

JUSTYNA KIERAT, ALEKSANDRA ŻMUDA, HAJNALKA SZENTGYÖRGYI

*Instytut Botaniki
Wydział Biologii
Uniwersytet Jagielloński
Gronostajowa 3, 30-387 Kraków
E-mail: justyna.kierat@gmail.com*

PSZCZOŁY W MIEŚCIE

RÓŻNORODNOŚĆ PSZCZOŁ

Zanim przyjrzymy się różnorodności pszczół w mieście, warto nakreślić obraz ogólnej różnorodności tej grupy w Polsce. Bez tego trudno będzie próbować odpowiedzieć na pytanie, czy obszary zurbanizowane to miejsca, gdzie jest w stanie przeżyć niewielu przedstawicieli tej grupy, czy też są one dla pszczół siedliskiem wartościowym, mimo że mocno przekształconym.

Nazwą „pszczoly” określamy przedstawicieli kładu Anthophila (=Apiformes), będącego częścią nadrodziny Apoidea, obejmującej oprócz pszczół również grzebaczę. Obecnie wyróżnia się siedem rodzin pszczół (DANFORTH i współaut. 2019), z czego jedna występuje tylko w Australii, a pozostałe można spotkać w Polsce (Tabela 1). W naszym kraju dotychczas zaobserwowano ponad 450 gatunków (BANASZAK 2004).

Poszczególne gatunki pszczół różnią się od siebie trybem życia, sposobem gniazdowania, preferencjami pokarmowymi i wyglądem. Dzięki temu, że niektóre z cech, takie jak społeczny tryb życia, w toku ewolucji wykształcały się w kilku liniach pszczół niezależnie, a później wtórnie zanikały, tworząc swoistą mozaikę, pszczoly są doskonałym obiektem badań dla ewolucjonistów (SCHWARZ i współaut. 1998, 2007).

GATUNKI SPOŁECZNE, SAMOTNE I PASOŻYTNICZE

Najbardziej znana z pszczół, pszczoła miodna (*Apis mellifera*), jest gatunkiem właściwie społecznym. Oznacza to, że żyje w rodzinach, składających się z rozmnażającej się matki

i robotnic wykonujących wszelkie prace na rzecz kolonii (rodziny pszczelej). Robotnice mają, w stosunku do matki, bardzo ograniczoną możliwość rozmnażania i mogą produkować tylko samce z jaj niezaplodnionych. Mimo że ten właśnie sposób życia wiele osób uważa za charakterystyczny dla pszczół, w rzeczywistości gatunki wysoce społeczne należą w tej grupie do mniejszości. Większość gatunków pszczół, zarówno w Polsce, jak i ogółem na świecie, to gatunki samotne (niespoleczne). Pozostała część to gatunki społeczne o różnym stopniu zaawansowania (zazwyczaj niższym niż obserwowany u pszczoły miodnej), a także gatunki pasożytnicze, których potomstwo rozwija się kosztem innych pszczół, społecznych lub samotnych.

Cechą wyróżniającą pszczoły samotne jest zakładanie przez samicę gniazda samodzielnie, bez pomocy innych przedstawicielek swojego gatunku. Każda samica w populacji jest potencjalnie zdolna do kopulacji z samcem, a później do zbudowania gniazda, zaopatrzenia go w pokarm dla potomstwa (pyłek i nektar, czasem olejki roślinne) i złożenia w nim jaj. Pszczoły samotne mogą budować gniazda w oddaleniu od innych przedstawicielek swojego gatunku, ale również w koloniach (zwanym także agregacjami gniazd). W takim wypadku w jednym miejscu może gniazdować wiele samic (nawet setki czy tysiące, a rekordowa kolonia, należąca do obrutki z gatunku *Dasypoda hirtipes*, liczyła 12 milionów gniazd) (DANFORTH i współaut. 2019). Poszczególne samice w kolonii nie pomagają jednak sobie wzajemnie, wręcz przeciwnie – mogą wykazywać wobec siebie nawzajem agresję, chociaż w ograniczonym zakresie (ČERNÁ i współaut. 2013).

Tabela 1. Zestawienie rodzin oraz przykładowych rodzajów pszczół.

Nazwa rodziny po łacinie	Nazwa rodziny po polsku	Wybrane rodzaje pszczół stwierdzonych na terenie Polski należące do rodziny
Andrenidae	Pszczolinkowate	pszczolinka (<i>Andrena</i>), trutnica (<i>Melitturga</i>), zbierka (<i>Panurgus</i>)
Apidae	Pszczolowate	pszczola (<i>Apis</i>), trzmiel (<i>Bombus</i>), rożyca (<i>Ceratina</i>), zadrzechnia (<i>Xylocopa</i>), koczownica (<i>Nomada</i>), mamrzyca (<i>Epeolus</i>), mamrzyk (<i>Epeoloides</i>), kornutka (<i>Eucera</i>), rozrożka (<i>Tetralonia</i>), porobnica (<i>Anthophora</i>), pseudoporobnica (<i>Amegilla</i>), brzęczka (<i>Melecta</i>), zwęźnica (<i>Thyreus</i>)
Colletidae	Lepiarkowate	lepiarka (<i>Colletes</i>), samotka (<i>Hylaeus</i>)
Halictidae	Smuklikowate	smuklik (<i>Halictus</i>), pseudosmuklik (<i>Lasioglossum</i>), nęczyn (<i>Sphcodes</i>), łusarek (<i>Nomia</i>), wigorczyk (<i>Rophites</i>), wrzałka (<i>Systropha</i>)
Megachilidae	Miesierkowate	smółka (<i>Trachusa</i>), makatka (<i>Anthidium</i>), makateczka (<i>Anthidiellum</i>), szmeronia (<i>Stelis</i>), ogrotek (<i>Aglaoapis</i>), wałczatka (<i>Heriades</i>), nożycówka (<i>Chelostoma</i>), murarka (<i>Osmia</i>), pseudomurarka (<i>Hoplitis</i>), miesierka (<i>Megachile</i>), ścieska (<i>Coelioxys</i>), kamieniarka (<i>Lithurgus</i>)
Melittidae	Spójnicowate	spójnica (<i>Melitta</i>), obroстка (<i>Dasypoda</i>), skrócinka (<i>Macropis</i>)
Stenotritidae	–	–

Społeczny tryb życia wyewoluował u pszczół niezależnie przynajmniej pięciokrotnie, a kilkanaście razy następował powrót ze społecznego do samotnego trybu życia (REHAN i współaut. 2012). Społeczność nie jest stanem zero-jedynkowym – możemy wyróżnić w jej obrębie szereg poziomów zaawansowania, przechodzących mniej lub bardziej płynnie w siebie nawzajem. O zachowaniach społecznych mówimy w momencie występowania współpracy między samicami przy produkcji potomstwa, podziału ról na składanie jaj i pracę przy gnieździe, bądź opieki samicy nad potomstwem wykraczającej poza złożenie jaja na zebrany pokarm i zamknięcie gniazda (czyli np. karmienie dorosłego potomstwa).

Gatunki pasożytnicze stanowią w polskiej faunie aż 20–25% gatunków (CELARY i FLAGA 2015), jednak niejednokrotnie są one rzadkie i mało liczne, gdyż warunkiem koniecznym utrzymania się ich populacji jest odpowiednio liczna i stabilna populacja gospodarza. Większość pszczół pasożytniczych podrzuca swoje jaja do gniazd innych gatunków pszczół, zazwyczaj samotnic. Z tego powodu bywają one również nazywane pszczołami kukułkami (ang. cuckoo bees). Innym sposobem pasożytnictwa jest tzw. pasożytnictwo społeczne, praktykowane przez trzmielce [*Bombus (Psithyrus)*] pasyżujące na trzmielach. W tym wypadku samica pasyżka nie podrzuca swoich jaj do gniazda gospodarza, pozostawiając je własnemu losowi, ale wdziera się do kolonii, podporządkowuje sobie lub zabija królową i przejmuje jej rolę. Zaczyna składać własne jaja, którymi opiekują się robotnice trzmiela, a z których wylęgają się wyłącznie formy płciowe – młode samce i samice. U pszczół pasożytniczych zazwyczaj mamy do czynienia z dużym stopniem specja-

lizacji – jeden gatunek ogranicza się do atakowania jednego bądź kilku gatunków gospodarzy.

SPECJALIZACJA POKARMOWA

Pszczoły żywią się niemal wyłącznie pokarmem pochodzenia roślinnego. Główne źródło białka stanowi zazwyczaj pyłek, a cukrów – nektar. Wyjątki od tej reguły są stosunkowo nieliczne: niektóre pszczoły zbierają spadź – wydzielinę produkowaną m.in. przez mszyce, znamy też trzy gatunki (żaden z nich nie występuje w Polsce) żywiące się padliną. Pokarmem dorosłych pszczół jest przede wszystkim nektar, dostarczający energii potrzebnej do aktywności. Pyłek jest zjadany w dużych ilościach przez larwy, dostarczając im białka i innych składników niezbędnych do wzrostu, pewna jego ilość jest też konieczna do produkcji jaj przez dorosłe samice (CANE 2016). Niektóre gatunki mogą żerować na bardzo szerokim spektrum roślin, zbierając z nich zarówno pyłek, jak i nektar – to gatunki polielektyczne. Przykładem jest pszczoła miodna, mająca niezwykle szeroką dietę. Może ona odwiedzać kwiaty setek gatunków i odmian, zarówno w jej rodzimym zasięgu, jak i w rejonach świata, do których została sprowadzona przez człowieka, jak Australia czy obie Ameryki. Do generalistów, choć nie o tak szerokiej diecie, należy również większość trzmieli czy murarka ogrodowa (*Osmia bicornis*). Mogą one mieć swoje preferencje, odwiedzając niektóre rośliny chętniej niż inne, jednak korzystają z szerokiego zakresu gatunków z różnych rodzin. Są też gatunki zbierające pyłek wyłącznie z pewnej określonej grupy roślin. Może to być jedna lub

kilka rodzin roślin, bądź węższa grupa, np. podrodzina, kilka rodzajów lub, w skrajnym przypadku, kilka gatunków roślin z zaledwie jednego rodzaju. Takie pszczoły określa się oligolektycznymi. Najwęższym stopniem specjalizacji jest monolektyczność, kiedy dany gatunek pszczoły korzysta wyłącznie z jednego gatunku rośliny pokarmowej. Ten stan jest rzadki i może obejmować przypadki, kiedy w całym swoim zasięgu występowania gatunek ma kilka roślin pokarmowych, jednak na konkretnym obszarze dostępna jest tylko jedna z nich. Czasem monolektycznymi określa się również gatunki pobierające pokarm z bardzo niewielkiej liczby gatunków z jednego rodzaju. Zazwyczaj specjalizacja pokarmowa dotyczy przede wszystkim zbieranego pyłku. Nektar może być zbierany przez samice gatunków oligolektycznych na tych samych roślinach co pyłek, ale często jest on pobierany również z innych gatunków.

SPOSÓB GNIAZDOWANIA

Większość niepasażerów gatunków pszczoł gniazduje pod ziemią. Mogą samodzielnie kopać norki, bądź wykorzystywać zrobione przez inne zwierzęta. Zarówno kształt, jak i wielkość gniazd różni się w zależności od gatunku – często są głębokie na kilkanaście-kilkadziesiąt centymetrów, ale zdarzają się i takie o ponadmetrowej głębokości, jak również zaledwie kilkucentymetrowe. Podziemne korytarze mogą biec prosto w dół lub pod kątem do powierzchni ziemi i rozgałęziać się bądź nie. Gatunki nie kopiące gniazd samodzielnie mogą wykorzystywać zbudowane przez inne owady, ale również, jak to ma miejsce w przypadku trzmieli, obszerniejsze jamki pozostawione przez gryzonie.

Mniejsza część gatunków wybiera na miejsce gniazdowania różnego rodzaju jamki i szczeliny znalezione w takich miejscach jak puste wewnątrz łodygi roślin czy szczeliny w drewnie pozostawione przez żerujące larwy innych owadów. Czasem wybierane są gałązki z miękkim rdzeniem (np. jeżyny), który jest przez pszczołę usuwany, by stworzyć przestrzeń do gniazdowania (tak gniazdują rożyce, *Ceratina* sp). Niektóre gatunki są przy tym bardziej wyspecjalizowane od innych i gniazdują np. w pustych muszlach ślimaków (np. murarka muszłówka *Osmia aurulenta*) albo wewnątrz galasów (np. samotka szuwarowa *Hylaeus pectoralis*).

Niektóre pszczoły, ze względu na specyficzny sposób gniazdowania, nie mieszczą się w żadnej z powyższych grup. Należą do nich gatunki budujące „wolne” gniazda z gliny czy żywicy, przyklejane do kamieni lub gałązek (np. makateczka konomicówka *Anthidiellum striga-*

tum), a także wygryzające chodniki w drewnie (np. zadrzechnie *Xylocopa* sp).

Wnętrze gniazda jest zazwyczaj powlekane wydzielinami gruczołów lub wykładane różnego rodzaju materiałami, dzięki czemu rozwijające się wewnątrz potomstwo jest mniej lub bardziej izolowane od świata zewnętrznego. Przedstawiciele lepiarkowatych powlekają gniazdo przezroczystą wydzieliną zastygającą w wodoodporną błonkę przypominającą celofan. Również pszczolinki używają wydzielin do impregnowania swoich ziemnych gniazd. W rodzinie miesierkowatych spotkamy się natomiast z użyciem różnorodnych materiałów zbieranych przez samice do budowy gniazda, takich jak: żywica, glina, kamyczki, liście w postaci wyciętych kawałków lub przeżutej masy. Materiały te mogą być używane pojedynczo lub łączone, w zależności od gatunku.

WYZWANIA I KORZYŚCI ZWIĄZANE Z ŻYCIEM W MIEŚCIE

SIEDLISKA

Niszczenie i przekształcanie siedlisk stanowi aktualnie jedno z największych zagrożeń dla bioróżnorodności. Obecnie ponad połowa ludności świata mieszka w miastach (<https://data.worldbank.org/indicator/SP.UR.B.TOTL.IN.ZS>). Urbanizacja wiąże się z mocnym przekształceniem ekosystemów i zazwyczaj jej wpływ na bioróżnorodność postrzegany jest jako negatywny i destrukcyjny. Trudno z tym polemizować, wszak niszczenie i przekształcanie naturalnych siedlisk należy do najpoważniejszych zagrożeń dotyczących praktycznie wszystkich grup organizmów żywych. Z drugiej strony, w miastach można spotkać zaskakująco liczne gatunki, w tym niejednokrotnie rzadkie i zagrożone. Badania porównujące faunę pszczoł w miastach i poza nimi również nie zawsze dokumentują negatywny wpływ urbanizacji. Z czego wynika ten pozorny paradoks? Przede wszystkim ocena środowiska miejskiego jako habitatu dla pszczoł zależy między innymi od tego, z jakimi innymi siedliskami się je porównuje. Dla części gatunków miasto może się okazać najlepszą z suboptymalnych możliwości, które pozostały po utracie optymalnych siedlisk. Porównanie miast z obszarami rolniczymi pod pewnymi względami wypada na korzyść tych pierwszych (WENZEL i współaut. 2020, PRENDERGAST i współaut. 2022a). Nie znaczy to, że miasto nie stawia przed pszczołami różnych wyzwań, którym nie wszystkie gatunki są w stanie sprostać.

Poszczególne gatunki różnią się wymaganiami i preferencjami siedliskowymi. Pszczoły nie są tu wyjątkiem. Dla części z nich miasto jest odpowiednim siedliskiem, natomiast inne

nie są w stanie przystosować się do niego. Miasto działa jak „filtr”, przepuszczając gatunki o pewnych cechach, a inne zatrzymując poza miastem lub na jego mniej zurbanizowanych obrzeżach (BANASZAK-CIBICKA i ŻMIHORSKI 2012). Badając zmiany składu gatunkowego wraz z oddalaniem się od centrum miasta, próbuje się zidentyfikować cechy gatunkowe, które wiążą się ze zdolnością życia w zurbanizowanych siedliskach.

Miasto nie jest jednorodną strukturą i wy-nik porównania miast z obszarami pozamiej-skimi zależy również od tego, jak jedno i drugie zostaną w badaniach zdefiniowane (PRENDERGAST i współaut. 2022a). Miasto jest mozaiką siedlisk mocno przekształconych (budynki, drogi, itd.) i takich o bardziej naturalnym czy półnaturalnym charakterze (parki, cmentarze, nieużytki). Większość badań dotyczących wpływu urbanizacji na różnorodność biologiczną gatunków zamieszkujących tereny miejskie były wykonywane w miastach europejskich lub północnoamerykańskich. W jednych i drugich ilość terenów zielonych jest stosunkowo wysoka, i wzrasta dzięki świadomości ekologicznej oraz wymaganiom ludzi z tych kręgów kulturowych. Ten proces w Europie jest bardzo wyraźny i promowany zarówno oddolnie, jak i odgórnie (https://ec.europa.eu/environment/topics/urban-environment_en). Badania pokazują, że ilość terenów zielonych wpływa pozytywnie na obecność pszczoł (GRAF i współaut. 2022, RAHIMI i współaut. 2022), ale nie każdy teren zielony jest tak samo dla nich atrakcyjny. Nie powinno zaskakiwać, że miejsca o bardziej dzikim charakterze, pod mniejszym wpływem człowieka, bardziej wspierają populacje tych owadów. Pokazują to badania z Australii, gdzie więcej dzikich pszczoł (w tym rzadkich gatunków) żyło na obszarach z naturalną roślinnością znajdujących się w granicach miast niż w ogrodach (PRENDERGAST i współaut. 2022b). Wiąże się to ze składem gatunkowym roślin spotykanych w obu typach siedlisk – większym udziałem gatunków obcego pochodzenia uprawianych w ogrodach. Jednak nie tylko dzikie tereny służą pszczołom. W kilku badaniach monitorowano pszczoły w strukturalnie różnych miejskich obszarach zieleni, takich jak ogrody społeczne (MATTESON i współaut. 2008), cmentarze (BATES i współaut. 2011), parki (McFREDERICK i LEBUHN 2006). Porównywano także różnorodność gatunkową pszczoł we wszystkich trzech typach obszarów zielonych w tym samym mieście (ANDERSSON i współaut. 2007, SIROHI i współaut. 2015, NORMANDIN i współaut. 2017). Pewną ciekawostką w tych zestawieniach są cmentarze, które charakteryzują się bardzo wysokim bogactwem gatunkowym pszczoł dzięki stałemu dostarczaniu pokarmu owadom zapylającym.

POKARM

Podstawowymi warunkami, które muszą być spełnione, by populacja pszczoł mogła się utrzymywać, jest obecność odpowiedniego dla danego gatunku pokarmu i miejsca do gniazdowania. Oba zasoby powinny być zlokalizowane blisko siebie, gdyż większość pszczoł żeruje w bardzo niewielkiej odległości od gniazda. Maksymalny zasięg lotu dla różnych gatunków, ustalony na podstawie badań, waha się w granicach od stu metrów do kilku kilometrów, przy czym większe pszczoły zazwyczaj latają dalej niż małe (ZURBUCHEN i współaut. 2010a, GATHMANN i TSHARNTKE 2002). Górna granica możliwych zakresów lotu wydaje się imponująca, jednak trzeba brać pod uwagę, że im dalej samica musi latać po pokarm, tym więcej czasu i energii będzie ją to kosztować. Dalsze loty mogą przełożyć się więc na mniejszą liczbę produkowanego potomstwa (ZURBUCHEN i współaut. 2010b), jego mniejszą masę ciała, gorszą kondycję lub zmienioną proporcję płci w lęgu. Ponadto, poszczególne osobniki w populacji różnią się i tylko część z nich jest w stanie latać na maksymalną, ustaloną w badaniach odległość. Dla pozostałych może być ona barierą nie do pokonania (ZURBUCHEN i współaut. 2010a). Kwiaty muszą być zlokalizowane nie tylko w odpowiedniej odległości od potencjalnego miejsca na gniazdo. Również ich liczba musi być wystarczająca (MÜLLER i współaut. 2006), a skład gatunkowy odpowiadać potrzebom danego gatunku pszczoł. W miastach pokarmu dostarczają pszczołom rośliny ozdobne uprawiane w parkach, ogrodach, na coraz częściej spotykanych pasach i łąkach kwietnych, a na mniejszą skalę również na balkonach czy parapetach, roślinność ruderalna na niezagospodarowanych terenach, a na wiosnę ważnym źródłem pokarmu są kwitnące drzewa (nie tylko owado-, ale również wiatropylne). Ilość dostępnego pokarmu może być większa niż w środowisku rolniczym przy intensywnej gospodarce, gdzie liczba chwastów jest zredukowana do minimum (między innymi przy użyciu herbicydów), a wielkoobszarowe, jednogatunkowe uprawy dostarczają monotonnej diety i tylko w krótkim okresie podczas sezonu lub wcale nie dają pokarmu pszczołom. Dodatkowo, w miastach sezon wegetacyjny zaczyna się wcześniej dzięki wyższym temperaturom występującym na terenach zabudowanych, co ma znaczenie dla pszczoł latających wiosną. W ciekawy sposób różnice między miastem i wsią pokazali SAMUELSON i współaut. (2022), którzy „podglądali” tańczące pszczoły miodne i sprawdzali, jak odległe źródła pokarmu reklamują swoim siostronom powracające pszczoły zbieraczki. Okazało się, że w krajobrazie rolniczym pszczoły latały po pokarm na większe odległości niż w mieście.

Ponieważ zawartość cukrów w przynoszonym nektarze nie różniła się, to dalsze loty w środowisku rolniczym wiążą się dla pszczoł z większym kosztem zdobywania pokarmu.

Z drugiej strony, w mieście większy jest udział gatunków obcego pochodzenia i odmian ozdobnych. Brakuje z kolei gatunków dzikich, będących roślinami rodzimymi lub zadomowionymi archeofitami, a to właśnie z nimi, nie z roślinami obcego pochodzenia, związane są zazwyczaj pszczoły wyspecjalizowane pokarmowo. Udział gatunków polilektycznych jest więc większy na obszarach silniej zurbanizowanych, podczas gdy gatunków mono- i oligolektycznych jest więcej poza miastem – choć nawet tam nie stanowią one większości (AYERS i REHAN 2021, BANASZAK-CIBICKA i DYLEWSKI 2021, GRAF i współaut. 2022). Z kolei generaliści pokarmowi, tacy jak pszczoła miodna, trzmiel czy pseudosmukliki (*Lasioglossum*) (AYERS i REHAN 2021, RAHIMI i współaut. 2022,) mogą być dominującymi grupami w faunie pszczoł miejskich. Jednak obce gatunki roślin nie zawsze są gorsze dla pszczoł. W badaniach na terenie Montrealu w Kanadzie wykazano, że w porównaniu z miejscami półnaturalnymi, ogrody przydomowe także wspierały pszczoły, które żerowały na większej liczbie, ale mniejszej proporcji dostępnych gatunków roślin. Pszczoły nie rozróżniały egzotycznych i rodzimych gatunków roślin ani w ogrodach, ani w miejscach półnaturalnych i przyciągały je kwiaty w obu siedliskach, niezależnie od ich pochodzenia. Ochrona półnaturalnych obszarów ruderalnych i zapewnianie siedlisk ogrodowych dla zapylaczy to skuteczne sposoby promowania lokalnej różnorodności pszczoł w terenach miejskich (MARTINS i współaut. 2017, KAJZER-BONK i NOWICKI 2022).

MIEJSCE DO GNIAZDOWANIA

Miejsce do gniazdowania jest drugim obok pokarmu niezbędnym warunkiem, by populacja danego gatunku pszczoły mogła przetrwać. Wyzwania stawiane pszczołom przez miasto różnią się w zależności od typu zakładanych przez nie gniazd. Do gniazdowania pod ziemią potrzebna jest gleba o odpowiednich dla danego gatunku właściwościach: składzie, wilgotności, nasłonecznieniu i ekspozycji (ANTOINE i FORREST 2021). Wiele gatunków ziemnych pszczoł zakłada gniazda na powierzchniach nieporośniętych lub skąpo porośniętych, inne mogą gniazdować wśród roślinności. Niezależnie od tych preferencji, do wykopania gniazda konieczna jest pewna ilość odsłoniętej gleby. Asphalt, beton i inne powszechne w mieście nieprzepuszczalne pokrycia powierzchni, szkodzą nie tylko pośrednio, zmniejszając przestrzeń dostępną dla roślin pokarmowych, które mogłyby w tym miejscu wyrosnąć. Uniemożliwiają lub utrud-

niają w sposób bezpośredni budowanie gniazd przez gatunki gniazdujące w ziemi. Nic więc dziwnego, że udział takich gatunków na obszarach mocno zurbanizowanych jest mniejszy niż poza nimi (WENZEL i współaut. 2020, AYERS i REHAN 2021, BANASZAK-CIBICKA i DYLEWSKI 2021). Gatunki gniazdujące w różnego rodzaju znalezionych przez siebie pustych przestrzeniach wydają się być w mieście w lepszej sytuacji. Do ich naturalnych miejsc gniazdowania należą np. puste w środku łodygi roślin, szczeliny i korytarze wygryzione przez larwy innych gatunków w drewnie, dziuple, ziemne norki wykopane przez inne owady czy gryzonie. Miasto oferuje dodatkowo szereg innych miejsc tego typu, pochodzenia antropogenicznego: dziurki po gwoździach, szczeliny w murach budynków, dziury w elewacji i pod ociepleniem, szpary w różnego rodzaju przedmiotach pozostawionych na zewnątrz, wreszcie budki dla ptaków i stawiane coraz częściej hotele dla owadów. Miasta pod tym względem częściowo przejmują rolę, jaką spełniały wiejskie domy kryte strzechą, przez wieki oferujące doskonałe miejsca gniazdowania dla licznych gatunków pszczoł. Jeśli naturalne miejsca do gniazdowania występują tutaj w mniejszej liczbie, to możemy się spodziewać, że jest to przynajmniej częściowo rekompensowane. Dlatego gatunki gniazdujące w znalezionych norkach i szczelinach wykazują odwrotny trend do tych, które kopią gniazda w ziemi (WENZEL i współaut. 2020).

MIEJSKA WYSPA CIEPŁA

Ważną z punktu widzenia pszczoł różnicą między miastem a przyległymi do niego obszarami jest wyższa temperatura. Miasto może być nawet o ponad 10°C cieplejsze niż jego otoczenie (RIZWAN i współaut. 2008). Stanowi to poważny problem dla gatunków pszczoł preferujących niższe temperatury. Lot jest bardzo energochłonna aktywnością, a poruszające się mięśnie skrzydeł generują dużo ciepła. Odpowiednio wysoka temperatura ciała jest konieczna, by owad był aktywny i przy niskich temperaturach (wczesną wiosną czy wcześniej rano) to rozgrzanie się stanowi wyzwanie dla pszczoły. Jednak przy wyższych temperaturach powietrza pszczoły niejednokrotnie pracują na granicy przegrzania, a nawet muszą przerywać pracę i chronić się w gniazdach w najgorętszej porze dnia (DANFORTH i współaut. 2019). Badania w USA pokazały, że z każdym 1°C wzrostu temperatury liczebność pszczoł spadała aż o 41% (HAMBLIN i współaut. 2018). W Niemczech udokumentowano z kolei spadek liczby gatunków wraz ze wzrostem temperatur (PAPANIKOLAOU i współaut. 2017).

Dla niektórych gatunków wyższe temperatury spotykane w miastach nie są problemem,

a zaletą. Widać to np. w Poznaniu, gdzie wykazano, że gatunki południowe (zasiedlające większość obszarów otaczających Morze Śródziemne i Morze Czarne, preferujące otwarte, suche i ciepłe siedliska) stanowiły łącznie ponad 15% miejskiej fauny pszczoł. Jest to duża liczba, biorąc pod uwagę, że na terenie pobliskiego Wielkopolskiego Parku Narodowego gatunki południowe stanowiły tylko 9% populacji (BANASZAK-CIBICKA 2014). Niestety, mogą też wśród nich pojawiać się gatunki obce, których obecność w siedlisku może zagrażać rodzimym gatunkom pszczoł. Wśród gatunków obcych duży udział mają gniazdujące w znalezionych szczelinach, a to właśnie ta grupa pszczoł, w przeciwieństwie do gniazdujących w ziemi, jest faworyzowana przez miasto. Zdarza się, że gatunki obce stanowią dużą część mieszkańców hoteli dla owadów, stawianych przecież w celu poprawy warunków życia rodzimej fauny (MACIVOR i PACKER 2015, GESLIN i współaut. 2020). Zagrożenie ze strony tych gatunków to nie tylko bezpośrednia konkurencja o miejsca do gniazdowania (ROULSTON i MALFI 2012) czy pokarm (RUSSO i współaut. 2021). Trzeba brać pod uwagę również możliwość, że przedstawiciele obcego gatunku będą nosicielami obcych pasożytów i organizmów chorobotwórczych, które zaczną rozprzestrzeniać się w populacjach rodzimych pszczoł (RUSSO i współaut. 2021).

JAK UCZYNIĆ MIASTO BARDZIEJ PRZYJAZNYM DLA PSZCZOŁ?

Wiedza o wymaganiach środowiskowych pszczoł i czynnikach zagrażających ich populacjom w środowisku miejskim może posłużyć do opracowania metod ochrony i wspierania populacji tych owadów. W tym rozdziale podsumujemy te informacje i zaproponujemy działania, które warto wykonywać w mieście.

Obszary miejskie są mozaiką terenów bardziej lub mniej przekształconych przyrodniczo. Bardziej zbliżone do naturalnych są różnego rodzaju parki, skwery, ale również nieużytki, niezagospodarowane skrawki terenu, na których rozwija się dzika roślinność. Te pierwsze, szczególnie stare parki historyczne, są szczególnie cenne pod względem ekologicznym, oferując siedliska dla wielu gatunków roślin i zwierząt. Natomiast te ostatnie mogą być cennym siedliskiem pszczoł, nieraz lepszym od utrzymanych przez człowieka ogrodów (PRENDERGAST i współaut. 2022b). Nie należy postrzegać ich jako terenów zawsze wymagających zagospodarowania. Próba „rewitalizacji” nieużytków, polegająca na zastąpieniu dziko występującej tam roślinności gatunkami uprawnymi i ozdobnymi może nie tylko nie

poprawić warunków życia pszczoł, ale wręcz je pogorszyć, jeśli usunięte rośliny stanowiły dobrą bazę pokarmową. Pierwszym elementem rewitalizacji powinna być inwentaryzacja już żyjących w danym miejscu roślin i pszczoł, dzięki czemu można się dowiedzieć, jakie powiązania między roślinami a owadami istnieją w tym miejscu.

Półnaturalne siedliska nie tylko dostarczają pszczołom pokarmu i schronienia, ale do pewnego stopnia osłabiają negatywne efekty podwyższonych temperatur w miastach (PAPANIKOLAOU i współaut. 2017). Ochronę i zwiększanie powierzchni takich obszarów można więc uznać za jedną z form przeciwdziałania skutkom efektu „miejskiej wyspy ciepła”.

Na zagospodarowaniu mogą natomiast skorzystać miejsca, gdzie nie ma roślinności w ogóle (np. z powodu wcześniej przeprowadzanych prac lub w miejscach z nieprzepuszczalną powierzchnią taką jak beton czy asfalt). Popularność zyskuje urządzenie łąk kwietnych zamiast tradycyjnych trawników. Często koszony trawnik jest dla pszczoł i wielu innych zwierząt „zieloną pustynią” (KAJZER-BONK i KIERAT 2020), więc wzbogacenie tej przestrzeni w kwitnące rośliny jest dobrym rozwiązaniem. Kluczowy jest przy tym dobór roślin – powinny być to rośliny rodzime i przystosowane do warunków danego siedliska. Dobrym pomysłem jest pozwolenie dzikim gatunkom na wyrośnięcie z glebowego banku nasion tak, aby to one były podstawą tworzonej łąki kwietnej.

W miejskich terenach zielonych nie stosuje się takich ilości pestycydów i herbicydów jak w terenach rolniczych, jednak nie jest ono zupełnie wolne od środków ochrony roślin. Uprawa roślin ma miejsce również w granicach miast, a poza ochroną plonów pestycydy i herbicydy mają również inne zastosowania, jak odkomarzanie i pielęgnacja zieleni ozdobnej. Wykazano, że rolnictwo miejskie generuje siedliska o dużej różnorodności i ogromnym potencjale dla lokalnej ochrony pszczoł, jednocześnie przyczyniając się do usług zapyłania w miastach. Aby chronić owady, zaleca się całkowitą rezygnację z używania pestycydów w celu pielęgnowania roślin ozdobnych w miastach. W niektórych regionach Kanady obowiązuje prawo znacząco ograniczające ich stosowanie (FORISTER i współaut. 2019).

Inwazyjne gatunki obce są uważane za jedno z najpoważniejszych obecnie zagrożeń dla bioróżnorodności. Do gatunków inwazyjnych zagrażających pszczołom należą, oprócz organizmów chorobotwórczych, głównie rośliny. Wypierając inne, rodzime gatunki, obce rośliny inwazyjne zubożają bazę pokarmową pszczoł. Z tego powodu nie należy uprawiać roślin inwazyjnych, nawet jeśli w okresie kwitnienia same stanowią pokarm dla niektórych pszczoł,

jak ma to miejsce w przypadku nawłoci kanadyjskiej (*Solidago canadensis*) i późnej (*S. gigantea*). Walka z gatunkami inwazyjnymi jest trudna i często wymaga bardzo dużych nakładów środków i pracy w stosunku do efektów, ale mimo wszystko warto ją podejmować. W przypadku roślin jest to ich usuwanie ze środowiska w sposób właściwy dla danego gatunku (np. w przypadku inwazyjnych niecierpków – wrywanie i palenie, gdyż nasiona są odporne i mogłyby przeżyć kompostowanie).

Na koniec warto podkreślić rolę edukacji. Niejednokrotnie zdarza się, że w dobrej wierze podejmowane są działania niepoprawiające sytuacji pszczół lub wręcz ją pogarszające. Przykładem może być stawianie pasiek w miastach, na które decydują się różne firmy i instytucje. Mimo że działania te są opisywane jako mające „ratować pszczół”, w rzeczywistości mogą negatywnie wpływać na liczebność i różnorodność dzikich pszczół (KIERAT i współaut. 2021). Pszczoły miodne są dla lokalnych populacji pszczół silną konkurencją w walce o zasoby, pokarm i siedlisko, powodując istotne zmniejszenie liczebności i bogactwa gatunkowego dzikich gatunków pszczół (ANGELELLA i współaut. 2021). Równocześnie stanowią zagrożenie, ponieważ przenoszą chorobotwórcze patogeny, które też mogą infekować samotne gatunki pszczół (IWASAKI i HOGENDOORN 2022). Popularność wprowadzania uli z pszczołą miodną do miast nie wynika jednak ze złej woli, ale z braku wiedzy na temat różnorodności dzikich pszczół, konsekwencji dominacji pszczoły miodnej nad innymi gatunkami oraz skutecznych metod ich ochrony. Środki i czas przeznaczony na utrzymanie pasiek mogłyby zostać efektywniej wykorzystane na ochronę pszczół w miastach, gdyby cele ochrony wynikały z aktualnego stanu wiedzy. Brak wiedzy może skutkować również bezpośrednim tępieniem pszczół, spowodowanym lękiem przed uządleniami. Edukacja pomaga w rzetelnej ocenie sytuacji i ewentualnego zagrożenia ze strony tych pożytecznych owadów.

Streszczenie

Miasto, jako siedlisko będące pod bardzo mocnym wpływem człowieka, stawia wiele wyzwań żyjącym w nim gatunkom. Nie wszystkie są w stanie podolać tym wyzwaniom, jednak zaskakująco wiele potrafi się przystosować do miejskich warunków. W artykule przyglądamy się temu zagadnieniu na przykładzie pszczół, grupy znanej ze swojego znaczenia jako zapylacze, charakteryzującej się dużą różnorodnością biologii poszczególnych gatunków. Miasto stwarza tym owadom warunki do życia, czasami lepsze niż sąsiadujące tereny, jednak nie wszystkie pszczoły równie dobrze radzą sobie ze specyfiką miejskiego środowiska. Jednym z czynników mogących negatywnie na nie oddziaływać jest wprowadzanie do miast pszczoły miodnej, co często jest przeprowadzane pod hasłem ochrony zapylaczy. Pszczoła miodna jest jednak dużą konkurencją dla innych gatunków. Efekt takich działań może być więc przeciwny do zamierzonego i wydaje się utwierdzać społeczeństwo w przekonaniu, że w Polsce/na świecie mamy tylko jeden gatunek pszczoły.

LITERATURA

- ANDERSSON E., BARTHEL S., AHRNÉ K., 2007. *Measuring social-ecological dynamics behind the generation of ecosystem services*. Ecol. Appl. 17, 1267-1278.
- 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*. Sci. Rep. 11, 3202.
- ANTOINE C. M., FORREST J. R., 2021. *Nesting habitat of ground-nesting bees: a review*. Ecol. Entomol. 46, 143-159.
- AYERS A. C., REHAN S. M., 2021. *Supporting bees in cities: how bees are influenced by local and landscape features*. Insects 12, 128.
- BANASZAK J., 2004. *Pszczoły (Apidae)*. [W:] *Fauna Polski Wykaz gatunków*. BOGDANOWICZ W., CHUDZICKA Z., PILIPIUK I., SKIBIŃSKA E. (red.). MiZ PAN, Warszawa 1, 358-362.
- BANASZAK-CIBICKA W., 2014. *Are urban areas suitable for thermophilic and xerothermic bee species (Hymenoptera: Apoidea: Apiformes)?* Apidologie 45, 145-155.
- BANASZAK-CIBICKA W., ŻMIHORSKI M., 2012. *Wild bees along an urban gradient: winners and losers*. J. Insect Conserv. 16, 331-343.
- BANASZAK-CIBICKA W., DYLEWSKI Ł., 2021. *Species and functional diversity. A better understanding of the impact of urbanization on bee communities*. Sci. Total Environ. 774, 145729.
- BATES A. J., SADLER J. P., FAIRBRASS A. J., FALK S. J., HALE J. D., MATTHEWS T. J., 2011. *Changing bee and hoverfly pollinator assemblages along an urban-rural gradient*. PLoS One 6, e23459.
- CANE J. H., 2016. *Adult pollen diet essential for egg maturation by a solitary Osmia bee*. J. Insect Physiol. 95, 105-109.
- CELARY W., FLAGA S., 2015. *Pszczoły dziko żyjące (Hymenoptera: Apoidea: Apiformes) – klucz do rozpoznawania rodzin i rodzajów pszczół wraz z ich charakterystyką*. Zespół Parków Krajobrazowych Województwa Małopolskiego, Kraków.
- ČERNÁ K., ZEMENOVA M., MACHÁČKOVÁ L., KOLÍNOVÁ Z., STRAKA J., 2013. *Neighbourhood society: Nesting dynamics, usurpations and social behaviour in solitary bees*. PLoS One 8, e73806.
- DANFORTH B. N., MINCKLEY R. L., NEFF J. L., 2019. *The solitary bees: biology, evolution, conservation*. Princeton University Press, Princeton i Oxford.
- FORISTER M. L., PELTON E. M., BLACK S. H., 2019. *Declines in insect abundance and diversity: We know enough to act now*. Conserv. Sci. Pract. 1, e80.
- GATHMANN A., TSCHARNTKE T., 2002. *Foraging ranges of solitary bees*. J. Anim. Ecol. 71, 757-764.
- GESLIN B., GACHET S., DESCHAMPS-COTTIN M., FLACHER F., IGNACE B., KNOPLOCH C. i współaut., 2020. *Bee hotels host a high abundance of exotic bees in an urban context*. Acta Oecol. 105, 103556.
- GRAF L. V., SCHNEIBERG I., GONÇALVES R. B., 2022. *Bee functional groups respond to vegetation cover and landscape diversity in a Brazilian metropolis*. Landscape Ecol. 37, 1075-1089.

- HAMBLIN A. L., YOUNGSTEADT E., FRANK S. D., 2018. *Wild bee abundance declines with urban warming, regardless of floral density*. Urban Ecosyst. 21, 419-428.
- IWASAKI J. M., HOGENDOORN K., 2022. *Mounting evidence that managed and introduced bees have negative impacts on wild bees: an updated review*. Curr. Res. Insect Sci., doi:10.1016/j.cris.2022.100043.
- KAJZER-BONK J., KIERAT J., 2020. *Efekt (braku) kosiarki*. Nauka dla Przyrody, <https://naukadlaprzyrody.pl/2020/06/16/efekt-braku-kosiarki/>.
- KAJZER-BONK J., NOWICKI P., 2022. *Butterflies in trouble: The effectiveness of Natura 2000 network in preventing habitat loss and population declines of endangered species in urban area*. Ecol. Indicat. 135, 108518
- KIERAT J., BUCHHOLZ L., CZEKOŃSKA K., GAJDA A., GRABOWSKI M., JASKUŃA R., KOYTOWSKI Z., LENDA M., OLEKSA A., ROGUZ K., STRACHECKA A., SZENTGYÖRGYI H., WENDZONKA J., WOYCIECHOWSKI M., WÓJCIK Ł., ZYCH M., ŻMUDA A., 2021. *Opinia naukowców w sprawie zakładania pasiek miejskich jako formy ochrony pszczół*. Nauka dla Przyrody, <https://naukadlaprzyrody.pl/2021/10/01/opinia-naukowcow-w-sprawie-zakladania-pasiek-miejskich-jako-form/>.
- MACIVOR J. S., PACKER L., 2015. *'Bee hotels' as tools for native pollinator conservation: a premature verdict?* PloS One 10, e0122126.
- MARTINS K. T., GONZALEZ A., LECHOWICZ M. J., 2017. *Patterns of pollinator turnover and increasing diversity associated with urban habitats*. Urban Ecosyst. 20, 1359-1371.
- MATTESON K. C., ASCHER J. C., LANGELOTTO G. A., 2008. *Bee Richness and Abundance in New York City Urban Gardens*. Ann. Entomol. Soc. Am. 101, 140-150.
- McFREDERICK Q. S., LEBUHN G., 2006. *Are urban parks refuges for bumble bees Bombus spp. (Hymenoptera: Apidae)?* Biol. Conserv. 129, 372-382
- MÜLLER A., DIENER S., SCHNYDER S., STUTZ K., SEDIVY C., DORN S., 2006. *Quantitative pollen requirements of solitary bees: implications for bee conservation and the evolution of bee-flower relationships*. Biol. Conserv. 130, 604-615.
- NORMANDIN É., VERECKEN N. J., BUDDLE C. M., FOURNIER V., 2017. *Taxonomic and functional trait diversity of wild bees in different urban settings*. PeerJ. 5, e3051.
- PAPANIKOLAOU A. D., KÜHN I., FRENZEL M., SCHWEIGER O., 2017. *Semi-natural habitats mitigate the effects of temperature rise on wild bees*. J. Appl. Ecol. 54, 527-536.
- PRENDERGAST K. S., DIXON K. W., BATEMAN P. W., 2022a. *A global review of determinants of native bee assemblages in urbanised landscapes*. Insect Conserv. Divers. 15, 385-405.
- PRENDERGAST K. S., TOMLINSON S., DIXON K. W., BATEMAN P. W., MENZ M. H., 2022b. *Urban native vegetation remnants support more diverse native bee communities than residential gardens in Australia's southwest biodiversity hotspot*. Biol. Conserv. 265, 109408.
- RAHIMI E., BARGHJELVEH S., DONG P., 2022. *A review of diversity of bees, the attractiveness of host plants and the effects of landscape variables on bees in urban gardens*. Agricult. Food Secur. 11, 1-11.
- REHAN S. M., LEYS R., SCHWARZ M. P., 2021. *A mid-cretaceous origin of sociality in xylocopine bees with only two origins of true worker castes indicates severe barriers to eusociality*. PLoS One 7, e34690.
- RIZWAN A. M., DENNIS L. Y., CHUNHO L. I. U., 2008. *A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island*. J. Environ. Sci. 20, 120-128.
- ROULSTON T. A., MALFI R., 2012. *Aggressive eviction of the eastern carpenter bee (Xylocopa virginica (Linnaeus)) from its nest by the giant resin bee (Megachile sculpturalis Smith)*. J. Kansas Entomol. Soc. 85, 387-388.
- RUSO L., DE KEYZER C. W., HARMON-THREATT A. N., LECROY K. A., MACIVOR J. S., 2021. *The managed-to-invasive species continuum in social and solitary bees and impacts on native bee conservation*. Curr. Opin. Insect Sci. 46, 43-49.
- SAMUELSON A. E., SCHÜRCH R., LEADBEATER E., 2022. *Dancing bees evaluate central urban forage resources as superior to agricultural land*. J. Appl. Ecol. 59, 79-88.
- SCHWARZ M. P., BULL N. J., HOGENDOORN K., 1998. *Evolution of sociality in the allodapine bees: a review of sex allocation, ecology and evolution*. Insectes Sociaux 45, 349-368.
- SCHWARZ M. P., RICHARDS M. H., DANFORTH B. N., 2007. *Changing paradigms in insect social evolution: insights from halictine and allodapine bees*. Ann. Rev. Entomol. 52, 127-150.
- SIROHI M. H., JACKSON J., EDWARDS M., OLLERTON J., 2015. *Diversity and abundance of solitary and primitively eusocial bees in an urban centre: a case study from Northampton (England)*. J. Insect Conserv. 19, 487-500.
- WENZEL A., GRASS I., BELAVADI V. V., TSCHARNTKE T., 2020. *How urbanization is driving pollinator diversity and pollination – a systematic review*. Biol. Conserv. 241, 108321.
- ZURBUCHEN A., LANDERT L., KLAIBER J., MÜLLER A., HEIN S., DORN S., 2010a. *Maximum foraging ranges in solitary bees: only few individuals have the capability to cover long foraging distances*. Biological Conservation 143(3), 669-676.
- ZURBUCHEN A., CHEESMAN S., KLAIBER J., MÜLLER A., HEIN S., DORN S., 2010b. *Long foraging distances impose high costs on offspring production in solitary bees*. J. Anim. Ecol. 79, 674-681.

KOSMOS Vol. 72, 3, 297-305, 2022

JUSTYNA KIERAT, ALEKSANDRA ŻMUDA, HAJNALKA SZENTGYÓRGYI

Institute of Botany, Faculty of Biology, Jagiellonian University, 3 Gronostajowa Str., 30-387 Kraków, E-mail: justyna.kierat@gmail.com

BEES IN THE CITY

Summary

Urban areas are heavily influenced by human activity and as such, they pose significant challenges for organisms living there. Not all species can cope with these challenges but there are many which live in the cities. In the article, we analyze this issue on the example of wild bees. Bees are known for their importance as pollinators and individual species have very different biologies. Cities can be home for them, sometimes even better than surrounding areas, but not all species of bees are equally well adapted to living in urban environments. One of the factors that may have a negative impact on them is the introduction of honey bees to cities, which is often carried out under the banner of pollinator protection. Because of competition between honeybees and other species, the effect of such actions can be counterproductive and seems to reinforce the belief that we have only one species of bee in Poland/in the world.

Key words: bees, biodiversity, honeybee, pollinators, urbanization