I DESIGN

ROBOTKONCEPT FÖR UNDERHÅLL AV CYKELVÄGAR

Slutrapporten är framtagen med ekonomiskt stöd från Trafikverket, Skyltfonden. Ståndpunkter, slutsatser och arbetsmetoder i rapporten reflekterar författaren och överensstämmer inte med nödvändighet med Trafikverkets Policy.

Skyltfondens diarienummer TRV 2021/115658

Sammanfattning

Cykling kommer bli ett allt viktigare transportmedel, av hälsoskäl och för att minska utsläpp. Kan man få fler att cykla hela året, kan det påverka trafikplaneringen till ett mer hållbart resande. En allvarlig begränsning är olycksrisken som gör att många avstår cykling under vintermånaderna. Halkolyckor på grus, is och snö skapar de flesta och allvarligaste olycksfallen för cyklister. En metod för att begränsa det är den alltmer spridda *sopsaltningen* av cykelvägar. Det syftar till att få bort snö med en entreprenadmaskin som borstar bort snön, innan den byggs upp över 2–3 cm. Bakom borstvalsen sprayas en saltlake som håller banan isfri och förebygger att snö lägger sig i upp till 10 timmar. Hur länge beror på olika väderparametrar. Det finns ett stort projekt från det RISE-ledda "Barmark", som har pågått några år och som baseras på en större maskin och som givit goda erfarenheter om funktion, och autonom styrning. Vårt samarbete med deltagare i det projektet har varit en värdefull kunskap i vårt arbete.

Det här projektet, utfört av Idesign, avser att ta fram koncept som kan ersätta gängse entreprenadmaskiner med förare, med förarlösa maskiner som kan borsta och salta autonomt med eldrift. Det är tänkt att placera ut fler maskiner på givna huvudstråk av prioriterade cykelvägar, och att de överlappar varandra för att klara långa sträckor tillsammans. Den ska kunna laddas i en laddstation under 3–6 timmar och köra en timme på en given sträcka, sen laddas på nytt i sin "koja". Det kan bli en effektiv och på sikt billig lösning som kan köra nattetid eller vid behov. Den är mindre och smalare än dagens maskiner för att rymmas på befintliga cykelbanor och medge möten med cyklister. Tekniken att köra med batteridrift, autonomt och säkert, har utvecklats dramatiskt till fördel för konceptet. Man kan säga att konceptet är en syntes mellan gängse entreprenadmaskin och en robotgräsklippare.

Det som huvudkonceptet baseras på, är till stor del likt en gräsklipparrobot, men förstås avsevärt mycket kraftigare och med ett integrerat redskap för sopsaltning. Huvudkonceptet fick så avgörande mycket högre ranking bland övriga koncept att vi valde att förfina det i utvecklingshöjd, i stället för att vidareutveckla fler av de olika koncepten.

Genom att bara verka på cykelvägar kan man undvika körning i blandtrafik, främst då övrig biltrafik. Kortfattat är principen en maskin som är liten och lätt, med borsten framtill, vinklad för att borsta en bredd på en meter. Styrning sker med drivhjulens elmotorer framtill och med svivlande stödhjul baktill. Bäraren som håller redskapet, har en liten svängradie och kan vända på en normal cykelväg. På bäraren sitter styr- och reglerutrustning, batteri och behållare för lake på 100 liter. Redskapet sitter i bäraren kan höjas och sänkas för att borsten ska ges bästa kontakt med vägytan. Vår bedömning är att hela roboten kan väga ca 500 kg plus en fylld tank på 100 kg.

Konceptet har vår expertgrupp sett som så realistisk att den bör provas för test. Det är en tacksam avgränsning i den storlek vi siktar på: cirka 1x2 m, med höjden på max en meter. Den ska synas väl på cykelvägarna för att undvika påkörning. Sensorer för att känna av cyklister, gående och föremål är känd teknik, men fordrar förstås anpassningar som kan finnas stora utmaningar i. Även anpassningar för driftsäkerhet, laddning och styrning. Konceptet ser lovande ut för att kunna anpassas för flera arbetsområden såsom att sopa grus, vilket gör att den kan brukas året om. Vidare bör man undersöka möjligheter för att addera en snöslunga vid extremsituationer med kraftiga snöfall. Klimatförändringar tenderar att skapa mer extremväder som vi bör beakta i vår framtida samhällsplanering.

Trafiksäkerhetsnytta

Ur VTI 801-rapportens sammanfattning:
Utifrån de orsaker som bedöms ligga bakom cykelolyckorna, anses en *förbättrad halkbekämpning* och vinterdäck till cykeln vara de åtgärder som har störst potential att minska de allvarligt skadade cyklisterna, liksom användning av cykelhjälm och skyddsjacka/-byxor. Andra viktiga åtgärder är *borttagande av löst grus, bra barmarksunderhåll* och justering av kantstenar, följt av separerade cykelbanor, säkra cykelöverfarter och att ta bort fasta föremål på och i anslutning av cykelvägen.

Vårt projekt fokuserar på de kursiverade orden i VTI´s sammanfattning. Kan vi ta fram borstmaskiner som håller cykelvägarna rena från grus och snö, så kan cykelolyckorna minska. Det behövs nya lösningar som ger mer frekvent städning så att snö, is och grus kan röjas effektivare för säkrare cykling. Ny teknik i autonom körning, eldrift och AI har banat vägen för en realistisk robotlösning med förarlös borstning av cykelvägar. Och förstås också gångvägar, särskilt om cykel- och gångvägarna ligger intill varandra.

Sammanfattning **0**
Trafiksäkerhetsnytta **1**
1. Bakgrund **3**
1.1 Syfte 3
1.2 Hypotes 3
1.2 Samarbete & Avgränsningar 3
2. Metod **5**
2.1 Användarstudier 5
Enkät i cykelforum 5
Intervjuer med yrkesverksamma 6
2.2 Studiebesök 7
2.3 Kravspecifikation 8
2.4 Konceptgenerering 8
Borstvals 8
Drivlina 10
Saltdistribuering 11
Batteri och laddstation 11
3. Resultat **13**
3.1 Valt koncept 13
3.2 Komponenter 15
3.3 Tillämpning 16
Söder Mälarstrand 18
4. Diskussion **19**
4.1 Fortsatt arbete 19
4.2 Förutsättningar 19
4.3 Risker och möjligheter 20
5. Slutsats **22**
Referenser **23**
Appendix **24**
Appendix A - Sammanfattning av enkätstudie 25
Appendix B - Kravspecifikation 28
Appendix C - Kriterieviktsmatris 30
Appendix D - Komponentlista 31
Appendix D - Sopsaltning i Stockholms stad 32

1. Bakgrund

1.1 Syfte

Syftet med detta projekt är att öka tillgängligheten på gång- och cykelbanor genom att underlätta och effektivisera vinterunderhåll. Projektet går ut på att konceptgenerera olika lösningar på mindre, autonoma renhållningsfordon som inte kör i det allmänna vägnätet. Varje fordon har sin egen laddstation i sitt tilldelade arbetsområde, som även fungerar som förvaringsplats. Projektet ska resultera i en studie av möjligheter och utmaningar för ett nätverk av mindre autonoma maskiner verksamma på stadens cykelbanor. Projektet ses som ett komplement till projektet Barmark III som baseras på större entreprenadmaskiner.

1.2 Hypotes

Utveckling av autonoma maskiner och AI går fort fram och kan implementeras inom många olika områden. Produkter som exempelvis robotdammsugare, robotgräsklippare, drönare och autonoma bilar blir allt vanligare för privat användning. Självkörande bilar har påvisat säkerhetsproblem och inte är fullt utvecklade ännu för att kunna integreras i verklig trafik. De fordon som rör sig inom ett avgränsat område löper mindre risker för olyckor då de inte behöver integreras i övrig biltrafik. Liksom farten på detta redskap bedöms vara 5-10km/h, vilket gör att skaderisken minskas dramatiskt. Den låga vikten på konceptet bedömer vi också minska risken för skador

En viktig aspekt för hållbar cykling är underhåll av vägar året runt, där vinterväglaget ökar olycksriskerna. Idag används sopsaltning på pendlingsstråk för gång- och cykelbanor som utförs av olika entreprenörer. Arbetet innebär ofta obekväma tider med personal på jour. Kan detta jobb till viss del utföras av autonoma maskiner, kan man underlätta för entreprenörerna och kunna erbjuda andra typer av arbetsuppgifter som exempelvis övervakning av maskinerna. Med fler mindre autonoma fordon anpassade för cirka en halv cykelbanans bredd med bestämda körsträckor, kan de tillsammans skapa ett effektivt och lönsamt nätverk för snöröjning. Maskinerna har möjlighet att arbeta i samverkan med entreprenörer samt de större varianterna utvecklade i Barkmarksprojektet. Traditionella entreprenadmaskiner kan ta hand om större snövallar och tyngre last.

1.2 Samarbete & Avgränsningar

Under projektets gång har vi haft dialog med olika aktörer, för att få bättre förståelse för de olika nödvändiga komponenterna samt input för att kunna utveckla ett optimalt koncept för sopsaltning. Konceptet har tagits fram parallellt med RISE Barmarksprojekt och i samråd med Viveca Wallqvist och Jonas Engström, projektledare för Barkmark III. Projektet har varit i samarbete med Holms Attachments AB och ETP Kraftelektronik AB för teknisk specifikation av borstvalsar, drivlinor med hjulmotorer, batterier och styrutrustning.

Projektet var ursprungligen avgränsat till att ta fram tre koncept, men har sedan fokuserats på ett huvudprojekt som är mer djuplodande. Flera alternativa koncept har tagits fram, men mer på basnivå.

Prototypframtagning ingår inte i denna studie. Arbetet är fokuserat på vintervägunderhållning för sopsaltning. Kan konceptet även användas för andra områden som sopning eller borstning av löv under andra delar av året, så får det ses som en möjlighet, men inte ett huvudkrav.

Projektet är här geografiskt avgränsat till Stockholm för snöröjningsfordonet. Där kan en möjlig framtida testverksamhet genomföras. En autonom drift kan orsaka vissa begränsningar initialt, som trafiksäkerhet och vilken typ av vägar den kan röra sig på. Mer trafikerade vägar med flertal korsningar, gångvägar med många fotgängare som kan störa fordonets väg, och cykelbanor i samma nivå som bilväg, kan skapa problem. Konceptet lämpar sig därför bäst på pendelstråk för cykling, broar och delade gång- och cykelbanor med viss avskiljning från bilväg. På sikt bör tekniken kunna tillämpas på alla typer av cykel- och gångbanor.

2. Metod

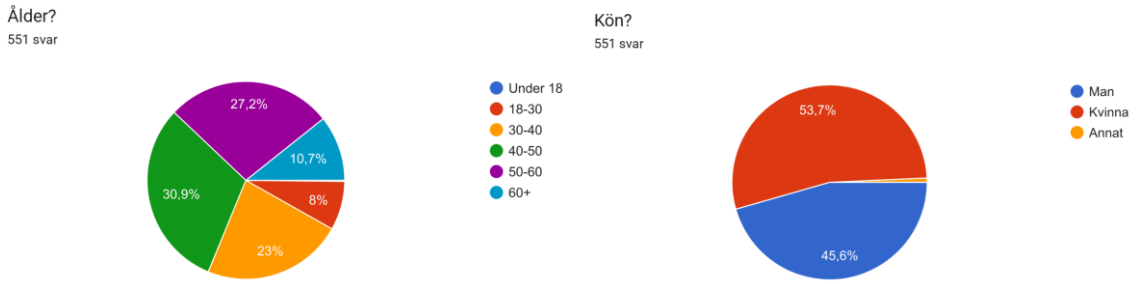
2.1 Användarstudier

För att få en bättre förståelse för olika användare som påverkas av vinterunderhåll av cykelvägar, utfördes en enkät som postades i olika cykelforum. Djupare intervjuer utfördes med yrkesverksamma entreprenörer, Peab och Svevia. Trafikverket och Trafikkontoret har även varit med i undersökningen, men då mer som beställare.

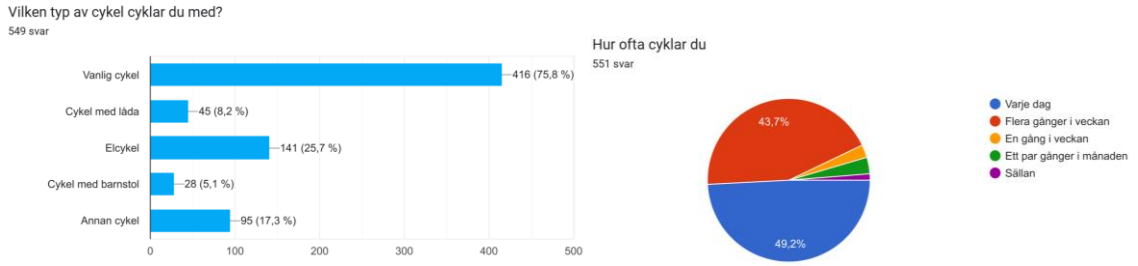
Enkät i cykelforum

Enkäten utfördes i syfte att få förståelse för cykelvanor och upplevda problem, och gav totalt 551 svar. De personer som besvarade enkäten var med i något typ av cykelforum på Facebook, där de flesta pendlar dagligen och har ett stort intresse för cykling, vilket man bör ha i åtanke. En fullständig sammanfattning av enkäten kan ses i Appendix A.

Av de som svarade på enkäten, var den största gruppen på 30,9% mellan 40–50 år, men generellt var åldern mellan 30 och 60 år. Vidare var 53,7% kvinnor, 45,6% män och resterande svarade “annat”.

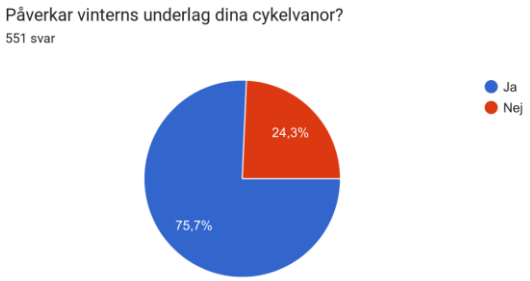


Av de förfrågade uppgav störst andel att de använder sig av “vanlig cykel”, därefter elcykel och annan typ av cykel. 49,2% uppgav att de cyklar varje dag och 43,7% att de cyklar flera gånger i veckan, varav ca 80% svarade att de cyklar året om.



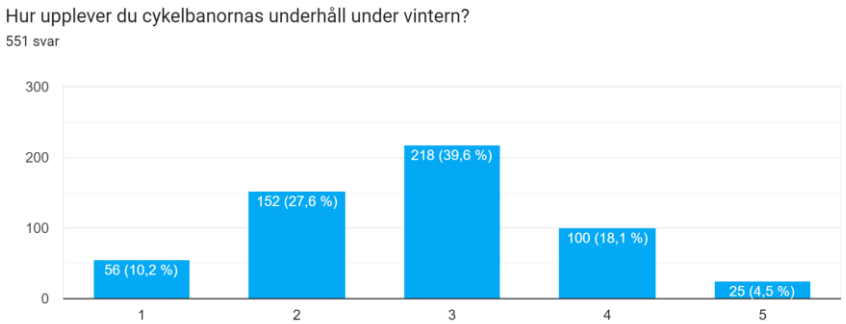
Det vanligaste föremålet som man stöter på under cykelturer är felparkerade elsparkcyklar. Även grenar, stenar, grus, skräp, glassplitter, löv, fotgängare och felparkerade bilar är vanligt förekommande. Mindre förekommande var vägskyltar, stolpar och byggmaterial från vägkonstruktion.

Av de 24,3% som uppgav “ja” på frågan om deras cykelvanor förändras under vinterhalvåret, var det vanligaste att cykling helt uteblir. Andra vanliga svar var att cyklingen minskar, att man byter till dubbdäck ändrar körväg på vintern jämfört med sommarhalvåret.



Lite över hälften, 53,5%, föredrar sopsaltade cykelbanor. Av resterande uppgav 21,8% att de föredrar sandade. Sopsaltade banor ansågs ge en ren väg, att sandat är en risk för halka eller punktering. Då sandat föredras, var anledningen att det är lättare att se än salt som kan bilda “osynlig is”, och att salt förstör komponenter på cykeln eller är dåligt för miljön.

Det upplevda vinterunderhållet av cykelbanor rankades till 3 på en skala 1–5, där 1 var mycket dåligt och 5 var mycket bra.



Intervjuer med yrkesverksamma

Under användarstudierna utfördes även fyra djupare intervjuer med Johanna Leuf från Trafikkontoret, Kim Mitts och Fredrik Nordfast från Trafikverket, Isabella Katib från Peab samt Martin Torstenfelt från

Svevia. Dessa intervjuer gav en bild av de rutiner och regler som gäller för snöröjning inom Stockholmsområdet. De huvudsakliga insikterna var:

- Trafikverket och Stockholms stad sätter startkriterier och åtgärdstider för olika vägar beroende på klasstyp.
- Maximal saltmängd som får släppas ut är 8 gram per kvadratmeter.
- Vanligtvis används en saltlösning med 23–25% salthalt, där salthalten kan höjas om det har hunnit bildas mycket is.
- Beslut om metod och frekvens av snöröjning tas av entreprenören med hjälp av Vägväderinformationssystem (VviS) och okulär bedömning.
- Beslut om metod och frekvens kan vara svårt att ta, då väderförhållanden kan variera från dag till dag, eller timme till timme.
- Vid objekt på cykelbanan rapporteras det in som hinder till Trafikverket/kommunen och chauffören kliver ut och lyfter bort det om möjligt. I annat fall kör man runt objektet och en viss del av körbanan lämnas oröjd.
- Valsen kan vinklas för att styra snön i önskad riktning.
- Vid möte av oskyddade trafikanter kan man stanna fordonet för att släppa förbi dem, eller sänka varvtalet på valsen för att inte borsta upp så mycket snö. I de flesta fallen släpper trafikanterna förbi snöröjningsfordonet.

2.2 Studiebesök

Ett studiebesök gjordes på KTH:s center för forskning och testverksamhet av hållbara transportsystem, där vi togs emot av Mia Hesselgren som berättade om verksamheten. En insikt som kunde tas med från besöket var de eventuella besvären som kan uppstå vid ansökan för tillstånd om prototypverksamhet. Detta då det i dagsläget inte finns regler att förhålla sig till gällande tillstånd för autonom körning.

Ytterligare ett studiebesök gjordes vid RISE andra provkörning av prototypen för Barmark III. Fordonet kalibrerades först genom att styras manuellt runt i tänkt bana, för att sedan köra autonomt.

2.3 Kravspecifikation

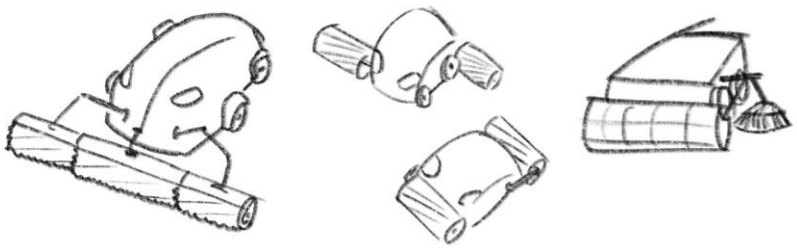
Initialt i projektet påbörjades en kravspecifikation gällande fordonets dimensioner, komponenter och funktioner. Kravspecifikationen har sedan uppdaterats löpande under projektets gång. En sammanfattning av de väsentliga kraven kan ses nedan, och en fullständig kravspecifikation hittas i Appendix B.

- Fordonet för sopsaltning ska vara autonomt med möjlighet till manuell manövrering.
- Fordonet ska kunna undvika risker i möte med andra trafikanter och objekt på cykelbanan, genom att stanna eller köra runt dem.
- Sopsaltningsfordonet ska ha en bredd på max 1 m (bäraren).
- Fordonet ska bära en sopvals som är max 120 cm bred med en diameter på 40 cm. Sopvalsen väger ca 70 kg, har ett varvtal på max 300–350 rpm och kräver 2–2,5 kW.
- Fordonet ska bära på tank för 100 liter lake/vatten.
- Fordonet kör cirka 6 km/h och ska klara en runda på max 6 km.
- Fordonet ska vara eldrivet med ett batteri med ca 15 kWh.
- Laddning av batteri ska ska automatiskt i dockningsstationen som även fungerar som garage för fordonet.

2.4 Konceptgenerering

Borstvals

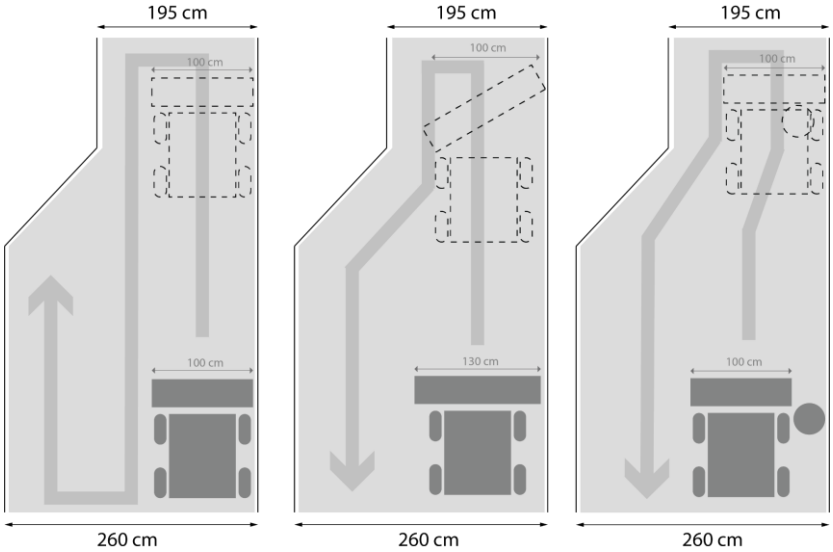
De vägar som fordonet är avsett för är främst prioriterade cykelstråk där man i dagsläget sopsaltar. Delar av dessa stråk är oftast i nivå med gångbanor, vilket innebär att de också ska sopsaltas. Cykelstråken kan ha varierande bredder, vilket medför att ett mindre fordon behöver köra fler gånger. Fördelen med en mindre vals (cirka 1 m bred) är att fordonet kommer in även på smala passager som större entreprenadmaskiner inte kan sopsalta. Det en meter breda fordonet ger fri passage för cyklister och fotgängare. Idéer med dubbla valsar, utfällbara valsar, sidoborstar har varit med som möjliga tilläggsfunktioner.



Tre möjliga lösningar för varierande bredder:

1. Fordonet inklusive borstvals är cirka en meter bred och kör fram-och tillbaka flertal gånger för att säkerställa att hela bredden sopas.
2. Fordonet inklusive borstvals är något större (cirka 130 cm) och kan därmed sopa en halv cykelbana av bredare mått. Vid smala passager vinklas borsten så att en bredd på 1 m ges.

3. Fordonet har en typ av utfällbar eller tvådelad borste som kan fällas ut vid bredare bana.



Alternativ 1 valdes, då fordonet kan ha en kortare sträcka som sitt arbetsområde och i stället köra flera gånger fram och tillbaka. Alternativ 2 får problem då valsen är vinklad, vilket medför att snön forslas åt ett visst håll, inte önskvärt i detta läge. Alternativ 3 medför för stor adderad last, samt blir för tekniskt komplicerad. En lösning med en påkopplad mindre sidoborste ses även som en möjlighet.

Den borstvals som används för konceptet kan levereras av Holms Attachments AB, även om de dimensioner som krävs för denna lösning inte verkar finnas på marknaden idag. Valsen är delad i två, med en borstdel på var sida. En arm går ned i mitten på valsen och är i sin andra ände fäst i fordonets undersida. En liknande lösning har Rykov Sweeper, (Rykov Engineering and Production), som erbjuder borstvalsar för påkoppling på fyrhjulingar (ATV). Se nedan.

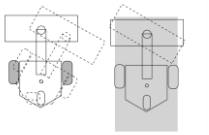
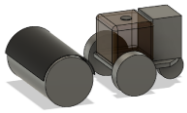
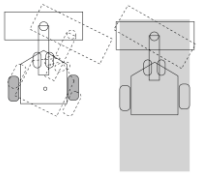
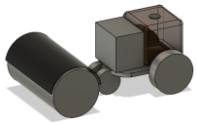
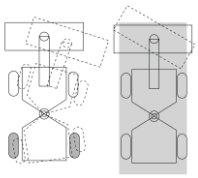
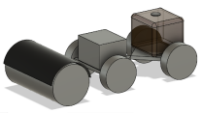
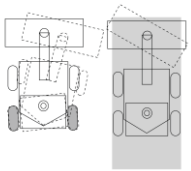
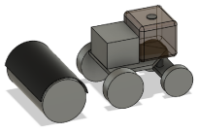
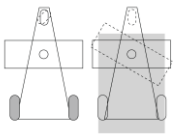
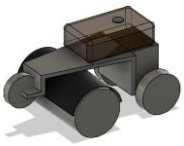
Dimensioner för valsen, samt övrig teknisk specifikation kan ses i tabellen nedan.

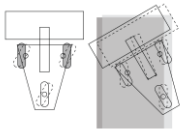
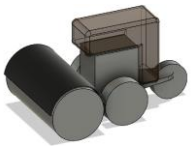
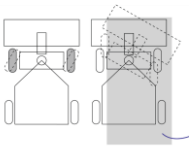
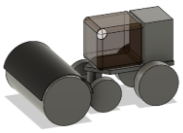
	Diameter [cm]	Bredd [cm]	Vikt [kg]	Effekt [kW]	Varvtal [rpm]
	40	120	70	2–2,5	300–350

Valsen klarar av att borsta upp till ungefär 3 cm blötsnö och enheten har en inbyggd pump (effektbehov 100 W) för spridning av saltlösning.

Drivlina

För att kunna bestämma fordonets drivlina, gjordes idégenerering av olika lösningar, som sedan ledde ut till sju olika koncept. Koncepten är en blandning av traditionella och innovativa lösningar, se tabellen nedan. I varje koncept adderades ett batteri (i grått) och en tank för lake (i transparent brun).

Koncept	Schematisk skiss	3D-modell	Drivning	Styrning	Övriga kommentarer
1a			2WD	Differential	Svivlande stödhjul baktill
1b			2WD	Differential	Svivlande stödhjul framtill
2a			2WD /4WD	Midjestyrning	
2b			2WD /4WD	Midjestyrning	
3			2WD	Differential	Stödhjul framtill som kan höjas upp vid arbete, borstvals på undersidan.

4			2WD	Differential	Borstvals är fäst i chassit och hela chassit kan vinklas ±30 grader, samtidigt som hjulen snedställs för att roboten ska fortsätta rakt fram. Kräver att borstvals parallellförflyttas i sidled för att hjulen ska hamna inom det borstade spåret.
5			2WD	Differential	Borstvals är fäst i chassit och hela chassit kan vinklas ±30 grader, samtidigt som hjulen snedställs för att roboten ska fortsätta rakt fram. Kräver att borstvals parallellförflyttas i sidled för att hjulen ska hamna inom det borstade spåret.

Tillsammans med projektets samarbetspartners Ulf Österberg från Holms, Jonas Engström från RISE och Joakim Paulsson från ETP, kunde de olika koncepten utvärderas i förhållande till varandra i en kriterieviktsmatris, se Appendix C. De främsta kriterierna var: svängradie, längd, höjd, vikt, enkelhet, stabilitet och säkerhet. Med enkelhet menas mekanisk lösning, stabilitet syftar på att lösningen inte riskerar att välta eller lyfta från väglaget, och säkerhet att konceptet har så få risker som möjligt gällande olyckor med oskyddade trafikanter, exempelvis klämrisk. Expertgruppen, inkluderade de olika parterna, kunde då komma överens om ett föredraget koncept för fortsatt utveckling.

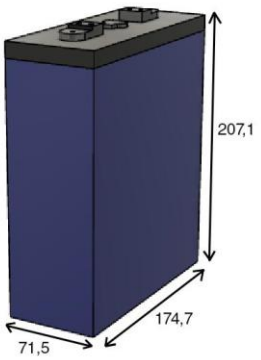
1a fick högst värde av de olika koncepten, både i matris och under expertgruppens muntliga utvärdering. Konceptet avser att använda hjulmotorer placerade i de två främre hjulen, och ett batteri på 14,3 kWh.

Saltdistribuering

Fordonet bär på en 100 liters tank för lake, som sedan distribueras på underlaget med hjälp av en pump, ut genom dysorna placerade på vägen vid valsens bakre del. Det baseras på information från intervjuer att ca 15 liter lake används per 1000 kvadratmeter, samt vilken salthalt som används och hur den kan variera beroende på väderförhållanden. Det innebär att mängden salt kan behöva justeras från dag till dag, vilket med fördel kan göras automatiskt, till exempel genom påfyllning av vatten och salt i laddstationen. Salthalten kan beräknas utefter prognos och entreprenörens order som gör att saltlösningen kan blandas till i fordonets behållare på plats i stationen. En koncentrerad saltlösning bör därför finnas i en egen behållare som fylls på med jämna mellanrum av entreprenörerna. Vatten tas från ledningar från befintligt VA-system.

Batteri och laddstation

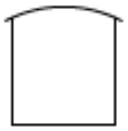
Antaget batteri på 14,3 kWh, 51,2 V och 280 Ah för att klara drivning, acceleration samt drivning av borstvals och pump för en sträcka på totalt ca 6 km. Batteriet består av 16 celler, varav en cell har dimensionerna 174,7x71,5x207,1 mm och en massa på 5,34 kg. Totalvikt för hela batteriet är cirka 90 kg.

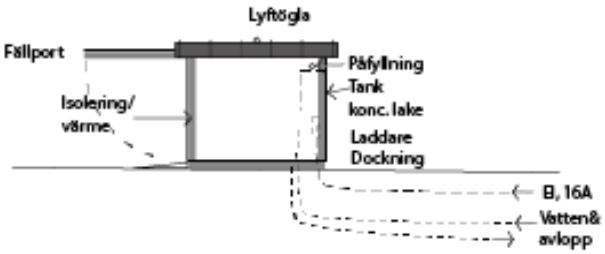


Det typ av batteri som har valts är ett litiumjärnfosfatbatteri ($LiFePO_4$), på grund av dess höga antal livscykler samt kemiska och termiska stabilitet. Batteriet tål stora mängder värme och innehåller inte giftiga ämnen, vilket gör det till ett säkrare val än exempelvis litiumjonbatterier. [1]

Laddstationen för fordonet är placerat i anslutning till dess körområde, så det snabbt kan ta sig in och ut mellan körningarna. Det är ett stängt utrymme och blir då ett skydd för fordonet under de tider det inte är i drift. Fordonet kan automatiskt docka i sig i laddstationen och ladda upp batteriet. Eftersom batteriet påverkas av omgivningstemperaturen, både i räckvidd och vid laddning, är det viktigt att stationen är isolerad med möjlighet till uppvärmning. Fordonet har därför en bluetoothenhet som kommunicerar med laddstationen som i sin tur kan värmas upp när snöröjningen är klar och fordonet närmar sig. Vid start av snöröjning skickas en signal ut från entreprenören, som tagit ett beslut med hjälp av VVIS och okulär bedömning. Fordonet väcks, dörren till laddstationen öppnas automatiskt och snöröjningen kan påbörjas.

Laddstationen har dimensionerna B1,3m x L2,2 x H1,1m för att rymma fordonet och dockningsstationen för laddning. En dörr öppnas och stängs, enligt figuren nedan, när fordonet ska ut och in i stationen.

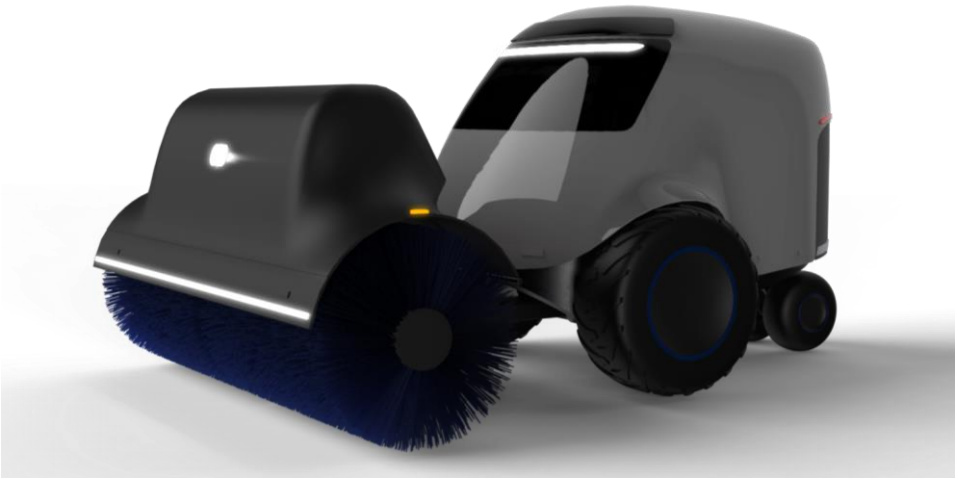




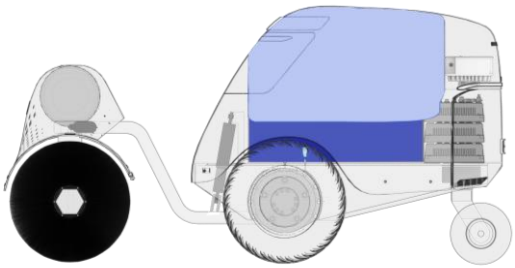
Uppladdningstiden för batteriet beräknas vara 5–6 h, med möjlighet för snabbladdning på ca 1 h. Snabbladdning innebär dock en förkortad livslängd för batteriet, och kan användas vid specifika tillfällen. Ett sådant tillfälle kan vara vid kraftigt snöfall som kräver tätare intervall på städturer. Ett annat alternativ till detta är att möjliggöra för automatiskt batteribyte inne i laddstationen. På så sätt skulle fordonet direkt kunna ge sig ut på en ny runda och slippa vänta upp till 6 h innan snöröjning kan ske igen. Förstås blir det en dyrare lösning, men kan vara försvarbart om man kan hålla cykelbanan öppen i extremt snöfall.

3. Resultat

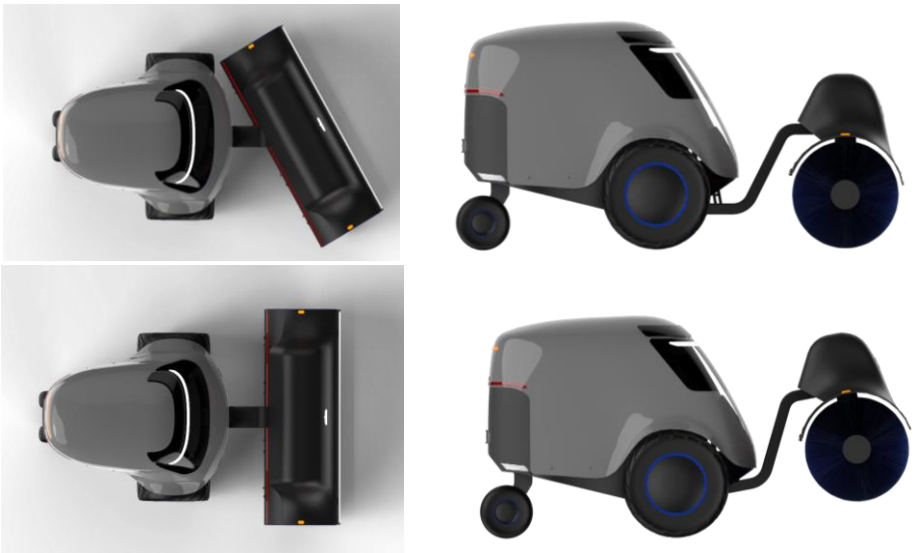
3.1 Valt koncept



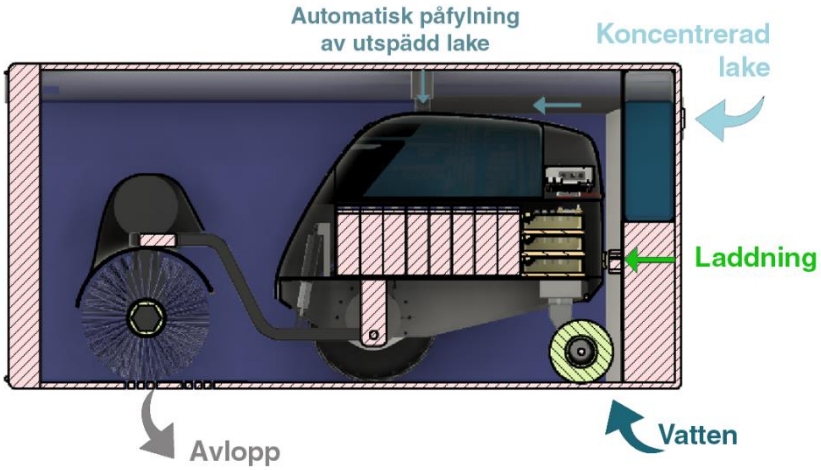
Det koncept som valdes för vidare arbete och gestaltning var koncept 1a, med två främre drivande hjul och ett dubbelt stödhjul baktill. Drivhjulen kan roteras åt motsatta håll vilket gör att fordonet kan vända 360 grader på sin plats. Batteri och behållare för lake är placerat symmetrisk rakt över beräknat viktcentrum, för att ge rätt viktbalans under hela rutten. Vätskevikten kommer att minska i och med vätskespridingen under sin rutt.



Borstvalsen följer underlaget och kan höjas och sänkas ±10 cm, och kan vid transport lyftas upp ytterligare. Valsen kan vinklas 30 grader åt höger eller vänster för att kunna styra snön åt önskat håll, vilket kan göras med en batteridriven cylinder. Armen som håller redskapet är fäst i mellan valshalvorna och andra änden på undersidan av fordonet. Det är en stel arm som kan höjas och sänkas med en ytterligare batteridriven cylinder.

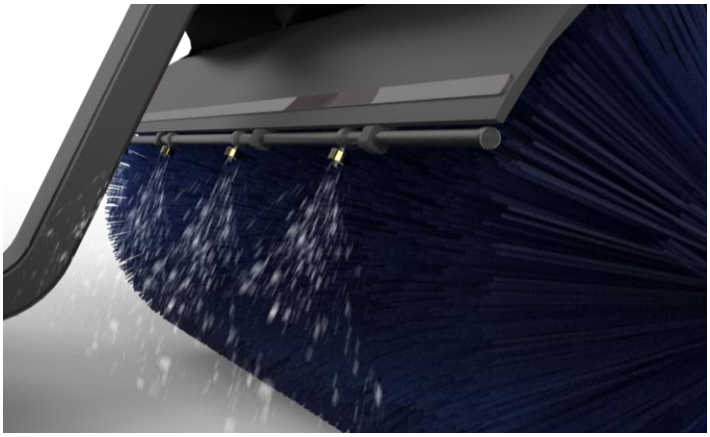


Laddning sker automatiskt genom att fordonet backar in i laddstationen och dockar i sitt uttag placerat baktill på fordonet, mot laddaren på den bakre väggen.



Under tiden som fordonet laddas, fylls även lake på. Detta sker automatiskt genom att vatten från en vattenledning i marken blandas med en stark koncentrerad saltlösning. Saltlösningen finns i laddstationen och kan fyllas på av entreprenören vid behov.

Vid sopsaltning distribueras lake kontinuerligt via dysorna placerade bakom valsen.

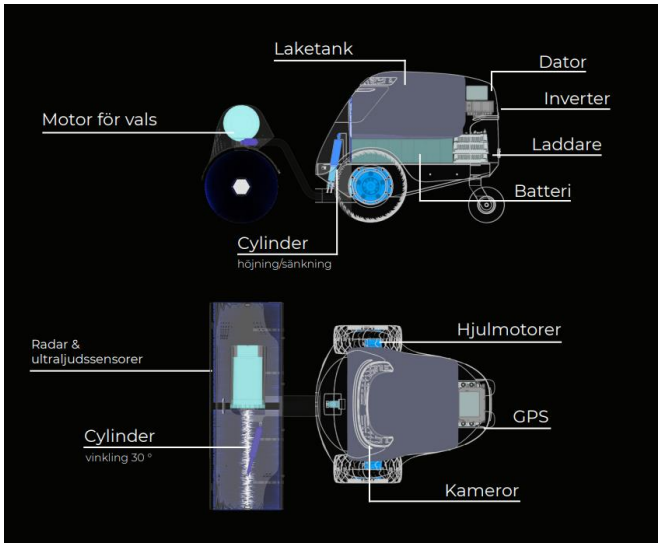


Lampor är placerade fram-, bak- och upptill på fordonet för att synas och kommunicerar på ett tydligt sätt med omgivningen. Belysningen följer Transportstyrelsens rekommendationer och regler, med vitt ljus framåt, rött ljus och reflexer bakåt, samt varningslykta upptill och på redskap. Ytterligare belysning och reflexer är placerade på borstvalsen för att tydligt visa utstickande del åt sidan och avstånd framåt från fordonet. Fordonet kan ge varningsljud under arbete.

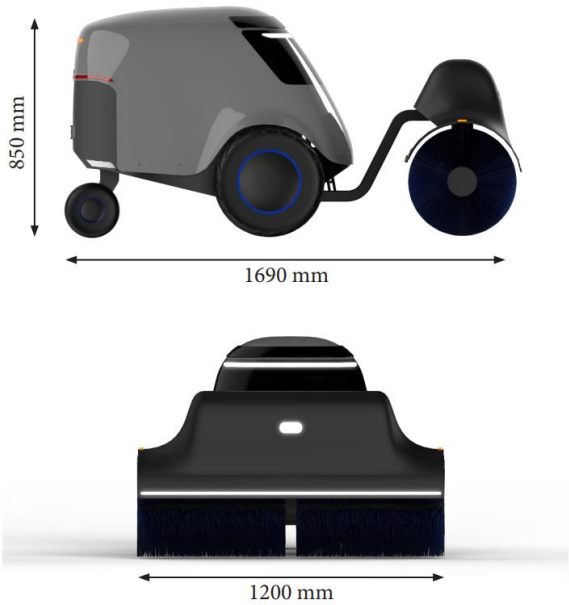
Kameror är placerade upptill på fordonet för sikt över körbanan, trafikanter samt trafikljus och skyltar. Radar och ultraljudssensorer är placerade fram, bak och på sidorna av fordonet för att upptäcka objekt i omgivningen. Radar är speciellt bra när det kommer till att mäta avstånd, och fungerar även vid varierande väderförhållanden som snö, regn och dimma. Vidare har fordonet GPS för exakt positionering.

3.2 Komponenter

De komponenterna som används för snöröjningsfordonet är huvudsakligen givna av Holms och ETP. Borstvals med tillhörande pump är från Holms och hjulmotorer, laddare, strömomvandlare, batteri samt BMS (batterihanteringssystem) från ETP. Övriga komponenter bör vid vidare utveckling bestämmas mer exakt och en struktur som i ett chassi kommer behövas. En mer komplett komponentlista kan ses i Appendix D.



Fordonets totala mått är B1200 x L1690 x H850 mm.



3.3 Tillämpning

Fordonets olika sensorer och kameror gör att det kan röra sig säkert bland oskyddade trafikanter. Om en fotgängare eller cyklist skulle komma för nära, bromsar fordonet in och stannar helt tills det är säkert att köra igen. Även sopvalsens varvtal kan sänkas för att förbipasserande ska känna sig mer trygga. Fordonets maxhastighet och form anpassade för att minska risker för skador vid eventuell krock.

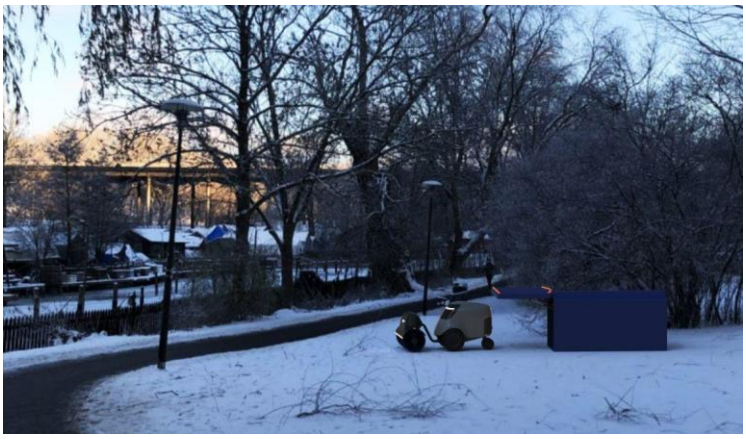
Vid ett stillastående objekt såsom en vägskylt eller gren stannar fordonet och rapporterar in ett hinder till entreprenören, och kör sedan runt det för att fortsätta snöröjningen. Entreprenören får en bild skickad av objektet och kan därefter ta ett beslut om att åka ut och flytta på det.

I detta projekt har arbetsområdet för den autonoma snöröjningen fokuserats på Stockholm, för att få en uppfattning om hur maskinerna kan anpassas till ett givet cykelnätverk. Konceptet kan om, och när det blir en kommersiell produkt användas på liknande platser, i andra städer och länder.
De cykelbanor som har studerats i detta projekt, har utgått från Trafikkontorets karta för sopsaltning på gång- och cykelbanor år 22/23, se Appendix E. Maskinerna har tilldelade sträckor på ca 2 km som ska sopsaltas, där både cykel- och gångbana kan ingå. Längden på sträckan kan komma att variera beroende på stråk och total bredd på vägen. En maskin som är placerad på en bredare väg behöver köra fram och tillbaka fler gånger för att sopsalta hela bredden, och bör därför ha en kortare sträcka för att klara hela sitt arbetsområde på en batteriladdning. En övergripande plan för rutter inom Stockholms innerstad kan ses nedan. I fortsatt arbete bör en mer noggrann planering göras, som sträcker sig över hela staden.

Konceptet lämpar sig att köra på sträckor där cykel-och gångbana är separerad från biltrafik. Initialt lämpar sig konceptet sämre för vägar med stora korsningar och där olika trafikslag samsas. Ett exempel på detta är Götgatan i anslutning till Slussen, där den första sträckan är en gågata, men viss trafik tillåts. På en sådan plats kan sensorerna reagera allt för ofta vilket kan leda till att fordonet stannar och inte hinner genomföra sin rutt i tid.

Söder Mälarstrand

En exempelsträcka som har valts som referens är Söder Mälarstrand, där vi gjort en gestaltning av konceptets rutt. Laddstationen är placerad vid ruttens början och signalerar till omgivningen när fordonet ska åka ut för snöröjning.



En elsparkcykel ligger slängd på cykelbanan och fordonet stannar, rapporterar in ett hinder och kör vidare. Vid omkörning av objekt på cykelbanan är sensorerna även uppmärksamma på övriga trafikanter och eventuell mötande trafik.

I slutet av sträckan vänder fordonet 180 grader och kör tillbaka för snöröjning av resterande del, och kör sen in i laddstationen för att ladda upp batteri och fylla på vätsketanken.

4. Diskussion

4.1 Fortsatt arbete

Vi ser den konstellation i det här projektet är en utmärkt tillgång för att fortsätta i en fas med prototypframtagning och testverksamhet. Möjliga samarbeten i ett nästa steg är ett fortsatt arbete med Holms, RISE och Barmarksprojektet, samt ETP.

Idesign har genom medel från Skyltfonden och som en egen satsning av tid i projektet tagit fram ett huvudkoncept för ett autonomt fordon som kan sopsalta gång- och cykelbanor under vintern. Idesign har ansvarat projektledning av detta arbete, gestaltat och byggt CAD modeller, fullskalemodeller från egen verkstad, för att lättare bedöma idélösningar. Just fullskaleskisser är ett stort värde i designprocessen som skulle kunna göras effektivt med hjälp av Idesign. Vår kompetens i Stephanie Brinkmann, på Idesign, som jobbat med FoU i projektet har varit en tillgång research, undersökningar och kontakter i forskarvärlden som tangerar den här typen av fordon med dess funktioner.

Holms är tillverkare av borst- och saltningsfunktioner vid just sopsaltning av vägar. Här finns ett brett register i kunnande i hur tekniken fungerar i verkligheten, med möjligheter och hinder. De är sakkunniga och är även leverantör till lösningar för Barmarkprojektet.

RISE är projektledare i Barmark, och ansvariga för prototyputvecklingen av maskin och styrning för att kunna drivas autonomt. De har en resurs i Uppsala, just för att kunna ta fram prototyper för bland annat den här typen av fordon. Det här arbetet skulle kunna ses som en förlängning av Barmarksprojektet, som ger bra kunskapsgrund för vidare arbete.

ETP är en leverantör av drivlinor till den här typen av elfordon och har bidragit till passande drivlina för detta koncept. De har kunskap om hur det kan kopplas ihop och styras, just för att klara krav på autonom drift. Huvudsakliga komponenter har de i sitt befintliga program och know how. Kan vi ha en leverantör som klarar att ansvara för en helhetslösning så undviker vi problem med vem som kan vara ett hinder i kedjan. Det finns ett stort värde i att en part kan åta sig en hela kedjan från drivning av fordonet, redskapen och styrningen av dessa.

Alla nämnda har deltagit i vår process och bidragit med sina kompetenser som gjort projektet mer träffsäkert och tryggt i adekvata idéer och lösningar. Men även flaggat för svårigheter och hinder som varit en trygghet i designprocessen. Om vi ser förutsättningar för en nästa fas med test av prototyp, så ska det sökas medel för det. Det kommer i sådana fall diskuteras mer i vår arbetsgrupp som ovan.

4.2 Förutsättningar

För en autonom snöröjningsmaskin ska bli verklighet bör man titta närmare på vilka förutsättningar som krävs. För en prototypverksamhet krävs först och främst tillstånd från Transportstyrelsen för att få köra på den typer av vägar som är relevanta i detta projekt. Under test av prototyp kommer drivlina, sensorer och GPS i första hand vara intressanta att undersöka. Det är känt att sensorer som Lidar har problem när det kommer till damm, snö och dimma, vilket gör att de inte är en given teknik i projektet. Man bör undersöka vilka typer av radar som krävs, vilken räckvidd och placering de ska ha. När det

kommer till GPS är det viktigt att fordonets positionering är så exakt som möjligt, och det kan undersökas om exempelvis mätpunkter ska sättas ut längs rutten för att säkerställa detta. Fördelen med att varje fordon har sin bestämda rutt är att den kan lära sig sin specifika bana, och eventuellt ha hjälp att navigera sig mot mätpunkterna.

En osäkerhetsfaktor som bör beaktas är nya väderfenomen som vi ser ökar i mer extrema vädertyper. I Stockholm kom 60 cm snö i november 2022, vilket gjorde snöröjningen lamslagen i flera dagar. Fordrar det tillägg i konceptet för att bli en mer heltäckande lösning för den typen av snöoväder? Det kanske inte behöver hindra att man utvecklar det som gestaltas här, men att möjliggöra lösningar som kan adderas på sikt känns rimligt. Det kan vara en del av ett demoprojekt. Vi ser till exempel en möjlighet att klara längre körtid, eller/och större kraftbehov genom utbytbara batterier, eller extra batteri i laddstationen. Det kan bli fråga om optioner som en snöslunga som ersätter borstmodulen när det behövs. Även möjlighet att addera en sugfunktion för att kunna använda fordonet under andra delar av året. På så sätt kan man borsta upp damm och löv med samma maskin.

När det kommer till ansvar av snöröjningsmaskinerna ser vi att entreprenörerna är de som sköter när maskinerna ska ut i arbete, påfyllning av lake och byte av eventuell utrustning. En entreprenör har ansvar för specifika områden inom staden, och maskinerna kommer därför att behöva arbeta i samspel med övriga maskiner. Uppdragsgivarna, Trafikverket och kommunerna, är inte intresserade av vilken metod som används så länge kraven uppfylls, vilket är varför entreprenörerna bör vara de ansvariga. Däremot kan en kommun vara ansvarig för inköp och installation av maskinerna, då det kommer att påverka infrastrukturen med laddstationer.

4.3 Risker och möjligheter

Nu har vi sett vilka möjligheter en sopsaltningsmaskin kan ge för att ge säkrare och mer attraktiv cykling. Dessutom att den kan användas för gångbanor och på sikt även andra arbetsområden. Men det finns vissa risker med autonoma fordon som bör beaktas. Tillstånd för autonom drift kan stöta på problem, dels för att regelverket inte är satt ännu och att det finns verkliga problem som Transportstyrelsen är satt till att hantera. Det finns redan idag hinder för att övervaka autonom drift från en satellit. Man ser risker med att personlig styrning kan störa AI tekniken om de inte är synkade fullt ut, till exempel.

Det finns många diskussioner kring hur säkert det är med autonoma bilar i trafiken och vem som bär ansvar i en eventuell olycka. En fördel med detta koncept är att fordonet inte kommer behöva köra i blandtrafik med exempelvis bilar, förutom korta sträckor vid övergångsställen. Fordonet har dessutom en hastighet på 5-10 km/h och hinner därför stanna i god tid efter att ha registrerat ett hinder. Däremot är en kalibrering och säkerställande av exakt positionering av fordonet väsentlig innan den implementeras bland oskyddade trafikanter. När det kommer till ansvar vid en olycka, är det en fråga som bör undersökas. Huruvida ett “kontrollrum”, det vill säga entreprenören, endast ska övervaka maskinens position, eller om de ska ha möjlighet att även manuellt kunna styra dem vid vissa tillfällen. Om en kontrollant kan styra fordonet manuellt, kommer plötsligt den mänskliga faktorn in med möjliga misstag och felbedömningar. Det kan dock finnas fördelar med att man manuellt kan styra fordonet runt vissa hinder, eller köra den över ett övergångsställe med mycket trafik.

Konflikter med andra cyklister, fotgängare, bilar, personer med funktionshinder kan vara hinder. Men från ett designperspektiv ska fordonet göras så säkert som möjligt, med en låg körhastighet, inga vassa kanter att skada sig på, ljus och ljud för att varna, sensorer som känner av om något till exempel har fastnat i borstvals eller öppningen till laddstationen med mera.

En laddstation kan utsättas för sabotage eller komponentstöld, då komponenter som batterier är värdefulla. Man får undersöka hur hot som dessa kan minskas, genom att försvåra för demontering av komponenter för utomstående. Även spårning av komponenter kan vara fördelaktigt.
När det kommer till batteriet behöver man undersöka dess räckvidd och verifiera att batteri klarar sin runda på en laddning, utan undantag. Vidare kan, om uppladdningstiden inte interfererar med intervallerna för snöröjningsarbete. Då kan en viss rutt utebli på grund av att batteriet inte har hunnit laddats tillräckligt.

Kapning av styrning är ett stort problem för autonom drift, men detta kan inte lösas i det här projektet. Alla som knackar på för att kunna köra taxi, matleveranser, drönare, arbetsredskap med flera, står inför samma problem. Här kan vi mest försöka kasta oss in i den här karusellen för att utveckla lösningar och lyssna till de varningssignaler som väcks inför teknikutvecklingen. En spännande resa!

Ekonomin är förstås en avgörande fråga för om vårt koncept kan bli verklighet i kommersiell drift. Maskinkostnaden kommer sannolikt öka, personalkostnaden kommer definitivt minska. Vi vet inte heller hur fjärrövervakningen av maskinerna påverkar driftskostnaderna. Enligt uppgifter från Trafikverket betalar man 381 kr/km[1] för sopsaltning, där allt är inkluderat (personal, drift, material etc.), vilket är en kostnad man bör jobba mot för framtida lösning.

Alla detta dessa faktorer kommer behöva beaktas löpande under fortsatt arbete. Och säkert fler som kommer dyka upp på den resan.

[1] Kostnad för entreprenörernas arbete inom driftområde Södertörn.

5. Slutsats

Att ha bra snöröjning och undvika sand under vintersäsongen ser nog alla som en bra investering. Kan man effektivisera det genom att slippa bemanning av en snöröjare, dvs att den kör själv, så kan det öka säkerheten och tryggheten för cyklister. Det kan generera fler att cykla året runt vilket ger en samhällsvinst. Att samtidigt som man använder kroppen för att ta sig mellan hem och jobb, få en bra och punktlig förflyttning. För det behövs nya tekniska lösningar och vi har här tagit fram ett nätt koncept som i teorin kan klara uppgiften med sopsaltning. Metoden med sopsaltning har fått allt fler kommuner att använda. Konceptet är framtaget med experter på olika delmängder för ett helhetsperspektiv; tekniskt, med enkelhet, som hypotes. Det kan bli en del i ny teknik som kan integreras i konceptet för en fungerande lösning. Det enda som kan avgöra framkomligheten till en fungerande lösning är att konstruera och ta fram en prototyp som kan prövas. Det finns stor erfarenhet från det större projektet Barmark som har utvecklats i tre steg och som kan vara en given kompetens för att bygga det här konceptet, med viktiga insikter som redan finns från “storebror”.

Slutsatsen är att vi behöver praktiska prov för att bygga kunskap för att åstadkomma nya effektivare väghållning på cykel- och gångbanor. Tekniken har kommit väldigt långt som ger bra förutsättningar, men den behöver implementeras i verkliga test, som i sig kan vidareutvecklas till fungerande lösningar, ihop med marknaden.

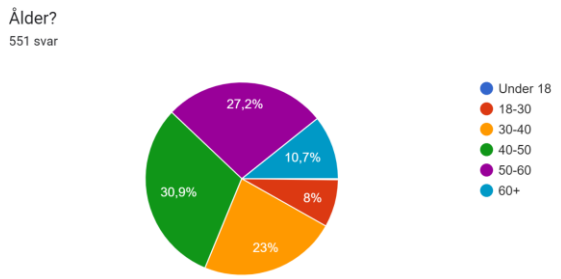
En effekt av utvecklingen blir säkrare cykling, gång och möjlighet till att minska biltrafiken och öka hälsan hos de som vill och kan cykla i stället. Det fordrar förutsättningar för trygg, rolig och säker cykling och gång.

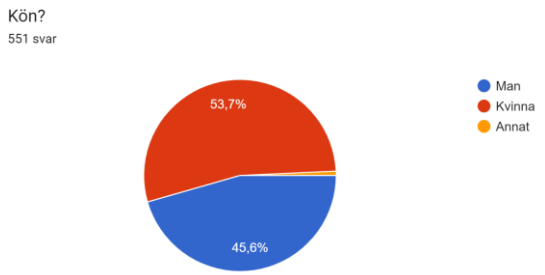
Referenser

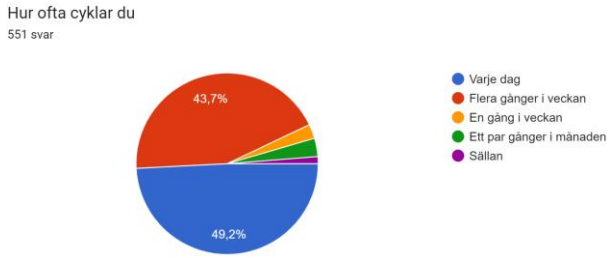
[1] *Skillnaden mellan litiumjonbatterier vs litiumjärnfosfatbatterier*, 2021, Lithiumbatterychina [blogg].
URL:https://www.lithiumbatterychina.com/sv/blog/2021/08/19/the-difference-between-lithium-ion-batteries-vs-lithium-iron-phosphate-batteries/ [2022-12-15]

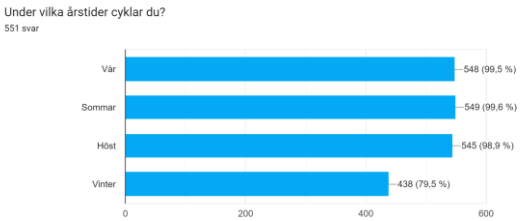
Appendix

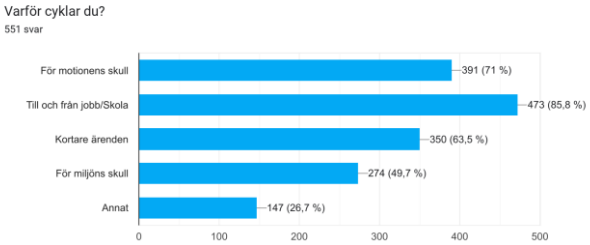
Appendix A - Sammanfattning av enkätstudie



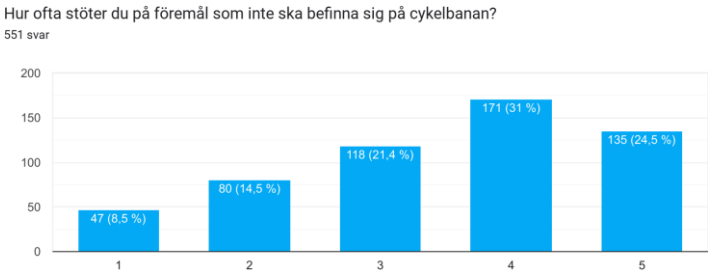








Gällande varför användaren väljer cykel som färdmedel svarade 26,5%, motsvarande 145 personer, att anledningen var “annat”. I nästkommande fråga uppgav störst andel av dessa personer att anledningen var för att det är roligt. Näst vanligaste svaret var att anledningen var för att spara pengar.



På nästkommande fråga angående vilken typ av föremål de stöter på, svarade flest att elsparkcyklar, grenar, vägskyltar, bilar och skräp är vanligast.

Av de som svarade ja, fanns ett kortsvarsalternativ. Ett urval av de korta svaren:
“cyklar mindre”, “cyklar inte alls”, “anpassar kläder och utrustning”, “cyklar långsammare”, “åker hemifrån tidigare” med mera.

På frågan vilka de största utmaningarna med att cykla i snö var, var några av svaren:

“Svårt att bedöma underlaget under snön. Hala partier kan gömma sig och spårbildning leder till osäker cykling.”

“Snö är farlig om det ligger is under, och man vet aldrig om det är fallet, när det snöar, blir varmare, snöar på igen…”

“Svårt att se hur gropigt underlaget är när det är lössnö. Packad snö är helt ok att cykla på, åtminstone om man har vinterdäck.”

“1) Det är tungt. 2) Nedtrampad snö blir som en puckelpist. 3) Att cykla på snö innebär mer eller mindre konstant framhjulssläpp vilket är obehagligt för den som inte är van.”

“När man använt "flytplogning", dvs lämnat kvar ett lager packad snömodd. Denna snömodd "brister" när man cyklar på den, vilket får framhjulet att kasta i sidled.”

“Svårt att se de vita vägmarkeringarna för både bilister och cyklister men det blir cyklisterna som får maka på sig (tänker tex på cykelbanor eller cykelboxar som plötsligt försvinner mot vit bakgrund)”

“Placeringen av snövallar, så att fotgängare tvingas ut i cykelbanan, eller placerade så att man måste cykla igenom vallen för att ta sig fram t ex där cykelbana tar slut och man ska ut på bilväg och måste ta sig igenom bilvägens snövall”

“Fluffig snö är okej, men när det är snö och salt blir det som potatismjöl och blir både tungt och halkigt att cykla i.

På frågan om det finns något som skulle underlätta cyklandet under vinterhalvåret, var några av svaren:

“Uppvärmda banor kanske? Eller att på något sätt bli av med snö och is på banorna.”

“Att ett sammanhängande och gent cykelvägnät med sopsaltning skapades inom hela storstockholm”

“Snöröjas oftare”

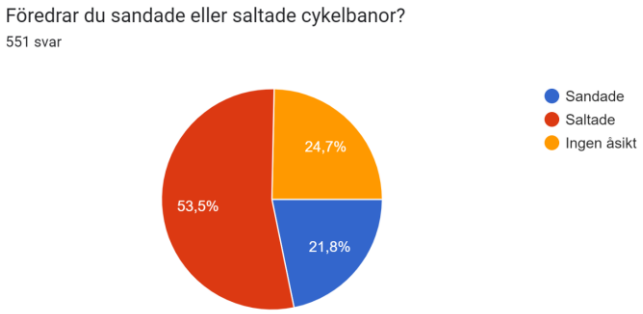
“Att samtliga cykelbanor har värmeslingor. “

“Att snövallen inte läggs så att fotgängare tvingas ut i cykelbanan. På sträckor som sopsaltas bör även gångbanan sopsaltas, annars väljer alla fotgängare att gå i cykelbanan”

“Ja att man inte saltar när de snöar jättemkt utan plogar istället. Eftersom ja kan ha vinterdäck eller elcykel som klarar ojämnheter.
Hellre packad snö än slask.”

“Ta bort snödrivorna”

“Att skrapa cykelbanorna med jämna mellanrum.”



53,5% föredrog saltade cykelbanor och 21,8% föredrog sandade. **Några anledningar till det var:**

“Saltat ger ren väg”

“Saltat förstör cykeln och det blir orimligt dyrt när man måste byta nästan alla komponenter (kedja, kassett, bromsskivor”

“Sand är bättre för cykeln.”

“Sand är sämre än inget alls, sand orsakar mer halka än vad det löser, och det gör mer ont att halka omkull på asfalt än på is.”

“Man ser sand. Saltat -kan betyda osynlig is istället”

“Sopsaltade banor är säkrare och helt rena men inte så bra för miljön och cyklarna. Det är sällan sand som används på sandade banor, oftast grus eller flis. Grus riskerar att man råkar ut för tullfria så att man i kurvor halkar. Flis är vasst och ökar risken för punktering. “

“Sand skapar ingen snömodd som man halkar runt i.”

“Gruset är sedan en större fara vid barmark än isen hade varit på vintern.”

“bägge sliter på cykeln, men saltet tar bort snön och många torra dagar är det så bra väglag. Det är enormt slitage på cykeldelar på vintern.”

“Salt fräter sönder kedjan och fälgarna”

Appendix B - Kravspecifikation

Snöröjningsfordonet består av en bärare med en borstvals.

Bärare

- Autonom drift
    - Central dator för styrning
- Eldriven
    - Batteri på minst 10 kWh
- Maxhastighet: 6 km/h
- Kunna ta emot signaler från kontrollcenter, för exempelvis start av snöröjning
- Kommunikation med kontrollcenter/entreprenör vid objekt i körfält
- Hjuldimensioner baserade på att klara drivning egenvikt och redskap, klara av halt underlag (is), och nivåskillnader i marken på 10 graders lutning.
- Maximal vändradie: 1,5 ± 0,5 m, inklusive redskap
- Designas för att minska eventuella skador vid krock/påkörning av fotgängare/cyklist
- Kunna ses på långt håll i drift och påkalla uppmärksamhet för mötande trafikanter
- Belysning enligt Transportstyrelsens regler

Vals

- 600 mm diameter
- 70 kg
- 2–2,5 kW
- Varv/min, max: 300–350 rpm, min: 100 rpm (vid arbete)
- Maximal bredd: 1200 mm
- Höj och sänkning ± 100 mm
- Vinkling av borste ± 30 grader
- Klara av upp till 3 cm blötsnö

Saltdistribuering

- Tank för 100 liter lake
- Pump 100 W, 12 VDC, 8 A
- Spridning bakom valsen, längs hela bredden
- Möjlighet för påfyllning av tank

Dimensioner

- Maximala dimensioner: B 1200 x L 2500 x H 1000 mm
- Maximal vikt: 600 kg

Navigering

Fordonet ska inneha sensorer så att det kan navigera sig helt autonomt och kunna undvika objekt och trafikanter.

- Radarsensorer
- Ultraljudssensorer
- GPS
- Kameror

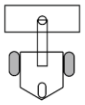
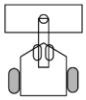
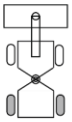
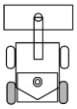
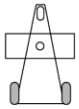
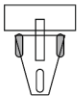
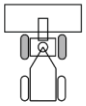
Laddning

- Dockningsstation för automatisk laddning
    - Kunna placeras i anslutning till körsträcka
- Uppvärmning vid laddning
    - Uppvärmning 10 min innan påbörjad laddning
- Maximal laddtid för batteri: 6 h
- Skyddat från bland annat regn och snö

Övriga önskvärda krav som kan undersökas

- Möjlighet till automatiskt batteribyte vid behov
- Automatisk påfyllning av lake
- Bilddelning med kontrollcenter vid eventuella objekt på cykelbana
- Byta ut redskap för att möjliggöra uppsopning av damm, grus och/eller löv, samt slunga snö
- Kunna manövreras manuellt vid behov (exempelvis korsningar)

Appendix C - Kriterieviktsmatris

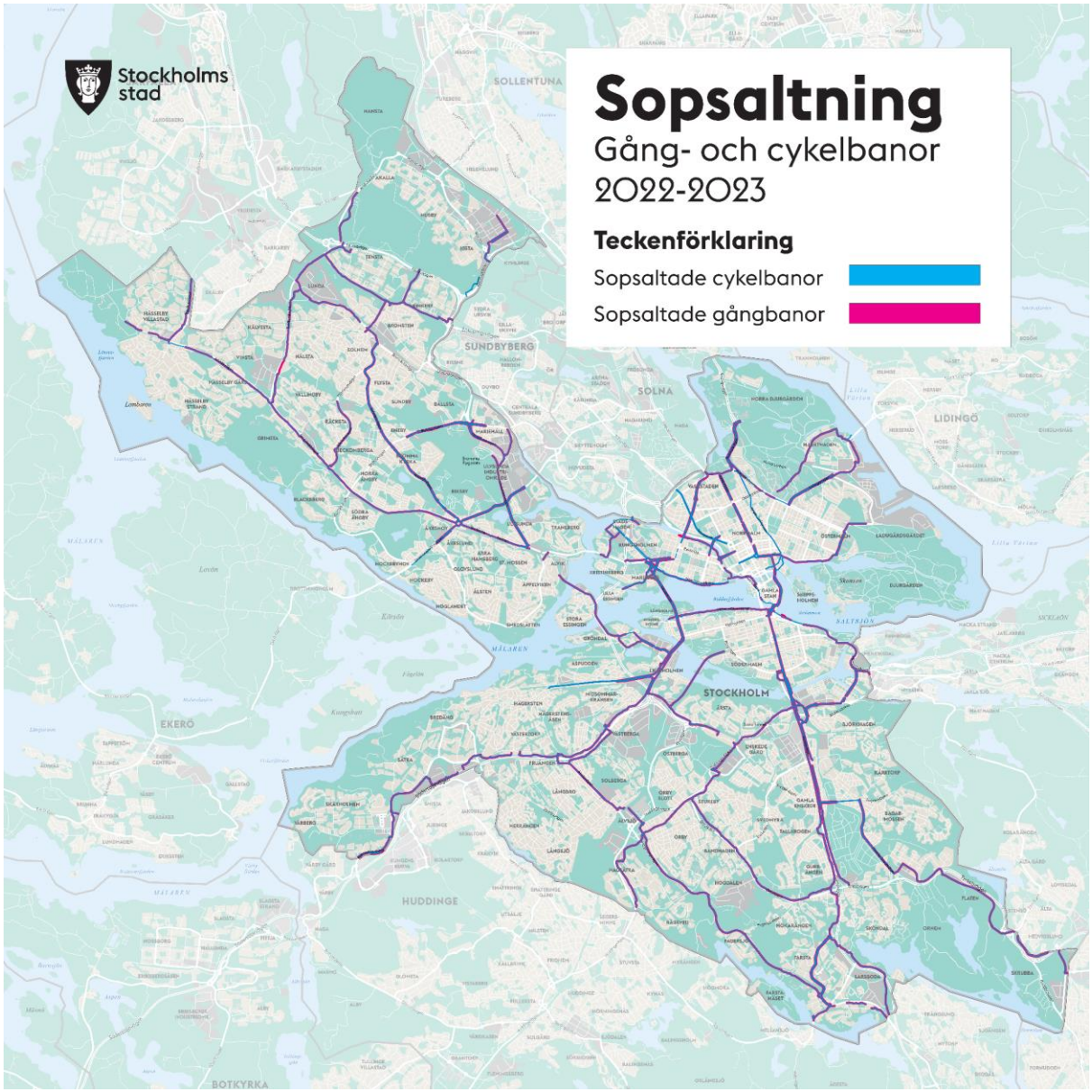
KRITERIE	VIKT (1-5)	 Robotdammsugaren 1a	 Robotdammsugaren 1b	 Midjestyrning 2a	 Midjestyrning 2b	 Myrsloken 3	 Krabban 4	 Lådbilen 5
Svängradie	5	5	4	3	3	3	5	3
Enkelhet	3	4	4	3	3	1	2	1
Längd	2	4	5	2	2	3	5	2
Vikt	1	5	5	3	3	3	5	3
Höjd	3	5	5	5	2	3	5	2
Stabilitet	5	3	3	5	4	1	3	3
Säkerhet för oskyddade trafikanter	5	4	4	3	3	3	4	3
TOTALT		100	97	86	72	56	96	61

Matris som visar de sju olika koncepten och evalueringen mot åtta kriterier.

Appendix D - Komponentlista

Komponent	**Specifikationer**	**Dimensioner [mm]**	**Antal**
Borstvals *Holms*	2–2,5 kW, max 350 rpm, 70 kg	D600, L1200	1
Batteri á 16 celler *ETP*	14,3 kWh, 280 Ah, 51,2 V		1
BMS Battery Management System *ETP*		B114,5 x L232,8 x H37,5	1
Inverter *ETP*	48 V, 350 A	B200 x L275 x H91	1
Charger *ETP*	48 V 50 A	B204 x L324 x H142	3
Hjulmotor *ETP*	48 V, 2,2 kW, 30 kg	D204, B 248 x L321,5	2
Hjul		D400, B170	2
Stödhjul	Svivlande hjul, två hjul fäst på en axel	D200, B100	2
Dator för styrning			1
Bluetooth			1
Lampor	Vitt & rött ljus		4
Radarsensor			6
Ultraljudssensor			4
GPS			1
Kamera			8

Appendix E - Sopsaltning i Stockholms stad



Karta som visar sopsaltningssträckor för gång- och cykelbanor i Stockholms stad.

Projektet har gjort möjligt genom stöd från Skyltfonden
Idesign har ansvarat för projektet och satsat egen tid utöver stödet från Skyltfonden.

Ett stort tack till våra experter som bidragit i projektet inom sina kompetensområden och med egenfinansierad tid:

Ulf Österberg, Holms Industrier
Jonas Engström, RISE i Uppsala
Joakim Paulsson ETP
Håkan Bergqvist c/o Idesign
Mikael Bergkvist KTH
Och till alla cyklister som tagit sig tid att svara på våra enkäter

Stockholm den 23 januari 2023
Johan Larsvall Stephanie Brinkmann
Båda från Idesign AB
www.idesign.se