

Innovativ, elektrisk och autonom klippning av vegetation i solcellspark



Författare: Tobias Emilsson, Micael Hafström, Annelie Westén
Datum: 20230113
Projekt inom Fossilfria mobila arbetsmaskiner – våren 2021

FFI Fordonsstrategisk
Forskning och
Innovation

VINNOVA

Energimyndigheten

TRAFIKVERKET

FKG

VOLVO

SCANIA

VOLVO

Innehållsförteckning

1 Sammanfattning	3
2 Executive summary in English.....	4
3 Bakgrund.....	5
4 Syfte, forskningsfrågor och metod	6
5 Mål	7
6 Resultat och måluppfyllelse	8
7 Spridning och publicering	10
7.1 Kunskaps- och resultatspridning	10
7.2 Publikationer.....	10
8 Slutsatser och fortsatt forskning	11
9 Deltagande parter och kontaktpersoner.....	12

Kort om FFI

FFI är ett samarbete mellan staten och fordonsindustrin om att gemensamt finansiera forsknings- och innovationsaktiviteter med fokus på områdena Klimat & Miljö samt Trafiksäkerhet. Satsningen innebär verksamhet för ca 1 miljard kr per år varav de offentliga medlen utgör drygt 400 Mkr.

Läs mer på www.vinnova.se/ffi.

1. Sammanfattning

Utbyggnad av förnyelsebar elproduktion i form av solcellsparkar är central för att uppnå en hållbar samhällsutveckling och för att minska vårt beroende av fossil energi.

I Sverige börjar storskaliga markbaserade solcellsparkar över 10 MW byggas allt oftare. Anläggningarna är stora och behöver klippas 1 till 3 ggr per år för att undvika produktionsbortfall på grund av skuggning av solpaneler samt för att undvika att vedartad växtlighet skadar solpanelerna och övriga strukturer. Här har fossilfria arbetsfordon inte bara chansen att minska klimatpåverkan genom att ersätta fossildrivna arbetsmaskiner utan även en stor chans att fylla en lucka där skalbara lösningar saknas i den snabbt växande solcellsbranchen.

Den konventionella metoden att klippa en solcellspark är med dieseldriven traktor mellan raderna av solpaneler och större fria ytor, samt med handhållna 2-takts maskiner under och vid sidan av solcellerna. Utanför EU används även en stor del kemikalier för att hålla tillbaka vegetationens tillväxt. De som klipper solcellsparkerna idag i Europa förflyttar sig i regel med större lastbilar mellan de anläggningar som skall klippas.

Det Alight, SLU och Husqvarna har velat åstadkomma med projektet är att utveckla och validera en autonom klippning av vegetationen i en solcellspark om ca 30 ha genom tvärvetenskaplig samverkan där beställare och leverantör utvecklar ny teknik och arbetssätt grundat på biologisk kunskap och ingenjörsvetenskap. Husqvarna utvecklar de framtida elektriska autonoma maskiner som används i projektet. Inom projektet har vi utvärderat hur väl vegetationen hållits under den krävda höjden med maskinerna under utveckling. Vi har också utvärderat om elproduktionen påverkas genom reflektionen av solljus (albedo) för olika vegetationsystem och klipphöjd.



Figur 1 Den elektriska autonoma prototypen som används i Skurup.

2. Executive summary in English

Renewable electricity production is on the rise globally. In Sweden, the market for solar power is expected to have an annual growth rate of 22%. During the last years there has also been a shift towards larger and larger solar installations across Europe. Solar power production facilities have to be managed, and vegetation maintenance is a key aspect of all ground-based installations. Vegetation maintenance is performed to prevent shading of panels and to protect the integrity of the installation and panels. Fast growing plants might otherwise cause physical damage due to rubbing against panels and objects or cracking joints and fixings. Vegetation maintenance has so far most often been performed using local operators or ambulating specialised maintenance teams. The most common type of maintenance equipment is general farm machinery running on diesel.

This project explores a new route in solar park management and vegetations maintenance using autonomous electrically powered high impact mowers to both secure reliant energy production but also generate additional values in relation to biodiversity values and through increased electricity production through improved reflection from optimised vegetation systems.

The aim of this project is to develop and verify an autonomous electrical vegetation maintenance system in a 30-hectare solar park, where the system developer Husqvarna is cooperating with the facility owner Alight and the research partner SLU. The project is focused on developing a machine system that meets several goals and where the vegetation is kept under a threshold level at the same time as meeting multiple goals in relation to biodiversity and sunlight reflection.

Key questions related to the development is 1) how well the developed mower can handle a real world solar park, 2) how can the recharging operations for the machine and equipment be integrated into a solar park, 3) is it possible to achieve enough precision in the autonomous mowing underneath panels, 4) how does the interrelation between mowing intensity and biodiversity and reflection play out in the short term, 5) is it possible to increase reflective aspects of the vegetation through selecting appropriate seeding material and 6) how can a best practice approach to management be developed through co-operation between the different stakeholders.

We have succeeded in developing working prototypes that are able to maintain vegetation in the park. The machines are able to cut vegetation in open areas, close to the PV and under the PV autonomous but more work is needed to cut closer to the poles as well as recharging. The basic structures and design of a recharge infrastructure is in place but more work is needed until the whole mowing operation including recharging is autonomous.

We have developed knowledge on how plant communities can influence reflective capacity of a surface and some initial trials have been performed. Verification of the exact effect on electricity production is still under way. We have started working on how maintenance regimes are related to development of biodiversity values but this operates on a longer time frame as compared to the current project.

This project has moved us several steps closer to a fully autonomous vegetation management system. A system that can autonomously cut the vegetation underneath the panels, close to poles and fixtures and also recharge itself is within reach. More development is particularly needed in relation to finding a system that is autonomous but also able to optimise the cutting regime to improve biodiversity and reflective capacity and thereby increase electricity production. These questions are being developed in a continuation project.

3. Bakgrund

Det pågår ett febrilt arbete i de flesta sektorer med att reducera utsläpp av växthusgaser och röra sig mot netto nollutsläpp. När det gäller arbetsmaskiner så stod de "2016 för cirka 6 procent av de totala växthusgasutsläppen i Sverige. Utsläppen från arbetsmaskiner har ökat med cirka 13 procent sedan 1990, samtidigt som Sveriges totala territoriella utsläpp av växthusgaser minskat med ca 25 procent. Vidare kan man läsa att kolmonoxidutsläppen är väldigt höga ifrån åkbara gräsklippare samt ifrån handhållna bensindrivna 2-takts maskiner." (Ref 1). Men inte bara koldioxid är ett problem i relation till arbetsmaskiner utan det kommer också allt striktare krav på utsläpp som påverkar arbetsmiljön hos de som använder maskinerna. Utsläppen av (NOX, CO2, partiklar och ljud) kommer att regleras hårdare i framtida EU, EPA, och CARB emissionslagstiftning för mindre 2 och 4 takts motorer för utomhusbruk för urbana applikationer. Förhoppningsvis kommer lagstiftningen att harmoniseras globalt, men detta kan dröja till år slutet av årtiondet. Det vore därför fördelaktigt att påskynda elektrifieringen.

Parallellt så växer branschen för förnyelsebar elproduktion så det knakar, med en årlig tillväxt om 22 procent (ref 2) eller mer. International Energy Agency's (IEA) har till och med konstaterat att det nu är billigare att bygga ny solenergi jämfört med fossil kraftproduktion för flertalet länder. Solenergi motsvarar i nuläget ca 3% av världens elproduktion. En av de viktigaste faktorerna varför elektrifieringen fortgår för fullt just nu är enligt Harald Överholm, VD på Alight, "Konvergensen, dvs samspelet mellan flera olika faktorer som inträffar just nu, som tex kostnadskurvan för solceller, energilagring, digitalisering osv".

Då solenergi historiskt sätt ofta byggts på mark som är svår att använda för andra ändamål pga. låg produktionsförmåga eller läge utmed t.ex. motorvägar eller annan miljöstörande verksamhet har en sofistikerad skötsel av grönytor inte varit en prioriterad fråga inom branschen. Ytorna ligger ofta placerade på platser och med topologi som försvårar underhåll. I dessa fall finns alltså få konkurrerande alternativa markanvändningar för ytorna men en stor potential i att öka ytornas värde genom effektiv och välplanerad skötsel. Att optimera skötsel och underhåll är en relativt ny fråga i solcellsbranschen, naturligt kopplat till att storskaliga solcellsparkar nyligen fått fäste i Sverige och ökar i antalet. Den solcellspark som har använts i detta projekt är belägen på gammal åkermark. Visionen på denna plats är att marken ska kunna bidra med mer nytta än endast solelproduktion i framtiden. En annan växande trend i detta sammanhang är bifacial solenergi, vilket innebär att de installerade solpanelerna är dubbelsidiga och kan omvandla solenergi till elektricitet både från ovan och undersidan (ref 3). När det gäller bifaciala paneler finns det mycket att vinna på att öka underlagets förmåga att reflektera inkommande solljus. Olika underlag och vegetation har här olika förmåga till reflektion. Ju högre reflektion, desto mer el kan produceras.

Den konventionella metoden att klippa en solcellspark är med dieseldriven traktor/åkrgräsklippare i gångar och större ytor, samt med handhållna 2-takts maskiner under och vid sidan av solcellerna. Utanför EU används även en stor del kemikalier för att bekämpa vegetationen. De som ansvarar för underhåll av solcellsparkerna förflyttar sig i regel på större lastbilar med den utrustning som används för underhåll på de enskilda anläggningarna som skall klippas. Flera leverantörer, däribland Husqvarna har elektriska trimmers och röjsågar redan nu. Här är istället problemet laddinfrastrukturfrågan för solenergiparker. Eftersom merparten av energin ändå fortgår för underhåll av parken med fossil energi så är drivkraften mindre att implementera laddstationer som skulle krävas för att kunna ladda batterier för trimmers och röjsågar.

Det är 28 år sedan Husqvarna lanserade världens första kommersiella robotgräsklippare. Då hette robotgräsklipparen Husqvarna Solar och var starten på ett helt nytt sätt att se på gräsmatteskötsel. Megatrenderna ACES, Autonomous-, Connected-, Electric- vehicles, och Service påverkar inte bara fordonsindustrin utan även grönyteskötsel. För att möta dessa trender har Husqvarna bildat avdelningen Digital and services där Autonom System för utomhusrobotik

utvecklas. Vanliga robotgräsklippare, AutoMower, passar inte alltid in i den beskrivna tuffare miljön i en solcellspark, utan här krävs större uppkopplade elektriska maskiner med högre klippkapacitet och framförallt bättre framkomlighet, navigering och perceptionsförmåga. Husqvarna presenterade deras Autonoma System för första gången i Oktober 2019 (ref 4). Värdeerbjudandet som Husqvarna ämnar erbjuda presenteras i en video som spelades in på Jönköpings flygplats (ref 5).

I och med att flygplatser, som var identifierade som den primära kunden för Husqvarna, drabbades hårt av covid så har Husqvarnas Autonoma System skiftat fokus till bland annat energianläggningar. Detta innebär delvis ny kunskap men framförallt implementering i ett nytt sammanhang. Större delen av tekniken rörande autonomi, navigering och perception som används på flygplatsen för den (semi-) autonoma åkgräsklipparen P535HXA kan återanvändas. Det molnbaserade styrsystemet PACS (Planning and Control System) är densamma, om än med modifieringar. Det handlar om integration av ändamålsenlig elektrisk plattform för användning i för Husqvarna ny miljö och med en delvis ny sensoruppsättning för att klara de krav som råder i en energipark. Innovation och hållbarhet är en del av Husqvarnas DNA. Husqvarna Autonomous Operation tror att gräsklippningsindustrin är redo för en omställning. Sättet vi levererar denna omställning på är genom elektrifierade arbetsmaskiner som är uppkopplade till vårt planeringsverktyg i molnet.

4. Syfte, forskningsfrågor och metod

Projektet syftade till att ta fram en konkurrenskraftig elektrisk och autonom lösning för att sköta vegetation i en solcellspark enligt önskemål och krav från framtida kund. Projektet syftade också till att öka förståelsen för hur en elektrisk autonom skötsel av vegetationen kan påverka andra kopplade värden som biologisk mångfald i parken samt hur själva skötselarbetet påverkar vegetationens reflektiva egenskaper (albedo).

Projektet fokuserade på följande forskningsfrågor:

1. Vilka fysiska utmaningar behöver den elektiska maskinen kunna hantera i den verkliga miljön ute i solcellsparken?
2. Hur mycket laddinfrastruktur krävs samt var ska den vara placerad för att möjliggöra klippning av solcellsparken i Skurup?
3. Går det att klippa autonomt under solcellspanelerna, där det saknas "open sky Environment" för GNSS (Global Navigation Satellite System, i vardagligt tal GPS)?
4. Hur påverkar en vald klippstrategi vegetationens tillväxt, utvecklingen av biologisk mångfald och reflektionsegenskaper hos vegetationen?
5. Går det att öka reflektionen hos vegetationen i en solcellspark genom att använda ett avpassat frömaterial?
6. Hur ska en best practice skötselmetod för parken i Skurup vara utformad?

Solcellsparken i Skurup är ca 30 ha och har en installerad effekt på 18MWp och fungerade som demonstrations- och forskningsanläggning under hela säsongen 2022. Solcellsparken driftsattes under slutet av 2021 och vissa avslutande arbeten så som markåterställning fortgick under första halvåret 2022.

Utgångspunkten för projektet har varit den underhållsplan som utvecklades i samråd mellan projektdeltagarna. Underhållsplanen var en del av leveransen från projektet och kan ses som en metod eller modell utifrån vilken de olika tekniska och biologiska variablerna utvärderades. Underhållsplanen kan ses som en hypotes för en best practice beskrivning, där beställare, leverantör och forskning gemensamt definierade mål och olika möjliga alternativ för att uppnå

dessa. På ett systematiskt sätt, likt en testplan utvärderades, olika alternativa skötselmöjligheter, för olika delar av anläggningen. Den forskningsuppbyggda underhållsplanen togs fram, med fokus på att kunna styra vegetationens tillväxt och öka biologisk mångfald där det är möjligt samt definiera olika skötselområden för att utvärdera best practice, och ge rekommendationer för framtida installationer. Underhållsplanen var alltså öppen för vidare utveckling.

5. Mål

Projektet hade följande mål kopplat till konkreta leveranser:

- Projektets essens ligger i att ta fram en konkurrenskraftig lösning för att sköta vegetationen enligt önskemål och krav från framtida kund (anläggningsägare). Utveckling ska ske kring elektrifiering och full automatisering. (Kompetensuppbyggnad)
- Prototyperna ska testas och verifieras i verklig miljö under ett år, där utmaningar ska identifieras och överbryggas. Djupare kunskap ska byggas upp för att göra lösningen skalbar för att kunna implementeras i nya framtida solcellsparkar. Parallellt skall plan för laddinfrastruktur definieras och implementeras på demonstrationsanläggningen. (prototyper, demonstrationsanläggning, delvis ny kunskap i nytt sammanhang)
- Strategin för hur vegetationen ska klippas och underhållas ska utvecklas för att på bästa sätt gynna solcellsparken. Detta inkluderar att förstå vilken vegetation som passar för ändamålet, eventuellt behov av förbehandling innan driftstagande, effektiv skötsel samt att undersöka hur skötseln kan optimera kapaciteten av elproduktion i fråga gällande dubbelsidiga paneler, sk bifacial panels. (metod eller modell, produktionsförändring)

Översiktlig sammanfattning av mål och utfall från projektet

Frågeställning	Status
Går det att klippa autonomt under solcellspanelerna, där det saknas "open sky Environment" för GNSS (Global Navigation Satellite System, inklusive GPS)?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Förstå kravställningen ifrån framtida beställare inklusive förståelse över domänen där maskinerna ska arbeta, Alight (Uppfyllt) 2. Ta fram prototyper för att användas under detta projekt i ändamålsenlig miljö (Uppfyllt) 3. Testa och utvärdera prototyperna i relevant demonstrationsanläggning (Uppfyllt) 4. Utveckla förmågan att kunna klippa under solcellspanelerna (Uppfyllt) 5. Utveckla förmågan att kunna klippa helt autonomt inklusive laddning (ej uppfyllt) 6. Utveckla förmågan att kunna klippa väldigt nära hinder och stolpar (ej uppfyllt)
Hur mycket laddinfrastruktur samt var ska den vara placerad för att möjliggöra klippning av solcellsparken i Skurup?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Förstå kravställningen rörande behov av underhåll, hur en park är uppbyggd samt var det finns accesspunkter för laddinfrastruktur (uppfyllt) 2. Implementera laddinfrastrukturpunkter. (uppfyllt) 3. Klippa fullt autonomt med energi ifrån dessa laddinfrastrukturpunkter och mäta energiåtgången (ej uppfyllt)
Går det att öka reflektionen hos vegetationen i en solcellspark genom att använda ett avpassat främateriale?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Förstå aspekter som påverkar reflektion från vegetation och ta fram anpassat växtmaterial (uppfyllt)

	<ol style="list-style-type: none"> 2. Etablera ny vegetation med reflektionsegenskaper (uppfyllt) 3. Verifiera reflektionsegenskaper hos anpassat växtmaterial (ej uppfyllt)
Hur påverkar klippregim tillväxt, utvecklingen av biologisk mångfald och reflektionsegenskaper hos vegetationen?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Förstå hur valda klippregimerna som utvärderats i projektet har påverkat vegetationens tillväxt (Uppfyllt) 2. Förstå hur de valda klippregimerna som utvärderats i projektet har påverkat biologisk mångfald (delvis uppfyllt) 3. Förstå hur de valda klippregimerna som utvärderats i projektet har påverkat vegetationens reflektionsegenskaper (delvis uppfyllt)
Hur ska en best practice skötselmetod för parken i Skurup vara utformad?	<ul style="list-style-type: none"> • Delvis uppfyllt, skötselmetoden är i nuläget utformad så att vi klipper oftare där det behövs och mer sällan där det inte behövs (behovsstyrd på ett helt annat sätt än traditionellt underhåll)

6. Resultat och måluppfyllelse

Majoriteten av de uppsatta målen har blivit uppfyllda. Husqvarna har tagit fram en första prototyp av en ändamålsenlig produkt för att kunna klippa vegetation i en solcellspark. Kontinuerliga uppdateringar och utveckling av produktens mjukvara och till viss del även hårdvara har gjorts under projektet och i slutet av klippssäsongen 2022 kunde maskinen för första gången köras autonomt i en del av solcellsparken, inklusive under solcellpanelerna.

Under projektet har vissa utmaningar uppstått som ej hade förutspåtts under projektets inledande planeringsfas och därför har vissa delmål gällande utvärdering av växternas reflektion och hur tiden mellan klippning av vegetationen påverkar elproduktionen från de dubbelsidiga solpanelerna ej kunnat färdigställas under 2022. Utmaningarna grundar sig främst i tillväxthastigheten på den insådda vegetationen, då det inte fanns någon historik från tidigare växtsäsonger i den alldeles nybyggda solcellsparken. Parken var också relativt nyanlagd vid starten av projektet och vegetationen var på vissa delar fortfarande påverkad av anläggningsfasen. Relationen mellan klippning och utveckling av biologisk mångfald är en långsam process där värden utvecklas under tid speciellt på så näringsrika marker som det var fråga om i demonstrationsanläggningen. Om demonstrationsanläggningen legat på en annan marktyp hade vi troligtvis kommit längre gällande den biologiska utvärderingen. Det initiala arbetet har dock lett till många nya insikter om hur vegetationen behöver skötas, en chans att utveckla maskinerna till en tuffare testmiljö och till att kunna användas mer effektivt för att gynna just mångfald.

Specifika FFI-mål presenteras och utvärderas i nedanstående tabell gällande uppnådda resultat och konkreta leveranser och hur dessa har bidragit till FFI:s mål på både övergripande program- och delprogramnivå.

Följande FFI mål avsågs i ansökan:	Resultatuppfyllnad:
Att öka forsknings-och innovationskapaciteten i Sverige och därmed säkra fordonsindustriell konkurrenskraft och arbetstillfällen	Ja, Husqvarna har nu ett större team baserat i Huskvarna och Göteborg som arbetar med lansering av ett system för

	grönyteskötsel av solcellsparker till år 2025.
Att utveckla internationellt uppkopplade och konkurrenskraftiga forsknings-och innovationsmiljöer i Sverige	Ja till fullo. Husqvarna erbjuder elektriska autonoma högenergiklippare.
Att främja medverkan av små och medelstora företag	Ja, Alight är ägare av solcellsparken där denna studie har bedrivits och Alight har varit delaktiga i samtliga moment för projektet.
Att främja branschöverskridande samverkan	Arbetet har varit branschöverskridande, med universitet/forskning, beställare/ anläggningsägare, samt leverantör av skalbara lösningar till hela världen.
Att främja samverkan mellan industri och universitet, högskolor och institut	Ja till fullo genom medverkan av SLU i detta projekt.

7. Spridning och publicering

○ Kunskaps- och resultatsspridning

Hur har/planeras projektresultatet att användas och spridas?	Markera med X	Kommentar
Öka kunskapen inom området	x	Detta var inte målsättningen med projektet, men projektparterna har upprättat en gemensam kommunikationsplan och har redan spridit viss information och avser sprida mer information.
Föras vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt	x	Vi har ett fortsättningsprojekt inom samma program som följer direkt på detta projekt. Vi undersöker möjligheterna att hitta ytterligare utvecklingsmöjligheter.
Föras vidare till produktutvecklingsprojekt	X	Ja, Detta var målsättningen med ansökan, och det har uppfyllts till fullo. Husqvarna har påbörjat ett industrialiseringsprojekt för detta system med målsättning att lanseras på marknaden år 2025.
Introduceras på marknaden		
Användas i utredningar/regelverk/tillståndsärenden/ politiska beslut		

Finns kopplingar till andra interna/externa projekt som kan påskynda introduktion eller ge större genomslag?

Vi har haft dialog med andra projekt som Solmarken som drivs av Region Skåne samt Artrik energiutvinning som finansieras av Trafikverket. Solmarken projektet har i nuläget fokuserat ytor som inte är jordbruksmark men det finns möjligen framtida utvecklingspotential för denna teknik i den nya applikationen. Vi har haft dialog med trafikverket gällande klippning i vägkanter men i nuläget ser kravställningen olika ut för de två miljöerna.

○ Publikationer

En kommunikationsplan har upprättats mellan parterna i detta projekt. Planen har hållits med följande viktiga leveranser:

- Pressrelease, rörande det gemensamma projektet, den 8e Februari 2022.
 - <https://www.husqvarnagroup.com/en/press/pilot-project-electrified-vegetation-maintenance-solar-parks-receives-government-funding>
 - <https://www.alight-energy.com/sv/nyheter/pilotprojekt-for-fossilfritt-och-elektrifierat-solparksunderhall-far-statlig-finansiering>
 - Dessa pressreleaser har återgetts i flertalet media, nationellt och internationellt.
- Press-event, den 17e maj 2022. Till detta pressevent släpptes flertalet bilder, uppdaterad text, samt en video.
 - [Husqvarna presents: Electric and autonomous vegetation management of utility scale solar parks - YouTube](#)
 - [Alight | Media library \(mynewsdesk.com\)](#)
- Pressrelease rörande utökning av Vinnova finansiering, 16 November 2022
 - [Pilotprojekt för elektrifierat fossilfritt underhåll i solpark får ny Vinnova-investering \(alight-energy.com\)](#)
- Alight, SLU och Husqvarna avser presentera resultat på en fackmessa när tiden är lämplig i kombination med gemensam press-release
- Samt SLU avser publicera viss forskningsresultat när tiden är lämplig.

8. Slutsatser och fortsatt forskning

Projektet har visat att autonoma elektriska klippare har en stor potential för underhåll av vegetationen i stora solcellsparker. De prototyper som har testats under de senaste 16 månaderna har fungerat väl och klarat av att hantera även bitvis svåra vegetationsförhållanden. Mycket återstår rörande utveckling av maskin och system innan allt är klart som ett kommersiellt system som är planerat att lanseras till 2025. Det kvarstår också flera frågeställningar kring hur klippsystem och vegetation samspelar och hur man kan skapa den bästa nyttan av solcellsparken med så låga långsiktiga underhållskostnader och minsta klimatpåverkan som möjligt.

Markförhållandena och den specifika insådden på platsen spelade väldigt stor roll för tillväxten hos vegetationen och därigenom underhållsbehovet. Vädervariabler som temperatur, nederbörd och solinstrålning har tillsammans med lokala faktorer och markförhållande stor påverkan på tillväxthastigheten på den valda grödan men är svårare att påverka än insådd. I den demonstrationsanläggning som användes inom projektet innehöll den initiala fröblandningen ett antal arter som blir väldigt storväxta och som därigenom ökade skötselbehovet. Det är alltså svårt att fastställa statiska underhållsplaner som i detalj styr insatser. Vägen framåt skulle kunna gå via utvecklande av dynamiska underhållsplaner som anpassa och optimeras efter klippsystem, rådande väder, och lokala förhållande men även som också kan avpassas och optimeras i relation till olika värden som biologisk mångfald, höjd på vegetation och möjligen också reflektion. Detta ligger dock ett par år framåt i tiden men genom kombinationen med fullt automatiserade klippare så kommer det troligen vara möjligt. Det återstår av arbete kring hur detta skulle kunna optimeras ekonomiskt i relation till själva driften av de elektriska klipparna men också själva utformningen av parkerna som matchar olika efterfrågade värden.

Det automatiserade robotsystemet kommer underlätta skötselarbetet för anläggningsägaren men även entreprenören. De låga klipparna som styrs autonomt eliminerar i stort sett påkörningsrisk vilket annars kan vara kostsamt. Robotarna tar också bort en del ur arbetssynvinkel svåra arbetsmoment som klippning under panelerna där man inte kan gå raklång och utföra arbetet. Maskinen klarar i nuläget att klippa nära stolpar men ytterligare utveckling krävs för att klippa helt intill stolpar.

Speciellt för detta projekt har varit att utveckling och testning för framtagandet av den elektriska autonoma klippmaskinen har gjorts i en verklig miljö, det vill säga en solcellspark i full drift. Det har ställt krav på en produkt under utveckling samt på personalen som testat produkten. Det har också inneburit en del förändringar i hur forskningen utfördes. Under sommaren 2022 uppstod ett scenario då vegetationen växte sig över den maximala höjden då skuggning uppstår på panelerna, vilket gjorde att den planerade klippstrategin behövde anpassas. Det krävde att personal behövde infinna sig snabbt och arbeta många timmar med kort varsel. En slutsats inför framtiden är att detta skulle kunna undvikas eller mildras med ett implementerat autonomt system.

De många olika påverkande parametrarna som funnits i den verkliga testmiljön, jämfört mot om testerna skulle ha skett i labbmiljö, har orsakat att alla tilltänkta forskningsfrågor i detta projekt inte kunnat färdigställas. Å andra sidan har testerna i fullskalig verklig miljö verkligen pressat utvecklingen och forskningen att fokusera på de mest kritiska punkterna för att få fram en fungerande effektiv produkt som kommer att kunna möta behov och efterfrågas av anläggningsägare. Den komplexa miljön och de reella driftskraven har dock inneburit att mer tid krävs för att svara på flera av forskningsfrågorna.

9. Deltagande parter och kontaktpersoner

Tobias Emilsson
Sveriges lantbruksuniversitet

Micael Hafström,
Husqvarnagrupp.

Annelie Westén
Alight