RISE RAPPORT 2021:52

Tora Råberg, Michiel van Noord, Lars-Henrik Björnsson (RISE)
Ida Pettersson, Ursula Zinko (Ecogain)

PÅVERKAN OCH MÖJLIGHETER FÖR MULTIFUNKTIONER

Solcellsparker, biologisk mångfald och ekosystemtjänster

En kunskapssammanställning från projektet Eko-Sol

Solcellsparker, biologisk mångfald och ekosystemtjänster – Påverkan och möjligheter för multifunktioner

Tora Råberg, Michiel van Noord, Lars-Henrik Björnsson (RISE)
Ida Pettersson, Ursula Zinko (Ecogain)

Bild framsidan: © Energiengagemang

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Abstract

Solar parks, biodiversity and ecosystem services – Impact and opportunities for multiple functions

Land based solar parks are becoming more common, which risks affecting biodiversity, food production and other ecosystem services. Research and development projects have been carried out internationally around the coexistence of solar parks and biodiversity as well as ecosystem services. The authors of this study are not aware of any reports made for biodiversity, ecosystem services or agrophotovoltaics (combined agricultural production with solar energy generation) in Swedish or Nordic solar parks.

Practical experience with grazing animals to keep vegetation down between the rows of solar cells and which can benefit biological diversity have been made in Sweden but have not yet been evaluated.

In summary, there is a risk that land based solar parks will result in increasing the already existing competition for land with agricultural and the biological diversity. There are several possible adaptations for creating beneficial conditions to biodiversity and ecosystem services in connection with large-scale photovoltaic systems. With careful planning, biodiversity and ecosystem services can benefit and major environmental benefits can be achieved, while simultaneously improving the landowner's finances.

Key words: solcellspark, biologisk mångfald, ekosystemtjänster, agro-PV, solar park, biodiversity, ecosystem services, agrophotovoltaics, agrivoltaics

RISE Research Institutes of Sweden AB

RISE Rapport 2021:52
ISBN: 978-91-89385-93-1
Lund 2021

This report should be referenced as follows: Råberg, T., van Noord, M., Björnsson L.H., Pettersson, I. & Zinko, U. (2021) Solcellsparker, biologisk mångfald och ekosystemtjänster – Påverkan och möjligheter för multifunktioner. RISE Rapport 2021:52, ISBN 978-91-89385-93-1, RISE Research Institutes of Sweden.

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Innehåll

Abstract **2**
Innehåll **3**
Förord **5**
Sammanfattning **6**
Ordlista **7**
Biologisk mångfald och ekosystemtjänster **8**
Många arter riskerar att dö ut 11
Behov av mål som syftar till att stoppa förlusten av biologisk mångfald 11
Påverkan från vanliga solcellsparker 11
Biologisk mångfald av växter 12
Biologisk mångfald av djur 12
Försörjande ekosystemtjänster 15
Reglerande ekosystemtjänster 15
Kulturella ekosystemtjänster 16
Stödjande ekosystemtjänster 16
Utvärdering av samexistens 16
Utvärderingsverktyg 16
Möjliga lösningar och anpassningar **18**
Minimering av negativ påverkan 18
Ökad biologisk mångfald 21
Markens näringshalt 22
Optimering av den tekniska utformningen 22

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Skapa (nya) livsmiljöer 27
Insådd av artrik lokal flora för gynnande av pollinatörer 27
Inhemska solitärbin 28
Sandödlor 28
Groddjur 29
Hålhäckande fåglar 29
Rätt underhåll 29
Försörjande ekosystemtjänster 29
Grödval 30
Svampproduktion 30
Djurhållning 31
Risker med oönskad kontaminering eller anrikning i solcellsparken 31
Kulturella ekosystemtjänster 32
Övriga ekosystemtjänster och funktioner i marken 32
Vattenreglering 33
Lagring av kol i marken 33
Plan för nermontering och återställning av solcellspark 33
Ekonomi 34
EU-bidrag för markanvändning 34
Kunskapsluckor 35
Referenser 36

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Förord

Den här rapporten och underliggande litteraturstudien har genomförts i Eko-Sol projektet. Det specifika syftet med rapporten är att samla publicerad existerande kunskap om hur olika åtgärder påverkar biodiversitet och ekosystemtjänster i markbaserade solcellsparker.

Projektet Eko-Sol, har underrubrik ”Planering av solcellsparker som bidrar till biologisk mångfald och ekosystemtjänster”. Syftet med projektet är att sammanställa kunskap och råd för optimerad planering och utformning av solcellsparker. Samhället behöver säkerställa att den förväntade, starka utvecklingen av solcellsparker i Sverige kan ske samtidigt som lokala värden för biologisk mångfald, odling eller andra ekosystemtjänster är oförändrade eller stärks. Genom att se dessa olika markfunktioner som en helhet kan samhällsnyttan optimeras.

Eko-Sol projektet genomförs av RISE - Research Institutes of Sweden i samarbete med Ecogain och med finansiering av Energimyndigheten och Ecogain.

Under framtagning av denna rapport har synpunkter om studiens inriktning och relevans inhämtats från projektets referensgrupp med representanter från olika målgrupper (solcellsbranschen, länsstyrelser och akademin). Vi tackar alla i referensgruppen för insatsen, kloka frågor och stort engagemang.

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Sammanfattning

Markbaserade solcellsanläggningar blir allt vanligare, vilket riskerar att påverka biologisk mångfald, livsmedelsproduktion och andra ekosystemtjänster. Forsknings- och utvecklingsprojekt har gjorts internationellt kring solcellsparkers samexistens med biologisk mångfald och även ekosystemtjänster. Författarna av denna studie känner inte till några rapporter som gjorts för biologisk mångfald, ekosystemtjänster eller agrofotovoltaics (kombinerad jordbruksproduktion med solel) i svenska eller nordiska solcellsparker.

Praktisk erfarenhet med betesdjur för att hålla nere vegetation mellan solcellsraderna och som kan gynna biologisk mångfald finns i Sverige, men har inte utvärderats ännu.

Sammanfattningsvis riskerar solcellsparkernas markanspråk att bidra till den redan existerande pressen på skogs- och jordbruksarealer samt den biologiska mångfalden. Det finns samtidigt ett flertal möjliga lösningar för att skapa förutsättningar för biologisk mångfald och ekosystemtjänster i samband med storskaliga solcellsanläggningar. Med rätt förutsättningar och noggrann planering kan biologisk mångfald och ekosystemtjänster gynnas och stora miljövinster uppnås, samtidigt som förnybar el genereras och markägarens ekonomi förbättras.

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Ordlista

Biologisk mångfald, eller biodiversitet - är ett samlingsbegrepp för mångfalden av arter och livsmiljöer som finns på vår planet.

Busbars – platta metalliska (oftast silver) kontakter på framsidan av en kiselsolcell, som i en modul kopplas ihop med baksidan på nästa solcell. Se figur till höger.

Ekosystemtjänster- det vill säga de varor och tjänster som naturen tillhandahåller och som vi människor nyttjar.

Kiselmodul – en solpanel med kristallina kiselsolceller, vilket är första generationen solcellsteknologi. Kiselsolceller är blåa eller mörkblåa skivor som tydligen kan urskiljas i panelen. Se figur till höger.

Rödlistad – en förteckning över arters hotstatus som tex utrotningshotad.

Solcellsmodul – samma som en solpanel

Tunnfilmsmodul – en solpanel med tunnfilmssolceller, d.v.s. andra generationers solcellsteknologi. I regel är tunnfilmsmoduler helsvarta där de olika cellerna endast urskiljas av tunna ljusa streck mellan cellerna.

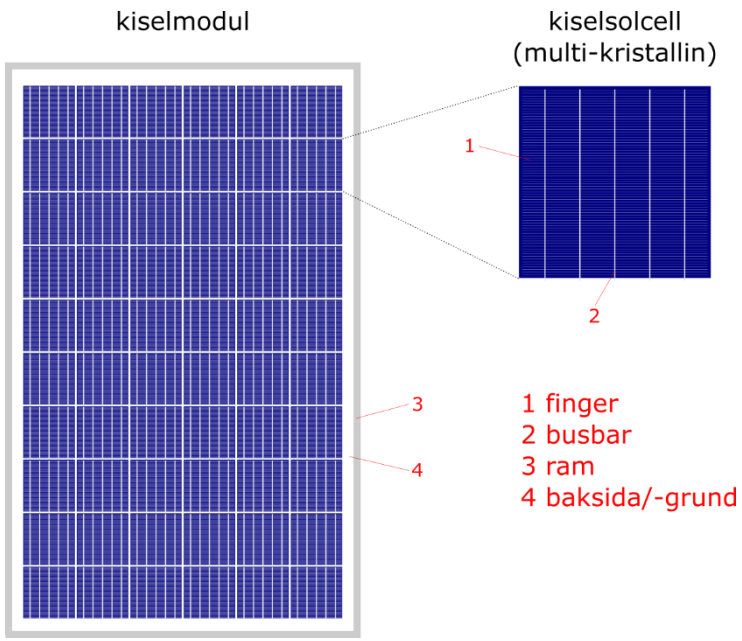


Illustration av en kiselmodul och en kiselsolcell med namn på angivna delar (Michiel van Noord, 2021)

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Biologisk mångfald och ekosystemtjänster

Biologisk mångfald är grunden för vår överlevnad och välfärd. Ekosystemtjänster är till exempel luft- och vattenrening, klimatreglering, pollinering och möjlighet att nyttja naturen för avkoppling och friluftsliv.

Biologisk mångfald, eller biodiversitet, är ett samlingsbegrepp för mångfalden av arter och livsmiljöer som finns på vår planet. I konventionen för biologisk mångfald definieras begreppet som ”variationsrikedomen bland levande organismer av alla ursprung, inklusive från bland annat landbaserade, marina och andra akvatiska ekosystem och de ekologiska komplex i vilka dessa organismer ingår. Detta innefattar mångfald inom arter, mellan arter och av ekosystem” (Naturvårdsverket, 2021a), se Figur 1. Biologisk mångfald är grunden för vår överlevnad och välfärd. Biologisk mångfald är även en förutsättning för naturens förmåga att leverera många ekosystemtjänster, det vill säga de varor och tjänster som naturen tillhandahåller och som vi människor nyttjar helt gratis, Figur 2. Ekosystemtjänster är till exempel luft- och vattenrening, klimatreglering, pollinering och möjlighet att nyttja naturen för avkoppling och friluftsliv.

Förändrad markanvändning är den enskilt största orsaken till förlust av biologisk mångfald och ekosystemtjänster enligt IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services) (IPBES, 2019). Förluster av biologisk mångfald pekas ut som en av mänsklighetens största risker av både World Economic Forum och forskningen bakom de planetära gränsvärdena (WEF, 2020; Steffen m.fl., 2015). I Sverige rapporterar Naturvårdsverket i senaste statusrapport för EU:s Art- och habitatdirektiv (Naturvårdsverket, 2019) att framför allt gräsmarker men även skog är naturtyper med dålig livskraft i Sverige och många svenska arter har svårt att överleva på sikt. Förlust av biologisk mångfald har i sin tur en negativ effekt på naturens förmåga att leverera ekosystemtjänster. Ekosystemtjänsterna delas vanligtvis in i fyra kategorier: försörjande, reglerande, kulturella och stödjande ekosystemtjänster, Figur 2. Att vi har fungerande naturmiljöer som levererar ekosystemtjänster, är av betydande relevans för att begränsa klimatförändringarna och det är essentiellt för nio av Sveriges nationella miljömål. ”Ekosystem och biologisk mångfald” utgör mål 15 i de globala hållbarhetsmålen.

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Figur 1. Biologisk mångfald är variation inom arter, mellan arter och mellan livsmiljöer. Bilder: Unsplash (separat licens, se unsplash.com/license).

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Figur 2. Ekosystemtjänster som naturen tillhandahåller delas upp i försörjande, reglerande, kulturella och stödjande. Illustration: © Naturvårdsverket.

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Många arter riskerar att dö ut

Idag riskerar många arter i den svenska naturen att dö ut. Dessa arter finns upptagna i den svenska rödlistan, som listar arters hotstatus. Anledningen till att arter försvinner är bland annat igenväxning av åker- och betesmarker, skogsplantering, avverkning av naturskogar, intensifierat jordbruk, exploatering, fragmentering, utdikning och vattenreglering. Det moderna jordbruket är mer intensivt och storskaligt än förr, eftersom små och medelstora jordbruksföretag läggs ner eller uppgår i större enheter. Det moderna jordbruket har också lett till förändrad skötsel av marker som tidigare hävdats genom slåtter eller bete och inneburit att värdefulla småbiotoper, ängs- och betesmarker antingen vuxit igen eller planterats med skog. På de marker som fortfarande betas är betestrycket ofta för högt för arter som gynnas av extensiv hävd, det gäller främst för arter som lever av nektar eller pollen (SLU Artdatabanken, 2020).

Av de arter som har rödlistats, eftersom de riskerar att dö ut, är 34% beroende av just jordbrukslandskapet (SLU Artdatabanken, 2020). Fjärilar, blomflugor och vildbin, inklusive humlor, är de viktigaste pollinatörerna i Sverige. Det är tack vare dem som vi kan skörda frukt, bär, grönsaker, oljeväxter, baljväxter och klöverfrövall. Bland annat därför är det oroväckande att många av dessa arter är hotade i Sverige (Borgström m.fl, 2018). En tredjedel av Sveriges 299 vilda biarter finns med på den nationella rödlistan. Bland dessa är födosöks- och boplatsspecialister överrepresenterade. Mycket tyder på att populationer av vilda bin minskar nationellt. Av Sveriges 2 645 arter fjärilar är ungefär en femtedel rödlistade. Bland fjärilarna är de mest välkända dagfjärilar och bastardsvärmare. Många av arterna är knutna till öppna och blomrika marker, en naturtyp som under det senaste århundradet minskat nationellt. Precis som för bin har minskade nationella utbredningsområden observerats för många fjärilar. Av Sveriges drygt 400 arter av blomflugor är drygt en tiondel rödlistade. Blomflugan konsumerar stora mängder bladlöss under larvstadiet, vilket är en viktig ekosystemtjänst i livsmedelsproduktionen. Den lägre andelen rödlistade arter i denna grupp är troligen ett resultat av en generellt lägre specialiseringsgrad. Kunskapen om populationstrender hos blomflugor är bristfällig, men negativa trender har observerats exempelvis hos blomflugor som är beroende av död ved för delar av sin livscykel, och för arter som är knutna till våtmarker (Naturvårdsverket, 2018).

Behov av mål som syftar till att stoppa förlusten av biologisk mångfald

FN:s konvention om biologisk mångfald föreslås anta mål om ”No Net Loss by 2030” för kvantitet och kvalitet av biologisk mångfald (CBD Zero Draft 2020). För 2050 föreslås målen vara en ökning av den biologiska mångfalden. Den nya målen kommer att innebära ytterligare incitament för verksamheter som tar mark i anspråk, till exempel solcellsparker, att ta hänsyn till biologisk mångfald och ekosystemtjänster vid både anläggning och förvaltning av verksamheter.

Påverkan från vanliga solcellsparker

Idag står markbaserade solcellsanläggningar i Sverige för en liten andel av den installerade solcellsenergin i

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Sverige, men det håller på att förändras. De avgörande faktorer för lokalisering av solcellsparkerna är ofta aspekter som påverkar lönsamheten som: tillgång till prisvärd lämplig mark, solinstrålningsförhållanden (väder, samt lokala förutsättningar) och närheten till ändamålsenligt elnät för anslutning. Vanliga marktyper som används idag är jordbruksmark eller industrimark. Ibland utvecklas solcellsparkerna på mark som har betydelse för biologisk mångfald, odling av livsmedel eller andra ekosystemtjänster. Med dagens praxis påverkar etableringen av solcellsparker befintliga ekologiska värden genom ändrad markanvändning inklusive direkt markanspråk för betongfundament, tillträdesvägar med mera, röjning av växtlighet, förändring av mikroklimat genom främst ändringar i solinstrålning och vattenflöden, fragmentering av landsbygden (t.ex. genom inhägnad som begränsar både passage för vilt och allemansrättslig tillgänglighet), visuell påverkan, störning av livsmiljöer, elektromagnetiska fält och påverkan från mark- och installationsarbeten (Check m.fl., 2021; Chiabrando m.fl., 2009; Fthenakis and Kim, 2009; Hernandez m.fl., 2014; Lakhani m.fl., 2014; Tsoutsos m.fl., 2005; Turney and Fthenakis, 2011).

Biologisk mångfald av växter

De studier som undersökt växternas mångfald avsåg solcellsparker på tidigare jordbruksmark. Dessa marker är näringsrika, vilket ofta gynnar ett fåtal arter och inte en bred mångfald. Över tid lär näringsinnehållet i marken minska om ingen ny gödsel tillförs (Schotman m.fl., 2019; Montag m.fl., 2016). Denna minskning kan skyndas på genom olika underhållsformer, se nästa kapitel.

En brittisk studie av 11 solcellsparker i södra England och Wales på tidigare jordbruksmark (främst åkrar men även betesmark) har jämfört växtmångfalden med närliggande kontrollområden. Inom solcellsparkerna hittas en betydligt större mångfald av örter (8 av 11 parker med signifikant skillnad) och även högre mångfald av grässorter (4 av 11 parker med signifikant skillnad). Detta resultat var väntat då kontrollområden främst var intensiv använd jordbruksmark samt att samtliga parker hade sått in gräsblandningar och tre parker även inkluderat vilda blommor i fröblandningen. Vidare så minskades användningen av herbicider (Montag m.fl., 2016).

Grässorternas mångfald varierade inte signifikant för platser under modulraderna jämfört med platser mellan modulraderna. För växter med breda löv hade två parker en signifikant högre mångfald mellan modulraderna. Samtidigt visade en park signifikant högre mångfald under raderna, vilket antas bero på intensiv klippning mellan raderna.

En studie av 21 solcellsparker i Nederländerna använde ett kontrollområde i utkanten av parken och har därför främst relevans för jämförelsen av mångfald under och mellan solcellsraderna. Där hittades en signifikant högre växtmångfald och täckningsgrad mellan raderna än under raderna (Schotman m.fl., 2019).

Biologisk mångfald av djur

Förändringarna i landskapet till följd av etablering av en solcellspark leder ofta till att många arter (delvis) försvinner från parkområdet. Efter att parken står färdigt kan flera av arterna dock åter kolonisera området, beroende på parkens utformning. Genom de förändringarna i ekologiska strukturer och nya tekniska strukturer kan en färdigställd solcellspark försämra livsmiljöer för vissa arter, men också skapa lämpliga livsmiljöer för andra arter. I vissa

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

fall kan möjligen även invasiva arter etableras.

Negativa effekter kan uppstå på grund att djurs sensoriska system, som utvecklades för att navigera i naturliga miljöer, inte alltid fungerar ihop med solcellsparkers tekniska delar. En beskriven risk i litteraturen är att anläggningar kan utforma en ekologisk fälla som attraherar arter till en ofördelaktig livsmiljö. (Chock m.fl., 2021).

Beroende på solcellsparkens storlek kan olika effekter och nyttor förväntas. Stora parker skulle kunna spela en roll som (isolerade) habitat för upprätthållande eller uppbyggnad av populationer för t.ex. vissa fågelarter eller sandödlor. Mindre solcellsparker har en större positiv effekt för djur som nyttjar kantzonerna på parkerna samt som spridningsvägar (Peschel m.fl., 2019).

Nedan beskrivs påverkan på vissa djurarter som har studerats i mer detalj.

Fladdermöss

Fladdermöss tycks uppfatta släta vertikala ytor som öppna områden, ett misstag som kan leda till kollisioner (Greif m.fl. 2017). Inga observationer av skadade fladdermöss har dock uppmärksammats i solcellsparker med lutande solpaneler ännu. Där solcellsparker utvecklar en högre insektstäthet än omkringliggande mark (t.ex. intensivt jordbruk) spelar parkerna troligen en roll som foderhabitat för fladdermöss (Peschel m.fl., 2019). Förekomst av fladdermöss har även konstaterats i solcellsparker i Storbritannien, men det går inte att konkludera från den studien om förekomsten avviker mellan solcellsparker och kontrollområden (Montag m.fl., 2016).

Insekter

Flertalet insektsarter kan finna habitat i solcellsparker samtidigt som det finns ett tydligt samband mellan mångfalden av insekter och parkens utformning (landskapsstruktur, vegetation, solcellsrader) och underhåll (Peschel m.fl., 2019; Montag m.fl., 2016). Jordbruksrelaterade blommor som vitklöver och raps attraherar många bin, men av begränsad mångfald (få arter) och tid (3–4 veckor per år). Förväntningen är att mångfalden av (vilda) blommor kan öka ytterligare över tid vid rätt underhåll och att mångfalden av bin och fjärilar tilltar med åren (Montag m.fl., 2016). För att uppnå större mångfald på kortare sikt krävs aktiva åtgärder som dem som behandlas i nästa kapitel.

Bin förekom sammanlagt i större omfattning i solcellsparker än på kontrollområden vid studie av 11 solcellsparker i södra England och Wales. Även sett till varje park för sig var antalet hittade bin signifikant högre för 6 av 11 solcellsparker. Antalet förekommande biarter var dock inte signifikant högre på solcellsparker än på kontrollområden, en park undantagen (Montag m.fl., 2016).

På samma 11 solcellsparker i Storbritannien hittades sammanlagt fler fjärilsarter i solcellsparker än i kontrollområden, även om skillnader för enskilda solcellsparker i många fall inte var signifikanta (baserade på 10 stickprov på 100 metersträckor per park eller kontrollområde). Detta tros bero på att anläggningarna varit i drift endast några år. Antalet fjärilar som hittades var också högre sammanlagt i solcellsparkerna än i kontrollområdena och denna skillnad var signifikant för 6 av 11 parker. För en solcellspark var dock antalet fjärilar i kontrollområdet signifikant högre än i parken (Montag m.fl, 2016).

Vid inventeringar av tre solcellsparker i Brandenburg (nordöstra Tyskland) har 44

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

av 110 regionalt förekommande fjärilsarter anträffats i solcellsparker, av vilka följande är rödlistade i Sverige: grönfläckig vitfjäril (starkt hotad), sexfläckig bastardsvärmare (nära hotad), ängsmetallvinge (nära hotad), silversmygare (nära hotad), mindre bastardsvärmare (nära hotad) och ängsnätfjäril. Flera fjärilsarter är i hög grad beroende av en enskild eller fåtal växtarter för sin fortplantning. En mångfald av växtarter är därför avgörande för att attrahera en stor variation av fjärilar (Montag m.fl., 2016).

På samma tre solcellsparker i Brandenburg där fjärilar inventerades, hittades också en betydande variation (35 av 58 förekommande arter) av hopprätvingar. Bland dessa förekom den i Sverige rödlistade guldgräshoppan (nära hotad). Andra i Sverige rödlistade arter som även förekommer i de aktuella delar av Tyskland (som trumgräshoppa och mullvadssyrsa) har inte hittats i de undersökta solcellsparkerna där, men det är svårt att dra några slutsatser ur det (Peschel m.fl., 2019).

Fåglar

Ett antal studier har undersökt solcellsparkers påverkan på förekomst av fåglar. En analys av inventeringar på och runt 26 solcellsparker i Tyskland såg för det mesta en positiv påverkan på fåglar, även om påverkan beror på utformningen av anläggningen. För häckande fåglar gäller den positiva effekten både antal fågelarter (i 70% av parkerna ökar mångfalden) och täthet i förekomst (i 85% av parkerna behålls eller ökar abundansen) (Peschel m.fl., 2019). Huruvida skillnaderna är signifikanta framgår inte från studien. I en studie av 11 solcellsparker på tidigare jordbruksmark (åker- eller betesmark) i södra England och Wales hittas sammanlagt också fler fågelarter och högre förekomst i parken än på kontrollytor. Skillnaden i förekomsten i den sistnämnda studien är signifikant, men skillnaden i mångfald inte. När mångfalden viktades utifrån lokal rödlistning så framgick dock att solcellsparkerna har en ökad betydelse för hotade fågelarter. Vidare observerade att ett antal rovfåglar förekom inom solcellsparkerna, men inte inom kontrollområden på intensiv jordbruksmark (Montag m.fl., 2016).

Både i Tyskland och England (Peschel m.fl., 2019; Montag m.fl., 2016) lyfts solcellsparkers betydelse som foderhabitat till följd av en ökad variation i området och ett begränsat snötäcke på vintern.

För tyska parker fanns vissa uppgifter om förekommande fågelarter. Bland häckande fåglar nämns bland andra svarthakad buskskvätta (sårbar enligt Artdatabankens rödlistning 2020) och sånglärka (livskraftig) som häckande inom parken samt buskskvätta (nära hotad) och gulsparv (nära hotad) som häckande i utkanten på parken. Gulsparv och buskskvätta häckar främst i buskage, men buskskvätta kan också häcka i grästuvor. Kornsparv (starkt hotad) nämns som en art som kan finna särskild fördelaktiga förutsättningar i solcellsparker och ha en signifikant ökad förekomst, särskild i större solcellsparker. Andra arter, som stenskvätta (livskraftig), tofslärka (nationellt utdöd) och trädlärka (livskraftig), har funnits röra sig inom parker. Etablering av solcellsparker kan ge negativ påverkan på livsmiljöer för exempelvis hålhäckande fågelarter, såvida inga gynnsamma strukturåtgärder görs i parken. (Peschel m.fl. 2019).

Indikationer (men inga publicerade studier) finns att ängsfåglar håller sig på 200–300 meters håll från solcellsparker eftersom de föredrar öppna landskap (Schotman m.fl., 2019). Ett sådant

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

beteende kan troligen förklaras av sämre perifer sikt som försvårar upptäckt av rovdjur. Förutom att solcellsparker undviks kan sämre sikt också leda till ändrad beteende med mer.

I USA har döda migrerande sjöfåglar hittats i solcellsparker, vilket har lett till hypotesen att överflygande fåglar missuppfattar solcellsparker som sjöar och försöka landa där. En landning i ”vattnet” leder till krockar som kan vara fatala. Även om landningen inte är direkt fatal kan den bli det indirekt (Chock m.fl., 2021). Vissa sjöfåglar (t.ex. doppingar) behöver en startsträcka i vattnet för att kunna stiga upp och kan således inte lämna parken om en sådan vattensträcka saknas. Andra fåglar kan falla offer för rovdjur efter en krock vid landning (Kagan m.fl., 2014).

Kräldjur och groddjur

Solcellsetablering inom livsmiljön för sandödlor (sårbar enligt Artdatabankens rödlistning 2020) bedöms ha negativ påverkan på beståndet enligt en tysk studie. Samma studie hänvisar till särskilda kompensationsåtgärder som kan skapa fungerande habitat. Inga andra reptiler nämns i studien, som ändå breddar slutsatserna till reptiler i större allmänhet (Peschel m.fl., 2019). Se kapitlet Möjliga lösningar för mer detaljer.

I vattenrika områden förekommer ofta amfibier. Solcellsanläggningar kan fungera väl som transportsträckor mellan vattenrika områden. Med anpassningar och rätt skötsel kan de även fungera som landhabitat och för övervintring. Om vattenytor fanns inom området för solcellsparken är det viktigt att dessa bevaras eller nya vattenytor skapas (Peschel m.fl. 2019).

Övriga djurarter

Bland andra djurarter har fälthare visat sig förekomma i stora mängder inom solcellsparker, där de tros ta skydd under solcellsraderna. Samtidigt verkar även den vanliga räven förekomma (Montag m.fl., 2016).

Försörjande ekosystemtjänster

Ytterligare en aspekt av solcellsparkernas påverkan är en möjlig konkurrens om mark med jordbruk eller skogsbruk: de försörjande ekosystemtjänsterna. Bland annat i Skåne och Halland – två län med mycket goda solinstrålningsförhållanden – har de senaste decennierna stora arealer bördig jordbruksmark ersatts av bebyggelse och infrastruktur till följd av olika typer av exploatering (Länsstyrelsen Skåne, 2015). Härmed minskas den faktiska eller den potentiella produktionen av livsmedel. För skogen finns en ökad konkurrens om ytor när skogsråvaror ses som en viktig resurs i en framtida bioekonomi.

Reglerande ekosystemtjänster

Om etablering av en solcellspark leder till negativ påverkan på biologisk mångfald, mängden biomassa eller markens jordhälsa kan det i sin tur leda till att naturens förmåga att leverera reglerande ekosystemtjänster på platsen försämras. Det kan till exempel innebära sämre förmåga att hantera vattenflöden eller rena luft och vatten. Även naturens förmåga att lagra kol i jord och växtlighet, och därmed reglera klimatet, kan påverkas. En minskad biologisk mångfald eller förändrad artsammansättning kan påverka förekomsten av pollinatörer.

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Kulturella ekosystemtjänster

Etablering av en solcellspark kan även påverka kulturella ekosystemtjänster som rekreation och estetiska upplevelser. En solcellspark kan innebära ett nytt, framträdande inslag i landskapet. Kanske förändrar solcellsparken upplevelsen av en plats, men hur människor uppfattar en solcellspark och den förändring av landskapsbilden den medför är subjektivt och kan tänkas vara beroende av faktorer som påverkar acceptansen för anläggningar för förnybara energi. Exempel på sådana påverkande faktorer (för vindkraft som har studerats rätt utförligt) är individens möjligheter att delta i beslutsprocessen samt huruvida hen personligen får del av värden som skapas av solcellsparken (Wüstenhagen m.fl., 2006; Liebe m.fl., 2017). En solcellspark kan även innebära att människors framkomlighet minskar, om områden stängslas in.

Stödjande ekosystemtjänster

Försämrad tillgång till ljus och vatten på marken under solcellerna kan påverka flera av de stödjande ekosystemtjänsterna, som fotosyntes och biogeokemiska kretslopp, negativt. Det kan i sin tur leda till att även reglerande ekosystemtjänster försämras. Även förändringar i biomassa och jordhälsa kan påverka förutsättningarna för de försörjande ekosystemtjänsterna.

Utvärdering av samexistens

Forsknings- och utvecklingsprojekt har gjorts internationellt kring solcellsparkers samexistens med biologisk mångfald och även ekosystemtjänster. En betydlig del av dessa studier är deskriptiva och beskriver biodiversiteten i ett antal solcellsparker. I länder som Tyskland, Italien, Storbritannien och Nederländerna har det arbetats aktivt för att solcellsparker ska utvecklas för att gynna biologisk mångfald och ekosystemtjänster (Peschel, 2010; BRE, 2014; Montag m.fl., 2016; Karin Svadlenek-Gomez m.fl., 2015; Semeraro m.fl., 2018; Schotman m.fl., 2021). Författarna av denna studie känner inte till några rapporter som gjorts för biologisk mångfald, ekosystemtjänster eller agrofotovoltaics i svenska eller nordiska solcellsparker och förutsättningar. Får används för att hålla nere vegetation mellan solcellsraderna i ett flertal svenska parker (t.ex. Sparbanken Skåne i Sjöbo och Solhagen i Lindesberg). Påverkan på biologisk mångfald från fårbetet har inte utvärderats systematiskt i Sverige. Svenska studier kopplad till annan energiinfrastruktur, som vindkraft och kraftledningsgator, har däremot gjorts (Svensson m.fl., 2015; Eriksson m.fl., 2011). Sammanfattningsvis riskerar solcellsparkernas markanspråk att bidra till den redan existerande pressen på våra skogs- och jordbruksarealer samt den biologiska mångfalden. Men med hänsynstagande i planering, anläggning och förvaltning av solcellsparkerna är det möjligt att påverkan kan minimeras, och att positiva värden för biologisk mångfald och ekosystemtjänster kan skapas. Rätt utformade solcellsparker skulle också kunna utgöra ett skydd mot annan, permanent exploatering av jordbruksmark, för att sedan återställas för odling.

Utvärderingsverktyg

Uppföljning och utvärdering av solcellsparkers påverkan på biologisk mångfald och ekosystemtjänster är viktigt. Olika studier föreslår att t.ex. standardiserad uppföljning och förvaltningsplaner för biodiversitet bör ingå som krav för tillstånd (van der Zee m.fl., 2019; Klaassen m.fl., 2018)

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

För att utvärdera påverkan på biodiversitet vid solcellsparker under utveckling och för planering av skötsel har Lancaster University och the University of York i England utvecklat ett verktyg för beslutsstöd som heter SPIES. Vid utvärdering är det viktigt att det finns en nollmätning före solcellsparkens etablering eller ett referensområde. Vid en artinventering är det viktigt att identifiera arter på platsen för anläggningen, men även inkludera arter som förekommer i närområdet. Det är inte bara arter som är viktigt att inventera utan även kvantifiera populationerna inom varje art (Klaassen m.fl., 2018). Verktyget har använts på nio parker i södra England för att maximera gynnande av ekosystemtjänster samtidigt som negativa effekter minimeras i kombination med förnyelsebar energiproduktion (Randle-Boggis m.fl., 2020). I Nederländerna driver Wageningen University and Research utvecklingen av ett nationellt anpassat kvalitetsindex för jordhälsa ”Soil Health Index”. Detta index kan användas för att följa upp förändringar i markens kvalitet och dess förutsättningar att leverera ekosystemtjänster (Klaassen m.fl., 2018; Wageningen Environmental Research, 2021).

I Sverige tillhandahåller Jordbruksverket en gratis app som hjälper markägaren att själv utvärdera jordhälsa på olika skiften, ”Hur mår min jord”. I appen ingår förslag på förbättringsåtgärder

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Möjliga lösningar och anpassningar

Det finns ett flertal möjliga lösningar för att skapa förutsättningar för biologisk mångfald och ekosystemtjänster i samband med storskaliga solcellsanläggningar. Med noggrann planering kan biologisk mångfald och ekosystemtjänster gynnas och stora miljövinster uppnås, samtidigt som markägarens ekonomi förbättras.

En solcellspark ger möjlighet att gynna biologisk mångfald och/eller odling under den tid som solcellsparken existerar (Scognamiglio, 2016). Idag räknas med att en solcellspark existerar i ett 30-tal år (Taylor m fl., 2019) med låg mänsklig närvaro. Åtgärder för att gynna biologisk mångfald kan handla om att till exempel etablera häckar, diken, stenmurar och så in växtblandningar med inhemska ängsväxter. En möjlighet består i att så pollen- och nektarrika växter i blomsterremsor. Det kan vara att etablera klätterväxter som kaprifol, murgröna eller rosor på säkerhetsstaket vilket även bidrar till att gynna de kulturella ekosystemtjänsterna. Genom att gynna växter och pollinatörer i basen på näringskedjan uppstår positiva effekter som påverkar hela ekosystemet. Det finns även möjlighet att låta får eller fjäderfä beta under strategiska tidpunkter mellan solpanelerna, så att ängsfloran hinner etableras och blomma (Taylor m. fl, 2019), Figur 3. Begreppet ”agrivoltaics” eller ”agriphotovoltaics” är en benämning på kombinationen av solelsproduktion kombinerat med jordbruksaktivitet. Vissa går längre och definierar markbaserad solelsproduktion i kombination med bete som ”rangevoltaics” (Willockx et al. 2020). Nedan går vi igenom ett flertal olika möjligheter och vad som har testats och utvärderas.

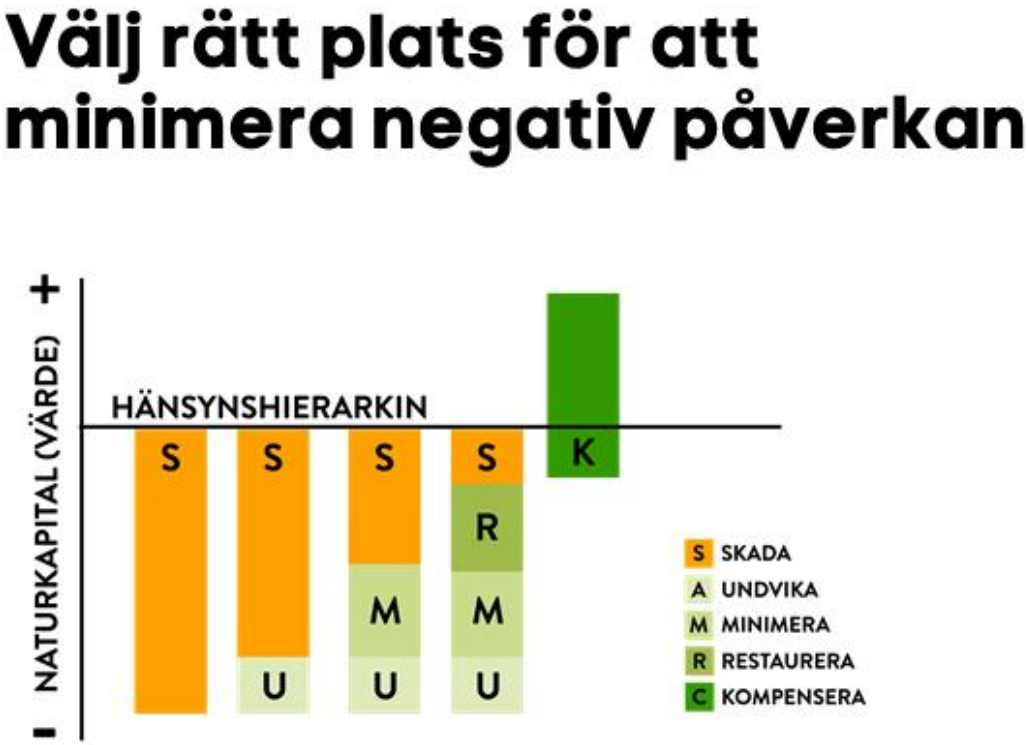
Minimering av negativ påverkan

För att skapa bästa förutsättningar bör biologisk mångfald adresseras tidigt i varje nytt utvecklingsprojekt. På så vis kan negativ påverkan så långt som möjligt undvikas genom att till exempel inte fragmentera landskapet, förlora habitat eller ge upphov till kollisioner med fåglar och fladdermöss (BRE, 2014; Dolezal, 2021; Bennun m.fl. 2021). En undersökning av platsens befintliga naturvärden rekommenderas. Svenska Institutet för Standarder (SIS) har tagit fram standarder för naturvärdesinventering avseende biologisk mångfald (NVI) för att underlätta upphandling och kvalitetssäkring (SIS 2014 a, SIS 2014 b). Den innehåller grundkrav för utförande och kompetens och ger riktlinjer för en enhetlig terminologi. Principen för inventeringen är att undersöka vilka förutsättningar ett område har för att hysa biologisk mångfald. Varje område bedöms utifrån två parametrar - artvärde och biotopvärde. Artvärdet bestäms av förekomst av sällsynta, rödlistade, skyddade eller andra arter som indikerar värdefulla miljöer. Biotopvärdet beskriver förutsättningar för en stor biologisk mångfald i området.

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Figur 3. Betande får och bevarande av död ved på betesmark i kombination med solelsproduktion i Solhagen, Torphyttan. Bilder: Tora Råberg 2021

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0



Figur 4. Hänsynshierarkin. Bilder och illustration: Ecogain

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Ett konkret angreppssätt för att minimera negativ påverkan är att tillämpa varje steg av den så kallade hänsynshierarkin (se Figur 4) inför varje ny exploatering (Naturvårdsverket, 2016). Hierarkin bygger på de fyra stegvisa åtgärderna undvika, minimera, restaurera och kompensera. Syftet är att uppnå netto-noll (”NoNetLoss”), och helst netto-positiv påverkan på biologisk mångfald (”Biodiversity Net Gain”) (Forest Trends 2018).

Det är vanligt att solcellsparker etableras på jordbruksmark eftersom det är ideala förhållanden där; det är ofta platt, torrt, oskuggat och nära elinstallationer. I vissa fall har den utvalda marken dålig bördighet för att den är stenigt eller ofta översvämmas. Då kan det vara mer lönsamt att producera solel i kombination med vall i stället för livsmedel. Om marken arrenderas ut är ersättningen flera gånger högre vid produktion av solel än livsmedel. Lönsamheten vid olika typer av markanvändning beror på markens bördighet, val av gröda och hur energipolitiken utformas. Genom att välja en åkermark med låg biodiversitet och låg bördighet för solcellsparker minskar risken för negativ påverkan. Gaspartos m.fl. (2017) föreslår ökenlandskap (USA) och i Storbritannien föreslås jordbruks- eller betesmark med låg bördighet. En betesmark med låg bördighet kan dock ha hög biodiversitet, vilket skulle kunna påverkas negativt av en solcellspark som resulterar i partiell skuggning.

Bördiga, högproduktiva jordbruksmarker har ofta en lägre biologisk mångfald än jordbruksmark med låg bördighet, vilket i teorin gör dem lämpliga för byggandet av solcellsparker, men det finns uppenbara målkonflikter i det. I Nederländerna diskuteras motsättningen mellan att minimera påverkan på biologisk mångfald och att minimera påverkan på matproduktion vid val av mark för solcellsparker.

Det finns även förslag på att etablera solcellsparker nära flygplatser där det önskas låg växtlighet för att undvika säkerhetsfrågor som berör flyget (DeVault m.fl, 2013). Solpanelerna har en yta som minskar risken för reflektion av ljus, men det är en aspekt som behöver utredas noggrant ur säkerhetssynpunkt. Det är viktigt att komma ihåg att den återkommande klippningen av gräsmark på flera flygplatser har gett en slåtterliknande effekt med hög artrikedom (Faunistica, 2013). Det är därför viktigt att biologisk mångfald inventeras där solcellsparker planeras och i dess omgivning. Därefter kan åtgärder som främjar djur och växter göras, vilket är särskild viktigt när det inte är möjligt att välja en mark med låg biodiversitet.

I en markbaserad solcellsanläggning kommer växtlighet att etablera sig, vilket kräver skötsel för att successionen inte ska leda till etablering av högre gräs, örter, buskar och träd som riskerar att sänka elproduktionen på grund av skuggning. Det finns ett flertal tekniker att välja mellan som tex gräsklippare, slåtterbalk, herbicider, bete eller marktäckning. Att använda herbicider bör undvikas av miljöskäl och marktäckning av stora områden kan vara tekniskt komplicerat, men rekommenderas inte heller med hänsyn till biologisk mångfald.

Ökad biologisk mångfald

De flesta studierna är eniga i att solcellsparker kan bidra till ökad biologisk mångfald med rätt inventering och planering inför byggandet.

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Grundförutsättningen är att parken byggs på en plats som inte har någon hög biologisk mångfald från början. Här lyfts jordbruksmark som exempel. Viktigt att hålla i åtanke är att endast ökat antal arter i sig inte är hela bilden. En solcellspark kan ändra förutsättningar för vissa arter till det positiva samtidigt som andra arter missgynnas. Fokus bör ligga på att stötta lokalt viktiga arter, vilket kräver projektanpassning.

Markens näringshalt

En analys av markens kvalitet samt vegetation i 25 solcellsparker byggda på jordbruksmark i Nederländerna har visat att ett underhåll inriktad på att få ner näringsinnehållet gav en ökad mångfald i vegetation. En drastisk men effektiv åtgärd kan vara att gräva bort markens matjord och t.ex. använda den som en vall (med växtlighet) runt parken. Utan bortförsel krävs klippning och bortforslande av vegetationen under minst fem år för att utarma marken och förbättra förutsättning för blommande ängsväxter. Endast klippning eller djurbete under sommaren är inte tillräckligt, eftersom en viss del av näringen återförs som gödsel. I undersökta solcellsparker var antalet mer sällsynta växtarter (definierat som förekommande i färre än 700 av landets 1685 rasterfack på 5 x 5 km) vanligare på före detta betesmarker än på tidigare åkermark (Schotman m.fl., 2019). Det kan vara intressant med långsiktig uppföljning av dessa skillnader.

Optimering av den tekniska utformningen

Vid uppförande av en solcellspark finns en risk att marken komprimeras, eroderas eller slammar igen, vilket minskar jordhälsan och försämrar förutsättningar för biologisk mångfald, produktion och andra ekosystemtjänster (Klaassen m.fl., 2018).

Om pålade ställningar (eller liknande) används för montering av solpaneler uppstår endast minimala störningar av marken och de upptar ca 1% av markytan. Detta till skillnad mot betongfundament som tar betydligt större anspråk på markyta. Resterande infrastruktur påverkar ca 5% av markytan och ca 25–40 % av markytan skuggas delvis av panelerna. Det gör att 95% av markytan i en solcellspark är tillgänglig för växter och djur (BRE, 2014). Däremot är det stor skillnad med avseende på mikroklimat mellan den beskuggade marken och den mark som får full solinstrålning. Detta innebär att det är olika växtförutsättningar i olika delar av parken.

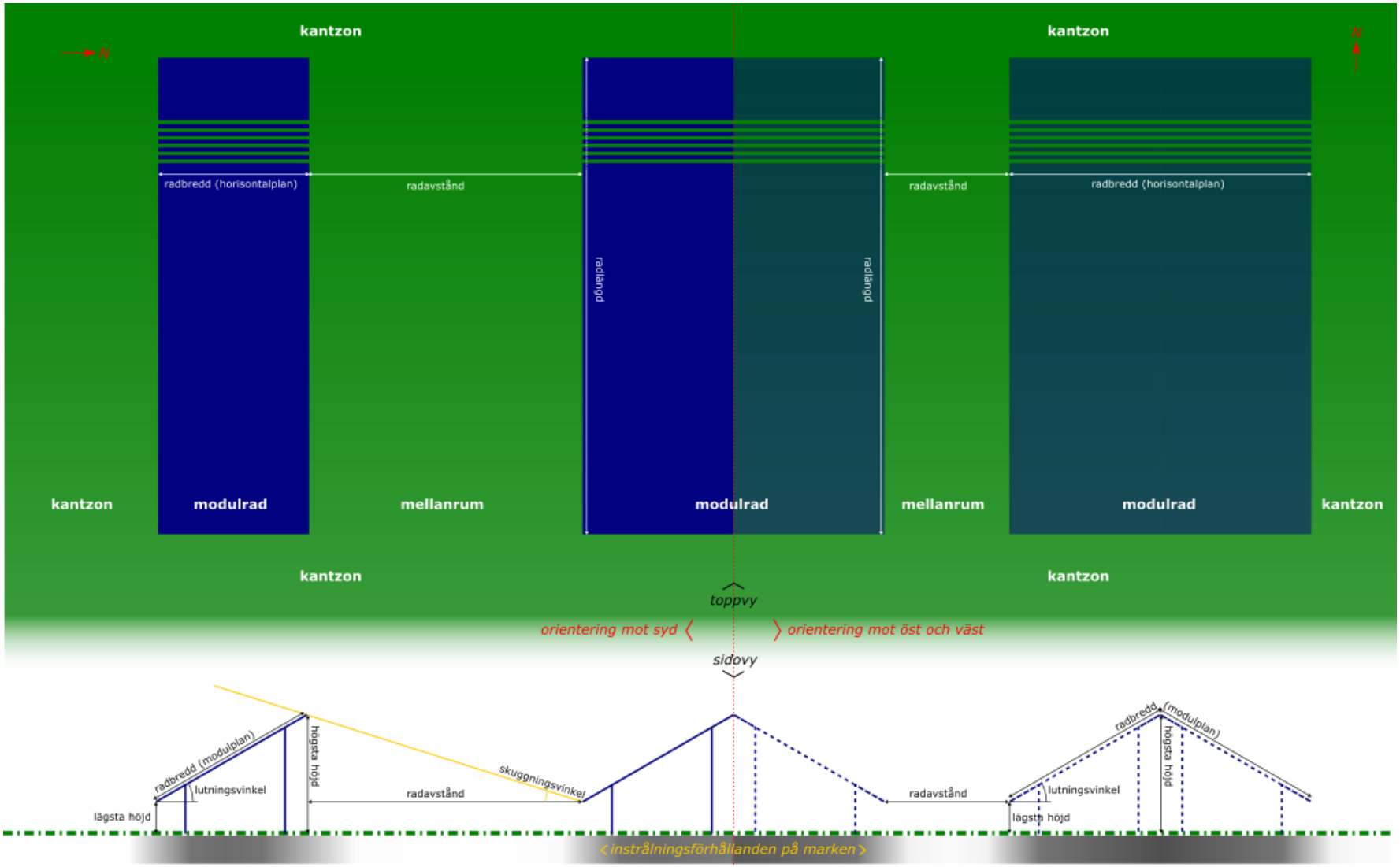
Radavstånd och monteringshöjd

Under och mellan solpanelerna bestäms förutsättningarna för växtlighet av mängden och spridning av ljus och nederbörd som når marken, se Figur 5. Figur 6 visar två vanliga uppställningar för solcellsrader i en solcellspark i topp- och sidovy, samt ljusförhållandena under och mellan raderna. Hur mycket solljus som når marken under solcellsmodulerna beror främst på bredden och höjden på solcellsraderna, vilket enklare kan förstås med hjälp av sidovyn i samma figur.

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Figur 5. Vegetation under olika solcellsuppställningar. Bilden till vänster visar undersidan av en monteringslösning med öst-västorienterade rader med stor skuggeffekt på vegetationen. Bilden till höger visar en söderorienterad anläggning med stora avstånd som släpper in diffust solljus till vegetationen under panelerna. Foto: Michiel van Noord, Tora Råberg (2021).

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0



Figur 6. Toppvy och sidovy för vanliga monteringssätt för solcellsmoduler i solcellsparker (rader orienterade mot syd, alternativt rader orienterade mot öst och väst). Illustration: Michiel van Noord, 2021

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Smalare och högre placerade solcellsrader (ökad lägsta och/eller högsta höjd) släpper in mer (diffust) ljus under panelerna, vilket gynnar växtrikedom. Montering med minst 1 cm mellanrum mellan panelerna är att föredra för att släppa in lite mer ljus och viss nederbörd. Paneler i liggande (även kallad: ”landscape”) orientering bidrar också till en jämnare vattenfördelning under solcellerna till följd av fler mellanrum i modulplanets bredd. Vid paneler som monteras som ett pyramidformat tak riktat mot öst och väst (till höger i Figur 6) minskar ljusinsläppet under panelerna radikalt då båda långsidor ”stängs till”. Samtidigt förhindras även nederbörd i större utsträckning från att nå marken.

Även förutsättningarna för ett (rikare) växt- och djurliv mellan solcellsraderna är beroende av solcellsradernas utformning. Ljusförhållanden mellan raderna avgörs främst av radernas högsta höjd och radavståndet. Nederbördsförhållanden påverkas starkt av radernas bredd, då nederbörd på raderna i huvudsak rinner av vid radens lägsta sida. Modulernas lutningsvinkel och avståndet mellan söderriktade rader (till vänster i Figur 6) optimeras med hänsyn till solens bana och parkens tillgängliga yta. Den inbördes skuggningsvinkel mellan raderna (se samma figur) är dimensionerande för radavståndet då vinkeln i regel planeras vara högst 20–25° (i södra Sverige). Rader med större höjdskillnad mellan högsta och lägsta höjd får därmed också större avstånd mellan raderna, vilket i sin tur leder till större variation i parken och större utrymme för vegetation, bete eller odling. En studie i Nederländerna (Schotman m.fl., 2019) konkluderar att hög mångfald av växter (främst kvantitet) är möjligt vid radavstånd från 2 meter och uppåt vid lämplig skötsel, dock kan giltigheten av denna slutsats ifrågasättas. Studien inkluderade endast två parker med radavstånd under 1,95 meter (av totalt 25 parker) och både dessa parker hade relativt hög biodiversitet. En av dessa två parker hade rader med öst/väst-orientering.

Om solcellraderna har öst/väst-orientering är inbördesskuggning mellan raderna ingen faktor i planeringen och därmed kan radavstånden anpassas ganska fritt från inget avstånd alls till ett mindre mellanrum anpassad efter andra behov, som skötsel eller tillgänglighet för service. Med typiskt mindre radavstånd ger öst/väst-orienterade rader sämre förutsättningar för vegetation och odling mellan panelerna, men eventuellt kan förutsättningar skapas för exempelvis fladdermushabitat eller svampproduktion i skuggan under panelerna, till höger i Figur 6.

Med hänsyn till djurliv har samband hittats mellan radavstånd och förekomst av vissa djurarter. En tysk studie där de har genomfört biologiska undersökningar på 21 till 26 solcellsparker (beroende på djurart) i främst nordöstra Tyskland (Peschel m.fl., 2019). Vid jämförelse av förekomsten av hopprätvingar mellan två angränsande solcellsanläggningar med olika radavstånd hittas större förekomst (både i antal arter och individuer) vid högre radavstånd. Rapporten hävdar att radavstånd på 3 meter och högre ger ett betydande bidrag i diversitet av insekter. Förekomst av amfibier har inte visats påverkas av radavståndet. För sandödlor hittas samband mellan större radavstånd (3 m och högre) och förekomst, under förutsättning att utformning och underhåll i övrigt är gynnsamt. Eftersom sambandet med radavståndet antas bero på soltillgång är radavståndets förhållande till högsta radhöjd relevant. Resultaten för sandödlor antas vara giltiga även för många andra reptilarter. Vad gäller förekomst av

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

häckningar är förutsättningarna olika beroende på fåglarnas vanliga häckningsplats. Hämplingar, som gärna bygger bo lågt i buskar eller träd, har hittats i solcellsparker med täta rader, där de byggt bo under modulerna. Häckning av markhäckande arter som sånglärka och svarthakad buskskvätta har hittats i parker med större radavstånd (> 3 m), medan buskskvätta hittats vid ännu större mellanrum mellan parkdelar. Observationer av sånglärkor indikerar att soliga zoner på minst 2,5 m i bredd, mellan klockan 9 och 17, under perioden mitten på april till mitten på september, är en förutsättning för häckning i parken. I motsats till en övervägande ökning av mångfald och individantal för andra arter så minskar förekomsten av häckande sånglärkor i undersökta solcellsparker jämfört med angränsande öppna kontrollområden.

Vertikala solpaneler

En utformning med dubbelsidiga och vertikala paneler i öst/västlig riktning utvärderas för att ge utrymme till agrar verksamhet som vallproduktion. Det förekommer även användning av panelerna som djurstängsel för både kor och höns (Next2Sun, 2021)

Anpassa panelval för vattenlevande insektsarter

Många insekter är beroende av polariserat ljus för att hitta vatten och reflektioner från solpaneler förväxlas med ljusreflektion från en vattenspegel (Fritz m.fl., 2020), vilket kan få negativa effekter på överlevnad. Effekten, som lockar insekter att landa och lägga ägg på solpaneler, verkar vara betydligt starkare med tunnfilmsmoduler utan ram (eller med polariserande ram) än för multikristallina kiselmoduler med vit bakgrund och aluminium ram. Densiteten av icke-polariserande reflekterande streck (som exempelvis aluminiumram) har stor påverkan på antalet insekter som landar på och/eller närmar sig solcellsmodulerna (Horváth m.fl., 2010). Författarna av studien verkar omedvetna om att de delvis jämför olika solcellsteknologier och det är därför inte helt klarlagt att det finns skillnader mellan själva solcellsmaterialen (vilket bilder verkar peka på) eller om skillnader endast beror på förekomsten av aluminiumram, busbars och vit baksida mellan solcellerna i modulen. Författarna verkar övertygade om att användning av kristallina kiselmoduler (med aluminiumram, vit bakgrund och två busbars) är avgörande (Horváth m.fl., 2010) Det framgår inte från studien om denna slutsats även gäller dagens dominerande kiselmoduler, med delade mono-kristallina celler, fler och tunnare busbars samt mindre mellanrum mellan cellerna. Om användning av kristallina kiselmoduler med aluminiumram och vit bakgrund efter inventering av kollisioner och skador inte visar sig avgörande kan kompletterande åtgärder undersökas.

En kraftig minskning av landning av insekter på paneler har även setts när dessa täcks av en beläggning som simulerar blad, samtidigt som god genomsläpplighet av solljus har uppnåtts (Fritz m.fl., 2020).

Inhägnad av solcellsparker och viltpassager

När ett stort område på flera hektar hägnas in för att avskärma en stor solcellspark kan det leda till barriäreffekter som minskar vilda djurs vandring. Det kan leda till försämrad överlevnad genom ökad inavel, brist på foder och skydd. Ett alternativ är att använda ett tillfälligt staket under konstruktionen för att minska risken för stöld och sabotage. Om fortsatt inhägnad önskas kan vildpassager skapas. Det bästa alternativet för vilt är att markägaren använder buskar för att avskärma

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

solcellsparken. Flera olika sorters inhemska buskarter skulle kunna anläggas runt solcellsparker, vilket både förhindrar insyn och samtidigt gynnar pollinerare och andra växtlevande insekter samt kan fungera som skydd och fortplantingsområde för smådjur och fåglar.

Valet av staket nära kända djurstigar och förflyttningsstråk bör i sektioner anpassas så att de är väl synliga och möjliggöra passage genom att krypa under eller hoppa över utan att djur kan trassla in sig eller kolliderar med installationer. Det går även att skapa staket som har temporära öppningar under de perioder då vilt förflyttar sig till vinter- eller sommarhabitat (Paige, 2008).

Ett staket kan agera stöd för klättrande växter och därmed ge upphov till övervintringsplatser för insekter, små däggdjur och fåglar, som tex den perenna murgrönan. Inom trysläktet finns både buskar och den klättrande kaprifolen vars blomning har visat sig gynna både dag- och nattaktiva insekter (Jachula m.fl., 2019). De enkelblommande vildrosorna är även flitigt besökta på grund av deras näringsrika pollen (Lind-Lewin & Fabricius-Kristiansen, 2020). Det kan även gynna bladrullarbin som är effektiva pollinerare och flera av dem föredrar rosenblad för att tapetsera sina äggläggningsgångar (Chinery, 2004).

Skapa (nya) livsmiljöer

Insådd av artrik lokal flora för gynnande av pollinatörer

Flera fröföretag på den svenska marknaden erbjuder idag fröblandningar optimerade för att gynna olika funktionella grupper inom biologisk mångfald. Dessa blandningar kan sås in på marken i en solcellspark. Det är rimligt att olika växtarter trivs i mellan rader och att andra arter kan trivas i halvskuggan på norrsidan av panelrader.

Pollinering klassificeras som en reglerande ekosystemtjänst, eftersom den reglerar naturliga processer i likhet med luft- och vattenrening. Pollinering är också en förutsättning för livsmedelsproduktion, vilket räknas som en försörjande ekosystemtjänst. Pollineringen i såväl naturen som i jordbruks- och trädgårdsodling blir oftast bättre om det finns en mångfald av pollinatörer. En sådan mångfald innefattar olika artgrupper, såsom bin, fjärilar och blomflugor, och arter med olika födosökstrategier, som generalister och specialister. Dessutom behövs en funktionell mångfald, där olika arter och artgrupper kan komplettera varandra för att uppfylla det totala pollineringsbehovet (Naturvårdsverket, 2018). I Sverige är 5% av jordbruksgrödorna beroende av pollinering och dessa grödor skulle kunna gynnas av närhet till en solcellspark som satsar på att gynna pollinatörer. Av dessa grödor odlas oljeväxter som raps och rybs främst i landets södra delar. Trindsäd som ärt och åkerböna kan däremot odlas ända upp till Dalarna och Värmland. Många frukt- och bärarter, tex jordgubbar, äpple och svarta vinbär är helt beroende av pollinering och produktion förekommer ända upp till Tornedalen i Norrland (SCB, 2020). Många former av friluftsliv och rekreation i Sverige bygger på pollinatörernas och växternas samspel; biodling och bärplockning är två viktiga exempel (Naturvårdsverket, 2018).

En Solcellspark i Oregon etablerades på mark som använts för bete. En ursprungsflora såddes in och nu har projektet fått många ”spin-offer” på andra solcellsparker. Målet är att vända trenden av minskande förekomst av bin, fjärilar och

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

andra nyckelpollinatörer – en trend som vi delvis även ser i Sverige (Eide m.fl, 2020; Borgström m.fl, 2018). Det är viktigt att blanda en stor bredd av naturligt förekommande arter, för att stödja många olika pollinatörer och matcha växtarter med varierande förutsättningar i parken. Många fjärilar är till exempel beroende av specifika örter för att kunna etablera sig. Än så länge finns endast begränsade inventeringar om långsiktig etablering och överlevnad att stödja investeringen på (Montag m.fl., 2016).

Ny betesmark

Redan existerande naturbetesmarker med höga naturvärden bör inte omvandlas till solcellsparker eftersom det riskerar minska artrikedomen. På nya betesmarker finns möjlighet att så in fröblandningar med inhemska växtarter för att gynna biologisk mångfald. På så sätt kan det bli en win-win situation där biologisk mångfald frodas samtidigt som betesdjuren kan bidra till livsmedelproduktion. Se vidare under stycket Djurhållning nedan.

Inhemska solitärbin

Det finns en stor variation av inhemska solitärbin som det skulle vara möjligt att skapa förutsättningar för ökad pollinering av grödor. Alla bin behöver tillgång på vatten, nektar och pollen, men de har olika krav på bomaterial. Vissa gynnas av sandiga marker, andra behöver murkna stockar eller murar, medan ytterligare andra är beroende av tillgång till lera för att mura in sina ägg i skyddande celler. Sandbin är flitiga besökare av vinbär och krusbärsblommor, medan vissa buksamlarbin behöver barrträd för att klä in sina bon och andra är specialiserade på blåklockor som används till både föda och som viloplats. Vissa bladskärarbin eller tapetserarbin gynnas av tillgång till rosenblad för att bygga gångar till sina larver. Många solitärbin lever på videblommor och andra är specialister på lungört och andra trattlika blommor (Chinery, 2004).

En lyckad kommersiell satsning kopplad till vilda solitärbin finns i Tyskland där det förekommer försäljning av puppor från rödmurarbin och fruktmurarbin, eftersom de gör ett effektivt och viktigt arbete på större fruktodlingar (The mason bee store (2021-05-03).

Honungsbin

Det honungsproducerande tambiet har visat sig konkurrera ut vildbin. Tambiet har inte förmåga att pollinera frukt, bär, trindsäd, baljväxter, grönsaker och blommor i samma utsträckning som vildbin, vilket visat sig som lägre skörd på gårdar med biokupor (Angelella et al, 2021, Ropars et al 2019).

Sandödlor

Sandödlor är beroende av sandiga, soliga, öppna ytor med gles vegetation. De behöver kunna både sola sig, lägga ägg, gömma sig och hitta övervintringsplatser. I Tyskland har områden och strukturer som sandödlorna behöver anlagts i solcellsparker. Främst har det anlagts längs med staketet som inhägnar området samt längs med vägarna inne i parken. Som nämnts i tidigare avsnitt gynnar större radavstånd (>3 m) förutsättningarna för sandödlor genom att erbjuda fler soliga platser. Om ovan nämnda förutsättningar samt ett rikt insektsliv finns på plats kan sandödlor leva året runt i en solcellspark och även utöka sin population (Peschel m.fl., 2019).

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Groddjur

Tillgång till vattenmiljöer är viktigt för att groddjur ska kunna fortplanta sig. Övrig tid lever dock djuren på land varför även sådan lämplig livsmiljö med göm- och övervintringsplatser måste finnas i en solcellspark för att den ska vara lämplig för groddjur. Det måste också finnas tillräckligt mycket föda för att groddjuren ska kunna leva i solcellsparkerna. En extensiv skötsel med till exempel få klipptillfällen av vegetationen inom anläggningen bidrar i regel till tillräckligt med föda i form av insekter och spindlar (Peschel m.fl., 2019).

Hålhäckande fåglar

Fågelarter som inte bygger sina bon på mark eller under modulerna kan hjälpas genom att skapa olika typer av fågelholkar eller andra håligheter för häckning (Peschel m.fl., 2019).

Rätt underhåll

För den långsiktiga fortlevnaden av växter och djur är rätt underhåll och förvaltning en avgörande faktor. För hög initialt näringsinnehåll kan bidra till att grässorter dominerar kraftigt. För att succesivt komma till rätta med det och få in mer örter förespråkas ett extensivt underhåll där gräsklippet efter klippning förs bort för att utarma jorden (van der Zee m.fl., 2019). Ett annat sätt att utarma jorden är att bana av matjorden som säljs eller används för odling i en viss del av parken (Schotman m.fl., 2021). Skötseln av växtligheten bör också vara sektionerad så att t.ex. stråk med högre växtlighet kan fungera som övervintringsplatser för insekter och smådjur (Schotman m.fl., 2021).

Försörjande ekosystemtjänster

Den första testanläggningen för ”agrivoltaics” byggdes av det franska forskningsinstitutet INRA utanför Montpellier, där analyserna pekade mot en ökad produktivitet av marken från både livsmedelsproduktion och elgenerering (Dupraz m. fl. 2011). En av deras slutsatser var att vinkeln på solpanelerna kan behöva optimeras så att tillräckligt med ljus når ner till höstsådda grödor, för att de ska få signalen som startar groning och tillväxt. Vidare lyfter de att förändrad jordtemperatur, återfuktning genom nederbörd och förändrade vindmönster kan påverka produktionen. Jordpartiklar på solpanelerna nämns som ett potentiellt problem (Dupraz m. fl. 2011). En förbättringsmöjlighet för ökad solinstrålning är att använda sig av semitransparenta paneler (Willockx m.fl. 2020). Ett annat sätt att minska på solcellernas påverkan i fasta installationer är att sätta panelerna glesare (Suuronen, 2017). I system där man kombinerar elproduktion med odling har 50% täckningsgrad nämnts som en bra avvägning mellan elproduktion och odling, men vad som är lagom beror på lokala förhållanden och gröda (Dinesh & Pearce, 2016; Dupraz et al., 2011; Weselek et al., 2019). Det finns även solföljande monteringslösningar som automatiskt vinklar solcellsmodulerna mot solen på en eller två axlar. Enaxliga solföljarsystem har visat sig ge mindre påverkan på mikroklimat (t.ex. släpper igenom mer ljus) än fastmonterade solceller med liknande täckningsgrad. I försök med sallatodling i södra Frankrike var markeffektiviteten (sallatodling och solelproduktion) störst med vanliga enaxliga solföljarsystem, medan sallatproduktionen kunde ökas ytterligare om solcellsmodulerna vändes för att släppa igenom maximalt med solljus fram till kl. 11 och efter kl. 15 (soltider). (Valle m.fl. 2017). Höga

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

monteringskonstruktioner anges som dyra jämfört med lägre, vilket enligt Trommsdorff m.fl. (2021) talar för att man i första hand bör kombinera solceller med odling som inte är beroende av stora maskiner. Det finns även fullskaliga försök med tvåsidiga solcellsmoduler som monteras i vertikala rader och därmed ger ett ännu mindre avtryck på marken (Schneider m. fl, 2020). Djupet för nedgrävning av kablar måste anpassas efter planerad verksamhet, tex kräver harvning, fräsning och sådd ett djup av ner till 0,15 m.

Nu finns olika typer av forskningsanläggningar och kommersiella försök med odling under solpanelerna bland annat i Tyskland, södra Europa, Kina, Japan och Nord- samt Sydamerika. Enligt en litteraturstudie från Weselek m.fl. (2019) är olika kålsorter, vete, majs och potatis de vanligaste växterna, som placeras under solcellsmoduler på 3–5 meters höjd för att frigöra plats åt lantbruksmaskiner. Detta föranleder ökade investeringar i monteringskonstruktioner som rent företagsekonomiskt inte verkar vara försvarbara i tyska förhållanden (Schindele m.fl., 2020). I majoriteten av den kapacitet av agroPV som idag finns installerad i Tyskland (10 av 10.6MW) odlar man däremot ginseng för den värdefulla roten (Trommsdorff m.fl. 2021).

Grödval

Växter behöver ljus för fotosyntes, och förmågan att använda infallande ljus skiljer sig från växt till växt. Beroende på växtarter minskar fotosyntesen vid olika ljusintensitet. Ljusmättnadspunkten är ett viktigt kriterium för att förutse grödans lämplighet för att odlas i AGRO PV system. När plantan blir ljusmättad kan den inte omvandla ytterligare ljus till fotosyntesutgång och kan till och med skadas. Ju lägre denna ljusmättnadspunkt är för en växt, desto bättre lämpar den sig för att växa under ett AGRO PV system (Frauhofer ISE, 2020).

Produktion av perenna växter som varken sås eller skördas maskinellt och därmed inte är beroende av så höga eller glesa installationer, håller på att testas i ett holländskt projekt (Elissen, 2021). Testodling pågår redan under 4500 stycken solpaneler med hallon och röda vinbär och ska utvärderas. Målet är att minska påverkan från torka och kraftig nederbörd (Stultiens, 2021). Det finns ett flertal arter som kan trivas att växa i det mikroklimat som skapas under panelerna med halvskugga till exempel blåbär, svarta vinbär och smultron.

Vissa annueller som inte kräver stora maskiner skulle också kunna vara aktuella för svensk produktion i solcellsparker tex sallat, maché, blomkål, broccoli, spenat, rucola, mangold, selleri, ramslök, persilja, mynta, citronmeliss, asiatiska bladgrönsaker (till exempel kålväxter som tatsoi och Pak Choi). Det finns inga studier som fördjupat sig i om mikroklimatet i svenska solcellsparker ger upphov till mer eller mindre gynnsamma förutsättningar för grödor. Ljusinstrålningen kommer begränsas under vissa tider, men det gynnar flera grönsaksgrödor och baljväxter. Det kan behövas droppbevattning eftersom vattentillgången kan komma att bli ojämn. Pilotprojekt behöver utvecklas mellan företag, forskningsinstitut och universitet för att utvärdera och kunna ge rekommendationer.

Svampproduktion

I Holland finns försök med odling av den japanska svampen Shiitake som ympas in på döda trädstammar som placeras i skuggan (Bass, 2021)

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Djurhållning

Vegetation behöver hållas låg i solcellsparkerna för att inte skugga solpanelerna. Betande djur kan ha en viktig funktion i detta, om installationen anpassas för den typ av djur som avses beta under panelerna. Många växter och djur, till exempel många insekter, gynnas dessutom av bete. Större djur som hästar och kor har ansetts ha storlek och styrkan att rubba infrastrukturen som solpanelerna monteras på. Grisar och getter ibland har skadat kablar som placeras under marken. Däremot har goda erfarenheter uppnåtts med får och frigående höns (BRE, 2014). Getter gillar dessutom att klättra och hoppa på alla typer av tillgängliga objekt. I Kalmar län, Skåne och Västra Götaland finns flest hektar betesmark jämfört med andra län i Sverige (SCB, 2020) och det är kanske extra intressant att utreda möjligheter till kombinerat bete med solcellspark.

Får

Kablar ska förläggas så att får inte kan fastna i dem (Schotman m.fl., 2021). Höjden och utformning på installationen är viktig att anpassa för att undvika skador på får (vassa kanter) och paneler. Fårbete har provats på flera håll i Sverige, som i Lindesberg, Sjöbo och Varberg. En fördel med betande får är att de kommer åt att beta i svåra vinklar som en gräsklippare eller andra lantbruksmaskiner inte kommer åt. Fårbete som skötsel rekommenderas även i Storbritannien, för hantering av växande vegetation och för att bibehålla markens bördighet. Fårbete kan innebära billigare underhåll än mekanisk skötsel. Får hinner inte alltid med tillväxten på högproduktiv mark och är dessutom selektiva i vad de äter, vilket kan innebära att kompletterande klippning behövs (Schotman m.fl., 2021). Solpanelerna bidrar med skydd för fåren vid stark sol, regn och blåst. En plan för hållbart bete anpassat efter platsen kan utvecklas i samråd med en ekolog med expertis inom biodiversitet (BRE, 2014). Som noterats under avsnittet om biologisk mångfald så kan fårbete ha en negativ effekt på artrikedom.

Kaniner

Det finns möjligheter med fler djurslag som betar vegetationen, som tex kaniner. Solpaneler och stängsel ger visst skydd mot predatorer och kaniner får skugga av installationen. Forskare har gjort beräkningar på affärsmöjligheten vilket visat på ett gynnsamt scenario i USA (Lytle et al, 2021)

Fjäderfä

I England finns erfarenheter av att kombinera broilerhöns, äggproducerande höns och gäss med solenergiparker. Det har fastslagits att en djurtäthet på 2000 djur/ha är tillåtet under brittiska förhållanden (BRE, 2014). En fördel med panelerna förutom solskydd och regnskydd är att de även ger visst skydd mot rovfåglar. En viktig aspekt är att monteringen behöver anpassas så att fåglar inte ser solpanelerna som sittpinnar, vilket kan vara en risk med höns som har viss flygkapacitet.

Även kalkoner, rapphöns, fasaner och vaktelfåglar kan potentiellt kan gynnas av att födas upp i skydd från rovfåglar under solcellerna.

Risker med oönskad kontaminering eller anrikning i solcellsparken

Industrimark eller på annat sätt kontaminerad mark passar bra för solcellsparker men inte i kombination med livsmedelsproduktion eller djurhållning.

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Även urlakning av olika ämnen från paneler till marken i parken, t.ex. zink eller aluminium från monteringsställningar eller fluorerade kolväten från solcellsmoduler kan utgöra en möjlig negativ påverkan, som dock inte har studerats tillräckligt. Möjligen ska försiktighetsprincipen hanteras, vilket innebär att alltid välja ett alternativ som inte medför negativ påverkan, när det finns ett sådant alternativ. I nuläget pågår inga utvärdering eftersom risken har ansetts obetydlig av Kemikalieinspektionen.

Kulturella ekosystemtjänster

Den visuella upplevelsen av solcellsparken skiljer sig om den är byggd på en stor grusad yta eller en blomstrande äng som myllrar av liv, om parken är inhägnad med ett högt metallstängsel eller om staketet t är bevuxet av rosor och kaprifol. De kulturella och rekreativa ekosystemtjänsterna är mer än en ytlig värdering och kan ha stor påverkan på hur grannar upplever solcellsparken. Enligt van der Zee m.fl. (2019) är det att föredra att lokalbefolkningen märker så lite som möjligt av solcellsparken. Men det finns även andra angreppssätt. I solcellsparken Blangslev i Danmark har platsen designats med parkbänkar och bär för mänskliga och icke mänskliga besökare. I planeringen har åtta distinkta biodiversitetszoner skapats. Några av dem beskrivs genom informationsskyltar som inspiration för att öka allmänhetens acceptans för solcellsparker. Stora stenar har samlats ihop i en solig sluttning för att samla värme som skapar mikroklimat för kallblodiga djur. En våtmark har skapats genom att gräva bort jord från den lägst liggande punkten. Ett område i anslutning till parken har dedikerats till en skogsträdgård där besökare och vilda djur kan njuta av de ätliga frukter och nötter som produceras (Blangslev, 2021).

Även solcellsparken ”De Kwekerij” i Hengelo, i Nederländerna, har en aktiv dubbelfunktion för rekreation och främjande av biologisk mångfald. Boende i området har involverats tidigt i planering av parken, som omfattar 7 hektar markyta. Solpaneler täcker 17% av ytan (större yta påverkas av delbeskuggning) och på övriga delar har det anlagts bland annat buskskog, blomängar och diken och gropar för buffring och infiltration av dagvatten. Fårbete prövas med varierande intensitet och på en del av parken sköts växtligheten genom klippning och bortforsling. Parken har en hög biologisk mångfald av växter och attraherar många fåglar och insekter. Parken ligger i direkt anslutning till ett radhusområde och jordbruksmark. En trädallé har planterats på gränsen mot jordbruksmarken. För rekreation finns en picknickplats, stigar, och lekobjekt i naturmaterial. Parken är öppet för besökare året runt och används mycket av boenden i närområdet. Parken förvaltas av en nyinstiftad stiftelse som även organiserar guidningar och föreläsningar (Stichting solarpark de kwekerij, 2021; Schotman m.fl. 2021).

Övriga ekosystemtjänster och funktioner i marken

En bra jordhälsa är viktigt inte bara för matproduktion och biologisk mångfald men är även en förutsättning för andra ekosystemtjänster. Tillgång på tillräckligt med ljus och vatten är en avgörande förutsättning för en bra jordhälsa över tid. Särskild för marken under solcellsmodulerna kan detta bli en utmaning. Solcellsraderna bör därför hållas

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

smala så att ljus och nederbörd når ner till jorden och det är även fördelar med högre rader som ger lägre negativ påverkan.

Vattenreglering

Solcellsparker kan inkludera diken och/eller dammar eller våtmarker för buffring och lokalt omhändertagande av dagvatten i närhet till bebyggda miljöer (Schotman m.fl., 2021). Vattenbuffring med översvämningskapacitet kan även vara relevant i områden som regelbundet drabbas av översvämning.

Buffertkapaciteten i jordens vattenhållandeförmåga minskar om tillgången till nederbörd och solljus kraftigt reduceras, vilket naturligtvis även minskar vegetationens förmåga till överlevnad (>75% minskning) (Klaassen m.fl., 2018).

Lagring av kol i marken

Teoretiskt kan marken i solcellsparker ge upphov till netto-inlagring av kol. Förutsättning är att det finns tillräckligt med vegetation under solcellsraderna, vilket är beroende av att tillräckligt med ljus och vatten. Därmed kan en solcellspark med satsningar på biologisk mångfald bidra till att minska växthuseffekten öka jämfört med en solcellspark utan växtlighet. Eftersom panelerna tar upp en del av ytan kan kolinlagringen bli lägre i en solcellspark jämfört med en vanlig åker om solcellsraderna lokalt minskar tillväxten (van der Zee, 2019).

Det har funnits farhågor om att solcellsmodullerna skulle orsaka en minskad mullhalt i jorden, men det har inte kunnat påvisas ännu. Möjligen beror det på att studierna gjorts efter relativt kort tid (2–3 år) efter etablering av parkerna (Schotman m.fl., 2021).

Plan för nermontering och återställning av solcellspark

Det är viktigt att det finns en avsiktsförklaring för när solcellerna inte längre levererar det ägaren önskar. Planeras utbyte till modernare solceller eller planeras återställande till jordbruksmark eller annan, tidigare markanvändning? Om det är gynnsamt att förnya solcellerna så kan det med största sannolikhet gå att göra utan att skada det etablerade ekosystemet. Ska marken återställas till tidigare användning så kan jordens bördighet bevaras, genom att låta matjorden vara kvar, bevara eller etablera ängs- eller betesmark. Förutsättning för en sådan återställning är att även jorden under solcellerna behåller bra hälsa (se förra avsnitt), annars uppskattas återställning av organiska material i marken ta minst 10 år innan den är lämplig som jordbruksmark (van der Zee m.fl., 2019). I England rekommenderas bete som den mest hållbara skötselmetoden för markvegetation på mark som ska kunna återgå till lantbruksmark (BRE NSC, 2013). Läs om möjliga nackdelar av fårbete för biologisk mångfald i avsnittet ”Markens .

Genom att redan från början avsätta en fond för att täcka nedmonteringskostnader kan myndigheter och grannar känna sig trygga i att solcellsparken kommer att tas om hand på ett ansvarsfullt sätt. Att marken kan återställas och att delarna hanteras på rätt sätt Det är av största vikt eftersom solcellerna kan innehålla bly (PbI_2), tenn (SnI_2), kadmium, koppar och fluorerade kolväten som kan påverka ekosystem och människor på ett negativt sätt om panelerna inte hanteras ansvarsfullt (Kwak m.fl. 2020). I Sverige finns lagstiftning i enlighet med WEEE-direktivet som föreskriver producentansvar och reglerar

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

vilka aktörer som får samla in och hantera uttjänta solpaneler och kringutrustning (Naturvårdsverket, 2021b).

En plan för återvinning av paneler, monteringsställningar och fundament behöver tydliggöras. Det kan uppstå problem för lantbrukaren om marken under solcellsparken övergår till permanent gräsmark eller betesmark och därmed inte får brukas igen som jordbruksmark (BRE, 2014). För biologisk mångfald skulle en sådan förändring troligen vara positiv jämfört med produktion av livsmedel genom traditionellt lantbruk.

Ekonomi

Försäljning av el från solcellsparker diversifierar inkomstkällorna för lantbrukare, vilket skapar mer ekonomisk trygghet i händelse av att grödor drabbas av missväxt. I simuleringar med flera olika modeller har Dinesh & Pearce (2016) sett att inkomsterna från jordbruksmark kan öka med mer än 30 % när solpaneler och skuggtåliga växter kombinerats jämfört med konventionellt lantbruk. Grus absorberar värme i högre grad än växtlighet, så växtlighet i solcellsparker bidrar även till att hålla panelerna svalare och därmed ha högre effektivitet. Besparingar i skötsel kan uppnås när lokala ängsväxter sås in för gynnande av pollinatörer, i jämförelse med konventionell vall som domineras av snabbväxande gräs. En blomsteräng ska endast klippas efter avslutad blomning på hösten och bör inte besprutas. En studie har sett ökade skördar av nötter, frukt och bär på gårdar nära solcellsanläggningar som satsar på att gynna pollinatörer (Walston m.fl., 2018). En utökad möjlighet är etablering av en ekonomisk aktivitet för fröproduktion av till exempel ängsväxter. Försök genomförda av Fraunhofer ISE visar att den totala produktiviteten för en given landareal kan ökas med omkring 60% genom att man kombinerar odling med solelproduktion. Lönsamheten är dock beroende av systemets eventuella merkostnader. Schindele m.fl. 2020 visar att man redan idag kan väga upp den ökade investeringskostnaden som höga monteringskonstruktioner medför för vissa typer av odling med hjälp av intäkterna från odlingen (exempelvis beräknades ekologisk potatis kunna vara lönsamt men inte odling av vete eller konventionellt odlad potatis). Trommsdorff m.fl. 2021 menar dock att den betydligt högre investeringskostnaden för höga monterings-konstruktioner talar för att man i första hand bör kombinera solceller med odling som inte är beroende av stora maskiner, vilket då möjliggör att man kan montera solcellerna lägre och billigare (Trommsdorff m.fl.2021).

EU-bidrag för markanvändning

Enligt CAP ska lantbrukare få möjlighet att söka områdesbaserat gårdsstöd. När solcellsparken kombineras med andra lantbruksaktiviteter som bete så kan det vara tillräckligt för att marken ska klassificeras som jordbruksmark och därmed stödberättigad. Det kan bli så att agrophotovoltaics klassificeras som ekologiska fokusarealer (PV Europe, 2021).

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Kunskapsluckor

I dagsläget finns inte så många vetenskapliga utvärderingar av hur naturen påverkas av olika åtgärder som utförts i samband med etablering av markbaserade solcellsanläggningar och speciellt inte i Sverige. Flera studier som undersöker biologisk mångfald och jordmån på solcellsparker upplevs ha metodbrister som gör att det är svårt att dra entydiga slutsatser från dem.

Resultat från befintliga studier för horisontell polarisering av reflekterad ljus, som kan lura insekter att tro att solcellsmoduler är vatten, är svårtolkade för dagens solcellsmoduler. Uppdaterade studier skulle kunna skapa tydlighet kring problemets omfattning i praktik.

Avgörande kunskap saknas kring effekter eller risker med urlakning av metaller eller andra ämnen (t.ex. fluorerade kolväten) från solcellsanläggningars monteringssystem, solcellsmoduler, m.m. Urlakning av t.ex. bly eller nickel från skadade solcellsmoduler har konstaterats, men litteraturen är oenig om huruvida koncentrationerna är skadliga för miljön (Ebert & Müller, 2011; Kwak et al., 2020). Samtidigt finns exempel på en mängd olika metoder för att minska de negativa effekterna från etableringen av markbaserade solcellsparker.

Den första åtgärden bör alltid vara att undvika marker med hög biodiversitet eller god bördighet. Det andra steget är att granska möjligheterna med samodling av grödor som gynnar biodiversitet eller kombinera installationen med bete för får eller fjäderfä, för att bevara ekosystemtjänster.

Med dagens kunskapsnivå är det fortfarande svårt att avgöra ett optimalt förhållande mellan elproduktion och andra funktioner (van der Zee m.fl., 2019). För biologisk mångfald är det med dagens kunskap svårt att avgöra vad som är bättre: en kombinerad markanvändning med glesare solcellsplacering; eller en mindre park med tät solcellsplacering och en kompensationsåtgärd för biologisk mångfald utanför parken. För jordhälsan är det tydligt att extensiva solcellsparker är att föredra (Klaassen m.fl. 2018). Kombinerat jordbruk och solcellspark verkar vara mer utrymmeseffektivt än separata funktioner, men det är inte alltid mer lönsamt att kombinera de två. Fler vetenskapliga utvärderingar behöver göras så att det säkerställs att miljömålen uppfylls.

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Referenser

Addison, P. F. E., Bull, J. W., & Milner-Gulland, E. J. (2019). Using conservation science to advance corporate biodiversity accountability. Conservation biology, 33(2), 307–318. https://doi.org/10.1111/cobi.13190.

Akuo (2021) Aquanergie is the application of agrinergie® principles to fish farming. Https://www.akuoenergy.com/en/aquanergie. Åtkomstdatum 2021-03-11.

Angelella, G. M., Mccullough, C. T., & O' Rourke, M. E. (2021). Honey bee hives decrease wild bee abundance, species richness, and fruit count on farms regardless of wildflower strips. Scientific Reports, 11(1), 1-12.

Bass, M. J. (2021) TPsolar start proef met agrarische toepassingen tussen en onder zonnepanelen. Solar magazine. https://solarmagazine.nl/nieuws-zonne-energie/i24494/tpsolar-start-proef-met-agrarische-toepassingen-tussen-en-onder-zonnepanelen. Åtkomstdatum 2021-07-01

Bennun, L., van Bochove, J., Ng, C., Samper, C., Rainey, H., & Rosenbaum, H. C. (2021). Mitigating Biodiversity Impacts Associated with Solar and Wind Energy Development: Guidelines for Project Developers.

Blangslev (2021) Better energy. https://www.betterenergy.com/media/1641/be-biodiversity-print.pdf.

Borgström, P., Ahrné, K. & Johansson, N. (2018) Pollinatörer och pollinering i Sverige – värden, förutsättningar och påverkansfaktorer. Underlag till naturvårdsverkets regeringsuppdrag ”kartlägga och föreslå insatser för pollinering” (rb2018). http://www.naturvardsverket.se/documents/publikationer6400/978-91-620-6841-7.pdf?pid=22693.

Boverket (2020) https://www.boverket.se/sv/pbl-kunskapsbanken/allmant-om-pbl/teman/ekosystemtjanster/verktyg/kartlaggning/naturvardesinventering/. Åtkomstdatum 2021-03-04.

BRE (2014) Agricultural good practice guidance for solar farms. Ed. J. Scurlock. https://www.bre.co.uk/filelibrary/nsc/documents%20library/nsc%20publications/nsc_-guid_agricultural-good-practice-for-sfs_0914.pdf

CBD, Convention on Biological Diversity. (2020) Zero draft report (cbd/wg2020/2/l.1). CBD. https://www.cbd.int/doc/c/d9da/8747/30def58e30f47984ab032f91/wg2020-02-l1-en.pdf

Chinery, M. (2004). Insekter i Europa. Stockholm: Bonnier.

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Chiabrando, R., Fabrizio, E., & Garnero, G. (2009). The territorial and landscape impacts of photovoltaic systems: Definition of impacts and assessment of the glare risk. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13(9), 2441-2451.

Chock, R. Y., Clucas, B., Peterson, E. K., Blackwell, B. F., Blumstein, D. T., Church, K., ... & Toni, P. (2021). Evaluating potential effects of solar power facilities on wildlife from an animal behavior perspective. Conservation Science and Practice, 3(2), e319.

Denisow, B., Antoń, S., & Szymczak, G. (2013). The flowering, pollen production, and insect visitors in the ornamental shrub Potentilla fruticosa L. (Rosaceae). Journal of Apicultural Science, 57(1).

Dinesh, H., & Pearce, J. M. (2016). The potential of agrivoltaic systems. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 54, 299-308.

Dolezal, A. G., Torres, J., & O'Neal, M. E. (2021). Can Solar Energy Fuel Pollinator Conservation?, Environmental Entomology.

Dupraz, C., Marrou, H., Talbot, G., Dufour, L., Nogier, A., & Ferard, Y. (2011). Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes. Renewable Energy, 36(10), 2725–2732.

Eide, W., Ahrné, K., Bjelke, U., Nordström, S., Ottosson, E., Sandström, J., & Sundberg, S. (2020). Tillstånd och trender för arter och deras livsmiljöer: rödlistade arter i Sverige 2020.

Elissen, H. (2021) Slim combineren van landbouw met productie zonne-energie krijgt stevige impuls met start van project sunbiose. Wageningen plant research. https://www.wur.nl/nl/onderzoek-resultaten/onderzoeksinstituten/plant-research/show-wpr/slim-combineren-van-landbouw-met-productie-zonne-energie-krijgt-stevige-impuls-met-start-van-project-sunbiose.htm. Åtkomstdatum 2021-07-01.

Energimyndigheten. (2016). Förslag till strategi för ökad användning av solel (et 2016:6). Statens energimyndighet. https://energimyndigheten.a-w2m.se/FolderContents.mvc/Download?ResourceId=5599.

Energimyndigheten. (2019). 100 procent förnybar el delrapport 2-scenarier, vägval och utmaningar (er 2019:6). Statens energimyndighet. https://energimyndigheten.a-w2m.se/foldercontents.mvc/download?resourceid=133470.

Energimyndigheten. (2020, mars 31). Nätanslutna solcellsanläggningar. Energimyndigheten statistik den officiella statistiken nätanslutna solcellsanläggningar. http://www.energimyndigheten.se/statistik/den-officiella-statistiken/statistikprodukter/natanslutna-solcellsanlaggningar/.

Eriksson, A., Nilsson, E., & Arnesson, M. (2011). Vindkraft–en möjlighet förbiologisk mångfald på slätten? (2011:27). Jordbruksverket. https://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/sjv/trycksaker/pdf_rapporter/ra11_27.pdf.

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Faunistica. (2013). Biologisk mångfald på Arlanda flygplats. Rapport, 49 sid. https://www.swedavia.se/globalassets/arn/miljo/rapport-arlanda-2013.pdf.

Forest trends (2018) Voluntary carbon markets: outlooks and trends. https://www.forest-trends.org/wp-content/uploads/2018/07/vcm-q1-periodical_draft_7.6_full.pdf.

Fthenakis, V., & Kim, H. C. (2009). Land use and electricity generation: a life-cycle analysis. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13(6), 1465–1474. https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.09.017.

Fraunhofer ISE (2017). Harvesting the sun for power and produce – agrophotovoltaics increases the land use efficiency by over 60 percent, press release, Nov. 23, 2017.

Fraunhofer ISE (2020) Agrivoltaics: opportunities for agriculture and the energy transition-A guideline for Germany. Report.

Fritz, B., Horváth, G., Hünig, R., Pereszlényi, Á., Egri, Á., Guttmann, M., ... & Gomard, G. (2020). Bioreplicated coatings for photovoltaic solar panels nearly eliminate light pollution that harms polarotactic insects. PLoS One, 15(12), e0243296.

Greentech (2020) https://greentech.warpinstitute.se/skandinaviens-storsta-solcellspark-byggs-i-skane/.

Greif, S., Zsebők, S., Schmieder, D., & Siemers, B. M. (2017). Acoustic mirrors as sensory traps for bats. Science, 357(6355), 1045-1047.

Hastik, R., Basso, S., Geitner, C., Haida, C., Poljanec, A., Portaccio, A., ... & Walzer, C. (2015). Renewable energies and ecosystem service impacts. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 48, 608-623.

Helmer. J (2019) Solar farms shine a ray of hope on bees and butterflies - a trend of planting wildflowers on solar sites could maintain habitat for disappearing bees and butterflies, Scientific American. https://www.scientificamerican.com/article/solar-farms-shine-a-ray-of-hope-on-bees-and-butterflies/. Åtkomstdatum 2021-03-04.

Hernandez, R. R., Easter, S. B., Murphy-Mariscal, M. L., Maestre, F. T., Tavassoli, M., Allen, E. B., Barrows, C. W., Belnap, J., Ochoa-Hueso, R., Ravi, S., & Allen, M. F. (2014). Environmental impacts of utility-scale solar energy. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 29, 766–779. https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.041.

Horváth, G., Blahó, M., Egri, Á., Kriska, G., Seres, I., & Robertson, B. (2010). Reducing the maladaptive attractiveness of solar panels to polarotactic insects. Conservation Biology, 24(6), 1644-1653.

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

IPBES (2019) Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the intergovernmental science-policy platform on biodiversity and ecosystem services. IPBES. https://ipbes.net/global-assessment.

Jachuła, J., Denisow, B., & Strzałkowska-Abramek, M. (2019). Floral reward and insect visitors in six ornamental lonicera species–plants suitable for urban bee-friendly gardens. Urban Forestry & Urban Greening, 44, 126390.

Kagan, R. A., Viner, T. C., Trail, P. W., & Espinoza, E. O. (2014). Avian Mortality at Solar Energy Facilities in Southern California: A Preliminary Analysis. National Fish and Wildlife Forensics Laboratory, Ashland, OR, USA. http://www.ourenergypolicy.org/avian-mortality-at-solar-energy-facilities-in-southern-california-a-preliminary-analysis/.

Kamp, S. (2013). Sveriges potential för elproduktion från takmonterade solceller: teoretisk, teknisk och ekonomisk analys [student thesis]. I uptec es: vol. Independent thesis advanced level (professional degree). Diva. http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:uu:diva-207697.

Kjellsson, E. (2000). Potentialstudie för byggnadsintegrerade solceller i Sverige: rapport 2: analys av instrålningsnivåer på byggnadsytor. Lunds tekniska högskola.

Kjellsson, E. (1999). Potentialstudie för byggnadsintegrerade solceller i Sverige: rapport 1: ytor på byggnader. Avdelningen för byggnadsfysik.

Klaassen, R. H., Schaub, T., Ottens, H. J., Schotman, A. G. M., Snethlage, J., & Mol, G. (2018). Literatuurstudie en formulering richtlijnen voor een ecologische inrichting van zonneparken in de provincies Groningen en Noord-Holland: Eindrapportage. University of Groningen.

Kwak, J. I., Nam, S. H., Kim, L., & An, Y. J. (2020). Potential environmental risk of solar cells: Current knowledge and future challenges. Journal of Hazardous Materials, 392, 122297. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122297.

Lakhani, R., Doluweera, G., & Bergerson, J. (2014). Internalizing land use impacts for life cycle cost analysis of energy systems: A case of California's photovoltaic implementation. Applied Energy, 116, 253–259. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.11.038.

Lind Lewin, A. & Fabricius Kristiansen, L. (2021) Så pollinerar vi Sverige. https://pollinerasverige.se/wp-content/uploads/2021/03/pollinerasverige-inspirationstidning.pdf. Åtkomstdatum 2021-05-28.

Lindahl, J., Stoltz, C., Oller-Westerberg, A., & Berard, J. (2019) National survey report of PV power applications in Sweden 2018. International energy agency. https://www.researchgate.net/profile/johan-lindahl/publication/335464482_national_survey_report_of_pv_power_applications_in_sweden_2018/links/5d677c6f92851c70c4c657dc/national-survey-report-of-pv-power-applications-in-sweden-2018.pdf.

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Lovich, J. E., & Ennen, J. R. (2011). Wildlife conservation and solar energy development in the desert southwest, United States. Bioscience, 61(12), 982–992. https://doi.org/10.1525/bio.2011.61.12.8.

Lytle, W., Meyer, T. K., Tanikella, N. G., Burnham, L., Engel, J., Schelly, C., & Pearce, J. M. (2021). Conceptual Design and Rationale for a New Agrivoltaics Concept: Pasture-Raised Rabbits and Solar Farming. Journal of Cleaner Production, 282, 124476.

Länsstyrelsen Skåne (2015) Markhushållning i planeringen – jordbruksmark i Skåne. Länsstyrelse Skåne. https://www.lansstyrelsen.se/download/18.2e0f9f621636c8440272694e/1582108912154/markhush%c3%a5llning%20i%20planeringen%20jordbruksmarken%20i%20sk%c3%a5ne.pdf.

Masierowska, M. L. (2006). Floral reward and insect visitation in ornamental deutzias (Deutzia spp.), Saxifragaceae sensu lato: Short title: Floral rewards and insect visitation in deutzias. Journal of Apicultural Research, 45(1), 13-19.

Montag, H., Parker, G., & Clarkson, t. (2016). The effects of solar farms on local biodiversity: a comparative study. Clarkson and Woods and Wychwood biodiversity.

Naturvårdsverket, (2021a) Biologisk mångfald, tillgänglig på https://www.naturvardsverket.se/sa-mar-miljon/vaxter-och-djur/biologisk-mangfald/#:~:text=biologisk%20m%c3%a5ngfald%20%c3%a4r%20variationsrikedomen%20bland,mellan%20arter%20och%20av%20ekosystem. Åtkomstdatum 2021-06-23.

Naturvårdsverket. (2021b) ”Producentansvar för elutrustning”. https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/producentansvar/producentansvar-for-elutrustning/. Åtkomstdatum 01 oktober 2021.

Naturvårdsverket. (2019, november 25). Arter och naturtyper – statusrapport. Naturvårdsverket. https://www.naturvardsverket.se/sa-mar-miljon/vaxter-och-djur/biologisk-mangfald/arter-naturtyper-statusrapport/.

Naturvårdsverket (2018) pollinatörer och pollinering i Sverige – värden, förutsättningar och påverkansfaktorer. https://www.naturvardsverket.se/documents/publikationer6400/978-91-620-6841-7.pdf?pid=22693.

Next2sun (2021) https://www.next2sun.de/en/homepage/. Åtkomstdatum 2021-05-28

BRE NSC (2013) Planning guidance for the development of large scale ground mounted solar PV systems.

Ny teknik (2019) Strängnäs får Sveriges största solcellspark på 20 MW. https://www.nyteknik.se/energi/strangnas-far-sveriges-storsta-solcellspark-pa-20-mw-6977210. Åtkomstdatum 2021-03-12.

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Omer, A. M. (2009). Energy use and environmental impacts: a general review. Journal of renewable and sustainable energy, 1(5), 053101. https://doi.org/10.1063/1.3220701.

Paige, C. (2008) A landowner's guide to wildlife friendly fences. Landowner/ wildlife resource program, montana fish, wildlife and parks, helena, mt.44 pp. https://www.nrcs.usda.gov/internet/fse_documents/stelprdb1118735.pdf.

Peschel, T. (2010). Solar parks – opportunities for biodiversity. A report on biodiversity in and around ground-mounted photovoltaic plants. German renewable energies agency. http://irishsolarenergy.org/wp-content/uploads/2019/11/solar-parks-opportunities-for-biodiversity.pdf

Peschel, R., Peschel, T., Marchand, M. & Hauke, J. (2019)" Solarparks - gewinne für die biodiversität". Berlin, Germany: Bundesverband Neue Energiewirtschaft (BNE) e.v. https://www.bne-online.de/fileadmin/bne/dokumente/20191119_bne_studie_solarparks_gewinne_fuer_die_biodiversitaet_online.pdf.

Pv Europe (2021) New guideline for agrivoltaics. https://www.pveurope.eu/markets-money/pv-and-agriculture-new-guideline-agrivoltaics. Åtkomstdatum 2021-05-27.

Randle-Boggis, R. J., White, P. C. L., Cruz, J., Parker, G., Montag, H., Scurlock, J. M. O., & Armstrong, A. (2020). Realising co-benefits for natural capital and ecosystem services from solar parks: a co-developed, evidence-based approach. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 125, 109775.

Ropars, L., Dajoz, I., Fontaine, C., Muratet, A., & Geslin, B. (2019). Wild pollinator activity negatively related to honey bee colony densities in urban context. PloS one, 14(9), e0222316.

SCB – Statistiska Central Byrån (2020) Jordbruksstatistisk årsbok. https://jordbruksverket.se/download/18.78dd5d7d173e2fbbcda98893/1597390150166/js_2020.pdf.

Schindele, S., Trommsdorff, M., Schlaak, A., Obergfell, T., Bopp, G., Reise, C., ... & Weber, E. (2020). Implementation of agrophotovoltaics: Techno-economic analysis of the price-performance ratio and its policy implications. Applied Energy, 265, 114737., https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114737.

Schotman, A., van der Zee, F., Hazeu, G., Bloem, J., Sluijsmans, J., & Vittek, M. (2021). Verkenning van bodem en vegetatie in 25 zonneparken in Nederland: Eerste overzicht van de ligging van zonneparken in Nederland en stand van de kennis over het effect van zonneparken op de bodemkwaliteit. https://doi.org/10.18174/541057.

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Scognamiglio, A. (2016). 'Photovoltaic landscapes': design and assessment. A critical review for a new transdisciplinary design vision. Renewable and sustainable energy reviews, 55, 629–661. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.072.

Semeraro, T., Pomes, A., Del Giudice, C., Negro, D., & Aretano, R. (2018). Planning ground based utility scale solar energy as green infrastructure to enhance ecosystem services. Energy Policy, 117, 218-227.

Sinha, P., Hoffman, B., Sakers, J., & Althouse, L. D. (2018). Best practices in responsible land use for improving biodiversity at a utility-scale solar facility. Case Studies in the Environment, 2.

SIS Svenska Institutet för Standarder. (2014). SIS Svenska Institutet för Standarder. (2014). Naturvärdesinventering avseende biologisk mångfald (NVI) – genomförande, naturvärdesbedömning och redovisning. Svensk Standard SS 199000:2014

SIS Svenska Institutet för Standarder. (2014). Naturvärdesinventering avseende biologisk mångfald (NVI) – Komplement till SS 199000. Teknisk Rapport SIS-TR 199001:2014.

Stichting solarpark de Kwekerij. (u.å). "solarpark de Kwekerij - Hengelo". https://nlsolarparkdekwekerij.nl/. Åtkomstdatum 2021-05-06.

Rödlistade arter i Sverige 2020. SLU, Uppsala. https://www.artdatabanken.se/globalassets/ew/subw/artd/2.-var-verksamhet/publikationer/31.-rodlista-2020/rodlista-2020.

Steffen, W., Richardson, K., Rockstrom, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., De Vries, W., De Wit, C. A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G. M., Persson, L. M., Ramanathan, V., Reyers, B., & Sorlin, S. (2015). Planetary Boundaries: Guiding Human Development on a Changing Planet. Science, 347(6223), 1259855–1259855. https://doi.org/10.1126/science.1259855.

Suuronen, A., Muñoz-Escobar, C., Lensu, A., Kuitunen, M., Celis, N. G., Astudillo, P. E., ... & Kukkonen, J. V. (2017). The Influence of Solar Power Plants on Microclimatic Conditions and the Biotic Community in Chilean Desert Environments. Environmental Management, 60(4), 630–642.

Svadlenek-Gomez, K., Tramerend, P., & Walzer, C. (Red.). (2015). Sustainable Renewable Energy Planning in the Alps - a Handbook for Experts & Decision Makers. Recharge.Green project. http://www.recharge-green.eu/.

Svemin. (2020). Projekt: Mining with nature. Svemin. https://www.svemin.se/projekt-mining-with-nature/.

Svensson, R., Berg, Å., Hamring, L., & Rätz, C. (2015). Biologisk mångfald i kraftledningsgator effekten av slåtterhävd: botanisk uppföljning 2002–2015. Centrum för biologisk mångfald.

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Stultiens, E. (2021) Groenleven rondt installatie van 4.500 Zonnepanelen Boven Rode Bessen Af. https://solarmagazine.nl/nieuws-zonne-energie/i23966/groenleven-rondt-installatie-van-4-500-zonnepanelen-boven-rode-bessen-af. Åtkomstdatum 2021-07-01

Taylor, R., Conway, J., Gabb, O., & Gillespie, J. (2019). Potential Ecological Impacts of Ground-Mounted Photovoltaic Solar Panels. BSG-Ecology. https://avesnature.com.pl/wp-content/uploads/solar-panels-and-wildlife-review-2019.pdf. Åtkomstdatum 2021-08-09.

The Mason Bee Store, https://www.mauerbienen-shop.com/epages/80075686.sf/en_gb/?viewobjectpath=%2fshops%2f80075686. Åtkomstdatum 2021-03-04.

Trommsdorff, M., Kang, J., Reise, C., Schindele, S., Bopp, G., Ehmann, A., Weselek, A., Högy, P. And Obergfell, T., 2021. Combining Food and Energy Production: Design of an Agrivoltaic System Applied in Arable and Vegetable Farming in Germany. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 140, P.110694.

Tsoutsos, T., Frantzeskaki, N., & Gekas, V. (2005). Environmental Impacts from the Solar Energy Technologies. Energy Policy, 33(3), 289–296. https://doi.org/10.1016/s0301-4215(03)00241-6.

Turney, D., & Fthenakis, V. (2011). Environmental Impacts from the Installation and Operation of Large-Scale Solar Power Plants. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15(6), 3261–3270. https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.04.023.

Valle B, Simonneau T, Sourd F, Pechier P, Hamard P, Frisson T, Ryckewaert M, Christophe A. Increasing the Total Productivity of a Land by Combining Mobile Photovoltaic Panels and Food Crops. Applied Energy. 2017 Nov 15; 206:1495–507.

Van Der Zee, F., Bloem, J., Galama, P., Gollenbeek, L., Van Os, J., Schotman, A., & De Vries, S. (2019). Zonneparken natuur en landbouw (No. 2945). Wageningen Environmental Research. https://doi.org/10.18174/475349.

Visser, E., Perold, V., Ralston-Paton, S., Cardenal, A. C., & Ryan, P. G. (2019). Assessing the Impacts of a Utility-Scale Photovoltaic Solar Energy Facility on Birds in the Northern Cape, South Africa. Renewable Energy, 133, 1285-1294.

Wageningen Environmental Research (WENR). (u.å.)" Soil Health Index". Åtkomstdatum 2021-05-20. http://www.soilhealthindex.nl/.

Walston, L. J., Mishra, S. K., Hartmann, H. M., Hlohowskyj, I., Mccall, J., & Macknick, J. (2018). Examining the Potential for Agricultural Benefits from Pollinator Habitat at Solar Facilities in the United States. Environmental Science & Technology, 52(13), 7566-7576.

WEF (World Economic Forum) (2020). The Global Risks Report 2020—Insight Report, 15th edition. World Economic Forum. http://www3.weforum.org/docs/wef_global_risk_report_2020.pdf.

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Weselek, A., Ehmann, A., Zikeli, S., Lewandowski, I., Schindele, S., & Högy, P. (2019). Agrophotovoltaic Systems: Applications, Challenges, and Opportunities. A Review. Agronomy for Sustainable Development, 39(4), 1-20.

Willockx, B., Herteleer, B., & Cappelle, J. (2020). Techno-Economic Study of Agrovoltaic Systems Focusing on Orchard Crops. EU PVSEC Proceedings.

Willockx, B., Herteleer, B., Ronsijn, B., Uytterhaegen, B., & Cappelle, J. (2020). A Standardized Classification and Performance Indicators of Agrivoltaic Systems. EU PVSEC Proceedings.

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Through our international collaboration programmes with academia, industry, and the public sector, we ensure the competitiveness of the Swedish business community on an international level and contribute to a sustainable society. Our 2,800 employees support and promote all manner of innovative processes, and our roughly 100 testbeds and demonstration facilities are instrumental in developing the future-proofing of products, technologies, and services. RISE Research Institutes of Sweden is fully owned by the Swedish state.

I internationell samverkan med akademi, näringsliv och offentlig sektor bidrar vi till ett konkurrenskraftigt näringsliv och ett hållbart samhälle. RISE 2 800 medarbetare driver och stöder alla typer av innovationsprocesser. Vi erbjuder ett 100-tal test- och demonstrationsmiljöer för framtidssäkra produkter, tekniker och tjänster. RISE Research Institutes of Sweden ägs av svenska staten.

RISE Research Institutes of Sweden AB Box 857, 501 15 BORÅS Telefon: 010-516 50 00 E-post: info@ri.se, Internet: www.ri.se	RISE Rapport 2021:52 ISBN: 978-91-89385-93-1

This work by RISE Research Institutes of Sweden and Ecogain is, except where otherwise noted, licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Denna rapport är en sammanställning av befintlig kunskap om vilken påverkan solcellsparker har på biologisk mångfald och ekosystemtjänster, samt vilka möjligheter som finns för att främja förutsättningar för ökad biologisk mångfald och ekosystemtjänster. Arbetet med den här rapporten och underliggande litteraturstudien har genomförts i Eko-Sol projektet.

RISE – Research Institutes of Sweden
ri.se / info@ri.se / 010-516 50 00
Box 857, 501 15 BORÅS

Jordbruk & Livsmedel / Energi & Resurser
RISE Rapport: 2021:52
ISBN: 978-91-89385-93-1