hur nöjda är de beställande kunderna, och förändrar leverans ända fram till hemmet deras resebeteende, exempelvis genom färre bilresor till ombud?

4. Övriga boendes acceptans: accepterar de boende som inte själva beställer men delar gaturummet med roboten att den finns i området?

5. Förändringar i leveranskedjan: hur påverkas leveranskedjans koordinering, affärsmodeller och koldioxidutsläpp när ett nytt leveranssätt förs in?

6. Digital regelgivning: kan digitala lösningar och regelverk stödja en styrning mot fler hållbara leveranser?

[2] https://helsingborg.se/bo-bygga-och-miljo/klimat-och-miljo/tillsammans-mot-klimatneutralt-2030/

Den sjätte delfrågan var ursprungligen planerad men kunde inte genomföras inom projektet, eftersom den förutsatte extern finansiering som uteblev.

Mål

Det primära målet har varit att iterativt utveckla, genomföra och utvärdera en pilot för Community Robot-konceptet i verklig miljö, och utifrån den besvara om de nyttor som identifierades i förstudien kan realiseras och skalas upp, ekonomiskt, miljömässigt och socialt. Piloten skulle genomföras hela vägen ”från ax till limpa”: kunden väljer robotleverans i Apoteas kassa, och hela leveranskedjan från Apotea via Best Transport till Hugo koordineras för att nå slutkunden. Delområdena ovan styr utvärderingen av piloten.

Utöver själva piloten har målet omfattat att sprida projektets kunskap, dels vetenskapligt genom en internationell publikation, dels genom en öppen internationell workshop om leveransrobotar samt denna slutrapport.

Projektperiod

Projektperioden har varit 2024-05-01 till 2026-06-30. Under denna period har arbetet organiserats i flera arbetspaket som omfattar projektledning och disseminering, detaljplanering, utveckling och test, pilotgenomförande, utvärdering samt analys av potential och utmaningar.

Partner

Projektet har koordinerats av VTI och genomförts tillsammans med Helsingborgs stad, Apotea, Best Transport och Hugo Delivery AB (Hugo). Hugo ersattes under hösten 2025 med Hugos moderbolag, Engage Studios AB (Engage). VTI har stått för forskningsledning samt analys av logistik, digitalisering och samhällseffekter. Helsingborgs stad har bidragit med stads- och medborgarperspektiv, särskilt kopplat till miljözoner, trygghet och lokal implementering. Apotea har representerat e-handelsledet och kundgränssnittet, Best Transport har haft rollen som operativ logistikpartner, och Hugo/Engage har ansvarat för robotplattform, mjukvaruutveckling och teknisk anpassning.

Metod och aktiviteter

Projektet har utgått från ett Design Science-inspirerat arbetssätt, där en lösning designas, testas, analyseras och förbättras iterativt i den miljö där den är tänkt att användas (Hevner et al., 2004). Ansatsen valdes eftersom projektets frågor spänner över teknisk funktion, social acceptans, operativ integration och hur ett nytt leveranssätt påverkar beteenden och förväntningar i den sista kilometern.

För att besvara delfrågorna i syftet bestod arbetet av två sammanlänkade aktiviteter men med olika roller. Den första och mest resurskrävande aktiviteten var en pilot i villaområdet Raus Vång i Helsingborg, där hela leveranskedjan prövades i verklig miljö. Piloten bidrar därmed till delfråga 1–4 om genomförbarhet, säkerhet och upplevelse. Den andra aktiviteten var en optimeringsstudie som uppskattar den ekonomiska och energimässiga potentialen vid uppskalning, och som främst bidrar till delfråga 5 kring leveranskedjan, affärsmodeller och utsläpp. De två aktiviteterna är sammanvävda. Optimeringsmodellens kostnadsparametrar kalibrerades i en workshop med projektets egna aktörer (Apotea, Best Transport, Hugo/Engage, Helsingborgs stad och VTI), och piloten visar att den lösning modellen räknar på faktiskt går att genomföra. Piloten belägger genomförbarhet och upplevelse i liten skala, medan kostnads- och energibesparingarna är modellutdata vid betydligt större skalor än pilotens.

Piloten bedrevs iterativt. Efter en inledande detaljplanering av testområdet, med specifikation av vad roboten behövde klara av, kartläggning av kundresan och identifiering av vilka delar av de digitala systemen som behövde anpassas, följde flera varv av utveckling och test som successivt byggde upp mot en komplett kedja från ax till limpa. En första iteration avslutades den 17 oktober 2024, då Hugo-roboten för första gången körde i området och navigeringen i den verkliga miljön kunde prövas. I en andra iteration, den 19 juni 2025, levererades de första paketen till kunder; i det skedet togs beställningarna vid sidan om eftersom integrationen mot Apoteas kassa ännu inte var färdig. Den fullständiga kedjan, där kunden väljer leveransalternativet Robot direkt i Apoteas ordinarie kassa och transportör och robotoperatör koordinerar leveransen först till roboten och därefter vidare till slutkund, demonstrerades den 13–14 november 2025, då totalt tolv leveranser genomfördes till slutkund. Robotens tekniska prestanda utvärderades genom 49 olika tasks; navigering och säkerhet, hårdvara och sensorer, kundinteraktion, kedjeinteraktion, väder och terräng, cybersäkerhet. Se bilaga från Hugo/Engage.

Insamlade data från kunder analyserades på två sätt. Kundernas och de boendes upplevelser fångades genom intervjuer respektive en anonym enkät: de slutna enkätsvaren sammanställdes med deskriptiv statistik, främst frekvenser och medelvärden, medan de öppna enkätsvaren och intervjuerna analyserades genom en förenklad, induktiv tematisk kodning där återkommande teman identifierades. Vad gäller kunderna kontaktades samtliga tolv med en förfrågan om att delta i en intervju, varav sju godkände medverkan. För enkäten knackade projektteamet dörr i området och delade dessutom enkäten i en lokal Facebook-grupp, vilket gav totalt 46 svar.

Den andra aktiviteten, optimeringsstudien, motiverades av att piloten med nödvändighet sker i liten skala, medan frågan om kostnads-, energi- och uppskalningspotential kräver ett större perspektiv. Med kostnadsparametrar från

workshoppen utvecklades en optimeringsmodell som fördelar paket mellan robotar och skåpbilar för olika geografiska skalor och beräknar den mest kostnads- och energieffektiva kombinationen. Arbetet publicerades först som konferensbidrag (EUROMA 2025) och därefter i tidskriften Transportation Research Part E (Klar et al., 2025). Metoden beskrivs kondenserat i resultatavsnittet om ekonomi och klimat och fullständigt i artikeln.

Resultat

Projektets viktigaste resultat är att det har konkretiserat och testat ett nytt sätt att tänka kring robotleveranser: inte som fristående punktinsatser, utan som en integrerad del av ett befintligt distributionssystem och som döpts till ”Community robot”.

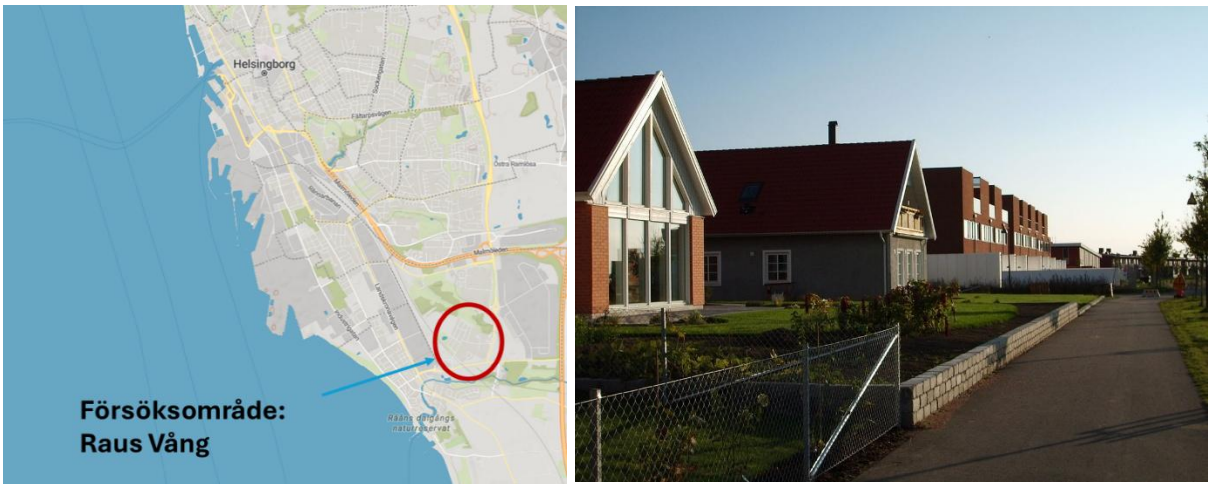
Genomförbarhet, prestanda och incidenter

De två första delfrågorna, om roboten kan navigera och leverera tillförlitligt och säkert i verklig miljö, besvaras av pilotens utfall.

Pilottestet genomfördes i villaområdet Raus Vång i Helsingborg under vintern 2025–2026, ett område av den karaktär konceptet är tänkt för (se Projektets idé). Under projektet genomfördes 12 fullständiga testkörningar med kundresans början i val av robotalternativ i Apoteas checkout och ett tiotal testkörningar till kunder som beställt på vanligt sätt men som var medvetna om att den sista leveransen skulle ske med robot i området.

Som slutdemonstration genomfördes tolv leveranser av Apotea-paket till slutkunder. Leveranserna skedde under två dagar (fem paket dag ett och sju paket dag två), och där samtliga leveranser skedde framgångsrikt. Den genomsnittliga tiden per leverans (från lastning av Best Transport till leverans hos slutkund) var mindre än tio minuter och den totala körsträckan för roboten under dessa tester var cirka 4,5 kilometer. Roboten lyckades navigera autonomt genom bostadsområdet, dock med en ledsagare i bakgrunden som nödvändig säkerhetsåtgärd givet projektets tillstånd. Inga incidenter avseende exempelvis trafiksäkerhet, skadegörelse eller inbrottsförsök observerades eller rapporterades under testerna.

Vad gäller den tekniska prestandan förbrukade roboten 25 Wh per kilometer vilket gav en teoretisk räckvidd om drygt 100 kilometer per laddning med en batterikapacitet på 2,5 kWh. Laddtiden var cirka sex timmar och drifttid var minst åtta timmar. Roboten testades under vinterförhållanden och klarade då körning i upp till 2–3 centimeter snö. De sensorer som användes var en 3D-lidar med 128 linjer, 30 meters räckvidd och 180 graders synfält. Under projektet ersattes en tidigare 2D-lidar med denna nya 3D-variant. Roboten var även utrustad med en 5G-router och validerad GPS-antenn, och en säkerhetsaudit inklusive penetrationstest genomfördes utan att robotens VPN-lösning kunde kompromitteras.



Figur 2 - Raus Vång, geografisk belägenhet (t.v.) samt illustrativ bild av områdets karaktär (t.h.) Karta: © OpenStreetMap-bidragsgivare (ODbL). Foto: Stefan Leo, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons.

Kund- och invånarupplevelse

Det tredje och fjärde området som undersökts i projektet rör hur tjänsten upplevs, både av de kunder som beställer, samt av andra boende som delar området med roboten men inte nödvändigtvis använder tjänsten.

Kundernas nöjdhet undersöktes med hjälp av strukturerade intervjuer, och deras övergripande upplevelse av paket via robot var positiv. Sex av de sju intervjuade var helt nöjda, och det genomsnittliga betyget låg därför högt, 4,6 av 5 och det kunderna främst lyfte fram var hur enkelt det var att hämta ut paketet ur roboten, bekvämligheten i att få paketet levererat ända hem vid en tidpunkt de själva hade valt, samt att tjänsten kändes modern och framtidsinriktad. En kund sammanfattade upplevelsen som att "roboten för mig är genialisk, det kan inte bli bättre", medan en annan framhöll bekvämligheten: "Det var väldigt bekvämt, för man behöver inte lämna hemmet." Samtidigt är urvalet litet och sannolikt är teknikoptimistiska ”early adopters” överrepresenterade.

Flera respondenter lyfte också miljöaspekten och tidsflexibiliteten som viktiga faktorer till vad de uppskattade med tjänsten. En aspekt kopplat till trygghet och som återkom i svaren var att uthämtningen var BankID-baserad och där en av kunderna därför beskrev att robotleveransen kändes säkrare: "Det kändes säkrare mot när paket blir avslängda och hämtas lite överallt." Betalningsviljan var överlag mycket god där fem av sju kunde tänka sig att betala extra (förutsatt att tillägget var rimligt), vilket tyder på att tjänsten uppfattades att bidra med ett mervärde.

Som förväntat förekom även vissa barnsjukdomar, främst kring upplåsningsknappen på roboten, viss otydlighet i kommunikationen kring leveranstillfället (hur det exakt skulle gå till) samt behovet av att (i piloten) vara hemma vid leverans. Dessa synpunkter har legat till grund för framtida förbättringsförslag, t.ex. en realtidskarta för att följa och möjliggöra att möta roboten (något projektgruppen redan identifierat som viktigt men som inte kunde prioriteras i projektet), samt mindre tekniska och designmässiga justeringar.

Acceptansen hos de boende (även de som inte beställde) undersöktes genom en anonym enkät med totalt 46 svarande. Gruppen som svarade speglar väl konceptets

tänkta miljö då de allra flesta svarande bor i radhus eller villa och är mellan 25 och 60 år, och könsfördelning var relativt jämn.

Den samlade bilden var övervägande positiv. Av de 46 boende som deltog i enkäten svarade 35 ja, 6 nej och 5 visste inte på frågan "Kan du tänka dig att ta emot en leverans av en robot?" Positiva svar motiverades med bekvämligheten i hemleverans, nyfikenhet på ny teknik och att det inte spelar någon roll om en människa eller en robot lämnar paketet. Några knöt också vinsten till att slippa köra bil till ombudet. Många ja var dock villkorade, oftast mot trygghet i trafikmiljön och oro för stöld av en obevakad robot ("Ja, om den är säker så att inte en tjuv kidnappar den"), men också beroende av att tjänsten inte kostar extra, att leveranstiden går att styra så att man inte tvingas vara hemma en given tidpunkt.

De sex nej-svaren pekade på sociala faktorer snarare än tekniska, och handlade ofta om en önskan om fortsatt mänsklig kontakt ("vi glömmer att man mår bra av social samvaro") och att man inte såg behovet av ett nytt leveransalternativ. Oro för budens arbetstillfällen lyftes också, men även av i övrigt positiva respondenter.

En viktig fråga för utvärdera konceptet på längre sikt är om robotar kan bidra till att påverka resebeteenden för e-handel, eftersom resor med bil till paketutlämning medför stora utsläpp av CO2 per paket. På frågan kring det sätt respondenten normalt tog sig till paketskåp eller ombud uppgav 26 att de normalt tar bilen till ombud eller paketskåp, medan 17 går eller cyklar. Eftersom drygt hälften av respondenterna faktiskt normalt kör bil till utlämningsstället tycks en konkret lokal möjlighet finnas att minska kortare bilresor i det fall paketet levereras med robotar i bostadsområdet.

Enkäten innehöll också en fråga om vilka risker eller andra nackdelar som robotleveranser kan medföra. Två risker var här mest vanligt förekommande. Fjorton respondenter uppgav trygghet och stöld från en obevakad robot som den största risken, följt av trafiksäkerhet (elva svar), där robotens samspel med barn, bilar och skymda utfarter återkom i svaren. Därefter följde oro för felleveranser samt att robotar leder till minskad mänsklig kontakt. Tekniska fel, trängsel på smågator, leveranser som kräver en människa och minskade arbetstillfällen nämndes av enstaka respondenter. Att farhågorna främst rör trygghet och trafiksäkerhet snarare än tekniken i sig går i linje med andra studier kring acceptans av autonoma fordon (Esmaili et al., 2025) och pekar på att dessa frågor behöver adresseras i en framtida uppskalning.

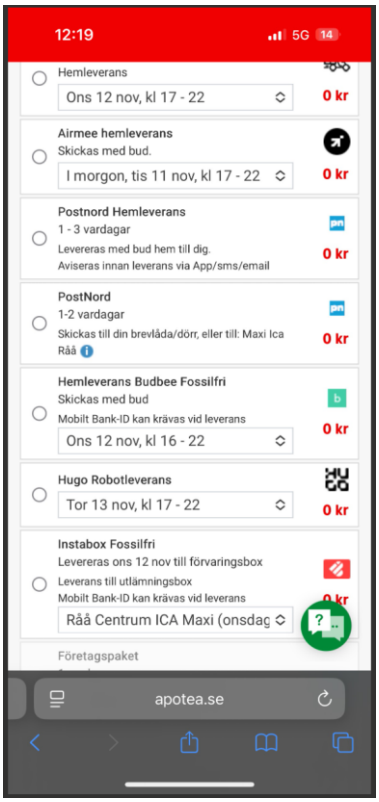
Förändringar i leveranskedjan, ekonomi och klimat

Det femte området som projektet undersökte var hur det nya leveranssättet påverkar leveranskedjans koordinering, affärsmodeller och utsläpp. Resultaten nedan bygger därför både på den genomförda piloten (som visar hur kedjan faktiskt fungerade) samt på den publicerade optimeringsstudien (som på ett trovärdigt sätt uppskattar potentialen vid uppskalning).

Leveranskedjan och förarens roll

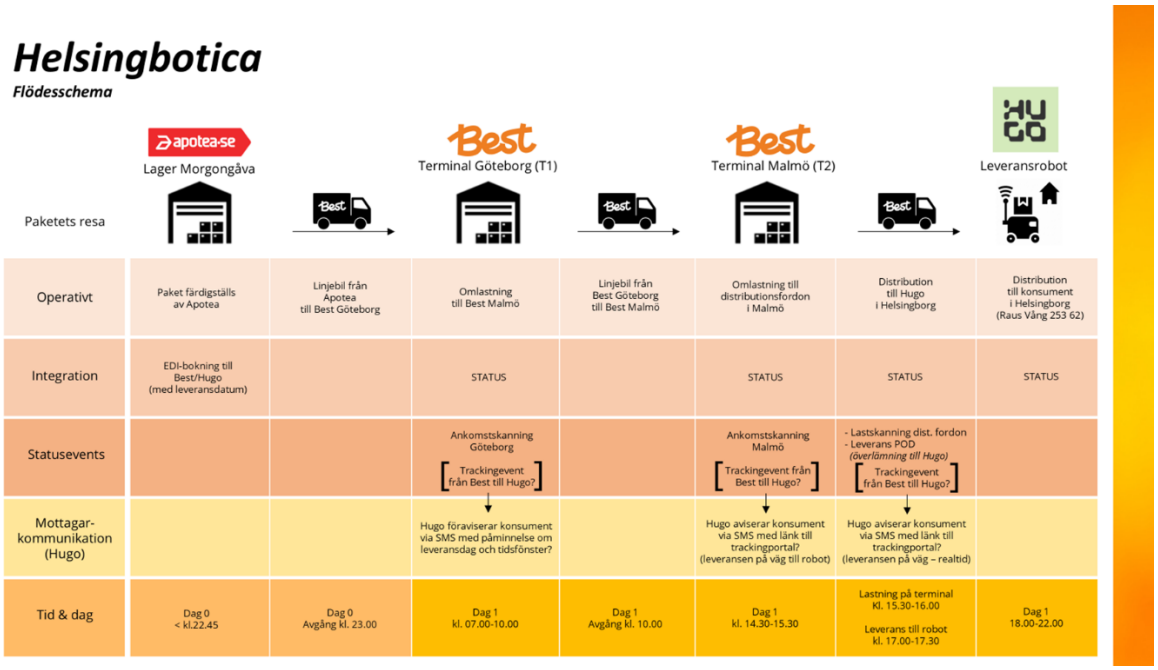
Hela leveranskedjan validerades skarpt, och började i kundens val av robotleverans i Apoteas "check out" (se Figur 3), och fortsatte genom leverans av det fysiska paketet från Apotea, till Best Transport, till Hugo och till den BankID-verifierade uthämtningen

av slutkund (se Figur 4). Roboten var tillgänglig för paketstorlekarna XS, S och M då endast dessa paketstorlekar kunde rymmas i leveransfacket. Integrationen mellan Best Transport och Hugo byggde på sFTP och meddelanden i XML-format och fungerade utan driftsstörningar. Kunden notifierades via SMS i fem steg: på morgonen, fyra timmar innan, en timme innan, tio minuter innan och vid ankomst. Roboten hade två leveransfack som båda fungerade utan problem, och om en kund inte kunde ta emot sitt paket fanns ett identifierat leveransombud som reservlösning.



Figur 3 - Checkout Apotea med robot som leveransalternativ

I termer av förändringar i leveranskedjan innebär konceptet också att förarens roll förskjuts, från att "bara" utföra dörr-till-dörr-leveranser till att fylla på roboten, byta batteri och hantera leverans av skrymmande gods, medan roboten tar över leveransen för den sista sträckan för mindre paket.



Figur 4 - Reviderat beställnings- och leveransflöde med community robot

Ekonomi och klimat

Den ekonomiska och energimässiga potentialen vid uppskalning uppskattades med en optimeringsmodell (Klar et al., 2025) som fördelar paket mellan robotar och skåpbilar för olika geografiska skalor (50, 500 och 1 000 paket) och beräknar den mest kostnads- och energieffektiva kombinationen. Modellen visar att en blandad flotta av robotar och lätta lastbilar kan sänka driftskostnaderna med 40–60 procent och energianvändningen med upp till 42 procent jämfört med en helelektrisk skåpbilsflotta.

Resultatet beror på två förutsättningar: att det finns tillräckligt med paket i området och att en rimlig andel av dem är lätta nog för roboten att hantera. Den avgörande faktorn är hur många lätta lastbilar som kan tas ur drift, eftersom varje fordon som lyfts bort innebär en stor besparing, då förarlönen står för nästan 50 procent av driftkostnaden. Siffrorna är modellutdata vid skalor som är betydligt större än pilotens, men eftersom parametrarna kalibrerats i workshop med projektets egna aktörer är projektionen förankrad snarare än hypotetisk.

I förstudien gjordes ett tidigt räkneexempel som uppskattade att behovet av skåpbilar kunde minska med 50–67 procent. Det överslaget har ersatts av den granskade optimeringsmodellen ovan. De olika talen mäter olika saker och bör inte förväxlas: minskat antal skåpbilar, minskad driftskostnad (40–60 procent) och minskad energianvändning (upp till 42 procent, mätt via batterikapacitet som proxy). Skillnaden mot förstudiens siffror beror alltså inte på en försämring, utan på att ett grovt överslag ersatts av en validerad modell. Se vidare i tabell 5 i Klar et al., (2025).

Klimatmässigt är utgångsläget att lätta lastbilar står för bara cirka 2 procent av godset mätt i tonkilometer men ungefär en tredjedel av vägtransportens koldioxidutsläpp och omkring hälften av kväveoxid- och partikelutsläppen. Mot den bakgrunden ger en minskning av antalet skåpbilskilometer en miljönytta som är större än fordonens andel av godsmängden antyder.

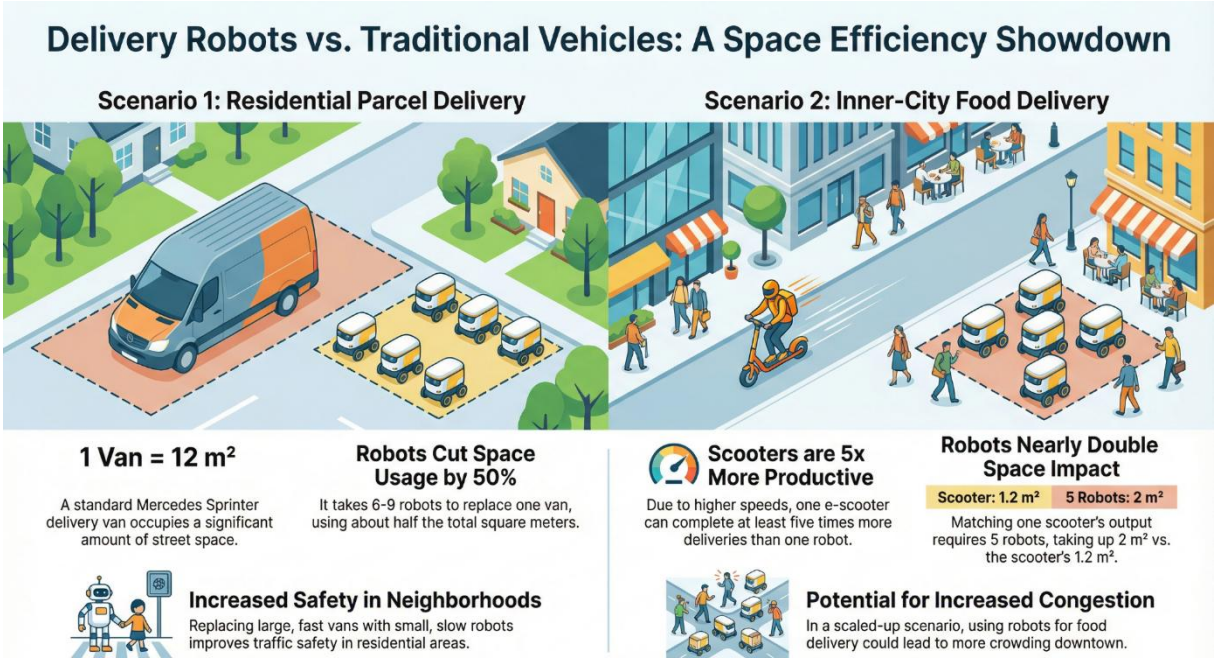
Affärsmodeller

Vad gäller påverkan på affärsmodeller pekar resultaten på att nyttan fördelas mellan flera aktörer. Detta eftersom transportören kan minska sina kostnader för leveranser genom färre fordon och förartimmar, e-handlaren kan erbjuda hemnära leverans till en kostnad som på sikt kan understiga dagens och med en betydande minskning av CO2-utsläpp, och där kunden får leverans ända till dörren till ett lägre pris och mindre miljöpåverkan. Enligt enkäten var betalningsviljan störst när robotleverans erbjöds till samma pris som ordinarie leverans, vilket talar för en modell där roboten är ett kostnadsneutralt eller billigare alternativ snarare än en premiumtjänst. En mer utvecklad affärsmodellsanalys, inklusive vem som bär investeringen i robotarna och hur besparingar fördelas mellan aktörerna, är ett naturligt nästa steg.

Slutsats, lärdomar och nästa steg

Projektets resultat visar att det koncept som projektet testat - community robots - har betydande potential som ett nytt komplement till leveranser vid e-handel, och då särskilt i villa- och närförortsmiljöer. Samtidigt är den tekniska funktionen endast en del av lösningen som också är beroende av att tekniken kan integreras i befintliga processer, accepteras av kunder och andra boende, fungera säkert i offentlig miljö och stödjas av ett tydligt regelverk.

En central lärdom är att leveransrobotar inte är en s.k. silverkula för alla slags leveranser utan att rätt användningsfall är avgörande. Klar et al. (2025) och Peppel et al. (2022) pekar på att en tät stadskärna visserligen är gynnsam ur ren efterfrågesynpunkt/kunddensitet, men att operativa faktorer som komplex trafikmiljö och konkurrens om stadens begränsade utrymme troligtvis gör förorts- och villaområden lämpligare för introduktion. Här kan lägre kunddensitet vägas upp av service bundling, se vidare nedan. Projektet visar därför att leveransrobotar inte bör introduceras brett utan en analys av vilken transportuppgift de faktiskt förbättrar. Ett sådant illustrativt exempel finns i figur 5 som visar på vikten av att studera vilka typer av fordon som ersätts av robotarna.



Figur 5 - Illustration av yteffektivitet, jämförelse mellan olika trafikslag, skapad mha NotebookLM.

En viktig begränsning är att konceptets i grunden definierande egenskap, det vill säga att roboten finns kvar i området över natten, också är en oprövad risk. Demodagarna med ledsagare var helt nödvändiga för att testa konceptet men denna projektdesign gör att resultaten säger lite om stöld och skadegörelse vid obevakad övernattning. Att pröva och hantera dessa möjliga risker, exempelvis genom lokala nattgarage eller olika typer av geofencing, är ett nästa nödvändigt steg före ytterligare uppskalning kan ske.

En annan lärdom är att acceptans och användbarhet behöver ses som kärnfrågor och inte sidoeffekter. Även om enkäten och intervjuerna visar på en övervägande

positiv inställning i Raus Vång, visar också resultaten att en uppskalning är villkorad och kräver tjänster som upplevs som begripliga, trygga och värdeskapande.

På systemsidan ser projektet behov av fortsatt arbete med reglering, data och ansvarsfördelning. På forskningssidan ser vi behov av ytterligare forskning kring bland annat:

- en mer fullständig livscykelanalys jämförd med en helelektrisk skåpbilsflotta och att där inkludera
    - efterfrågetäthet och zonstorlek som optimeringsvariabler som ett sätt att identifiera tröskelvärden där robotar både blir kostnads- och energieffektiva
    - modellera mer tidsvarierande efterfrågan som ett sätt att dimensionera robotflottor
- utforskande av service bundling, det vill säga hur roboten kan användas också för exempelvis trygghetsskapande tjänster, lokala andrahandsmarknader eller hjälp åt äldre, som ett sätt för att förbättra både ekonomi och livscykelprestanda för leveransrobotar.
- vidare bör digital regelgivning, exempelvis via datastandarder som MDS[3], utforskas som ett stöd för kommuner att hantera framtida styrning av urbana autonoma leveranssystem. När antalet aktörer och fordon i gaturummet växer behöver kommuner kunna se, villkora och vid behov begränsa trafiken, exempelvis koppla tillträde till låg- eller nollutsläppszoner, och då krävs gemensamma datastandarder. Denna fråga var ursprungligen planerad inom projektet men kunde inte genomföras, eftersom den förutsatte extern finansiering som uteblev.

Sammantaget handlar nästa steg både om fortsatta piloter och om att utveckla ramverk för hur robotleveranser kan införas på ett samhällsmässigt robust sätt, inklusive frågor om säkerhet, försäkring, geofencing och driftansvar.

[3] https://www.openmobilityfoundation.org/about-mds/

Spridning och publikationer

Projektet har haft en tydlig ambition att sprida kunskap både till forskarsamhället, offentliga aktörer och branschaktörer inom e-handel, citylogistik och automatiserade leveranser. Spridningen har skett genom vetenskaplig publicering, seminarier/webbinarier, internationella nätverk samt bransch- och fackmedia.

Vetenskapliga publikationer

En central leverans från projektet är artikeln “Towards a new last-mile delivery system: Cost and energy-optimized robot and van allocation”, en tidig version i konferensen EUROMA och ett omarbetat manuskript i tidskriften Transportation Research Part E. Tidskriften är högt rankad och har en acceptance rate på ca 10-15%, vilket gör att konceptet community robot genomgått granskning på högsta internationella nivå inom logistik.

Referenser

Klar, R., Arvidsson, N., & Rudmark, D. (2025). Towards a new last-mile delivery system: Cost and energy-optimized robot and van allocation. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, *204*, 104392. https://doi.org/10.1016/j.tre.2025.104392

Klar, R., Arvidsson, N., & Rudmark, D. (2025). Towards a new last-mile delivery system: cost-optimized robot and van allocation *EUROMA 2025*,

Presentationer

Projektet och dess resultat har presenterats i flera sammanhang under projektet.

Tomorrow.Mobility: Future Challenges and Opportunities for City Logistics, 6 november 2024, Barcelona

Drive Sweden: Säkra Små Fordon, 21 januari 2025, Göteborg.

DriveSweden Lunch&Learn: Urbana robotar, 28 mars 2025, Online (https://vimeo.com/1070332274)

Building Bridges for Public Robots (Keynote), 16 juni 2025, Norrköping. (https://www.youtube.com/watch?v=Zb099YHtPX0)

GREEN-LOG Robotics workshop, 7 maj 2026, Online.

Resultatpitch Helsingborgs stad, 26 maj 2026, Online

Mediamedverkan

Intresset från media har varit signifikant, inte minst från branschrelaterad media och projektet har omnämnts i följandeartiklar/inslag:

Andersson, L. (2025). Unikt robotprojekt i Helsingborg. *Transportnytt*, 2. https://transportnytt.se/unikt-robotprojekt-i-helsingborg/

Berlin, Y. (2025). AI inom samhällsbyggnad en stor utmaning. *Stadsbyggnad*. https://stadsbyggnad.org/2025/ai-inom-samhallsbyggnad-en-stor-utmaning/

Hultén, H. (2024). Framgångsrika tester med "kvartersrobot" i Helsingborg *Dagens Logistik*. https://dagenslogistik.se/framgangsrika-tester-med-kvartersrobot-i-helsingborg/

Redaktionen. (2025). Leveransrobotar kan halvera kostnaderna. *Dagens Logistik*. https://dagenslogistik.se/leveransrobotar-kan-halvera-kostnaderna/

Redaktionen. (2026). VTI granskar leveransrobotar i stadstrafik. *Dagens Logistik*. https://dagenslogistik.se/vti-granskar-leveransrobotar-i-trafik/

Sveriges Radio. (2025). Eftermiddag i P4 Malmöhus In *Eftermiddag i P4 Malmöhus 2025-09-30*.

Transportnytt. (2025). *Robotprojekt levererar delrapport*. https://transportnytt.se/robotprojekt-levererar-delrapport/

Wickenberg, S. (2025). Ny studie - Leveransrobotar kan halvera kostnader. *Transport och Logistik*. https://www.transportochlogistik.se/20250918/21782/ny-studie-leveransrobotar-kan-halvera-kostnader

Övrig publicitet

Internationell spridning: POLIS Network-artikel om innovativa lösningar för last-mile delivery i europeiska städer. https://www.polisnetwork.eu/news/leuven-prague-and-helsinki-rethink-and-innovate-last-mile-delivery/

Media/analys: Dagens Logistik, "Kostar UCC:er mer än de smakar?". https://dagenslogistik.se/analys-kostar-uccer-mer-an-de-smakar/

Projektkommunikation: VTI, Helsingborgs stad och Vinnova/Drive Sweden om Helsingbotica och kvartersrobotar. https://www.vti.se/arkiv/nyhetsarkiv/nyheter/2024-06-04-nytt-projekt-vti-testarkvartersrobotar- i-skane

Referenser

Boysen, N., Schwerdfeger, S., & Weidinger, F. (2018). Scheduling last-mile deliveries with truck-based autonomous robots. *European Journal of Operational Research*, *271*(3), 1085-1099. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.05.058

Calabrò, G., Pira, M. L., Giuffrida, N., Fazio, M., Inturri, G., & Ignaccolo, M. (2022). Modelling the dynamics of fragmented vs. consolidated last-mile e-commerce deliveries via an agent-based model. *Transportation Research Procedia*, *62*, 155-162. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.02.020

Dalla Chiara, G., Krutein, K. F., Ranjbari, A., & Goodchild, A. (2021). Understanding Urban Commercial Vehicle Driver Behaviors and Decision Making. *Transportation Research Record*, *2675*(9), 608-619. https://doi.org/10.1177/03611981211003575

Esmaili, A., Rejali, S., Aghabayk, K., Mohammadi, A., & De Gruyter, C. (2025). Autonomous delivery vehicle acceptance: The moderating role of perceived risk of theft. *Transport Policy*, *162*, 406-423. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2024.12.022

Jennings, D., & Figliozzi, M. (2020). Study of Road Autonomous Delivery Robots and Their Potential Effects on Freight Efficiency and Travel. *Transportation Research Record*, *2674*(9), 1019-1029. 10.1177/0361198120933633

Kahr, M. (2022). Determining locations and layouts for parcel lockers to support supply chain viability at the last mile. *Omega*, *113*, 102721. https://doi.org/10.1016/j.omega.2022.102721

Klar, R., Arvidsson, N., & Rudmark, D. (2025). Towards a new last-mile delivery system: Cost and energy-optimized robot and van allocation. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, *204*, 104392. https://doi.org/10.1016/j.tre.2025.104392

Kovacic, M., Marvin, S., & While, A. (2024). Regulating sidewalk delivery robots as a disruptive new urban technology. *Urban Geography*, *45*(7), 1236-1255. https://doi.org/10.1080/02723638.2023.2275426

Lemardelé, C., Estrada, M., & Pagès, L. (2025). Uncertainty analysis of autonomous delivery robot operations for last-mile logistics in European cities. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, *29*(4), 469-490. https://doi.org/10.1080/15472450.2024.2324388

Mangiaracina, R., Marchet, G., Perotti, S., & Tumino, A. (2015). A review of the environmental implications of B2C e-commerce: a logistics perspective. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, *45*(6), 565-591. 10.1108/ijpdlm-06-2014-0133

Ostermeier, M., Heimfarth, A., & Hübner, A. (2022). Cost-optimal truck-and-robot routing for last-mile delivery. *Networks*, *79*(3), 364-389. https://doi.org/10.1002/net.22030

Peppel, M., Ringbeck, J., Spinler, S., 2022. How will last-mile delivery be shaped in 2040? A delphi-based scenario study. Technol. Forecast. Soc. Change 177, 121493.

Ranjbari, A., Diehl, C., Dalla Chiara, G., & Goodchild, A. (2022). What is the Right Size for a Residential Building Parcel Locker? *Transportation Research Record*, *2677*(3), 1397-1407. 10.1177/03611981221123807

Rudmark, D., Arvidsson, N., Ivanetti, K., Bermin, L., Hall, A., Bhat, D., Dalmayne, J., Thorn, J., Berge, C., & Ebel, A. (2024). *Helsingbotica – a prestudy*. D. Sweden. https://www.drivesweden.net/sites/default/files/2024-01/slutrapport-helsingbotica.pdf

Shahmohammadi, S., Steinmann, Z., Tambjerg, L., van Loon, P., King, H., & Huijbregts, M. (2020). Comparative Greenhouse Gas Footprinting of Online versus Traditional Shopping for Fast-Moving Consumer Goods: A Stochastic Approach. *Environmental Science & Technology*, *54*(6), 3499-3509. 10.1021/acs.est.9b06252

Trafikanalys. (2023). *Light goods vehicles 2022* (Statistics, Issue 2023:17). https://www.trafa.se/en/road-traffic/light-goods-vehicles/

Drive Sweden är ett av regeringens sjutton strategiska innovationsprogram (SIP). Drive Sweden består av partners från akademi, industri och samhälle och tillsammans tar vi oss an utmaningarna kopplade till nästa generations mobilitetssystem för människor och varor. SIP-programmen finansieras av Vinnova, Formas och Energimyndigheten. Lindholmen Science Park AB är värd för Drive Sweden.

Övrigt material

Overall conclusion from survey

Overall attitudes toward robot delivery are positive but conditional. Key requirements for acceptance include safety, theft protection, reliability, and clear communication. The results suggest strong potential for pilot implementations, provided these issues are addressed.

Experiences of Robot Deliveries – Interviews after delivery (7 interviews)

Key insights

- General attitude: Very positive; perceived as innovative and convenient.
- Advantages: Convenience, security through BankID, environmental benefits.
- Disadvantages: Requirement to be present, technical problems, uncertainty during first use.
- Suggestions for improvement: Map function, possibility to share BankID access, better communication, technical improvements.

Interview results

"For me, the robot is brilliant. It could not be better from that perspective." (M, terraced house)
"It was cool and new. I like that it is closed, that you identify yourself all the way through. Luxurious that it is brought all the way to the door." (Å)
"Smooth, accessible. It was very convenient; you do not need to leave home. It was a bit more exciting, innovative." (M, footpath)
"5, smooth, about the same as regular home delivery." (Family in apartment)

Interview	Rating
Åsa	4.5
Older couple	4.5
Family in apartment	5
Andy	3
Student	5
Marie (terraced house)	5
Marie (footpath)	5

Rapport: Upplevelser av robotleveranser

Denna rapport sammanfattar svaren från 7 intervjuer om upplevelsen av robotleveranser. Fokus ligger på attityder, fördelar, nackdelar, förbättringsförslag samt betalningsvilja och miljöaspekter.

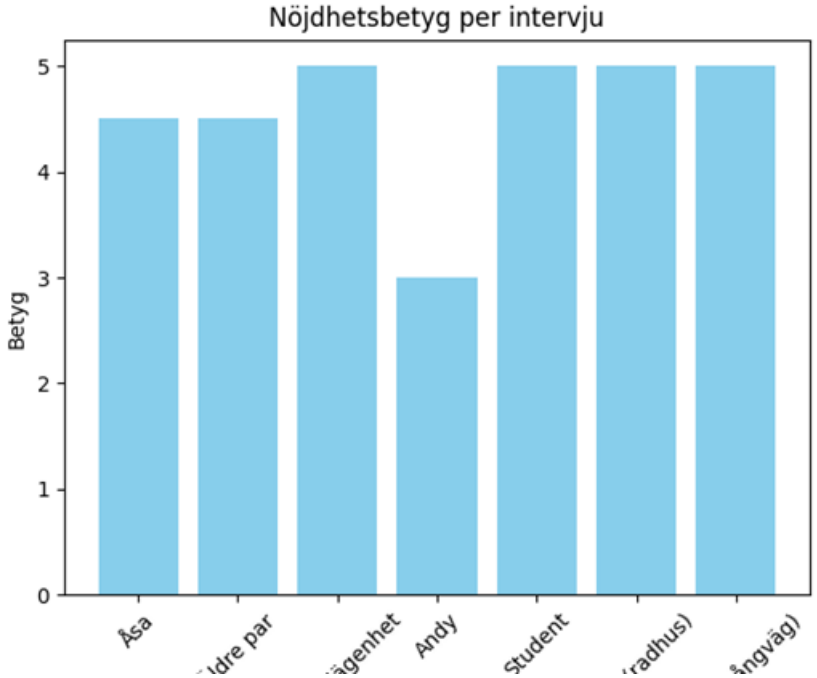
Antal intervjuer: 7

Viktiga insikter

• Generell attityd: Mycket positiv, upplevs som innovativt och bekvämt.
• Fördelar: Bekvämlighet, säkerhet via BankID, miljöfördelar.
• Nackdelar: Krav på närvaro, tekniska problem, osäkerhet vid första användning.
• Förbättringsförslag: Kartfunktion, möjlighet att dela BankID, bättre kommunikation, tekniska förbättringar.

Artikel I. Nöjdhetsbetyg (skala 1–5)

Intervju	Betyg
Åsa	4.5
Äldre par	4.5
Familj i lägenhet	5
Andy	3
Student	5
Marie (radhus)	5
Marie (gångväg)	5



Artikel II. Betalningsvilja

Alternativ	Svar
Betala extra	Majoritet nej, några ja (upp till 50 kr)
Samma pris	Nästan alla ja
Billigare	Alla ja

Artikel III. Miljöattityd

Intervju	Miljö viktigt?
Åsa	Ja
Äldre par	Ja, men ej avgörande

Familj i lägenhet	Nej
Andy	Ja
Student	Ja
Marie (radhus)	Ja
Marie (gångväg)	Ja

Andy: ”en solid trea” 3
”Att det inte blev högre berodde primärt på den bristande tekniska funktionen och kommunikationsbristen kring leveransen.”

Här är några starka och representativa citat från intervjuerna som kan användas i rapporten eller presentationer:

Positiva upplevelser

- *"Roboten för mig är genialisk. Det kan inte bli bättre ur den synpunkten."* (Marie, radhus)
- *"Det var häftigt och nytt. Jag gillar att det är slutet, att man identifierar sig hela vägen fram. Lyxigt att det blir framkört till dörren."* (Åsa)
- *"Smidigt, lättillgängligt. Det var väldigt bekvämt, man behöver inte lämna hemmet. Det var lite mer spännande, innovativt."* (Marie, gångväg)
- *"5, smidigt, som vanlig hemleverans ungefär."* (Familj i lägenhet)

Trygghet och säkerhet

- *"Jag gillade jättemkt att jag måste öppna med BankID, så inte vem som helst kan gå fram och öppna."* (Åsa)
- *"Jag kände mig trygg. BankID har jag ju."* (Äldre par)

Miljöaspekten

- *"Jag borde ta mer ansvar som individ än vad jag gör. Absolut robotlev för miljön."* (Åsa)
- *"Starkaste skälet är väl... Det är väl en miljöaspekt och just den här om man ökar på tiden."* (Marie, radhus)

Förbättringsförslag

- *"Kartfunktion hade varit jättebra."* (Åsa)
- *"Bra om den kan fungera när det är mycket snö och svårt att gå ut. Hur klarar den en massa snö?"* (Äldre par)
- *"Den viktigaste förbättringen är tydligare kommunikation om att beställaren måste vara hemma."* (Andy)