

POLLINATION SOM EKOSYSTEMTJÄNST

HENRIK G. SMITH

Pollinatörer är en fråga i tiden. I slutet av 1990-talet introducerade Gretchen Daily och Robert Costanza begreppet ekosystemtjänster för att beskriva människans beroende av naturliga processer och produkter som skapas av våra ekosystem.¹ Begreppet har sedan dess fått ett enormt genomslag inom vetenskap och policy² och var centralt för IPBES globala utvärdering av biologisk mångfald och ekosystemtjänster (som även använde begreppet naturnyttor)³. För att illustrera detta beroende har pollinering ofta använts som exempel, dels därför att det exemplifierar en ekosystemtjänst som är hotad av pågående utarmning av naturliga ekosystem, dels för att den utgör ett pedagogiskt exempel på människans beroende av naturen. Föga förvånande fokuserade IPBES första globala utvärdering på pollinatörer.⁴

Debattens vågor har svallat höga, och begrepp som ”pollinatörskrisen” har bidragit till att dramatisera diskussionen. Uppfattningarna om hur det står till med våra pollinatörer, vilka konsekvenser förluster av pollinatörer kommer att få och vad man kan göra åt det är många och inte alltid förenliga. Debatten har fokuserat på både tambin och vildbin, där status och roll för respektive grupp ofta blandats ihop och övriga pollinatörer delvis glömts bort. Det finns därför ett behov av att

sammanfatta vad vi vet om hur det går för våra pollinatörer, varför vi ska bekymra oss om hur det går för dem och vad vi kan göra för att gynna dem. Fokus här ligger på vilda pollinatörer och deras roll för pollination av vilda växter och grödor, framför allt i tempererade områden som Sverige.

ÄR POLLINATÖRERNA VIKTIGA?

Pollinatörer är inte bara bin, och bin är inte bara honungsbin. Sveriges över 150 000 honungsbisamhällen är viktiga för pollineringen av grödor som höstraps, äpple, jordgubbar, åkerböna m.m.⁵ Men även vilda pollinatörer spelar en stor roll, en roll som dock varierar mellan grödor och landskap. Vilda pollinatörer kan bidra till ökad pollinering även när det finns gott om honungsbin⁶ och utgöra en försäkring om vi drabbas av förluster av honungsbin. I tempererade klimat anses humlor ofta vara de viktigaste vilda pollinatörerna av grödor, eftersom de är effektiva när det gäller att överföra pollen och robusta mot dåligt väder. Men även andra vildbin ger viktiga bidrag. Det relativa bidraget till grödors pollinering av honungsbin, humlor och solitära bin är dock ofullständigt utforskat.⁷ Dessutom har studier visat att andra pollinatörer än bin, såsom blomflugor, skalbaggar

1 Daily, 1997; Costanza et al., 1997.

2 Reid et al., 2005.

3 IPBES. 2019; se även Smith & Stenseke, 2021, s. 55–67 i denna bok.

4 IPBES, 2016.

5 Rahbek Pedersen, T. et al., 2020.

6 Garibaldi, L.A. et al., 2013.

7 Danforth et al., 2019.



Pollinerande insekter är inte bara bin, utan utgörs av ett brett taxonomiskt spektrum.

Foto: Håkan Tunón.

och fjärilar, kan stå för en stor andel av blombesöken hos blommande grödor, men dessa är ofta mindre effektiva pollinatörer.⁸ Pollinatörer skiljer sig åt i hur effektiva de är på att pollinera olika grödor, vilket innebär att det krävs en mångfald av pollinatörer för att effektivt pollinera en mångfald av grödor⁹, och en mångfald av pollinatörer kan i sig vara positivt för pollinationen.¹⁰

Den stora uppmärksamhet som fåsts vid pollination av grödor tenderar att överskugga den roll som pollinatörer spelar för våra ekosystem. De flesta blommande växter pollineras

av djur, framför allt ryggradslösa djur.¹¹ Den enorma variationen av växter som finns i världen har med vilda pollinatörer att göra. Evolutionen har gjort att det utvecklats intrikata nätverk mellan växter och pollinatörer, där graden av specialisering hos pollinatörer till vissa växter och likaså graden av specialisering av växter till vissa pollinatörer varierar. Rubbas detta nätverk, kan förlust av blommande växter leda till att vissa pollinatörer minskar i antal¹², eller förlust av pollinatörer leda till minskad pollination eller ökad inavel hos växter, som i sin tur resulterar i minskande

8 Rader et al., 2016.

9 Garratt et al., 2014.

10 Woodcock et al., 2019.

11 Ollerton, 2017.

12 Roulston et al., 2011.

populationer.¹³ Förlust av pollinatörer, huvudsakligen vilda pollinatörer, anses därför vara ett ökande hot mot mångfalden av vilda växter.¹⁴

KAN POLLINATÖRERNAS TJÄNSTER VÄRDERAS I PENGAR?

Pollinatörernas värde kan bara delvis – och inte helt enkelt – mätas i pengar. Pollinatörer bidrar till skörden hos de flesta av världens grödor, och dessa de pollinatörsgynnade grödor står för ungefär en tredjedel av volymen av den globala produktionen.¹⁵ Pollinatörer är speciellt viktiga för näringsrika grödor.¹⁶ Samtidigt varierar dessa grödors beroende av djurförmedlad pollinering, så att det tillskott som beror på att grödan besöks av pollinatörer är mindre. För exempelvis höstraps kan bidraget av insekter vara väldigt begränsat¹⁷, men varierar mellan olika sorter¹⁸ och kan ibland utgöra mer än en tredjedel av skörden.¹⁹ Pollinering kan också påverka skördens kvalitet.²⁰ Men dessa resonemang ger inte automatiskt pollineringens ekonomiska värde, eftersom en förlust av pollinatörer kan påverka både priser och vilka grödor odlare väljer att fokusera på.²¹ Ekonomisk värdering av pollinering är därför en betydligt mer komplicerad fråga än enkel bokföring av vad pollinatörer bidrar med.²² En värdering av de ekonomiska kon-

sekvenserna av förlust av pollinatörer på kort sikt behöver heller inte spegla de ekonomiska konsekvenserna på lång sikt, som måste bygga på (osäkra) antaganden om exempelvis det framtida behovet av livsmedelsäkerhet och möjligheter att ersätta pollinering av insekter genom att använda alternativa grödor eller metoder.²³

Oavsett värderingsmetod ignoreras dock nästan alltid det värde pollinatörer, framför allt vilda pollinatörer, har för jordens ekosystem, helt enkelt därför att dessa beräkningar inte kan göras med dagens kunskap. Det är inte heller särskilt intressant att värdera pollinatörernas totala bidrag, eftersom med den effekt de har på jordens ekosystem kan beskrivas som närmast oändlig (jämför diskussionen att värdera jordens samlade ekosystemtjänster); den intressanta frågan är istället vad en fortsatt förlust av pollinatörer skulle få för ekonomiska konsekvenser genom sin påverkan på ekosystem. Svaret på den frågan är just nu att vi inte vet!

I grund och botten är dessutom bevarande av pollinatörer en etisk fråga. Genom att ratificera (fastställa) konventionen om biologisk mångfald har Sverige förbundet sig att bevara mångfalden av pollinatörer, så att de kan upplevas också av kommande generationer.

HUR STÅR DET TILL MED POLLINATÖRERNA EGENTLIGEN?

Den omfattande debatten om pollinatörer förmedlar en bild av att vi har god kunskap om den historiska utvecklingen av deras mångfald. Så är emellertid inte fallet. För att beskriva den historiska utvecklingen av pollinatörers mångfald krävs ofta ett detektivarbete där historiska inventeringar, nutida inventeringar

13 Lundgren et al., 2016.

14 Thomann et al., 2013.

15 Klein et al., 2007.

16 Eilers et al., 2011.

17 Holland et al., 2020.

18 Lindstrom et al., 2016.

19 Perrot et al., 2018.

20 Samnegård et al., 2019; Klatt et al., 2014.

21 Lippert et al., 2021.

22 Gallai et al., 2009.

23 Lippert et al., 2021.

och museimaterial på olika sätt kombineras för att kartlägga historiska förlopp. På så sätt har man kunnat visa på förluster av mångfalden av pollinatörer i olika europeiska länder, inklusive Sverige.²⁴ Avsaknad av information och svårighet att jämföra metoder gör att det finns mindre information kring om och hur pollinatörers antal minskat.²⁵ I takt med att övervakningsprogram har införts har man tydligare kunnat dokumentera förluster av pollinatörer.²⁶ En sammanvägning av alla data som finns visar att förlusten av pollinatörer är allvarlig²⁷ och har resulterat i att många pollinatörer är hotade.²⁸

Bristen på data för att följa hur det går för pollinatörer har uppmärksammats både i EU och i Sverige. För Sveriges del kan detta komma att innebära att den befintliga, pågående övervakningen av dagfjärilar och humlor kraftigt förstärks i framtiden.

VARFÖR MINSKAR POLLINATÖRER?

Teorierna om varför pollinatörer minskar är många och frågan är mest beforskad för bin och fjärilar. Att fastställa vad som driver populationsförändringar över tid är ofta svårt, vilket gör att många resonemang istället bygger på hur mångfalden och tätheten av pollinatörer varierar mellan landskap som skiljer sig åt när det gäller faktorer som misstänks driva populationsförändringar. Förlust av blomrika habitat, t.ex. i form av mer eller mindre naturliga gräsmarker och blommor i vallar, anses ofta vara den viktigaste faktorn bakom

bins populationsminskningar.²⁹ Förlust av gräsmarker kan vara en orsak till att det finns färre bin i slättbygd än i mellanbygd³⁰, och brist på blommor i vallar och på åkrar kan vara orsaken till att konventionella gårdar härbärger färre pollinatörer än ekologiska gårdar.³¹ Andra faktorer som förs fram är påverkan från ökad användning av växtskyddsmedel³², ökad parasitbelastning genom spridning från importerade bin³³ och konkurrens med honungsbin.³⁴ För fjärilar är förlust och degradering av gräsmarker med blomresurser och värdväxter centralt³⁵, men även växtskyddsmedel anses bidra.³⁶ För många av dessa faktorer vet vi att pollinatörer påverkas, t.ex. genom ändrade lokala tätheter, födosöksframgång eller överlevnad, men det saknas oftast information kring om och hur detta omsätts till populationseffekter. Därför är det inte möjligt att bedöma hur stor relativ effekt dessa faktorer har, men konsensus är att det finns en samverkan av alla dessa effekter på pollinatörers populationer.³⁷ Den historiska och pågående intensifieringen av jordbrukslandskap, som bidrar med en rad av dessa faktorer, är därför central för att förstå varför pollinatörer minskar i antal och artrikedom. Den relativa betydelsen av olika faktorer varierar dock mellan länder och regioner, beroende exempelvis på hur landskapen utvecklats och vilka metoder som används inom jordbruket.

Pågående klimatförändringar påverkar också pollinatörer och kommer att bli en allt

24 Biesmeijer et al., 2006; Bommarco et al., 2012.

25 Dupont et al., 2011.

26 Warren et al., 2021.

27 IPBES, 2016.

28 Nieto et al., 2017; Artdatabanken, 2015.

29 Goulson et al., 2005.

30 Persson et al., 2013.

31 Carrié et al., 2018; Rundlöf et al., 2008.

32 Rundlöf et al., 2015.

33 Furst et al. 2014.

34 Meeus et al., 2021.

35 van Swaay et al., 2006.

36 Warren et al., 2021.

37 IPBES, 2016; Goulson et al., 2015.



Ett homogent landskap som inte är gynnsamt för pollinatörer. Foto: Anna Persson.

större faktor under de flesta klimatscenarier. Effekten av klimatförändringar kan, åtminstone på kort sikt, dock vara både positiv och negativ.³⁸ Det finns en oro för att klimatförändringar leder till att växters och pollinatörers fenologi (årscykler) ändras i olika omfattning, så att deras säsonger inte längre matchar varandra³⁹, men de fenologiska förändringarna hos växter och pollinatörer kan även följa varandra⁴⁰. Klimatförändringar leder också till förändringar i både växters och pollinatörers utbredningsområden⁴¹, vilket kan leda till en missanpassning mellan samspelande arters utbredningsområden⁴². Habitatspecialister, det vill säga arter som är hårt knutna till en speciell livsmiljö, drabbas speciellt hårt av klimatförändringar, eftersom

deras utbredningsområden ändras långsammare.⁴³ Hos humlor kompenseras inte utbredningsminskningar på sydligare breddgrader av utbredningsområden med motsvarande öknings i norr.⁴⁴ Extrema väderhändelser som värmeböljor och torka kan vara speciellt problematiska för pollinatörer, eftersom de kan leda till brist på blomresurser eller fysiologisk temperaturstress.⁴⁵ Hur mycket pollinatörer kommer att drabbas av klimatförändringar beror sannolikt på vad som händer med andra påverkansfaktorer, inte minst hur mycket habitat som bevaras som är lämpligt för de olika arterna av pollinatörer.⁴⁶

38 Warren et al., 2021.

39 Gérard et al., 2020.

40 Bartomeus et al., 2011.

41 Tyler et al., 2018; Pöyry et al., 2009.

42 Schweiger et al., 2008.

43 Pöyry et al., 2009; Mattila et al., 2011.

44 Kerr et al., 2015.

45 Warren et al., 2021; Soroye et al. 2020; Woodward, 2017.

46 Gonzalez-Varo et al., 2013.

VILKA POLLINATÖRER BEHÖVER VI?

Men behöver vi verkligen bevara alla pollinatörer för att behålla våra ekosystemtjänster (om man bortser från vårt moraliska ansvar att bevara arter)? Det är definitivt så att många ekosystemtjänster, inklusive pollinering, utförs av ett begränsat antal arter. En global studie visade att bara 2 procent av de regionalt förekommande arterna av bin i någon högre grad bidrog till pollineringen av grödor.⁴⁷ Ytligt sett kan det därför verka som att vi inte behöver bevara särskilt många arter. Men det finns flera luckor i resonemanget. För det första finns det alltmer övertygande argument för att även sällsynta arter bidrar till ekosystemtjänster, t.ex. därför att mångfalden i sig är viktig eller för att sällsynta arter har komplementära funktioner.⁴⁸ Även om ett antal större undersökta grödor kräver få pollinatörer, kan fler arter behövas för att täcka in alla grödor och inte minst för att täcka in pollineringen av vilda växter. Senare studier har visat att regionalt sällsynta arter kan vara viktiga för pollinering av grödor.⁴⁹ För det andra kan en mångfald av arter innebära en försäkring för framtiden, dels för att vi inte vet vilka grödor vi kommer att odla i framtiden och vilka pollinatörer som därmed behövs, dels för att en mångfald av arter ger en buffringseffekt så att om en idag vanlig art försvinner kan en annan art utföra ekosystemtjänsten i dess ställe.⁵⁰ Sådana förändringar sker i pollinatörssamhället; förr var klöverhumlan en viktig pollinatör av rödklöver i Sverige medan den idag nästan

har försvunnit⁵¹, vilket knappast gör att vi kan dra slutsatsen att den är oviktig.

Slutsatsen av detta är att ett fokus på ekosystemtjänster eller ett fokus på att bevara arter för dess egen skull förvisso kommer att innehålla motsättningar (t.ex. om vi givet begränsade resurser ska bevara habitat viktiga för specialister eller odla blommor längs åkerkanter), men att det är viktigt att hitta synergieffekter så långt det är möjligt. På så sätt bevarar vi både arterna och ekosystemtjänsterna nu och i framtiden.

VAD KAN VI GÖRA?

Vad ska vi då göra för att minska förlusten av pollinatörer och kanske till och med återställa en tidigare mångfald? Faktum är att det finns en bred arsenal av åtgärder, med varierande stöd i forskningen, som kan användas.⁵² Om vi tar jordbrukslandskapet som exempel är det mest grundläggande naturligtvis att minska negativa påverkansfaktorer, t.ex. genom att bevara och restaurera naturbetesmarker⁵³, minska direkt och indirekt påverkan från växtskyddsmedel⁵⁴ och minska spridningen av pollinatörers sjukdomar⁵⁵. Utöver detta kan skapandet av blomrika habitat vara en fruktbar åtgärd, t.ex. genom att anlägga blomremisor på så kallade *ekologiska fokusområden* längs åkrar⁵⁶ eller skapa blomrika vägkanter⁵⁷. Det är dock viktigt att fundera på hur dessa utformas, t.ex. genom att sträva efter att använda inhemska växtarter och skapa en variation av

47 Kleijn et al., 2015.

48 Dee et al., 2019.

49 MacLeod et al., 2020.

50 Elmqvist et al., 2003.

51 Bommarco et al., 2012.

52 Cole et al., 2020; Dicks et al., 2014; Potts et al., 2016.

53 Ekroos et al. 2013; Öckinger et al. 2007.

54 Rundlöf et al., 2008; Egan, P.A. et al. 2020.

55 Pedersen et al., 2020.

56 Klatt et al., 2020; Jönsson et al., 2015.

57 Phillips et al., 2020.



*Blomremsa, eller ekologiskt fokusområde, i ett homogent odlingslandskap.
Foto: Sandra Lindström.*

blommande örter, så att man inte enbart gynnar en begränsad andel av pollinatörsfaunan.

Eftersom pollinatörer utför ekosystemtjänster av ekonomiskt värde kan man argumentera för att det inte behövs särskilda insatser utöver information för att skapa incitament för t.ex. lantbrukare att införa pollinatörsvänliga åtgärder även om de kostar en del. Tyvärr är det av flera orsaker inte så enkelt. För det första finns det ett dilemma i att den lokala markägaren står för kostnaden, men eftersom bina är rörliga kommer de att bidra till pollineringen av både den lokala markägarens grödor och grannarnas.⁵⁸ Detta ekosystemtjänsternas

dilemma⁵⁹ kan lösas genom samverkan mellan markägare⁶⁰, vilket i sin tur kan kräva incitament för att bli till stånd⁶¹. För det andra bidrar pollinatörerna med ekosystemtjänster långt utöver pollinering av grödor, varav många är kollektiva nyttor, vilket innebär att samhälleliga regleringar eller incitament behövs för bevarandet av pollinatörer och deras livsmiljöer. Miljöersättningar inom den gemensamma jordbrukspolitiken och de utvidgade kraven för gårdsstöd genom den så kallade *förgrönningen* av jordbrukspolitiken fyller åtminstone delvis denna funktion. Åtgärder inom ramen för jordbrukspolitiken är viktiga för bevarandet, men har kritiserats för att vara ineffektiva.⁶² Det är dock viktigt att inte ”slänga ut barnet med badvattnet”, eftersom en omläggning av stödsystemen lätt kan leda till konsekvenser som är negativa för pollinatörer, t.ex. genom att naturbetesmarker försvinner.⁶³

POLLINATÖRER ILLUSTRERAR VÅRT BEROENDE AV NATUREN

Pollinatörer och deras pollinering av växter är både en viktig ekosystemtjänst i sig och ett illustrativt exempel på att vi trots den teknologiska utvecklingen är fundamentalt beroende av processer i naturen. Detta intresse innebär att pollinering kan användas i folkbildning med syfte att medvetandegöra detta beroende, så att vi tar hänsyn till det både i vårt eget handlande (t.ex. ostädade trädgårdar, oklippta gräsmattor) och i samhälleliga processer (t.ex. utformandet av den framtida gemensamma jordbrukspolitiken). På detta sätt kan

59 Lant et al., 2008.

60 Stallman, 2011.

61 Goldman et al., 2007.

62 Smith et al., 2016.

63 Jordbruksverket, 2021.

58 Cong et al., 2014.



Naturbetesmarker är varierade och viktiga för pollinatörer. Foto: Henrik G. Smith.

pollinatörer och deras tjänster fungera som ett paraply, som genom att skapa en förståelse för hur ekosystemprocesser fungerar kan bidra till skapandet av hållbara landskap som inte bara gynnar de estetiskt tilltalande och populära pollinatörerna utan också alla de andra organismer som är nödvändiga för en hållbar utveckling av våra produktionslandskap.

REFERENSER

- Artdatabanken. 2015. *Rödlistade arter i Sverige 2015*. Artdatabanken, SLU, Uppsala.
- Bartomeus, I. et al. 2011. Climate-associated phenological advances in bee pollinators and bee-pollinated plants. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 108:20645–20649.
- Biesmeijer, J.C. et al. 2006. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science* 313:351–354.
- Bommarco, R., Lundin, O., Smith, H.G. & Rundlöf, M. 2012. Drastic historic shifts in bumblebee community composition in Sweden. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* 279:309–315.
- Carrié, R., Ekroos, J. & Smith, H.G. 2018. Organic farming supports spatiotemporal stability in species richness of bumblebees and butterflies. *Biological Conservation* 227:48–55.
- Cole, L.J. et al. 2020. A critical analysis of the potential for EU Common Agricultural Policy measures to support wild pollinators on farmland. *Journal of Applied Ecology* 57:681–694.
- Cong, R.-G., Smith, H.G., Olsson, O. & Brady, M. 2014. Managing ecosystem services for

- agriculture: Will landscape-scale management pay? *Ecological Economics* 99:5362.
- Costanza, R. et al. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387:253–260.
- Daily, G.C. 1997. Nature's services: societal dependence on natural ecosystems. Yale University Press, London.
- Danforth, B.N., Minckley, R.L., Neff, J.L. & Fawcett, F. 2019. *The solitary bees: biology, evolution, conservation*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Dee, L.E. et al. 2019. When do ecosystem services depend on rare species? *Trends in Ecology & Evolution* 34:746–758.
- Dicks, L.V. et al. 2014. A transparent process for “evidence-informed” policy making. *Conservation Letters* 7:119–125.
- Dupont, Y.L., Damgaard, C. & Simonsen, V. 2011. Quantitative historical change in bumblebee (*Bombus* spp.) assemblages of red clover fields. *PLOS ONE* 6:e25172.
- Egan, P.A., Dicks, L.V., Hokkanen, H.M.T. & Stenberg, J.A. 2020. Delivering integrated pest and pollinator management (IPPM). *Trends in Plant Science* 25:577–589.
- Eilers, E.J. et al. 2011. Contribution of pollinator-mediated crops to nutrients in the human food supply. *PLOS ONE* 6(6): e21363.
- E Kroos, J., Rundlöf, M. & Smith, H.G. 2013. Trait-dependent responses of flower-visiting insects to distance to semi-natural grasslands and landscape heterogeneity. *Landscape Ecology* 28:1283–1292.
- Elmqvist, T. et al. 2003. Response diversity, ecosystem change, and resilience. *Frontiers in Ecology and the Environment* 1:488–494.
- Furst, M.A. et al. 2014. Disease associations between honeybees and bumblebees as a threat to wild pollinators. *Nature* 506:364–366.
- Gallai, N., Salles, J.-M., Settele, J. & Vaissière, B.E. 2009. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics* 68:810–821.
- Garibaldi, L.A. et al. 2013. Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science* 339:1608–1611.
- Garratt, M.P.D. et al. 2014. The identity of crop pollinators helps target conservation for improved ecosystem services. *Biological Conservation* 169:128–135.
- Gérard, M., Vanderplanck, M., Wood, T. & Michez, D. 2020. Global warming and plant–pollinator mismatches. *Emerging Topics in Life Sciences* 4(1):77–86.
- Goldman, R.L., Thompson, B.H. & Daily, G.C. 2007. Institutional incentives for managing the landscape: Inducing cooperation for the production of ecosystem services. *Ecological Economics* 64:333–343.
- González-Varo, J.P. et al. 2013. Combined effects of global change pressures on animal-mediated pollination. *Trends in Ecology & Evolution* 28:524530.
- Goulson, D. et al. 2005. Causes of rarity in bumblebees. *Biological Conservation* 122:1–8.
- Goulson, D., Nicholls, E., Botias, C. & Rotheray, E.L. 2015. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science* 347:1255957.
- Holland, J.M. et al. 2020. Moderate pollination limitation in some entomophilous crops of Europe. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 302:107002.
- IPBES. 2016. *The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production*. IPBES secretariat, Bonn.
- IPBES. 2019. *Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. IPBES secretariat, Bonn.
- Jönsson, A.M. et al. 2015. Sown flower strips in southern Sweden increase abundances of wild bees and hoverflies in the wider landscape. *Biological Conservation* 184:51–58.
- Jordbruksverket. 2021. *CAP-reformen hotar betesmarkerna men ger också möjligheter – Resultat*

- från modellberäkningar.* Jordbruksverket, Jönköping.
- Kerr, J.T. et al. 2015. Climate change impacts on bumblebees converge across continents. *Science* 349:177–180.
- Klatt, B.K. et al. 2014. Bee pollination improves crop quality, shelf life and commercial value. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 281:20132440.
- Klatt, B.K., Nilsson, L. & Smith, H.G. 2020. Annual flowers strips benefit bumble bee colony growth and reproduction. *Biological Conservation* 252:108814.
- Kleijn, D. et al. 2015. Delivery of crop pollination services is an insufficient argument for wild pollinator conservation. *Nature Communications* 6:7414.
- Klein, A.M. et al. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 274:303–313.
- Lant, C.L., Ruhl, J.B. & Kraft, S. 2008. The tragedy of ecosystem services. *Bioscience* 58:969–974.
- Lindstrom, S.A.M., Herbertsson, L., Rundlöf, M., Smith, H.G. & Bommarco, R. 2016. Large-scale pollination experiment demonstrates the importance of insect pollination in winter oilseed rape. *Oecologia* 180:759–769.
- Lippert, C., Feuerbacher, A. & Narjes, M. 2021. Revisiting the economic valuation of agricultural losses due to large-scale changes in pollinator populations. *Ecological Economics* 180:106860.
- Lundgren, R., Totland, Ø. & Lázaro, A. 2016. Experimental simulation of pollinator decline causes community-wide reductions in seedling diversity and abundance. *Ecology* 97:1420–1430.
- MacLeod, M. et al. 2020. How much do rare and crop-pollinating bees overlap in identity and flower preferences? *Journal of Applied Ecology* 57:413–423.
- Mattila, N. et al. 2011. Ecological correlates of distribution change and range shift in butterflies. *Insect Conservation and Diversity* 4:239–246.
- Meeus, I. et al. 2021. Reduced nest development of reared *Bombus terrestris* within apiary dense human-modified landscapes. *Scientific Reports* 11:1–9.
- Nieto, A. et al. 2017. *European red list of bees*. Publication Office of the European Union, Luxembourg.
- Ollerton, J. 2017. Pollinator diversity: distribution, ecological function, and conservation. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 48:354–276.
- Pedersen, T.R. et al. 2020. *Biologiska hot mot humlor*. Jordbruksverket, Jönköping.
- Perrot, T., Gaba, S., Roncoroni, M., Gautier, J.-L. & Bretagnolle, V. 2018. Bees increase oilseed rape yield under real field conditions. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 266:39–48.
- Persson, A.S. & Smith, H.G. 2013. Seasonal persistence of bumblebee populations is affected by landscape context. *Agriculture Ecosystems & Environment* 165:201–209.
- Phillips, B.B. et al. 2020. Enhancing road verges to aid pollinator conservation: A review. *Biological Conservation* 250:108687.
- Potts, S.G. et al. 2016. Safeguarding pollinators and their values to human well-being. *Nature* 540:220–229.
- Powney, G.D. et al. 2019. Widespread losses of pollinating insects in Britain. *Nature Communications* 10:1018.
- Pöyry, J. et al. 2009. Species traits explain recent range shifts of Finnish butterflies. *Global Change Biology* 15:732–743.
- Rader, R. et al. 2016. Non-bee insects are important contributors to global crop pollination. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 113:146–151.
- Rahbek Pedersen, T., Gustavsson, B. & Henriksen, J. 2020. *Det ekonomiska värdet av honungsbin i Sverige*. Jordbruksinformation. Jordbruksverket, Jönköping.
- Reid, W.V. et al. 2005. *Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and human well-being: synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC.

- Roulston, T.H. & Goodell, K. 2011. The role of resources and risks in regulating wild bee populations. *Annual Review of Entomology* 56:293–312.
- Rundlöf, M. et al. 2015. Seed coating with a neonicotinoid insecticide negatively affects wild bees. *Nature* 521:77–80.
- Rundlöf, M., Nilsson, H. & Smith, H.G. 2008. Interacting effects of farming practice and landscape context on bumblebees. *Biological Conservation* 141:417–426.
- Samnegård U. et al. 2019. Pollination treatment affects fruit set and modifies marketable and storable fruit quality of commercial apples. *R. Soc. Open Sci.* 6:190326.
- Schweiger, O. et al. 2008. Climate change can cause spatial mismatch of trophically interacting species. *Ecology* 89:3472–3479.
- Smith, H.G. et al. 2016. *Slututvärdering av det svenska landsbygdsprogrammet 2007–2013. Delrapport II: Utvärdering av åtgärder för bättre miljö*. Jordbruksverket, Jönköping.
- Smith, H.G. & Stenseke, M. 2021. Ekosystemtjänster och naturnyttor, s. 55–64 i *Biologisk mångfald, naturnyttor och ekosystemtjänster*. Tunón, H. & Sandell, K. (red.). CBM:s skriftserie 121, SLU Centrum för biologisk mångfald, Uppsala.
- Soroye, P., Newbold, T. & Kerr, J. 2020 Climate change contributes to widespread declines among bumble bees across continents. *Science* 367:685–688.
- Stallman, H.R. 2011. Ecosystem services in agriculture: Determining suitability for provision by collective management. *Ecological Economics* 71:131–139.
- Thomann, M., Imbert, E., Devaux, C. & Cheptou, P.O. 2013. Flowering plants under global pollinator decline. *Trends in Plant Science* 18:353–359.
- Tyler, T. et al. 2018. Climate warming and land-use changes drive broad-scale floristic changes in Southern Sweden. *Global Change Biology* 24:2607–2621.
- van Swaay, C., Warren, M. & Lois, G. 2006. Biotope use and trends of European butterflies. *Journal of Insect Conservation* 10:189–209.
- Warren, M.S. et al. 2021. The decline of butterflies in Europe: Problems, significance, and possible solutions. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 118:e2002551117.
- Woodard, S.H. 2017. Bumble bee ecophysiology: integrating the changing environment and the organism. *Curr. Opin. Insect. Sci.* 22:101–108.
- Woodcock, B. et al. 2019. Meta-analysis reveals that pollinator functional diversity and abundance enhance crop pollination and yield. *Nat. Comm.* 10:1481.
- Öckinger, E. & Smith, H.G. 2007. Asymmetric dispersal and survival indicate population sources for grassland butterflies in agricultural landscapes. *Ecography* 30:288–298.