



Nollemissionsfordon för Citydistribution

En studie över hur de tre största distributionsföretagen i Göteborg skulle kunna ersätta sina fordon samt var infrastruktur bör placeras



Vätgas Sverige

CONSAT



Utförd av Vätgas Sverige, Consat
och SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut



VÄSTRA
GÖTALANDSREGIONEN

European Union The European Regional Development Fund

The Interreg IVB
North Sea Region
Programme

HyTrEc

Hydrogen Transport Economy
for the North Sea Region

1. Inledning

Introduktion

Denna sammanfattande rapport syftar till att på ett överskådligt sätt presentera och skapa förståelse för hur de tre största distributionsföretagen i Göteborg bedriver sin vardagliga verksamhet gällande citydistribution i Göteborgs centrum samt vilken fordonsflotta som används. Rapporten kommer påvisa vilka fordonsstyper som kommer vara lämpligast att byta ut samt var någonstans det är tjänligast att placera nödvändig infrastruktur i syfte att tanka och/eller ladda sitt nollemissionsfordon.

Rapporten är uppdelad enligt följande: Sida

| | |
|------------------------------|----|
| 1. Inledning | 1 |
| 2. Förutsättningar | 3 |
| 3. Tillgängliga fordon | 8 |
| 4. Analys och förslag | 15 |

Avgränsningar

De tre största distributörföretagen som distribuerar gods och paket i Göteborgs miljözon valdes ut. I denna rapport har dock samtliga valt att inte ställa upp med namn. Dessa kallas då ex. distributör 1 etc. Distributörerna har intervjuats och de åkerier de samarbetar med har även intervjuats. En av dessa distributörer och anlitat åkeri tillät att fordonen GPS-loggades under februari och mars. Data i loggningarna är alltså begränsade till ett åkeri och en begränsad tidsperiod, men intervjuer hölls med distributörer för att validera resultatens generella applicerbarhet.

Liknande studier

Följande studier har använts som en bakgrund för projektet samt för att säkerställa att inte överlapp mellan studierna blir för stort.

Klimatsmart citydistribution – Projekt för fordon med lägre utsläpp i Göteborg, dock ej begränsad till nollemissionsfordon.

<http://www.klimatsmartcitydistribution.se>

Ultra low emission vans study – Studie över möjligheter och kostnader för nollemissionsfordon. Ekonomiskt inriktad och fokuserad på TCO.

http://www.element-energy.co.uk/wordpress/wp-content/uploads/2012/05/Ultra-low-emission-vans-study_2012.pdf

Sendsmart – Projekt i göteborg för transporter. Brett projekt som behandlar flera lika områden.

<http://www.vinnova.se/sv/Resultat/Projekt/Effekta/SENDSMART-Hallbara-godstransporter-i-stadsregioner/>

Tillvägagångssätt

Möten med distributörer och åkerier har givit en grundläggande förståelse för verksamheten och fungerat som validering för de data som samlats in genom loggning. Ett möte har även genomförts med trafikkontoret i Göteborg för att förankra projektet och ta reda på vad förutsättningarna från stadens sida är. Bakgrundskarta över Göteborg för GIS-programmet MapInfo har även tillhandahållits av trafikkontoret, så även en karta där parkeringar som ägs av kommunen ritats ut då dessa anses mest lämpliga att uppföra infrastruktur för laddning av fordon på.

De fordon som loggats är 8 paketbilar av märke Mercedes Sprint, och två Volvolastbilar. Loggning har skett med GPS-mottagare och data har skickats ungefär en gång per dag. Dessa data har lästs in i programmet MapInfo där rutter ritas upp genom att punkterna som markerar var fordonen åkt visas. Dessa har sedan färglagts efter olika parametrar så som tid på dygnet och hastighet genom så kallade tematiska kartor. Analys har skett utifrån dessa kartor vad gäller hastigheter, längd på körpass, och för att skapa en allmän uppfattning om hur fordonen används.

Ett program har skrivits som hittar hopp i loggningstiden inom samma dygn, vilket betyder att fordonet har stängts av i mer än 15 minuter. Detta sker normalt bara vid lunch, och på så sätt har tid och plats för lunchstopp samt längd på lunchstopp kunna bestämmas, vilket är relevant för uppförande av infrastruktur för högeffektladdning. Detta beskrivs vidare i avsnittet ”Körmönster”.

Analysen har genomförts dels med tematiska rutter för flera fordon samma dag, dels för olika dagar med samma fordon. Detta för att uppnå relevans respektive validitet i resultaten. Eftersom datamängderna från månader av loggning blir mycket stora har viss ansträngning fått läggas ner på att optimera hanteringen av data.

2. Förutsättningar

Körmönster

Eftersom fordon från Distributör 1 loggats finns mer utförlig och verifierad data från dem. De övriga har intervjuats utifrån det som framkommit vid denna loggning.

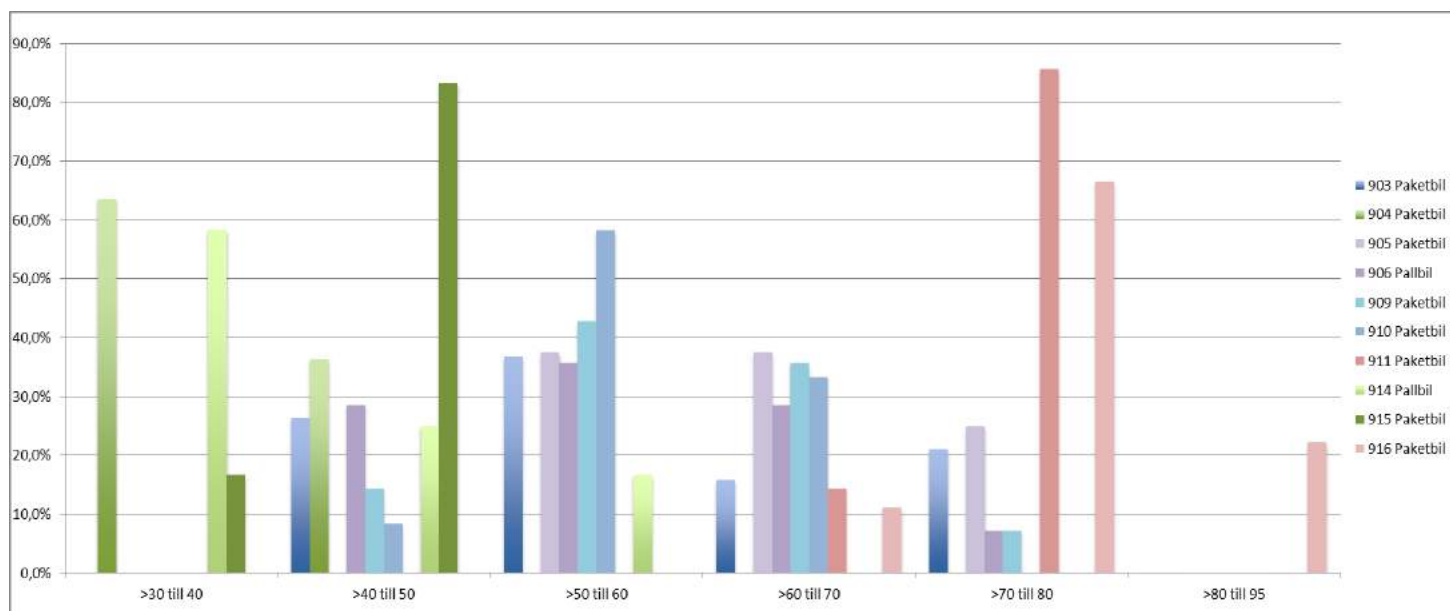
Distributör 1

De flesta fordon kör relativt korta sträckor, 50 – 100 km/dag, men under relativt lång tid, ungefär sju timmar. Fordonen kör ungefär 90 - 95 % av sin tid i samma rutt varje dag. Övrig tid är avstickare för leveranser på andra adresser.

Lunch äts på samma ställe samma tid varje dag, en majoritet äter vid ”gasklockan”. Några äter vid omlastningsterminalen vid Distributör 2, utöver detta är undantagen få. I regel är lunchpausen 25-70 minuter. Det finns lagkrav angående kör- och vilotider för chaufförerna detta uppfattas dock inte som någon begränsning i fallet med citydistribution. Detta för att körsträckorna är korta och i- och urlastning sker frekvent.

Normalt är hastigheten relativt låg under dagen, snitthastigheten är 20-25 km/h, stillastående undantaget. Med stillastående inräknat sjunker medelhastigheten till 5-15 km/h. Undantaget är sträckan från terminalen till området i centrum med leveransadresser vid arbetsdagens början och samma sträcka tillbaka vid arbetsdagens slut. Denna sträcka tur och retur med högre hastighet är begränsad till 8 km under 5-8 minuter per dag med en topphastighet av 90 km/h. Vissa fordon har ytterligare några sträckor med hastigheter uppåt 90 km/h, men under korta sträckor. Se bild 2 för exempel.

För de flesta bilar används Tingstadstunneln. Fåtalet använder Götaälvbron från och till terminalen. Se bild 1,2 och 3. De större lastbilarna uppvisar till största del samma körmönster som paketbilarna.



Tabell 1: Daglig körsträcka för paketbilar och pallbilar. Kilometer på X-axel.

Fordonen som loggats i projektet uppvisar små skillnader i dagliga körsträckor, mellan 33 km-93 km. Två av bilarna ligger på lite längre dagssträckor, runt 70 -90 km per dag, övriga ligger mellan 40- 80 km per dag.

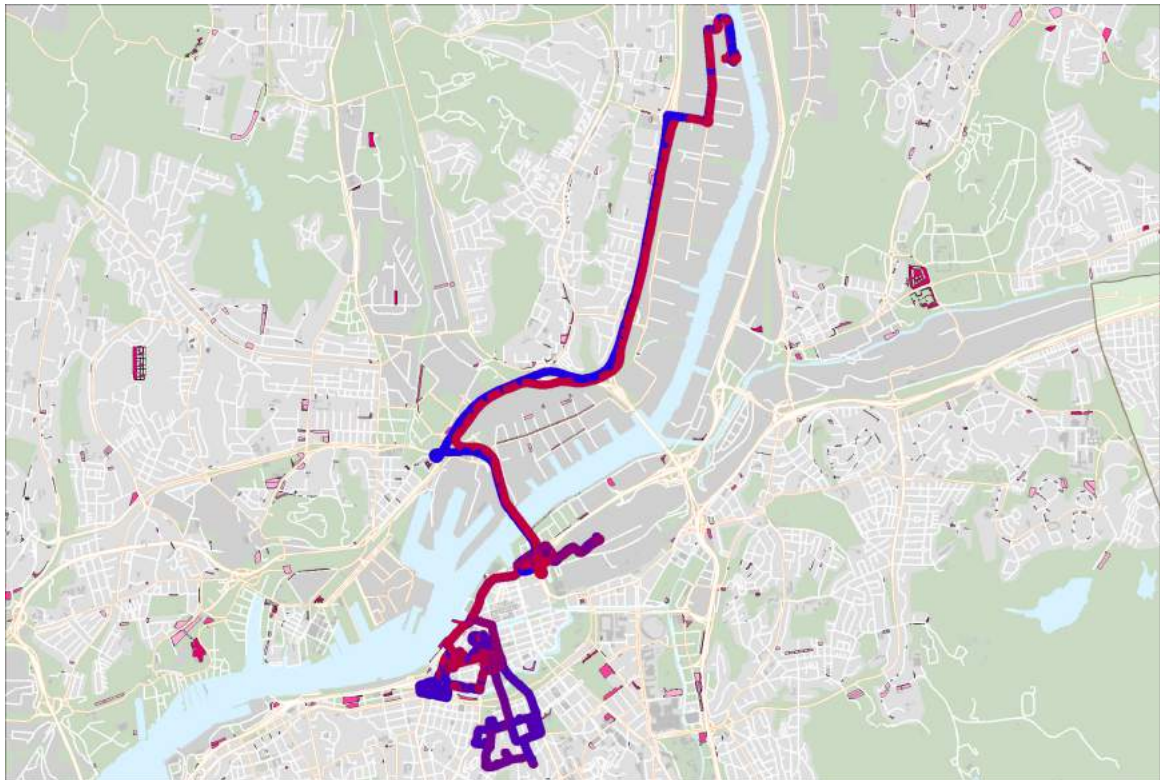


Bild 1: Paketbil med körsträcka i västra området. Tematisk karta där blått är morgon och rött är kväll

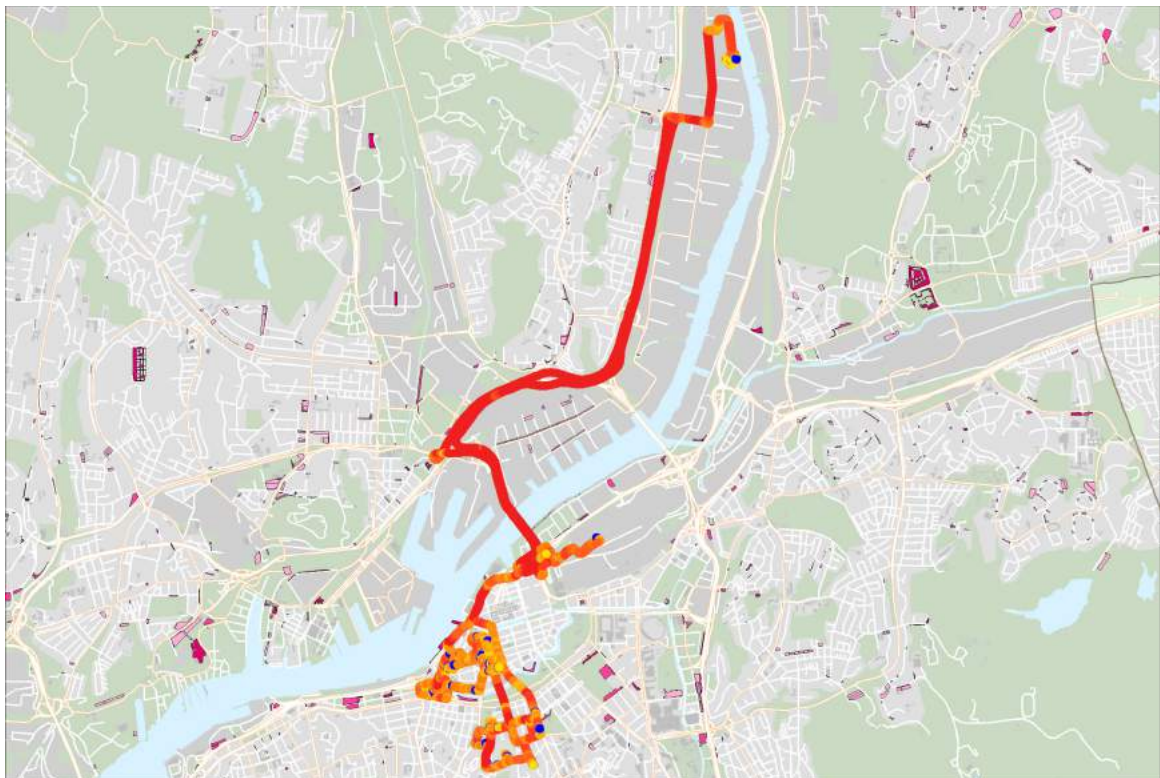


Bild 2: Paketbil med körsträcka i västra området. Tematisk karta där rött är snabbt, gult är långsamt och blått är stopp.

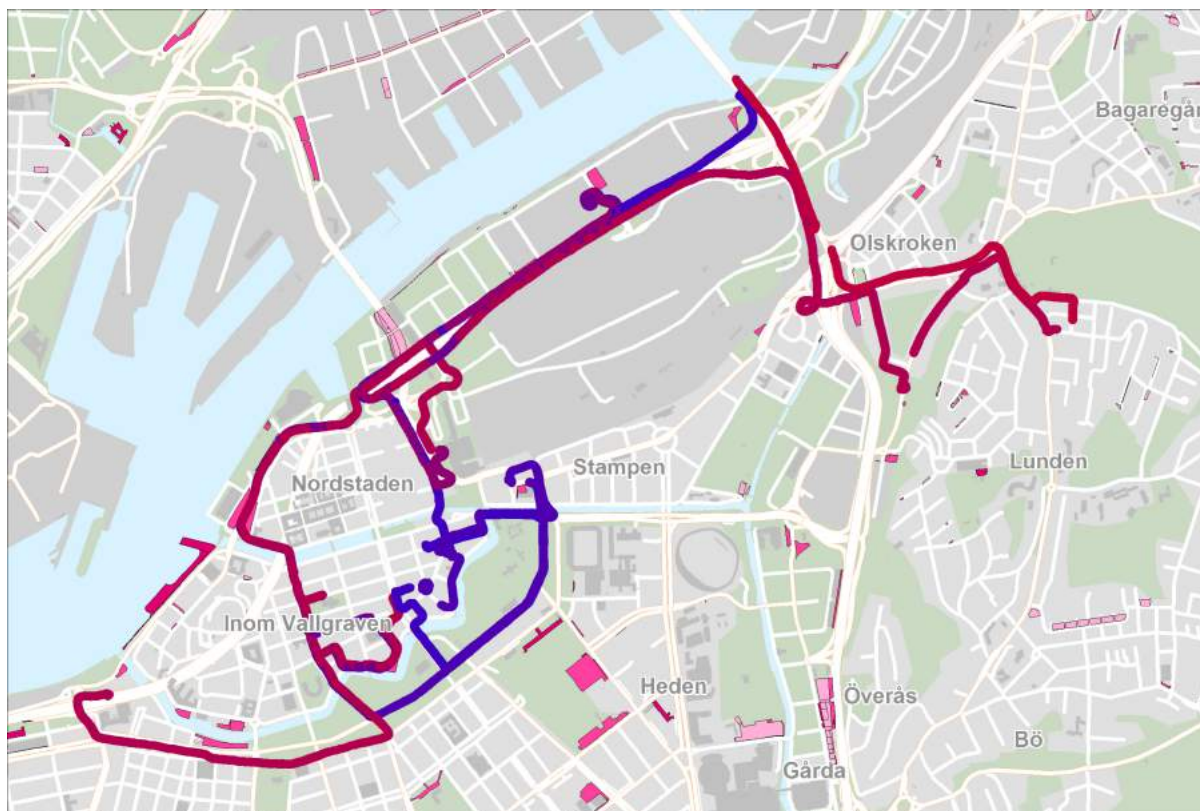


Bild 3: Paketbil med körsträcka i centrala området. Tematisk karta där blått är morgon och rött är kväll

Distributör 2

Information från Distributör 2 kommer från en intervju för att kunna klargöra hur körmönster ser ut i deras verksamhet.

Distributör 2 har framförallt 3.5 tons paketbilar och 15-tonslastbilar för pallgods. De har ungefär 30 stycken av varje som är aktiva i miljözonen. Paketbilarna är där en stor del av körningarna medan lastbilarna ofta bara har en liten del av körningen i miljözonen, men ett fåtal kör likt paketbilarna.

Paketbilarna kör samma rutt varje dag med små förändringar. Lastbilarna har inte fasta rutter på samma sätt utan körsträckan och området skiljer betydligt. En begränsad körsträcka behöver inte vara ett problem eftersom flexibilitetskravet är lågt.

Samtliga fordon från terminalen på Exportgatan som åker till centrum använder Tingstadstunneln. Distributör 2 har även en terminal i Högsbo.

Paketbilarna lastar en gång på morgonen, levererar paket för att sedan komma tillbaka till terminalen och äta medhavd lunch. Vissa lastar sedan om för eftermiddagen, andra har alla paket lastade från morgonen.

Skåpbilar i city går mellan 50-60 km per dag och lastbilarna mellan 50-100 km.

Paketbilarna är enklare att anpassa körmönster för genom planering än lastbilarna, om detta skulle behövas.

Tankning kan inte ske alltför långt från ruten. En eventuell tankstation måste ligga geografiskt nära.

Distributör 2 föreslår ”gasklockan” som tankställe. Mindre lämpligt på Hisingssidan med tanke på fordonen från de andra terminalerna inte passerar området. Vid ”gasklockan” finns redan alla andra bränsletyper för tankning. Dessutom passerar alla paketbilar och lastbilar som kör i miljözonen där.

Uttag för högeffektsladdning är bäst att ha vid terminalen vid lunch om detta behövs. Där parkerar bilarna på samma plats som de gör över natten. Fordonen parkeras på öppna ytor och ej under tak.

På Distributör 2 äter samtliga förare medhavd lunch på terminalen så åtgår nästan alltid 1 h, inte kortare.

Arbetsdagarna består typiskt av 1 h lastning, 3 h leveranser, 1 h lunch och 4 h leveranser.

Uppvärmning av fordonet används framförallt för att förbättra sikten, detta skulle kunna ersättas med eluppvärmd framruta. Vid beställning av nya fordon så beställs inte AC som standard eftersom de ändå inte lyckas hålla kylan mellan leveranserna. Ingen temperaturreglering för lasten finns idag på något av fordonen.

Fordonen går i regel med maxlast men inte helt fulla till volym. Undantag finns dock. Mindre än 13 m³ är inte aktuellt då det blir svårt att komma åt paketen. Full ståhöjd är viktigt och att föredra i lastutrymmet med hänsyn till arbetsmiljön för förararna.

Distributör 3

Distributör 3 har 35 stycken 3.5 tons paketbilar, framförallt av modellen Mercedes Sprinter men även av modell Citroën Berlingo av paketbilmodell. 10 stycken Mercedes Sprinter har distributionsområde centrum. Distributör 3 disponerar även ett par lastbilar med bakgavellyft för sin verksamhet i centrum.

70 % av paketbilarna går jämna mönster som de inte avviker från, eftersom de arbetar i postnummerdistrikt. Lastbilarna kör mer ojämna mönster.

För paketbilarna behövs inga stora marginaler i räckvidd, mer än att de behöver klara kallt väder. För lastbilarna finns ett större behov av marginaler.

Bilarna i flottan går 70-120 km per dag, men paketbilarna betydligt kortare. Ett fordon som klarar 100 km räckvidd med motsvarande lastkapacitet skulle gå att ersätta en stor andel av de befintliga fordonen.

Paketbilarna lastar på morgonen och kör ut under dagen, lastbilar levererar på morgonen och hämtar upp paket på eftermiddagen. Man uppnår närmare maxlast i fordonen på eftermiddagen än förmiddagen.

På Distributör 3 har förarna alltid 1 h lunch, eftersom kunderna ändå äter lunch under samma period, lunch utspisas på restaurang nära körruten där det smidigt går att parkera fordonen, flera förare äter ofta tillsammans på sina stamrestauranger. Restaurangerna runt Chalmers är populära för sina bra parkeringsmöjligheter.

”Gasklockan” är för långt att köra till från rutternas för att högeffektladdning där ska vara aktuellt för de flesta. Vätgastankning vid ”gasklockan” fungerar dock eftersom det inte behöver göras lika ofta och inte heller mitt på dagen.

Värme och luftkonditionering kommer aldrig riktigt igång eftersom de stannar så ofta.

Fordonen parkeras utomhus hos Distributör 3 på natten.

Distributör 3 har tidigare gjort och gör för närvarande test med batteripaketbilar.

Arbetstiden är 8 timmar plus 1 timme lunch. Omlastning tar ca 45 minuter.

Paketbilarna lastas alltid nära maxlast, lastbilarna längre ifrån, men tyngre på eftermiddagen vid upphämtningar än på förmiddagen vid leveranser. En paketbil behöver ha en tillsatsvikt på minst 1200 kg.

Fordonen åker i Tingstadstunneln från terminalen till centrum. Det blir ofta kö på morgonen, därför vore tillgång till bussfil för elfordon ett uppskattat styrmedel. Viktigare än att t.ex. slippa trängselskatt.

Distributör 3 skulle kunna tänka sig att jobba med små omlastningscentraler i centrum så att elfordonen kan nattparkeras och lastas där. Dit sker leveranser med lastbil från distributionscentralen. Ca 40 km per dag skulle tjänas in på elräckvidden med denna metod.

Distributör 3 har i sitt nuvarande försök med elfordon insett att insteget till lastutrymmet i fordonet blir högre på grund av batterierna placering i golvet. Detta försvårar i- och urlastning och är negativt för förarnas arbetsmiljö.

12 m³ lastvolym är ett rimligt minsta krav även för ett elfordon som ska användas för citydistribution.

Fordonsmodellen Iveco Daily har pekats ut som intressant, den har rätt lastvolym och vikt. Om modellen håller det den lovar, dvs. 90 km räckvidd kan 6 bilar bytas ut mot denna. Fordonet har en spärr som begränsar hastigheten till 70 km/h, detta anses dock inte vara något problem av distributörerna då hastigheten i centrum ofta är låg.

Distributör 3 anser att lunchladdning behöver finnas i distriktet om elfordon ska användas.

På sommaren under semestern (från andra veckan i juli och sex veckor framåt) kör bilarna 50 % längre eftersom två distrikt slås ihop i syfte att effektivisera för den rådande nedgången under sommarveckorna.

Lastbilmodellen av typen Smith Electric är i helt rätt storlek, väldigt stor andel av lastbilarna i centrum skulle kunna bytas ut mot dessa om de klarar 130-150 km körning. Antingen behöver den kunna snabbaddas eller ha räckviddsförlängare.

3. Tillgängliga fordon

Vätgas

Det finns tre tillgängliga vätgaslastbilar av olika storleksklasser, allt från lätta lastbilar till den tyngsta fordonsklassen. Samtliga använder bränslecellen som räckviddsförlängare; det går att ladda dem med ström men när så önskas startar en bränslecell för att ladda batteriet. Det ska ske både vid färd och stillastående.

Bränslecellen gör om vätgas som finns i fordonets trycktankar till el för att ladda batteriet. Restvärmen från konverteringen i bränslecellen kan tas om hand för kupéuppvärmning. Vätgasen tankas vid 350 bar, till skillnad från personbilar som använder 700 bar. Kombinerade tankstationer finns dock.

Tyrano

Tung lastbil som används i Kalifornien för transport från hamn till omlastningscentral. 100 stycken köpta av amerikansk entreprenör och testas på plats i Kalifornien, option på att köpa ytterligare 300 stycken.



Bild 4 : Tung lastbil av modell Tyrano

Räckvidd: Upp till 650 km räckvidd

Motoreffekt: 536 HP

Vridmoment: 4500 Nm

Bränslecellseffekt: 64 kW FC REX

Vikt: Klass 8, 7.5 ton curb w. (över 15 ton gross w.)

Livslängd batterier: Batterier minst 10 000 h.

Maxhastighet: 105 km/h

Pris: För ett par år sedan 270 kUSD, motsvarande i ohybridiserat dieselutförande kostade 150 kUSD.

Temperaturintervall: Kan anpassas för kallt klimat

Smith Electric

I grunden en elektrisk lastbil som försetts med räckviddsförlängare. Har fått mycket stöd av bland annat amerikanska energidepartementet. Finns omedelbart tillgänglig för intresserade kunder för fälttest i både skåpbilsformat och som lastbil med bakgavellyft.



Bild 5: Medeltung lastbil av modell Newton

Vikt: 7.5 till 12 ton GW

Bränslecellseffekt: 8-10 kW FC REX

Räckvidd: 130 km på batteri, 130 km ytterligare på vätgas.

Modulärt system, möjligt att installera i flera andra elfordon (Smith har flera varianter)
 Bränslecellen tillverkas av Proton Power som är välkända och anses duktiga. Tidigare har de haft en räckviddsförlängare installerad i en lastbil med totalvikt på 3 500-4 600 kg.
 Räckviddsförlängare fördubblar räckvidden på de olika fordonen.
 Pågående projekt med 20 stycken Fed Ex-bilar i USA.

HyKangoo

Symbio FC har med Renaults goda minne utrustat batteridrivna Kangoo ZE med en räckviddsförlängare i form av en bränslecell, och vätgastankar på 350 bar. Fordonet kommer finnas tillgängligt för försäljning någon gång under 2014. Testas under 2014 av franska posten.



Bild 6: Lätt lastbil modell HyKangoo

Räckvidd: 160 km på batteri, 320 km ytterligare på vätgas.

Motoreffekt: 70 HP

Vridmoment: 226 Nm

Bränsleceffekt: 5 kW FC REX

Vikt: 550 kg nyttolast.

Maxhastighet: 130 km/h

Batteribilar

De bilar som enbart drivs av el som är lagrad i ett batteri kallar vi för batteribilar. De har noll lokala utsläpp av koldioxid eller andra skadliga partiklar och laddas enbart via elnätet. Dock finns en viss miljöpåverkan vid slitage av exempelvis däck. Nedan följer de fordon som finns tillgängliga idag och som inom en snar framtid kommer till marknaden och som är lämpliga för verksamhet för citydistribution.

Renault Kangoo Z.E



Bild 7: Lätt lastbil av modell Kangoo Z.E

| | |
|-----------------------------|----------------------------|
| Lastvolym (m ³) | 3,0 Maxi: 4,0 |
| Last (kg) | 595 Maxi: 632 |
| Totalvikt (kg) | 2100 Maxi: 2300 |
| Batteri (kWh) | 22 |
| Räckvidd NEDC (km) | 170 |
| Laddning (kW) | 3 |
| Snabbladdning (kW) | Senare (Renault Chamelion) |

Peugeot Partner / Citroën Berlingo electric



Bild 8: Lätt lastbil av modell Partner

| | |
|-----------------------------|-------------------|
| Lastvolym (m ³) | 3,7 förlängd: 4,1 |
| Last (kg) | 685 |
| Totalvikt (kg) | |
| Batteri (kWh) 22,5 | |
| Räckvidd NEDC (km) | 170 |
| Laddning (kW) | 3 |
| Snabbladdning (kW) | 50 (CHAdeMO) |

Nissan e-NV200



Bild 9: Lätt lastbil av modell e-NV200

| | |
|-----------------------------|--------------|
| Lastvolym (m ³) | 4,2 |
| Last (kg) | 677 |
| Totalvikt (kg) 2000 | |
| Batteri (kWh) 24 | |
| Räckvidd NEDC (km) | 160 |
| Laddning (kW) | 3,3 |
| Snabbladdning (kW) | 50 (CHAdeMO) |

Mercedes Vito E-CELL



Bild 10: Lätt lastbil av modell Vito E-CELL

| | |
|-----------------------------|------|
| Lastvolym (m ³) | 5,2 |
| Last (kg) | 850 |
| Totalvikt (kg) | 3050 |
| Batteri (kWh) | 36 |
| Räckvidd NEDC (km) | 130 |
| Laddning (kW) | 7 |
| Snabbladdning (kW) | - |

Mercedes Sprinter E-CELL



Bild 11: Lätt lastbil av modell Sprinter E-CELL

| | |
|-----------------------------|-----------------|
| Lastvolym (m ³) | 11,5 |
| Last (kg) | 1200 (upp till) |
| Totalvikt (kg) | 3500 |
| Batteri (kWh) | 35,2 |
| Räckvidd NEDC (km) | 135 |
| Laddning (kW) | 22 |
| Snabbladdning (kW) | - |

Iveco Daily Electric 35S



Bild 12: Lätt lastbil av modell Daily Electric 35S

| | |
|-----------------------------|--------------|
| Lastvolym (m ³) | 12 |
| Last (kg) | 1200 |
| Totalvikt (kg) | 3500 |
| Batteri (kWh) | 42 eller 63 |
| Räckvidd Urban (km) | 90 eller 130 |
| Laddning (kW) | 12 |
| Snabbladdning (kW) | - |

Renault Maxity



Bild 13: Medeltung lastbil av modell Maxity

| | |
|-----------------------------|------|
| Lastvolym (m ³) | 20 |
| Last (kg) | 2000 |
| Totalvikt (kg) | 4500 |
| Batteri (kWh) | 42 |
| Räckvidd NEDC (km) | |
| Laddning (kW) | 8 |
| Snabbladdning (kW) | - |

Smith Edison



Bild 14: Lätt till medeltung lastbil av modell Edison

| | |
|-----------------------------|-----------|
| Lastvolym (m ³) | |
| Last (kg) | 725-2300 |
| Totalvikt (kg) | 3500-4600 |
| Batteri (kWh) | 36-50 |
| Räckvidd NEDC (km) | 90-160 |
| Laddning (kW) | 18 |
| Snabbladdning (kW) | - |

Smith Newton



Bild 15: Medeltung lastbil av modell Newton

| | |
|-----------------------------|------------|
| Lastvolym (m ³) | |
| Last (kg) | 2800-7400 |
| Totalvikt (kg) | 6400-12000 |
| Batteri (kWh) | 40-120 |
| Räckvidd (km) | 65-160 |
| Laddning (kW) | 18 |
| Snabbladdning (kW) | - |

4. Analys och förslag

Hur distributörerna och åkerierna ser på nollemmissionstransporter i städer

En drivande kraft för distributörerna är att uppnå miljö- och klimatmålen. Följande mål finns uppställda kring minskning av CO₂-utsläpp till år 2020.

- Distributör 1, 30 % minskning.
- Distributör 2, 40 % minskning.
- Distributör 3, 30 % minskning.

För att nå dessa mål ligger fokus dock på långväga transporter då de står för en betydligt större del av utsläppen. I städerna är miljözoner viktigt, men de gäller i dagsläget bara fordon över 3.5 ton, och påverkar alltså inte paketbilarna. Konsekvensen för lastbilarna är däremot att de nyaste alltid går i miljözonen, något som är positivt för miljön i städerna, men större besparingar av CO₂ skulle kunna uppnås om dessa istället användes för långväga transporter. Egna mål för miljöförbättring i stadskärnan finns inte hos distributörerna. Krav och incitament är viktiga styrmedel, incitament finns utförligare beskrivet nedan medan kraven kan handla om att bara nollemissionsfordon får användas inom vallgraven eller i centrum, antingen hela tiden eller bara specifika timmar på dygnet.

Det finns ingen drivande kraft från företagskunder eller konsumenter. Sådana har funnits tidigare, då kunden vilja ha väldigt ingående information om alla delsträckors utsläpp men detta existerar knappt alls längre. Vissa webbsidor ger dock konsumenter möjlighet att betala lite extra för att transporten ska ske klimatvänligt eller klimatkompenserat. Inget av detta behandlar dock miljön i städer.

Åkerierna har långtgående relationer med fordonstillverkarna och köper därför gärna kända märken. Service är ofta inarbetat med dessa, så en viktig del i övergången till nollemissionsfordon är att service fungerar. Detta är mycket viktigt redan med konventionella fordon, och i regel ges exempelvis ersättningsfordon när ett fordon är på service. När en helt ny typ av fordon introduceras såsom nollemissionsfordon och innan dess metangasfordon möts de med skepsis tills det att service visar sig fungera på ett bra sätt.

I brist på adekvata miljö- och klimatmål för transporter i centrum fattas besluten rationellt ekonomiskt; om ett fordon blir betydligt billigare på fem år skulle detta köpas. Likviditeten är inte ett problem i det fallet trots att inköpskostnaden troligen blir högre.

Incitament

De ytterligare incitament för att byta fordon som nämnts från de deltagande speditörerna, förutom en minskad miljöpåverkan, är om det vore möjligt för de fordon som är nollemissionsklassade att få tillstånd att nyttja bussfil. Exempelvis bussfilen genom Tingstadstunneln. De aktuella speditörerna är alla lokaliserade norr om Tingstadstunneln och denna används nästan uteslutande vid distribution till stadskärnan och köbildningar genom tunneln är frekventa vid tider då företagen har sina rutter planerade. Även nyttjande av bussfil på Södra vägen har framkommit som önskemål på underlättande åtgärd.

Krav på fordonen

Vid ett införskaffande av nollemissionsfordon skulle ett fordon som klarar av en körsträcka på 50-100 km kunna ersätta en stor andel av paketbilarna. Marginalen behöver inte vara så stor eftersom sträckorna aldrig blir speciellt mycket längre, 10-20 % räcker. Däremot måste likvärdiga

sträckor även kunna klaras av på vintern då vissa typer av nollemissionsfordon får sämre räckvidd på grund av kylan. Vilket medför en ökad energiförbrukning till att t.ex. värma upp fordonet. Den lastkapacitet som behövs för att kunna ersätta nuvarande fordon som drivs av fossila bränslen bör vara 12-13 m³ och klara 1200 kg nyttolast. Detta för att speditören inte ska få förlora någon lastkapacitet. För de större bilarna och lastbilarna behövs mer flexibilitet, men med 130-150 km räckvidd skulle räcka för att ersätta en stor andel av de nuvarande fordonen som går på fossila bränslen. Men ett par lastbilar från varje distributör kan ersättas av lastbilar med kortare räckvidd, eftersom de bara rör sig i centrum.

Värmebehovets påverkan av körsträckan

Vid arbete med citydistribution blir det för förarna väldigt korta körsträckor med många stopp med tid för i- och urlastning. Vid korta körsträckor har de nollemissionsfordon som marknaden erbjuder idag svårt att snabbt komma upp i arbetstemperatur vilket får till följd att värmeflödet in i fordonets kupé fördröjs eller till och med uteblir under vissa perioder. Detta får till följd att fordonet inte blir behagligt att arbeta med ur ett arbetsmiljöperspektiv samtidigt som säkerheten kan påverkas i form av immande eller frostade rutor. Om man ytterligare lägger på vintermiljö med låga temperaturer under lång tid får detta ytterligare konsekvenser.

Tabellen nedan visar på effektförbrukning för att driva en elbil av märket Renault Kangoo (skåpbilsmodell under 3,5 ton) under olika temperaturförhållanden och hastigheter. Notera att Kangoon med endast elektrisk värme har mycket dålig prestanda, i Sverige utrustas Kangoon därför med en dieselvärmare. Det innebär att procenttalet för uppvärmning kan vara ännu högre för andra modeller. Moderna elbilar har idag värmepumpssystem för värme och kyla, dessa system kan sänka effektbehovet för värme och kyla till hälften eller en tredjedel av ett konventionellt system.

Tabell 2: Effektbehov för kupévärm

| Utetemperatur (°C) | Hastighet (km/h) | Effekt för framdrivning (kW) | Effekt för värmning av kupé (kW) | Effekt för värmning av kupén (%) |
|--------------------|------------------|------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| - 15 | 100 | 20 | 3.65 | 15 |
| - 15 | 80 | 12 | 3.10 | 20 |
| - 15 | 50 | 5 | 2.17 | 30 |
| - 15 | 30 | 2 | 1.47 | 38 |
| - 5 | 100 | 20 | 1.86 | 8 |
| - 5 | 80 | 12 | 1.58 | 11 |
| - 5 | 50 | 5 | 1.11 | 18 |
| - 5 | 30 | 2 | 0.75 | 24 |
| 5 | 100 | 20 | 0.67 | 3 |
| 5 | 80 | 12 | 0.57 | 4 |
| 5 | 50 | 5 | 0.40 | 7 |
| 5 | 30 | 2 | 0.27 | 10 |

(Källa: Ålborg Universitet; *Thermal Design and Management*; Kolakowska & Andersen 2009)

Från den totala arbetstiden behöver ungefär en timma räknas bort från värmebehovet för att ge en rättvisande bild av värmebehovet.

Det finns flera sätt att lösa värmebehovet, varav många passar speciellt bra för fordon där dörren öppnas ofta vilket gör att varmluften ventileras ut. Sätetsvärme är redan idag utbrett, men med liknande teknik kan även rattvärme och värme i framrutan erbjudas. Effektbehovet av detta blir betydligt lägre än om luften i hela kupén ska värmas upp, speciellt vid regelbunden ventilering då dörren öppnas. En ytterligare fördel med alternativa sätt att hålla förare och ruta varm är att dessa antingen kan vara igång under leverans eller i annat fall snabbt bygger upp värme igen, en stor skillnad från konventionella fordon.

I batterifordon med räckviddsförlängare kan denna restvärme användas för att värma kupén. Räckviddsförlängaren kan optimeras efter värme, eller för att fordonet ska gå så långt på laddad el som möjligt. Hur detta görs är en optimeringsfråga där det ekonomiska blir styrande. Detta gör att fordon med räckviddsförlängare vintertid inte bara förlänger räckvidden med el från bränslecellen, utan även för att batteriet inte behöver använda lika mycket el till uppvärmning av kupén. Detta gör att en räckviddsförlängare kan vara ett än mer intressant alternativ till snabbbladdning när värmebehov finns.

NEDC körcykel

Personbilars förbrukning mäts idag med NEDC cykeln, det är en standardiserad cykel med både stadskörning och motorvägskörning under en 20 minuter och 11 km lång sträcka. Toppfarten under högfartsdelen är 120 km/tim men långsamma fordon begränsas till 90 km/tim eller vad fordonet har för maxfart. Cykeln består av två delar, en stadskörning (13 min, 4 km) och en högfartsdel (7 min, 7 km). Stadskörningen kör i max 50 km/h med en medelfart av 19 km/h, en cykel som kan likna den som ett distributionsfordon har under leveranserna. Våra loggningar visar att bilarna har ännu fler stopp än NEDC, och accelerationerna är normalt betydligt snabbare. Högfartsdelen körs bara till och från terminalen, så den är en mycket liten del av den dagliga körningen. Fordonstillverkarna delredovisar inte stadskörningen från högfartsdelen, därför är det svårt att bedöma hur de två delarna påverkar slutvärdet. Det är också svårt att

bedöma hur mycket fler stopp och snabbare accelerationer påverkar förbrukning/räckvidden. Dessutom görs NEDC proven normalt vid 25 grader Celsius utan några andra förbrukare igång (värme/kyla, belysning etc.), det kommer att påverka fordon med elektrisk drivlina mycket.

Vi ser därför ett stort behov av att prova hur fordon med elektrisk drivlina presterar under verkliga förhållanden, under sommar som vinter, med olika förare och olika körmoder.

Körningar under industrisemestern

Under sex veckor under sommaren minskar antalet leveranser samtidigt som personalen tar semester. Detta leder till att från andra veckan i juli och sex veckor framåt kör varje fordon i ett dubbelt så stort område, vilket ger en ökad körsträcka med ungefär 50 %. Så länge distributörerna byter ut mindre än hälften av sina fordon mot batterifordon utan räckviddsförlängare är inte detta ett problem eftersom fordon med längre räckvidd kan användas under dessa veckor. Vissa batterifordon kan dock ha en så pass kort normal körsträcka att de fortfarande kan använda batterifordon under dessa veckor, speciellt eftersom räckvidden är som längst under den varmaste tiden på året.

Körmoder

Körmoder för de olika åkerierna är likartat, men eftersom det skiljer 8 km i avstånd mellan Distributör 2 och Distributör 3, närmast respektive längst bort från centrum, påverkar det körsträckan något. Distributör 1 ligger mittemellan med 4 km till Distributör 2. Avståndet till terminalen har troligen en avgörande roll för om lunch tas med eller äts på restaurang.

Den stora skillnaden i körmoder är vid lunch. Distributör 2s förare åker tillbaka till terminalen för att äta medhavd lunch medan Distributör 1 och Distributör 3s förare äter på restaurang. Även vid val av restaurang finns det skillnader; merparten av Distributör 1-förarna vars fordon vi loggat äter lunch vid "gasklockan" medan Distributör 3s förare äter i sina tilldelade distrikt så nära rutten som möjligt, enligt intervju. Distributör 3s förare äter dock tillsammans i mindre grupper, enligt intervjun tre till fem på varje ställe. Förarna från de olika distributörerna/åkerierna äter vid samma tid; när näringsidkarna har lunch, eftersom det då är svårt att få något gods levererat. Detta gör att en högeffektsladdning vid lunch måste ske parallellt och inte sekventiellt.

Från Distributör 3 har inte körsträckor för de paketbilar som kör i centrum kunnat inhämtas, men approximativt handlar det om motsvarande körsträckor som Distributör 1 med ett tillägg om 8 km per dag på grund av det längre avståndet från och till terminalen.

Behov av tankning och laddning

Möjliga platser för högeffektsladdning

Den enda paus under dagen som är tillräckligt lång och på en och samma plats varje dag och därmed möjlig för högeffektsladdning är lunchuppehållet. För att tillgodose ett högeffektsladdningsbehov för alla tre distributörer behöver sådan finnas dels vid "gasklockan", dels vid Distributör 2s terminal, och dels vid olika parkeringar i centrum. För att avgöra vilka behövs ytterligare studier för Distributör 3s förares lunchvanor. Distributör 2 ställer sina fordon på samma plats vid lunch som över natten, vilket innebär att både nattladdning och högeffektsladdning samlokaliseras på egen mark.

Vid "gasklockan" finns en kommunal parkeringsplats som skulle lämpa sig för högeffektsladdning, vilket skulle kunna förse en stor andel av Distributör 1s fordon med högeffektsladdningsmöjlighet.

Det finns flera kommunala parkeringsplatser på Gårda, vid Heden och både på insidan och utsidan av vallgraven som kan vara tänkbara platser för högeffektsladdning åt Distributör 3.

Högeffektsladdning verkar inte behövas i normalfallet, snarare vid kallt väder eller om en längre räckvidd önskas, varav de senare bedöms av distributörerna som osannolikt. Eftersom kallt väder drabbar samtliga fordon samtidigt och förarna åter samtidigt kommer ett eventuellt högeffektsladdningsbehov vara parallellt snarare än sekventiellt, vilket gör att runt 5-10 högeffektsladdningsstationer kan behövas på varje plats. Fler för Distributör 2, färre för Distributör 3 på varje plats. Kraven på strömstyrkan till elanslutning blir därefter.

Några fordon går att byta även utan högeffektsladdning, då de går så pass korta sträckor att behovet av högeffektsladdning inte ens bör uppstå vid kall väderlek. Ett alternativ till högeffektsladdning är om små omlastningsterminaler byggs i centrum där elfordonen även står över natten. Lastning till dessa terminaler sker med lastbil.

Möjliga platser för laddning och tankning

Paketbilar med vätgasräckviddsförlängare är ett alternativ till högeffektsladdning, här bör en ekonomisk analys utföras för att bedöma vilket som är lämpligast. Drivmedelskostnaderna för ett fordon med räckviddsförlängare är högre, men slitaget på batteriet blir lägre. Att körsträckan blir mer flexibel är inte av vikt för paketbilarna eftersom de håller sig inom så pass små distrikt.

För lastbilarna är räckviddsförlängare med vätgas mer generellt intressant, eftersom de kör mer flexibelt. Vätgastankning sker inte lika ofta som högeffektsladdning och går betydligt snabbare. Därför behöver inte en vätgastankstation vara på samma ställe som lunchuppehållet. Distributörerna är överens om att "gasklockan" vore en lämplig plats eftersom det är lätt att ta sig dit från rutterna i och med att det ligger på vägen från och till terminalerna. Om "gasklockan" anses olämplig för ändamålet kan en alternativ placering vara Heden eller strax utanför vallgraven, se karta.

Runt 6 stycken lastbilar kan gå att byta mot batterilastbilar utan räckviddsförlängare eftersom de bara går korta sträckor i staden.

De batterifordon som är presenterade i rapporten har några olika sätt de kan laddas. De enklaste laddarna är enfas 12-16 A, som ger drygt 3 kW laddeffekt, lite kraftigare laddare ligger på 32 A (7 kW). Sedan finns det trefasladdare på 23-60 A de ger 12 -22 kW laddeffekt. Till sist finns det laddningssystem där laddaren är utanför fordonet och matar likström direkt till batteriet, dessa system har typiskt en laddeffekt på 50 kW. Det finns tre system i Sverige, CHAdeMO, CCS och Supercharger. Enligt ett förslag från EU skall CCS vara standard inom EU, men för närvarande är det CHAdeMO som är mest tillgängligt, och dessa laddare kommer att finnas kvar länge.

De 3,5 tonsfordon vi tittat på har ej likströmsladdningssystem, de har som bäst trefasladdare, och det är sådana laddare vi föreslår. En parkeringsplats bör ha 4-6 laddplatser á 12 kW, det blir uppemot 70 kW installerad effekt, vilket inte bör vara något större problem.

Lämpliga fordon

Distributörerna är framförallt intresserade av paketbilar på under 3.5 ton och lastbilar på mellan 7 och 12 ton, eftersom dessa går mest i centrum. Av fordonen som beskrivs i tidigare avsnitt är därför batterifordonet Iveco Daily den bäst lämpade paketbilen och Smith Electric, med eller

utan bränslecellsräckviddsförlängare (FC-REX), den lämpligaste lastbilen att använda i ett inledande skede för att byta de första fordonen.

Körsträckan i Tabell 1 för respektive fordon är nedjusterad eftersom NEDC inte anses ge rimliga resultat. Samtidigt ges viss marginal för kortare räckvidd på vintern, men det förutsätter att förarna inte använder varmluft i kupén och att ratt- rut- och stolsvärme används istället.

Tabell 3: Lämpliga fordon för olika körsträckor (grön finns idag, gul inte ännu men bedöms snart)

| | Under 60 km verklig körning | Mellan 60 och 90 km verklig körning | Över 90 km verklig körning |
|---------------------------|--|---|--|
| Paketbil (3.5 ton) | BEV (Iveco Daily) <i>25 fordon totalt</i> | BEV högeffektsladdning (finns ej idag, men på gång) BEV FC-REX (finns ej idag men på gång) <i>35 fordon totalt</i> | BEV FC-REX (finns ej idag men på gång) <i>30 fordon totalt</i> |
| | | | |
| | Under 90 km verklig körning | | 90 - 180 km verklig körning |
| Lastbil (7-12 ton) | BEV (Smith electric BEV) <i>5-10 fordon totalt</i> | | BEV FC-REX (Smith electric REX) <i>40 fordon totalt</i> |

Placering av infrastruktur

Eftersom kommunala parkering (markerat med röd och rosa färg på kartan) är utgångspunkten för infrastrukturuppbyggnad finns ett fåtal lämpliga platser i centrum. Utav dessa har körmonster jämförts från Distributör 1, samt resultat från intervjuer, vilket resulterat i föreslagna platser enligt bild 4 nedan, uppdelad efter vätgastankstationer (H2) respektive högeffektsladdning. Det finns andra kommunägda parkeringar i området, men eftersom dessa är omständliga att ta sig till exempelvis vid Tingstadstunneln och under brofästet till Götaälvsbron.

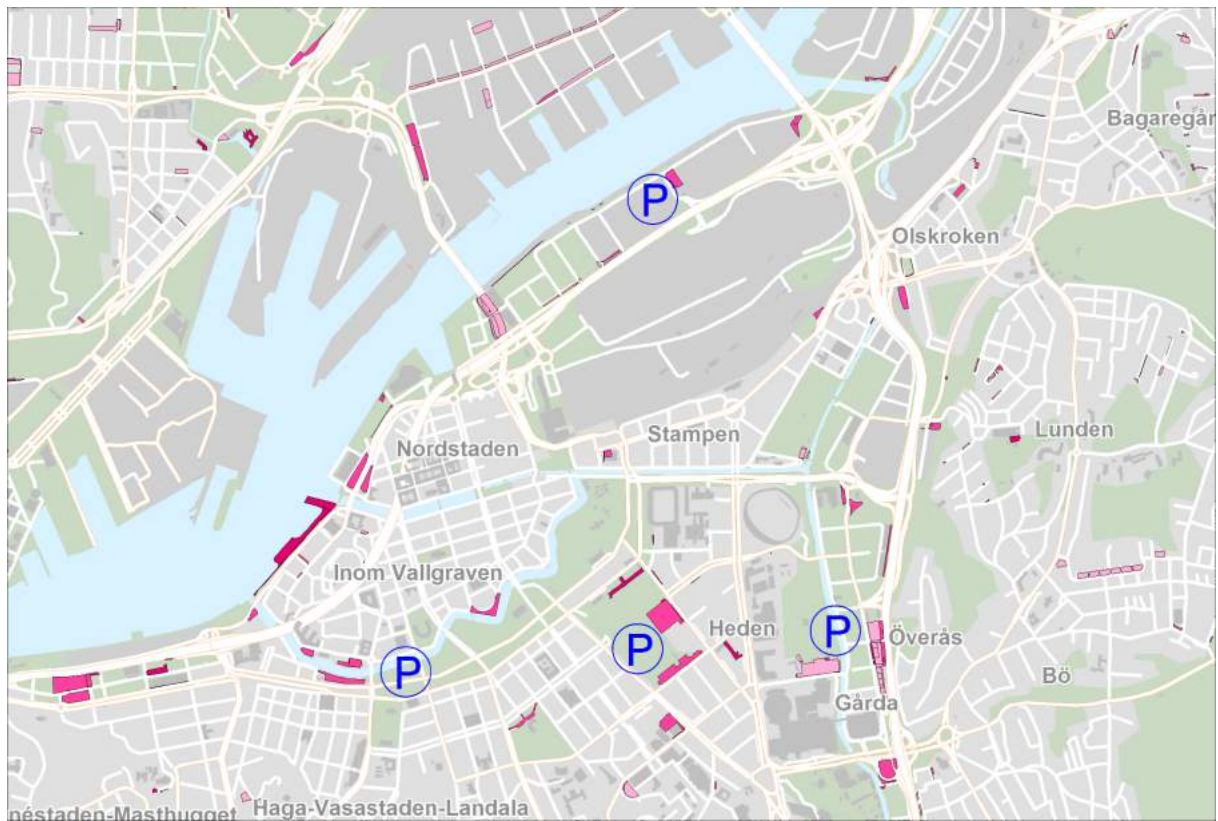


Bild 16: Lämpliga parkeringar för byggande av infrastruktur

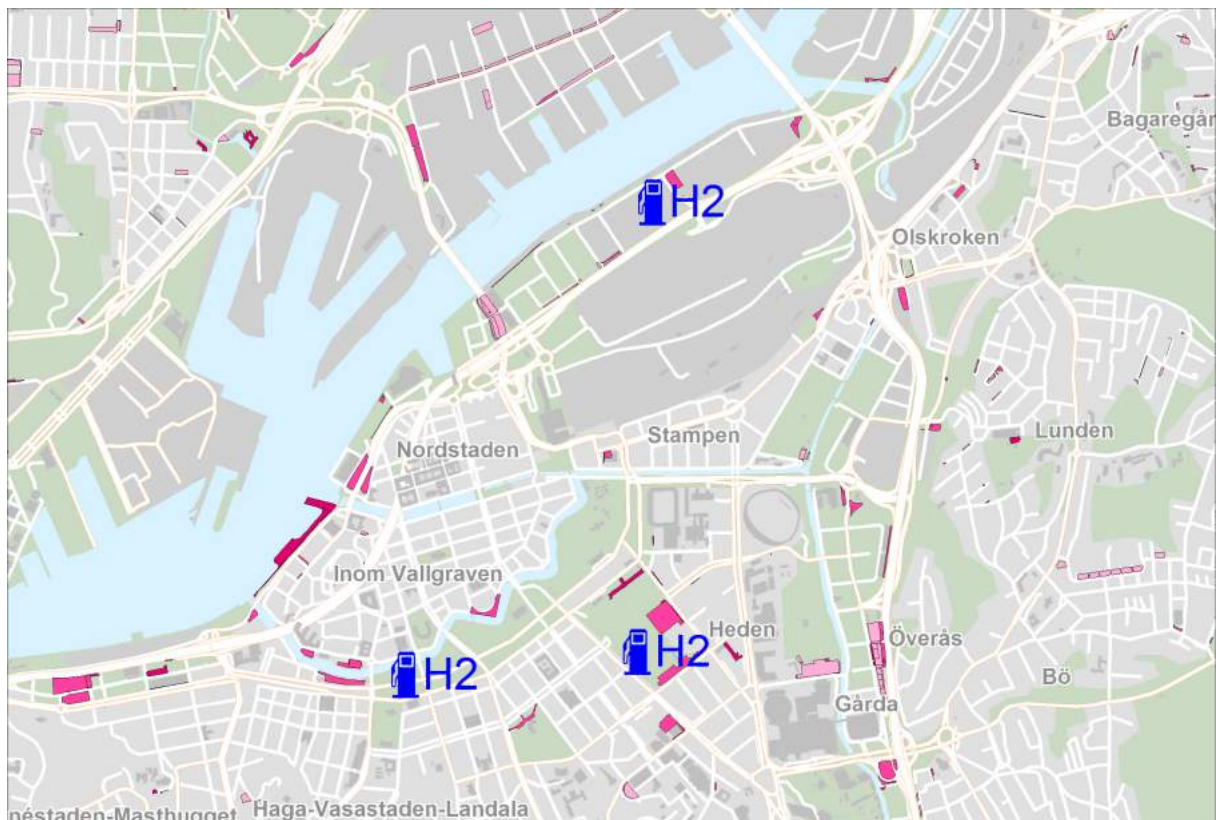
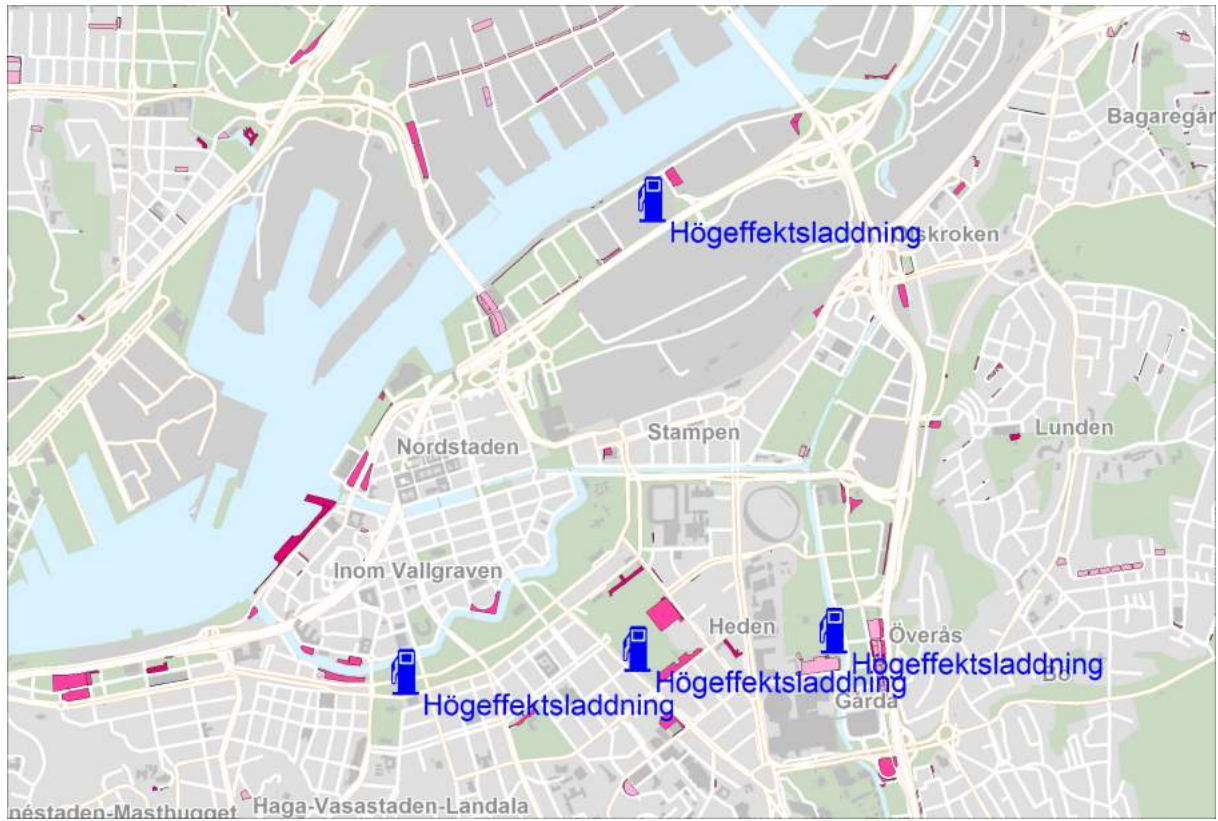


Bild 17: Lämpliga platser för vätgastankstation



Örnstaden-Masthuggen Haga-Vasastaden-Landala
Bild 18: Lämpliga platser för högeffektsladdning

Slutsatser

- Bibehållen lastvikt och volym är centralt för valet av fordon. Sådana fordon finns att köpa idag, men det är alltid en avvägning mellan lastvikt och räckvidd. Totalvikten måste hållas under 3.5 ton av personalskäl och ekonomiska skäl.
- En stor andel fordon kan bytas mot batterifordon idag utifrån de körsträckor som uppvisats. Alla fordon för citydistribution går att byta mot räckviddsförlängda fordon. Se Tabell 3.
- För en stor andel fordon kan antingen vätgastankning eller snabbbladdning väljas för att täcka kravet på räckvidd, men snabbbladdning kan inte ensamt täcka behovet för samtliga fordon på det sätt vätgasfordonen kan. Se Tabell 3.
- Körmönster är mycket jämna vilket gör att ingen betydande flexibilitet behövs i räckvidd utöver den dagliga körsträckan.
- En ganska stor andel av fordonen kan förmodligen inte bytas mot batterifordon på grund av värme och kyla i kupén, samt eftersom batteriet påverkas av kyla. Räckviddsförlängare som även ger värme till fordonet kan lösa detta, eller om fordonen utrustas med rattvärme och värme i framrutan.
- Den plats förarna väljer att äta lunch på påverkar i stor grad var snabbbladdning kan placeras, eller vice versa, då detta är det enda längre stoppet under dagen.
- Tankstation bör läggas på en plats som fordonen passerar helst varje dag, förslagsvis vid gasklockan, se Bild 18.