

Kamil Piotr Szpotkowski

# Poradnik młodego przyrodnika

Broszura edukacyjna na temat ochrony środowiska z zestawem doświadczeń



POZnań\*

WYDANO NA ZLECENIE  
Fundacja Biblioteka Ekologiczna  
ul. Kościuszki 79, 61-715 Poznań

Wydawca  
Zakład KARIS  
Ryszard Szpotkowski  
Rynkowa 6, 64-400 Międzychód  
tel. 602-526-074

TEKST I FOTOGRAFIE  
dr Kamil Piotr Szpotkowski

RECENZENT  
prof. dr hab Ryszard Gołdyn

REDAKCJA  
Artur Kubasik

Skład  
Hanna Wiśniewska

DRUK I OPRAWA  
Wydrukowano z papieru ekologicznego

DRUKARNIA Biały Kruk  
ul. Tygrysia 50, Sobolewo  
15-509 Białystok

ISBN 978-83-960013-06

Nie próbuj mi wmawiać, że natura nie jest cudem.  
Nie opowiadaj mi, że świat nie jest baśnią  
Jostein Gaarder

Otoczający nas świat pełen jest niezwykłych istot i zjawisk. Problem jest jeden – bardzo często nie potrafimy ich dostrzec. Marzymy o wyjeździe do Afryki lub Amazonii, aby podziwiać piękną, dziką przyrodę. Pragniemy podglądać lwy i żyrafy lub gigantyczne anakondy. Często mówimy, szkoda, że takich cudów natury nie ma w naszej rodzimej przyrodzie. Nic bardziej mylnego. Otaczająca nas flora i fauna jest fascynująca, bez względu na jakiej długość i szerokości geograficznej występuje, czy występuje w strefie tropikalnej, umiarkowanej czy też polarnej. Nawet w krajobrazie miejskim można znaleźć ciekawe istoty. Problemem jest to, że często nie zdajemy sobie sprawy, co występuje w naszym najbliższym otoczeniu i nie potrafimy obserwować przyrody. Prezentowany miniporadnik ma pomóc w poznawaniu przyrody, tej która nas otacza. Ze względu na objętość jest to jedynie kilka wskazówek pokazujących niezwykłość świata ożywionego. Przeważnie lokalną przyrodę postrzegamy przez wielkie drzewa, pospolite i łatwo zauważalne ptaki, często gryzące nas komary i gzy, a nie zauważamy tego, co porasta mury lub wyrasta między płytami chodnikowymi. A właśnie ten pomijany świat przyrody jest niezwykle. Niezwykłe przystosowanie roślin i zwierząt do ciągłego wydeptywania, skrajnej suszy i ekstremalnie wysokich temperatur latem (porównywalnych z tymi jakie występują na Saharze), nieustanne powodzie – tak powodzie, bowiem nawet zwykły, niezbyt intensywny deszcz powoduje potężną powódź na chodniku, wreszcie bardzo niskie temperatury zimą. Taka mieszanina ekstremalnych warunków powoduje, że organizmy występujące w miejskiej dżungli są niezwykle. Ich siła do życia w niesprzyjających warunkach jest godna podziwu. Dodatkowo jak obejrzymy te mikroskopijnej wielkości organizmy z bliska, to przeniesiemy się do prawdziwego świata rodem z powieści fantasy i dowiemy się, że część z nich służy ochronie człowieka, bowiem niektóre akumulują metale ciężkie, zabezpieczając przed dostaniem się ich do środowiska przyrodniczego.

Celem niniejszego miniprzewodnika jest pokazanie za pomocą prostych eksperymentów złożoności lokalnej przyrody oraz wytłumaczenie praw nią rządzących. Wybór eksperymentów był tak podyktowany, aby można było je samodzielnie wykonać w domu lub szkole bez nadmiaru niezbędnego sprzętu. Niektóre doświadczenia wydawać się mogą wręcz archaiczne, jednak dzięki nim można się nauczyć podstawowych umiejętności w podpatrywaniu przyrody.

Kamil Szpotkowski

## Las w słoiku

To niezwykła ozdoba naszego domu, ale także bardzo ciekawy eksperyment umożliwiający śledzenie cyklu rozwojowego roślin oraz obiegu wody w przyrodzie. Amatorzy roślin cenią takie rozwiązanie za oszczędność w pielęgnacji, z kolei fani *urban jungle* – za przyciągający uwagę wygląd. Las w słoiku w dużej mierze odpowiada na naszą tęsknotę za dziką puszcza. Sztuka przeniesienia przyrody do domu sięga odległych czasów. Jako pierwsi rozwinęli ją Chińczycy. Penjing znany również jako penzai to starożytna chińska technika przedstawiająca w minaturze artystycznie uformowane drzewa i inne rośliny oraz krajobrazy. Z dużym uproszczeniem do lasu w butelce nawiązuje shanshui penjing, który przedstawia miniaturowy krajobraz poprzez staranne wybieranie i kształtowanie skał. Zwykle umieszcza się je w pojemniku mającym kontakt z wodą. W celu uzupełnienia obrazu, do kompozycji dodawane są małe żywe rośliny. Pomimo, że sztuka miniaturyzacji drzew pochodzi z Chin, to w świadomości kojarzona jest głównie z Japonią. Bonsai, bo o tym mowa, w tłumaczeniu oznacza roślinę w płaskiej tacy lub pojemniku (*bon* – płaska taca lub pojemnik, *sai* – roślina). Sztuka bonsai polega na systematycznym przycinaniu gałązek i korzeni co prowadzi do ich miniaturyzacji, a wzięta się z mitycznego wręcz uszanowania przyrody ludzi dalekiego wschodu. Naturalnym wydaje się więc wniosek, że człowiek odczuwa potrzebę obcowania z przyrodą i nie potrafi funkcjonować bez niej. Środowisko przyrodnicze odgrywa bardzo ważną rolę nie tylko w materialnym zabezpieczeniu bytu ludzkiego, ale także w kształtowaniu jego światopoglądu. W średniowieczu cała mitologia słowiańska oparta była o zjawiska zachodzące w przyrodzie, wiara w święte gaje i źródła była powszechna, a najpotężniejszy ze słowiańskiego panteonu bóstw – Perun ponoć bytował w potężnych, przeważnie rozłupanych piorunem dębach. Obecnie wiadomo, że różne typy siedlisk przyrodniczych mogą oddziaływać na nasze samopoczucie. Lasy liściaste jak grądy czy buczyny działają na ludzi wyciszająco, uspokajająco; z kolei bory sosnowe i murawy napiaskowe, za sprawą wolnych rodników i olejków eterycznych, działają pobudzająco. Las w słoiku to dobrze przemyślana konstrukcja, która tworzy przyjazny roślinom mikroklimat – zamknięty obieg wody sprawia, że we wnętrzu panuje stała wilgotność, dzięki skraplającej się parze, która nawadnia też podłoże. Dzięki temu sposób pielęgnacji lasu w słoiku jest zupełnie inny niż w przypadku roślin w doniczkach. Jednak las w słoiku to nie tylko element dekoracyjny, ale także doskonały przedmiot badań i możliwość podglądania przyrody. Jeśli przygotujemy kompozycje zbliżoną do naszych rodzimych siedlisk przyrodniczych, będziemy mogli podglądać rozwój różnych gatunków roślin.

### Opis przygotowania

Bierzemy duży słoik o pojemności przynajmniej 2-3 litrów. Na jego dno wsypujemy węgiel drzewny (warstwa powinna mieć grubość około 2-3 cm). Nad warstwę węgla wsypujemy ok. 3-5 cm grubego żwiru a na niego nieco zmurszałego torfu. Następnie na wszystkie te warstwy układamy mchy, sadzimy drzewa i inne rośliny, potem delikatnie wszystko podlewamy a słoik zamykamy, najlepiej korkiem lub korkiem przygotowanym z kory drzewa. Tak przygotowana ekspozycja powinna przez długi czas pozostać samowystarczalna.



Las w słoiku - świat mchów

## Sekretne życie roślin

Rośliny to grupa organizmów zdolnych do przetwarzania energii słonecznej dzięki obecności specyficznych barwników, które tworzą niezwykle anteny do wychwytywania fotonów (cząstek światła) ze światła słonecznego. Wydawać by się mogło, że życie roślin jest nudne, bowiem na pierwszy rzut oka nie poruszają się, są zdane tylko na to „co im świat przyniesie”. Jednak przystosowanie do samożywności (autotrofii) pociąga za sobą wiele przystosowań do środowiska, które powodują, że życie roślin może być fascynujące. Wystarczy je tylko umiejętnie podglądać. Dzięki różnorodnym przystosowaniom do zmiennych warunków środowiskowych, rośliny występują zarówno na skrajnie suchych terenach jak i pod wodą, mogą pożerać owady, a także przemierzać wiele kilometrów.

### Owadożerność

Jednym z najbardziej niezwykłych przystosowań roślin do życia w niesprzyjających warunkach jest ich owadożerność. Pojawiła się ona w wyniku zamieszkiwania przez rośliny środowisk ubogich w azot, a właściwie środowisk, w których niemożliwe jest wchłanianie azotu przez bardzo niskie pH. W naszych warunkach są to różnego rodzaju mokradła i torfowiska. Przystosowanie do owadożerności objawia się w różnego rodzaju przekształceniach liści w pułapki chwytne. Najpospolitszymi roślinami owadożernymi są rosiczki i pływacze. **Rosiczka okrągłolistna** jest niewielką rośliną o liściach długości do 10 cm ułożonych w rozetę. Z wierzchu i na brzegach liście posiadają włoski gruczołowe, które wydzielają lepki, przywabiający owady ciecz zawierającą enzymy trawienne. Owad który przyklei się do liścia zostaje strawiony, a liść w około 3 godziny zamyka się wydzielając kwas mrówkowy, dodatkowo stymulujący enzymy trawienne. Po około 24 godzinach liść rośliny znowu się otwiera i może ponownie wabić i trawić owady. Rosiczka kwitnie w lipcu i sierpniu. Na niektórych torfowiskach występuje licznie, jednak podlega ścisłej ochronie gatunkowej (!!!).

Drugim owadożernym gatunkiem jest **pływacz zwyczajny**. Posiada długie, dochodzące do 1 m pędy unoszące się swobodnie w toni wodnej, a blisko powierzchni wody znajduje się tylko w okresie kwitnienia. Najbardziej specyficznym tworem pływacza są pułapki, którymi chwytają drobne zwierzęta wodne. Pułapki mają długość ok. 2-3 mm, posiadają kształt pęcherzyków i otwór zamykany ruchomą klapką. Na każdym liście znajduje się co najmniej 8 pęcherzyków, a cała roślina może ich mieć ponad 200. Pływacz kwitnie od czerwca do sierpnia, jego kwiaty zapylane są przez owady. Roślina występuje w stojących wodach rozlewisk, stawów i rowów. Jej pędy rozwijają się wiosną i latem, na jesień na ich końcach tworzą się pąki przetrwalne – turiony, które nie tylko umożliwiają roślinie przetrwanie niekorzystnych warunków, ale również służą do rozmnażania wegetatywnego.

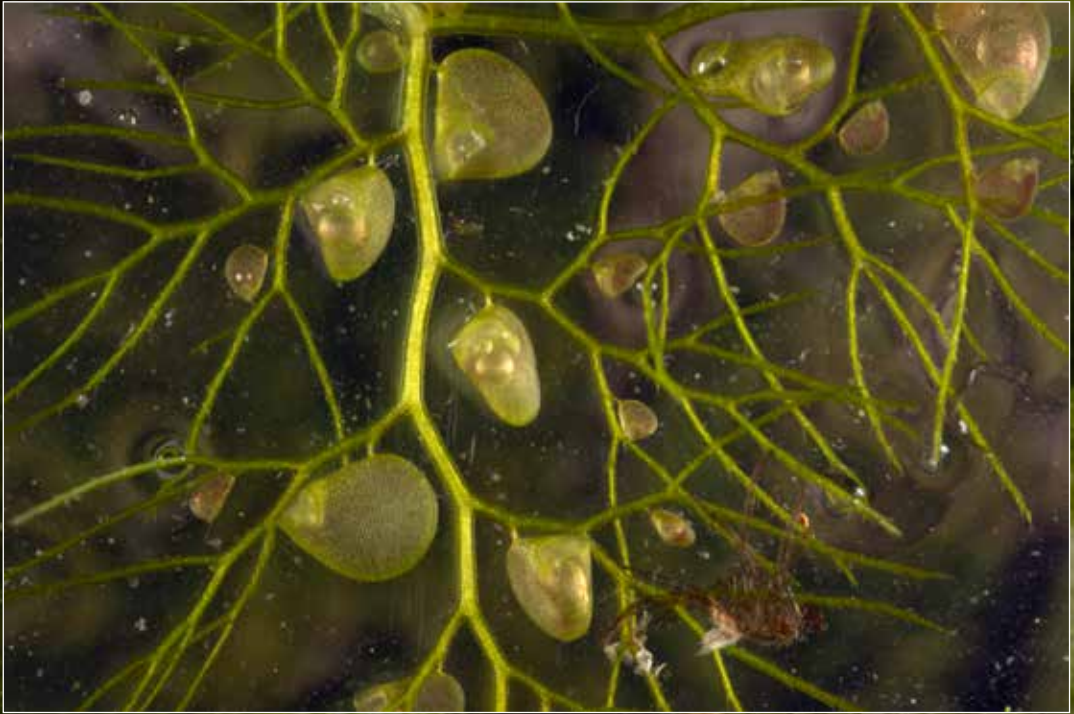
### Zadanie

W celu obserwacji rosiczek należy wybrać się na torfowisko, pamiętając przy tym, że wiele z nich podlega ochronie rezerwatowej. Na torfowiskach istnieją dobrze wytyczone szlaki turystyczne, które znacznie ułatwiają poszukiwania.

Wybierając się nad mały staw w sezonie wegetacyjnym łatwo znaleźć pędy pływacza zwyczajnego. Pęd taki należy umieścić w dużym, przynajmniej 1-litrowym słoiku. Warto też pobrać trochę osadów, które z jednej strony zapewnią odpowiednie dla pływacza warunki wodne, ale także zaopatrzą go w niezbędne składniki mineralne. Generalnie hodowla tej rośliny jest stosunkowo prosta. Mając już pływacza w hodowli możemy podglądać pod mikroskopem działanie jego pułapek oraz ich rozwój, a po odpowiednio długim czasie zaobserwujemy tworzenie się turionów i ich późniejszy rozwój w dorosłe pędy.



Aldrovanda pęcherzykowata - jej liście pułapkowe są wrażliwe na dotyk i zamykają się bardzo szybko



Fragment pędu pływacza zwyczajnego z pułapkami



Liść rosiczki okrągłolistnej

## Nieśmiertelność roślin – marzenie o wiecznej młodości – nieustające odnawianie się i odmładzanie organizmów o modułowym typie wzrostu

U zwierząt rzadko spotykany jest mechanizm wegetatywnego (bezpłciowego) rozmnażania się, u roślin często dominuje, zwiększając znacząco szansę na przeżycie. Rozmnażanie wegetatywne ma jednak wielką wadę, bowiem uniemożliwia powstawanie zróżnicowania genetycznego, które jest niezbędne do ewolucji gatunku. W tym typie rozmnażania organizm potomny otrzymuje zestaw genów identyczny z organizmem rodzicielskim. Organizmy rozmnażające się bezpłciowo o genotypach mało podatnych na mutacje są gorzej przystosowane do zmieniających się warunków środowiska, jednak ten typ rozmnażania ma duży atut w postaci szybkości, bowiem pozwala zająć bardzo szybko niszę ekologiczną. Rośliny klonalne, bo o nich mowa, są z jednej strony fascynujące, bowiem pokonały granice nieśmiertelności, z drugiej strony, stwarzają wiele problemów, głównie natury metodycznej. Pogląd, że osobnik stanowi zwykle twór wyodrębniający się z otoczenia (w tym od innych osobników), dzięki czemu jest wdzięcznym obiektem badań, jest dość powszechny. Natomiast w przypadku organizmów kolonijnych i symbiotycznych wyodrębnienie osobnika jest nie rzadko bardzo problematyczne. Rozwiązano to wprowadzając dwa terminy genet i ramet. Termin genet odnosi się do osobników pochodzących z jednego zarodka, posiadających jeden zestaw genów. Przy takim założeniu genetem jest zarówno siewka, a także zbiór roślin o tym samym genotypie, a więc klon. Określenie rameta wywodzi się z terminu morfologicznego (*ramification* – rozgałęzienie) i służy do opisu jednostek powstałych na różnego rodzaju rozłogach nadziemnych i podziemnych, które mogą, lecz nie muszą, odłączyć się od organizmu macierzystego.

Losy osobników w populacji zależą w dużym stopniu od tego, z ilu zakorzenionych pędów są one zbudowane i jaki charakter ma ich połączenie – trwałe czy okresowe. Wiadomo, że osobniki złożone z wielu zakorzenionych pędów są z reguły długowieczne, a także cechuje je wysoki potencjał reprodukcyjny. W tabeli poniżej, przedstawiono przykładowe wielkości klonów oraz oszacowany ich wiek.



Genet konwalii majowej



Kłęcza borówki czarnej tworzą gęsty system przeplatających się kłęczy i korzeni



## Wielkość klonu oraz jego wiek dla wybranych gatunków roślin

Gatunek	Wielkość klonu	Wiek klonu (lata)	Sposób powstania klonu
<i>Lycopodium complanatum</i> widłak spłaszczony	250m	850	klączowe
<i>Pteridium aquilinum</i> Orlica pospolita	489m	1400	klączowe
<i>Festuca rubra</i> Kostrzewa czerwona	220m	1000+	klączowe
<i>Festuca ovina</i> Kostrzewa owcza	8.25m	1000+	klączowe
<i>Holcus mollis</i> Kłosówka miękka	880m	1000+	klączowe
<i>Calamagrostis epigeios</i> Trzcinnik piaskowy	50m	400+	klączowe
<i>Convallaria majalis</i> Konwalia majowa	83m	670+	klączowe
<i>Populus tremuloides</i> Topola osikowa	81ha	10000+	klączowe

### Zadanie

Będąc na wycieczce postaraj się znaleźć gatunek rośliny, która rozmnaża się wegetatywnie. Postaraj się wydobyć klon rośliny, następnie rozłóż go i spróbuj oszacować wiek klonu oraz ilość tworzonych młodych roślin w cyklu rocznym.



Orlica pospolita tworzy szerokie płyty za sprawą nierzadko kilkudziesięciometrowej długości kłączy

## Pasożytnictwo roślin zielnych

Mówiąc o pasożytach przeważnie mamy na myśli zwierzęta takie jak kleszcze, przywry, tasiemce lub grzyby. Jednak nawet wśród roślin naczyniowych występują gatunki pasożytnicze, jak np.: łuskiewnik różowy *Lathraea squamaria* czy kaniańka pospolita *Cuscuta europaea*.

Kaniańka charakteryzuje się rozgałęziającą, cienką, pnącą się i osiagającą długość ok. 1 m łodygą. Kwiaty zebrane są w kłębki o średnicy około 10-15 mm. Korona kwiatów jest czerwonawa rzadziej biaława lub żółta. Wiosną, kiedy nasiona zaczynają kiełkować, rozwijają się do wysokości około 10 cm, wykonują intensywne ruchy, aby znaleźć swojego gospodarza. Gdy już go znajdą, wspinają się na niego, tracą korzeń, a dalszy rozwój odbywa się dzięki pobieraniu wody i składników pokarmowych z gospodarza za pomocą specjalnych ssawek. Kaniańka rośnie na pokrzywie, chmielu, koniuczynie, ziemniakach i wierzbie.



Kaniańka pospolita

Łuskiewnik występuje w lasach liściastych, pasożytując głównie na leszczynie, olszy i buku. Jest to bezieleniowa roślina, na samym początku rozwija się w głębi wilgotnej gleby i przez pierwszych kilka lat nie tworzy pędów nadziemnych. Wtedy nie prowadzi też transpiracji, a ruch wody w naczyniach wymuszany jest za pomocą gruczołowych hydrotów. Jest on na tyle niewielki, że tłumaczy to wyjątkowo wolny wzrost łuskiewnika. Roślina kwitnie od kwietnia do maja, nasiona zaopatrzone są w elajosomy (ciałka bogate w oleje i białka), dzięki czemu przenoszone są przez mrówki. Po skielkowaniu rozwija się pod ziemią, tworząc rozgałęzione korzenie oplatające korzenie żywiciela. W miejscu zetknięcia z nimi powstają bulwkowate zgrubienia, z których wyrastają ssawki. Mają one postać rozgałęzionych pasm komórek przeciskających się przez korę pierwotną korzeni żywiciela i sięgających do jego naczyń. Ssawki zamierają w okresie zimowym i wiosną rozwijają się od nowa. Wzrost łuskiewnika jest powolny i może minąć nawet 10 lat, zanim roślina będzie zdolna rozwinąć pęd nadziemny i pierwszy raz zakwitnąć.

### Zadanie

#### Hodowla kaniańki

Późnym latem lub wczesną jesienią zebrać nasiona kaniańki pospolitej. Wysiać je do żyznej ziemi, a obok posadzić kłęczę pokrzywy zwyczajnej. Po kilkunastu dniach nasiona zaczną kiełkować. Należy zaobserwować, kiedy siewki będą się wspinać po pokrzywie i jaką odległość są w stanie pokonać, aby znaleźć gospodarza.



Łuskiewnik różowy



Lepnica rozdęta

## Hiperakumulatory

Powszechne zanieczyszczenie środowiska metalami ciężkimi jest konsekwencją głównie takiej działalności człowieka jak górnictwo, hutnictwo, transport samochodowy oraz transport kolejowy. Liczne badania pokazują, że nadmierna ilość metali ciężkich pozostaje długo w środowisku i stwarza bardzo poważnie zagrożenie dla organizmów narażonych na wysokie poziomy tego typu zanieczyszczeń. U dotkniętych tymi zanieczyszczeniami roślin często upośledzane są podstawowe procesy fizjologiczne jak fotosynteza, podział komórkowy itd. Bardzo dobrze udokumentowany jest wpływ metali ciężkich na niekontrolowane tworzenie reaktywnych form tlenu, powodujących stres oksydacyjny. Jednakże istnieją gatunki roślin, które są w stanie tolerować wysokie poziomy pierwiastków śladowych, a tym samym przeżyć, rosnąć i rozmnażać się na skażonych glebach. Większość tych gatunków zachowuje się jak „wykluczacze”, które zatrzymują i odtruwają większość ciężkich metali w tkankach korzeni i minimalizują translokacje jonów do pędów. Taką strategię zaobserwowano w populacjach babki lancetowatej *Plantago lanceolata*, lepnicy rozdętej *Silene vulgaris*, goździka kartuzka *Dianthus cartusianorum*. Inne gatunki zwane akumulatorami wykazują kontrastujące zachowania polegające na aktywnym pobieraniu metali ciężkich z gleby, a następnie ich akumulowania w narządach. Wśród tych roślin najciekawsza jest grupa tzw. hiperakumulatorów, które mogą gromadzić metale ciężkie w organach nadziemnych w stężeniach od 100 do 1000 razy większych niż te, które zostały znalezione u gatunków o niskiej tolerancji na metale ciężkie. Termin hiperakumulatory został po raz pierwszy użyty przez Jaffre w roku 1976 i odniósł się do rośliny *Sebertia acuminata*, w której określono zawartość niklu szacując ją na 25% suchej masy. Obecnie zidentyfikowanych jest około 500 gatunków hiperakumulatorów – roślin akumulujących jeden bądź więcej metali. Należy stwierdzić, że hiperakumulacja jest zjawiskiem rzadkim i charakterystycznym dla mniej niż 0,2% wszystkich znanych roślin okrytozalążkowych. Zjawisko to może być wykorzystane praktycznie. Z jednej strony rośliny akumulujące ołów, jak na przykład rzęsa drobna, czy kadm, jak na przykład rzepak mogą być wykorzystane do oczyszczania wód lub gleb skażonych toksynami. Niezwykle niebezpieczne są wielocykliczne aromatyczne węglowodory, które mogą być akumulowane przez mchy takie jak *Pleurozium schreberii*, *Hylocomium splendens*, *Hypnum cupressiforme* oraz takie pospolite rośliny naczyniowe jak robinia akacja *Robinia pseudoacacia* czy wierzba wiciowa *Salix viminalis*. Nowym sposobem wykorzystania hiperakumulatorów jest górnictwo XXI wieku. Na Ziemi występują miejsca bogate w pierwiastki cenne dla przemysłu takie jak nikiel czy pallad. W szczególności pallad jest pierwiastkiem niezwykle cennym, natomiast nie występuje nigdzie w postaci czystej rudy tylko towarzyszy głównie rudom miedzi. Są jednak rośliny, które gromadzą w swoich tkankach bardzo dużo palladu, który w prostym procesie technologicznym można z nich odzyskać. Jest to metoda na razie eksperymentalna, ale bardzo wydajna i ekologiczna. Niektóre rośliny wykorzystują akumulowanie metali ciężkich do ochrony przed roślinożercami i konkurencją. Pospolity i powszechny rdest ptasi *Polygonum aviculare* akumuluje w dużych ilościach kadm, ale także miedź, cynk, chrom i ołów. Jest rośliną jednoroczną, czasami dwuletnią, rozwijająca się siewka gromadzi w swoich organach dużo metali ciężkich, co chroni ją przed roślinożercami oraz przed rozwojem innych gatunków roślin, które nie są zdolne przetrwać w takich niekorzystnych warunkach.



Kapusta rzepak

### Zadanie

Przeszukaj Internet w celu zdobycia listy gatunków „wykluczaczy” i hiperakumulatorów. Następnie zastanów się, gdzie występują poszczególne gatunki i jakie korzyści niesie ze sobą hiperakumulacja.

## Niezwykłe ekosystemy miejskie

Ekosystemem nazywamy dynamiczny układ ekologiczny, na który składa się zespół organizmów połączonych relacjami troficznymi wraz ze środowiskiem przezeń zajmowanym, czyli biotopem. Słowo to pochodzi od złączenia greckich słów: *oikos* – dom, mieszkanie, gospodarstwo i *systematikos* – zestawiony od *systema* – zestawienie, połączenie, od *synistanai* – zestawiać. Ekosystemy wyodrębniane są na podstawie istnienia silniejszych powiązań w ich obrębie niżeli między ich składowymi a otoczeniem. Choć zazwyczaj jako przykład ekosystemu podawany jest ekosystem lasu czy jeziora, przeważnie jest to jednak ekosystem naturalny. Rzadko analizujemy ekosystemy sztuczne, wytworzone przez człowieka, gdzie natura na siłę wnika w przestrzeń ludzką pomimo jego woli. Rozpatrując obszar dużego miasta, zwrócimy uwagę przede wszystkim na parki lub niewielkie ciekie, które przecinają betonową pustynię metropolii. Jednak ekosystemów miejskich jest znacznie więcej, choć często, aby poznać ich całą strukturę i łańcuchy troficzne trzeba się głębiej zastanowić. Dla przykładu, na starszych ścianach budynków bardzo często można spotkać zielony nalot glonów, którym towarzyszą różne gatunki mchów. Ale pytanie brzmi, czy nie znajdują się tam też zwierzęta i w jaki sposób jest dostarczana woda? Otóż okazuje się, że woda spływająca ze ściany podczas deszczów jest wystarczająca i umożliwia rozwój roślinności, natomiast woda, która rozpuszcza ścianę niesie odpowiednią ilość składników mineralnych, umożliwiających rozwój organizmów roślinnych. Aby zobaczyć niezwykłą faunę tego ekosystemu należy obserwować dany mur podczas bardzo intensywnego deszczu lub w nocy. Dostrzec wtedy można całe rzesze roślinożerców: prosioków, stonóg, wijów, krocionogów, owadów bezskrzydłych. Za roślinożercami podążają drapieżcy, głównie wije drewniaki oraz różne gatunki chrząszczy, głównie biegacze. Innym ciekawym ekosystemem, przeważnie pomijamy, są chodniki. Występujący tu „mieszkańcy” musieli się przyzwyczaić do wyjątkowo silnej presji człowieka, a także niezwykle trudnych i często zmiennych warunków siedliskowych. To właśnie warunki siedliskowe odgrywają kluczowy czynnik decydujący o środowisku przyrodniczym chodników. Latem ich powierzchnia nagrzewa się nawet do 60°C, przeważnie w skrajnej suszy, sporadycznie tylko przerywanej opadami deszczu, z kolei zimą ciągłe „powodzie”, zmiany temperatury w zakresie od 5°C do -20°C dodatkowo jeszcze z wzrastającym zasoleniem. Pytanie brzmi, czy w takich warunkach może istnieć życie? Otóż tak i to w dodatku bardzo bogate, choć rośliny, ze względu na ciągłe wydeptywanie, mają tutaj bardzo trudne życie. Chodniki szczelnym kobiercem porasta wątrobowiec porostnica wielokształtna. Często towarzyszy jej rdest ptasi, wiechlina roczna i oczywiście inne gatunki mchów oraz glony. Ze zwierząt dominują mrówki, które tworzą liczne kolonie pod chodnikowymi płytkami.

Prawdziwymi oazami przyrodniczymi dużego miasta są wysepki na drogach. Dogodne do rozwoju warunki znajdują na nich liczne gatunki roślin, wśród których dominują gatunki łąkowe oraz gatunki piaszczystych i suchych muraw. Bogactwo flory przywabia całe mnóstwo różnorodnych owadów zarówno roślinożernych jak i drapieżnych. Choć zdecydowana większość ekosystemów miejskich jest stosunkowo prosta, a sieci troficzne nie są skomplikowane, to akurat miejskie wysepki należą do chlubnych wyjątków.

### Zadanie

Scharakteryzuj wybrany ekosystem w Twoim otoczeniu (trawnik, klatkę schodową), określ jakie gatunki roślin i zwierząt go budują, a także postaraj się znaleźć zależności jakie między nimi występują.



Typowi przedstawiciele występujący pomiędzy płytkami chodnikowymi: wiechlina roczna, palusznik nitkowaty, rdest ptasi, babka zwyczajna



W mieście nawet na murach rozwija się bujne życie, w szczelinach rozwija się nawet zanokcica murowa - gatunek związany z górkimi turniami oraz glistnik jaskółcze ziele, którego nasiona roznoszą mrówki

## Biomonitoring wody

Wody, które nas otaczają są niezwykle cennym skarbem, który warunkuje rozwój całego środowiska przyrodniczego. Niestety, obserwowany teraz znaczny proces przekształcania wód związany jest z ich zanieczyszczeniem przez wprowadzanie do nich substancji organicznych i nieorganicznych, co powoduje zmiany właściwości fizycznych, chemicznych i bakteriologicznych wody. Główną przyczyną degradacji są ścieki odprowadzane z kanalizacji przemysłowych i komunalnych, czyli tzw. zanieczyszczenia punktowe, obejmujące wody zużywane w zakładach produkcyjnych i usługowych. Inną grupę stanowią zanieczyszczenia obszarowe, spłukiwane z terenów rolniczych i leśnych. Należą do nich nawozy i pestycydy, środki ochrony roślin, które są niezwykle groźne z uwagi na wysokie stężenie substancji chemicznych i brak mechanizmów kontroli. Do skażeń tego typu zaliczamy także odpływy przemysłowe z terenów bez systemów kanalizacyjnych oraz odpływy ze składowisk komunalnych. Około jedna trzecia zanieczyszczenia wód pochodzi z atmosfery. Opady absorbują pyły i gazy znajdujące się w powietrzu, po czym przenikają do gleby lub trafiają bezpośrednio do zbiorników wodnych. Zanieczyszczenia z opadów atmosferycznych przenikają do wód gruntowych, skąd mogą przedostawać się do wód powierzchniowych. Na stan wód negatywnie wpływają skażenia ze źródeł pasmowych, czyli szlaków komunikacyjnych i środków transportu zawierające związki ołowiu ze spalin oraz spłukiwane z dróg. Największym zagrożeniem dla wód gruntowych są zanieczyszczenia pochodzące z przemysłu i z terenów rolniczych, gdzie stosuje się wspomniane wyżej nawozy sztuczne i środki ochrony roślin, z kolei dla wód śródlądowych wielkim niebezpieczeństwem są związki pochodzące z odpadów domowych, odchodów oraz ścieków przemysłowych. Niezwykle groźne są tu chemiczne środki w postaci syntetycznych detergentów, które nie ulegają biologicznemu rozkładowi oraz związki rtęci i ołowiu, co wynika z szerokiego zastosowania tych metali w przemyśle.

Do oceny jakości wód stosuje się różne typy biologicznych wskaźników jakości wód. Jednym z nich jest makrofitowy indeks rzeczny, który został opracowany na podstawie występowania wybranych makrofitów potraktowanych jako gatunki wskaźnikowe. MIR jest wyznaczany przeważnie na odcinku 100-metrowym, w oparciu o następujący wzór:

$$MIR = \frac{\sum_{i=1}^n L_i W_i P_i}{\sum_{i=1}^n W_i P_i} 10$$

Gdzie:

$n$  – liczba gatunków branych pod uwagę w badaniu

$L_i$  – wartość wskaźnikowa gatunku  $i$  (1- wskaźnik najwyższej trofii, 10 wskaźniki najniższej trofii),

$W_i$  – współczynnik wagowy gatunku (1- eurybionty, 3- stenobionty)

$P_i$  – współczynnik pokrycia gatunku

Współczynnik pokrycia  $P$  podawany jest w dziewięciostopniowej skali zgodnie z poniższą tabelą:

Procentowe pokrycie powierzchni	Wartość współczynnika $P$
<0,1	1
0,1–1	2
1–2,5	3
2,5–5	4
5–10	5
10–25	6
25–50	7
50–75	8
>75	9

Wskaźnik jest tak skonstruowany, że wody najbardziej zdegradowane osiągają wynik równy 10, a najmniej zanieczyszczone – 100 (przy czym dla rzek nizinnych nawet wody o najwyższej jakości nie przekraczają 60 punktów).

Najwyższe wartości *L* mają gatunki charakteryzujące dobry (według kryteriów Ramowej Dyrektywy Wodnej, tzn. bliski stanowi naturalnemu) stan ekosystemu. Niektóre pospolite gatunki (np. trzcina pospolita) nie są uwzględniane przy wyznaczaniu MIR z powodu zbyt dużej tolerancji ekologicznej; gatunki te są słabymi bioindykatorami. Pełna lista gatunków (a w niektórych przypadkach rodzajów) liczy 153 pozycje (103 rośliny nasienne, 3 paprotniki, 20 mchów, 10 wątrobowców, 17 glonów). Przykładowe gatunki o zdefiniowanej wartości *L* i *W* to:

Gatunek	Wartość wskaźnika <i>L</i>	Wartość wagowa <i>W</i>
Gałęzotka	1	1
Grąźel żółty	4	2
Grzybienie białe	6	2
Jeżogłówka pojedyncza	4	2
Kosaciec żółty	6	2
Łączęń baldaszkowaty	5	2
Manna mielec	3	1
Marek szerokolistny	7	1
Miechrza	10	3
Mięta nadwodna	5	1
Moczarka kanadyjska	5	2
Mozga trzcinowata	2	1
Nardia sp.	10	3
Pałka szerokolistna	2	2
Pałka wąskolistna	3	2
Przetacznik bobowiczek	4	1
Rdest ostrogożki	3	1
Rdestnica grzebieniasta	1	1
Rdestnica nawodna	3	2
Rdestnica przesyta	4	2
Rdestnica połyskująca	4	3
Rdestnica ściśniona	4	2
Rdestnica połyskująca	4	3

### Zadanie

Wykonaj makrofitowy indeks rzeczny dla fragmentu rzeki w Twojej okolicy, a następnie porównaj z dostępnymi danymi.

## Życie w kropli wody

Cząsteczka wody to połączenie dwóch atomów wodoru i jednego atomu tlenu. Jest bezbarwna, bezwonna i niezbędna do życia każdego, nawet najmniejszego organizmu, Życie w kropli wody?! Może to się wydawać niezrozumiałe jak może istnieć życie w kropli wody. Przecież najbardziej zrozumiałe wydaje się, że życie może być tam, gdzie są rośliny i zwierzęta. A kto widział zwierzęta i rośliny w kropli wody? I choć na pierwszy rzut oka wydawać by się mogło, że w kropli wody nie ma życia, to nic bardziej mylnego. Woda kipi życiem bardzo osobliwym tylko, że widocznym dopiero przy użyciu lupy lub mikroskopu. Aby zobaczyć bogactwo życia w kropli wody, nie trzeba iść po nią daleko. Nawet w najbliższej okolicy możemy znaleźć miejsca w których tętni życie, a którego nie widać gołym okiem, jak np. kałuże, pojemniki zostawione na kilka dni do których napadał deszcz, wreszcie nawet wilgotne ściany budynków itd. Takie miejsca obfitują nie tylko w jednokomórkowe osobliwości, ale także można spotkać w nich inne zwierzęta w postaci rozwielitek, oczlików itd.

W zależności od miejsca pobrania próbek w jednej kropli wody możemy spotkać takie skarby naszej przyrody:

- **Pierwotniaki** – mikroskopijnej wielkości organizmy jednokomórkowe. Ich komórki wyposażone są w specjalne organella spełniające wszelkie funkcje życiowe. Stanowią grupę bardzo zróżnicowaną, zasiedlającą najróżniejsze miejsca; zamieszkują zarówno wody słodkie, słonawe jak i morskie. Spotykane są również w wodach podziemnych, w środowiskach wilgotnych, jak piaski nadwodne, gleby, torfowiska itp. Najciekawsze pierwotniaki mają bardzo duże znaczenie w obiegu materii. Żywią się bakteriami, małymi glonami i rozpuszczoną materią organiczną oraz detrytusem. Stanowią pokarm wielu zwierząt wodnych. Średnia liczebność pierwotniaków w zbiornikach wodnych wynosi od kilku do kilkunastu tysięcy osobników w 1 litrze wody, a w niektórych szczególnie sprzyjających warunkach liczebność może dochodzić do kilkuset osobników, zaś w osadach dennych kształtuje się w granicach nawet kilkuset tysięcy na m<sup>2</sup>.

- **Glony** – rośliny wodne samożywne, przyswajające dwutlenek węgla za pomocą barwników asymilacyjnych na świetle. Występują w wodach morskich i słodkich, w źródłach, potokach, rzekach, stawach, jeziorach, bagnach, wśród wilgotnych mchów, na korze drzew, skałach, śniegach, lodowcach – należą do wszędobylskich roślin, pionierów życia. W przeciwieństwie do pierwotniaków, za sprawą ściany komórkowej charakteryzują się stałym, często niezwykle, zadziwiającym swoją symetrią kształtem.

- **Wrotki** – zwierzęta niezwykle drobne i mogą być traktowane jako najmniejsze wielokomórkowce, a wiele z nich jest mniejszych nawet od pierwotniaków. Kształt ciała mają bardzo zróżnicowany, przeważnie jest on obły, ale bywa również spłaszczony grzbietobrzusnie, tarczowaty lub kulisty. Formy planktonowe zaopatrzone są w różne przydatki, np. kolce powiększające powierzchnię ciała. W ciele wrotka możemy wyróżnić głowę tułów i nogę. Większość to organizmy wszystkożerne, choć występują również formy drapieżne. Żyją we wszystkich typach wód śródlądowych. Pod względem bogactwa i różnorodności miejsc występowania może z nimi konkurować tylko niewiele organizmów wodnych jak pierwotniaki czy skorupiaki. Wrotki dzięki swojemu tak liczniemu występowaniu odgrywają dużą rolę w siedliskach w których żyją.

- **Wioślarki** – organizmy o ciele słabo podzielonym na głowę tułów i odwłok; otoczone są dwuklapowym, przezroczystym pancerzykiem. Przednia część, zróżnicowana jako głowa, jest zwykle wydłużona w niewielki dzióbek. Na głowie znajduje się jedno oko powstałe ze zlania dwu bocznych oraz tzw. oko naupliusowe. Czułki pierwszej pary u form niedrapieżnych są krótkie, zaopatrzone w liczne włoski czuciowe, ale u form drapieżnych silnie rozwinięte. Czułki drugiej pary służące jako narząd ruchu, są dwugałęziste i dobrze rozwinięte. Zdecydowana większość wioślarek odżywia się filtracyjnie, tylko nieliczne gatunki są drapieżne. Aparat filtracyjny wioślarek utworzony jest przez ich dwudzielny pancerz, który na stronie brzusznej tworzy rodzaj komory, w której poruszają się



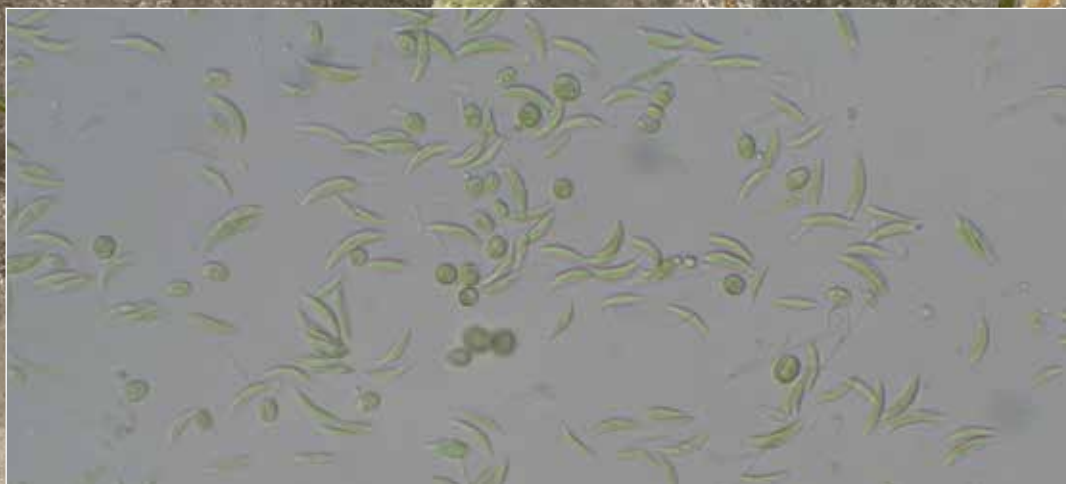
odnóży tułowiowe. Układ ten wsysa wodę i kieruje ją ku tułowiu ciała. W tym miejscu następuje pierwsza selekcja zawiesiny. Szczelina brzuszna i układ szczecinek pierwszej pary odnóży odrzuca większe cząstki. Dalej woda z zawiesiną przechodzi przez sito, które stanowią zachodzące na siebie szczecinki pokrywające stronę wewnętrzną odnóży i tworzące rodzaj koszyczka czy sitka. Pobrany pokarm zebrany na sicie, uformowany w postaci pakietów, zostaje skierowany przez ruch szczecinek do otworu gębowego. U wielu gatunków wioślarek występuje cyklomorfoza, czyli zmiany wielkości i kształtu całego osobnika lub jego części powtarzające się cyklicznie w ciągu roku.



Gwiazdoszek *Pediastrum*



Okrzemka *Fragilaria*



Zielonice *Chlorella (Chlorella)* okrągłe komórki *Monoraphidium* – komórki półksiężycowate



Przedstawiciel orzęsków *Ciliata*



Przedstawiciel wrotków *Rotifera*

- **Małżoraczki** – bardzo drobne skorupiaki. Ich ciało jest niewyraźnie członowate i całkowicie zamknięte w dwuskorupowym pancerzyku, zwykle silnie zwapniałym. Małżoraczki pobierają pokarm w różny sposób, nieliczne gatunki są filtratorami, niektóre mają narządy gębowe kłująco-ssańce, ale większość gatunków ma narządy gryzące. Pokarmem filtratorów są bakterie, sinice, glony, pierwotniaki, wrotki, a czasem nawet drobne skorupiaki. Pozostałe małżoraczki odżywiają się pokarmem roślinnym lub zwierzęcym, a także w dużym stopniu detrutusem. W hodowlach przy niedostatku pokarmu małżoraczki mogą napadać na żywe skąposzczety, rozwielitki a nawet narybek.



Przedstawiciel małżoraczek *Ostracoda*

Po obezwładnieniu ofiar pożerają je. Większość słodkowodnych małżoraczek porusza się w różny sposób: pływając, łażąc po dnie, ryjąc w osadach dennych. Zdecydowana większość słodkowodnych małżoraczek to formy denne lub związane z roślinnością. Występują w bardzo różnych typach zbiorników wodnych: kałużach, zbiornikach okresowych, płytkich gliniankach, torfiankach, stawach i jeziorach.

- **Widłonogi** – drobne skorupiaki wielkości do kilku milimetrów. Należą do rozdzielnoptciowych zwierząt, przy czym samce są z reguły mniejsze od samic. Samice widłonogów noszą jaja w workach jajowych. Ich rozwój jest złożony, występuje kilka stadiów larwalnych. Długość rozwoju jest zależna od temperatury i koncentracji pokarmu. Przeciętnie dorosłe widłonogi żyją od kilku tygodni do dwóch miesięcy, są znacznie zróżnicowane pod względem rodzaju pokarmu, jak i sposobów jego pobierania. Występują tutaj zarówno detrusożercy i filtratorzy, a także drapieżcy. Większość gatunków to organizmy planktonowe, ale wśród rodzimych gatunków znajdują się również gatunki bentosowe i pasożytnicze. Odgrywają bardzo ważną rolę w ekosystemach wodnych. Liczebność widłonogów może się wahać w granicach od 100 do 1000 osobników w 1 litrze wody.

- **Liścionogi** – prymitywne skorupiaki o ciele segmentowanym. Należą do zwierząt obupłciowych, ale samce występują rzadko,



Przedstawiciel wiosłarek *Cladocera*

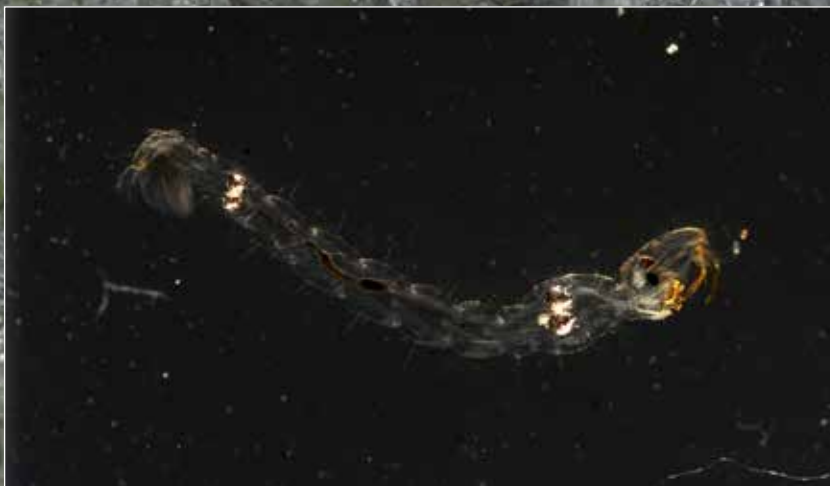
przeważnie zachodzi rozwój partenogenetyczny. Część liścionogów żywi się zawiesiną unoszoną w wodzie. Dzięki ruchom odnóży pokarm jest przesuwany wzdłuż ciała zwierzęcia, następnie zostaje wychwytywany przez szczecinki filtrujące i kierowany do otworu gębowego. Dorosłe osobniki bardzo dobrze pływają, zwykle zwrócone brzusznią stroną ku górze. Liścionogi z reguły preferują wody zimne i zazwyczaj występują w małych, okresowych zbiornikach, bowiem bardzo często ich jaja wymagają przemrożenia do dalszego rozwoju.

- **Muchówki** – grupą muchówek wodnych mających duże znaczenie są komary. Dorosłe charakteryzują się wysmukłym kształtem ciała, długimi i cienkimi nogami oraz wyciągniętym w długi ryjek aparatem gębowym kłująco-ssa-cym. W krótkim czasie po kopulacji samiec ginie, samica składa jaja wprost do wody w złożach po 200-300 sztuk, które mogą pływać po jej powierzchni. Czasem jaja komarów spotykamy w miejscach wilgotnych, powstałych po wyschnięciu zbiorników okresowych. W ciągu życia samica powtarza składanie jaj kilkakrotnie. Larwa wylęła z jaja np. komara pospolitego ma około 1-2 mm długości. Przechodzi przez 4 stadia



Przedstawiciel widłonogów Copepoda

rozwojowe lineując 3-krotnie. Larwy komarów oddychają za pomocą syfonu. U niektórych gatunków jest on odgięty, co sprawia, że np. larwy komara pospolitego zajmują przy powierzchni wody specjalne, ukośne położenie, a widliszka mają bardzo krótki, prostopadły do ciała syfon i układają się poziomo pod powierzchnią wody. Wiele larw komarów odżywia się detrytusem, inne gatunki pędzą drapieżny tryb życia. W krótkim czasie po ostatniej lince, np. u komara pospolitego w czasie ciepłego lata nawet już po 7-8 dniach, przekształcają się w poczwarki. U gatunków wiosennych, zależnie od pogody, trwa to 3-6 tygodni. Stadium poczwarki trwa niekiedy tylko kilka dni, po upływie których muchówka przeobraża się w postać dorosłą. Wiele specyficznych cech posiadają komary z rodzaju wodzieni, występujące w małych zbiornikach i jeziorach. Owady dorosłe tworzą czasami ogromne zgrupowania przypominające chmury dymu. Wodzieni żyją przeważnie krótko i giną zaraz po złożeniu jaj na powierzchni wody. Wylęgające się larwy prowadzą bardzo aktywny tryb życia. W ciągu doby przemieszczają się w toni wodnej: w okresie dnia przebywają przeważnie w osadach dennych, nocą podnoszą się do jej powierzchni. Poruszanie się w górę lub w dół jak i możliwość zatrzymywania się na różnych głębokościach umożliwia im obecność dwóch par pęcherzyków hydrostatycznych. Migracje dobowe wodzieni są często związane z drapieżnym trybem życia tych larw.



Larwa wodzienia



Różne stadia rozwojowe komara brzęczącego w towarzystwie wioślarek

**- Owady bezskrzydłe – skoczogonki**

– bardziej prymitywna grupa niż inne owady, ze względu na budowę narządów gębowych, brak skrzydeł i szczątkowe odnóża odwłokowe. Skoczogonki to zwierzęta małe, mają przeważnie 2-3 mm długości, choć najwięksi lądowi przedstawiciele dorastają do 8 mm, najmniejsze są gatunki nawodne. Cechą wyróżniającą te owady jest sposób poruszania się. Poruszają się głównie skokami wykonywanymi za pomocą specjalnie wykształconych odnóży odwłokowych. Skoki ich mogą dochodzić do kilku centymetrów. Gatunki nawodne wykazują szereg przystosowań w budowie ciała umożliwiających im swobodne poruszanie się na powierzchni wody. Zwiększona jest przede wszystkim podstawa, jaką owad styka się z powierzchnią wody. Widelki skokowe wyposażone są w liczne wydłużone szczeciny, wyrostki są znacznie rozszerzone – listkowate lub łódkowate, a nogi są opatrzone pazurkami. Skoczogonki są rozdzielnopłciowe. Przed kopulacją występuje dobrze rozwinięty taniec godowy. Rodzaj pokarmu skoczogonków związany jest z budową ich narządów gębowych i ze sposobem życia. U form nawodnych, które mają



Skoczogonki



Szkoczogonki – pchła wodna

narządy gryzące, pokarm stanowią przeważnie niewielkie glony i szczątki rozkładających się roślin wyższych. W przyrodzie skoczogonki mają bardzo duże znaczenie, bowiem poza pierwotniakami i nicieniami są grupą najliczniejszą, dziesięciokrotnie przewyższającą wszystkie stawonogi, w glebach żyje ich od kilkudziesięciu do przeszło stu osobników na 1m<sup>2</sup>.

### Zadanie

Będąc na wycieczce zbierz próbki wody niewielkim słoiczkiem o pojemności ok. 50 ml. Zaczepnij wody z najróżniejszych zbiorników: jezior, rzek a nawet okresowych, takich jak kałuże lub nawet utworzonych w drzewach. Wykorzystując szkło powiększające i mikroskop zbadaj zawartość mikroświata uwięzionego w kropli wody. Korzystając z dostępnych kluczy lub Internetu postaraj się oznaczyć zwierzęta i rośliny obserwowane pod mikroskopem. Porównaj skład gatunkowy wód pochodzących z różnych zbiorników. Warto zaopatrzyć się w glicerol, bowiem zdecydowana większość organizmów które zobaczymy pod mikroskopem porusza się bardzo szybko, dlatego dodając kroplę glicerolu do naszej badanej kropli, zwiększymy gęstość roztworu na tyle, że nasze obiekty będą się zdecydowanie wolniej poruszać, dzięki czemu łatwiej je obserwować.



Liścionóg - dziwogłówka wiosenna

## Biomonitoring gleby

Gleba jest integralnym, wielofunkcyjnym składnikiem wszystkich ekosystemów lądowych i niektórych płytkowodnych, który jest trójfazowym produktem wzajemnego oddziaływania litosfery, hydrosfery, atmosfery i biosfery. Jest układem trójfazowym, co oznacza, że w jej skład wchodzi trzy fazy:

- faza stała – zawiera główne składniki gleby: stałe cząstki mineralne i organiczne
- faza ciekła – roztwór glebowy, obejmuje wodę, która krążąc, transportuje różne sole i inne składniki pokarmowe
- faza gazowa – powietrze glebowe, które wykazuje istotne różnice w stosunku do powietrza atmosferycznego, między innymi powietrze glebowe jest ciągle w 100% nasycone parą wodną.

Gleba to nie tylko podłoże dla roślin, ale także integralna część ekosystemów biorąca udział w ich kształtowaniu, w którym występują olbrzymie ilości bezkręgowców, bakterii i grzybów. Jest także odbiornikiem wszelkich odpadów, które są w niej przetwarzane i ponownie wracają do obiegu w postaci mikroelementów. Gleba tworzy się podczas bardzo skomplikowanych i złożonych procesów, przebiegających etapami. Do czynników glebotwórczych należą: klimat, ukształtowanie powierzchni, organizmy żywe, woda, działalność człowieka, skała macierzysta, czas działania. Czynniki te mogą oddziaływać na skałę macierzystą z różnym natężeniem w zależności od warunków zewnętrznych, przy czym może przeważać wpływ jednego lub drugiego czynnika, ale ostatecznie o powstaniu gleby decydują kompleksowo. W procesie naturalnego rozwoju gleby ulegają pionowemu różnicowaniu, tworząc profil glebowy, czyli system poziomów genetycznych, których liczba, morfologia, wzajemny układ oraz zespół fizycznych, chemicznych i biologicznych właściwości są rezultatem minionych i współczesnych wpływów środowiska glebotwórczego, zmiennego w czasie i przestrzeni oraz należą do kryteriów rozpoznawczych wykorzystywanych w naukowej systematyce gleb. Gleby, które są fundamentem wszystkich ekosystemów lądowych spełniają niezwykle ważne funkcje:

- biorą udział w produkowaniu biomasy – gleba jest tym fundamentem oraz zasobem składników pokarmowych, przy pomocy których rośliny mają odpowiednie podłoże i warunki do produkcji biomasy z wykorzystaniem składników mineralnych i energii promieniowania słonecznego. Dzięki temu są na początku każdego łańcucha troficznego.
- uczestniczą w mineralizacji i humifikacji martwej materii organicznej oraz magazynowaniu próchnicy. Dzięki obecności mikroorganizmów zawartych w glebie możliwe jest przetwarzanie opadłej materii organicznej, a świat nie jest usłany martwymi roślinami i trupami zwierząt. Do tego również należą procesy chemiczne, takie jak mineralizacja.
- biorą udział w przepływie energii oraz krążeniu i retencji (zatrzymywaniu) wody i pierwiastków biogenicznych.
- stwarzają warunki życia podziemnym organom roślin oraz różnorodnym drobnoustrojom i zwierzętom.
- biorą udział w okresowym przechowywaniu nasion i propagul.
- uczestniczą w procesach samoregulacyjnych, zapewniających ekosystemom względną trwałość i pewną odporność na działanie zewnętrznych czynników destrukcyjnych.
- rejestrują zmiany w środowisku glebotwórczym.

Gleba wraz z zamieszkującymi organizmami (edafonem) jest szczególnie ważnym czynnikiem biocenozy. W określonych warunkach klimatycznych to właśnie od gleby są uzależnione w głównym stopniu pozostałe czynniki biocenozy, a więc rośliny i zwierzęta. Istnieją jednak zależności zwrotne. Gleba bowiem w znacznym stopniu kształtuje się pod wpływem pozostałych komponentów biocenozy, a zwłaszcza roślinności, stanowi środowisko, w którym rozwijają się korzenie roślin, które następnie pobierają z niej niezbędne składniki pokarmowe. W glebie rozwijają się najrozmaitsze organizmy żywe, wśród których szczególnie ważną rolę odgrywają bakterie i grzyby powodujące rozkład materii organicznej i przyczyniające się w ten sposób do mineralizacji tej materii, a częściowo także do jej humifikacji. Ilość mikroorganizmów w gramie gleby jest olbrzymia. Np. w gramie gleby lasu liściastego występuje ok. 1,2 mln bakterii, w borze iglastym ok. 900 000 bakterii, w gramie ziemi ornej 35 mln bakterii. Podane wartości są wartościami średnimi, bowiem w pobliżu korzeni te wartości mogą być nawet 1000 razy wyższe niż poza zasięgiem systemu korzeniowego. Dzięki obecności drobnoustrojów hektar ziemi ornej jest wzbogacany o 50-100 kg azotu, 25-40 kg fosforu i 10-20 kg potasu. Szczególnie ważną rolę w biocenozie leśnej odgrywa ściółka, będąca ogniwem

pośrednim pomiędzy glebą mineralną a roślinnością, przy czym jak mówi Paczoski: „Trudno ustalić, gdzie kończy się zespół roślinny, a gdzie zaczyna gleba. Faktycznie jest to jeden nierozzerwalny system, który sztucznie rozdziela, aby ułatwić sobie zadanie i analizę naukową”.

### **Budowa gleby – profil glebowy**

Aby poznać budowę gleby należy zajrzeć do jej środka, czyli wykonać odkrywkę glebową. By zrobić to prawidłowo, trzeba przede wszystkim uzyskać zgodę właściciela terenu, a wszelkie czynności wykonywać pod opieką dorosłego. Miejsce na odkrywkę powinno być reprezentatywne dla danego stanowiska. Przeciętne rozmiary odkrywki glebowej powinny być następujące: długość 180-200 cm, szerokość 70-100 cm i głębokość zależnie od terenu badań 150-200 cm. Węższą stroną odkrywki kopie się w ten sposób, że pozostawia się stopnie o wysokości 20-30 cm, które ułatwiają wejście do wykopanego dołu, przeprowadzenie badań i pobranie próbek do analiz. Po przeciwnej stronie stopni znajduje się pionowa ściana odkrywki, która powinna być tak usytuowana, by w momencie wykonywania opisu profilu i jego fotografowania nie była zacieniona. Kopiać odkrywki, należy pamiętać o pewnych zasadach. W obszarach leśnych i łąkowych, w wyznaczonym miejscu odkrywki odcina się szpadłem kostki powierzchniowe części gleby wraz z porastającą ją roślinnością i układa się je w pewnej odległości od odkrywki. Ułatwia to uporządkowanie terenu po zakończeniu prac. Materiał znajdujący się głębiej wyrzuca się jedynie na boki. Obszar sąsiadujący z przednią ścianą powinien pozostać w takim stanie, w jakim znajdował się przez przystąpieniem do jej kopania. Gdy już jest wykonany wykop, należy dokonać opis profilu i wstępną charakterystykę próbek.

Sławomir Miklaszewski, jeden z najwybitniejszych polskich gleboznawców stwierdził, że profil glebowy jest: „kroniką historii danej gleby z dużym prawdopodobieństwem na odtworzenie jej dziejów”. Opisując więc profil glebowy należy uwzględnić następujące aspekty: geologiczny, który mówi nam z jakich utworów dana gleba powstała; gleboznawczy, który wskazuje jakim przemianom dane skały uległy i jakie zachodziły procesy glebowe. W przebiegu tych ostatnich dużą rolę odgrywa czynnik biologiczny.

W profilu glebowym można wyróżnić następujące poziomy, które różnią się między sobą barwą i strukturą:

Poziom A, zwany poziomem akumulacji biologicznej lub poziomem próchnicznym. Poziom ten powstaje w wyniku nagromadzenia się na powierzchni gleby różnych substancji organicznych oraz mineralnych, a także ze szczątków korzeni runa leśnego, obumarłych ciał mezofauny i drobnoustrojów, podlegających w wierzchnich częściach gleby procesom humifikacji. Substancja organiczna gromadząca się na powierzchni gleby zawierająca składniki mineralne, po wielu przeobrażeniach przemieszcza się do gleby mineralnej przy bardzo znacznym udziale drobnej fauny glebowej. Dlatego bardzo często możemy wydzielić wyraźne dwa podpoziomy: A0 – organiczny, złożony ze szczątków organicznych oraz A1 – poziom próchniczno-mineralny. Próchnica leśna wraz ze ściółką wpływa na kształtowanie się warunków fizycznych, chemicznych i biologicznych gleby. Reguluje ona klimat glebowy: gromadzi znaczne zapasy wody, które stopniowo oddaje glebie, reguluje wymianę gazów między glebą a powietrzem atmosferycznym, wpływa też na warunki cieplne gleby. Stanowi „magazyn” składników pokarmowych, które w miarę jej rozkładu przez drobnoustroje stopniowo zasilają roztwór glebowy, a następnie kompleks sorpcyjny gleby.

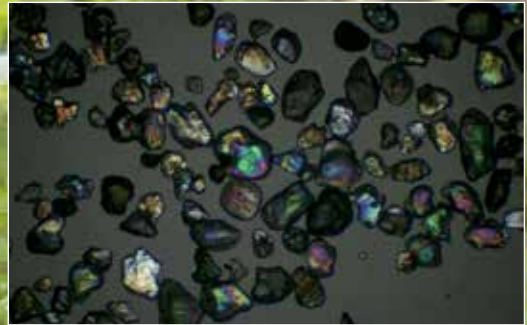
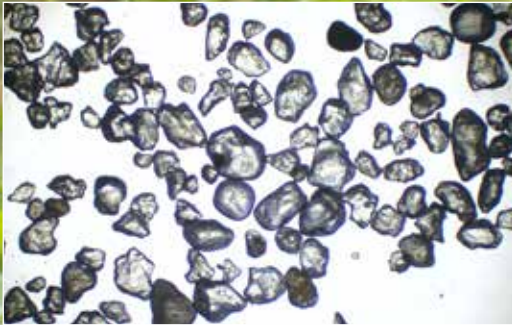
Poziom skały macierzystej C – to ta część profilu glebowego nie zmieniona lub bardzo mało zmieniona przez procesy glebotwórcze.

Poziom skały podścielającej D – pod poziomem skały macierzystej czasami spotyka się utwory zupełnie innego pochodzenia np. piasek podścielony iłem lub glina podścielona wapniem lub torf podścielony iłem.



Przekrój przez glebę biellicową, glebę bielicoziemną i brunatną





Mineralne elementy gleby pod mikroskopem widziane w świetle zwykłym i spolaryzowanym

### Owady epigeiczne

Terminem owady epigeiczne nie określamy konkretnej grupy systematycznej, ale kryterium kwalifikującym do niej jest środowisko życia ich postaci dorosłych (imagines). Występują one na powierzchni gleby lub w wierzchniej warstwie ściółki. Zaliczyć tu można zarówno gatunki stale przebywające w tej strefie jak i takie, które spotyka się w niej okresowo. Należą do różnych grup troficznych, od typowych drapieżców, poprzez roślinożerców, po saprofagi. Dominują wśród nich zarówno pod względem liczby gatunków jak i osobników chrząszcze drapieżne, które są najdłużej aktywne w ciągu roku. Niektóre gatunki z rodzin kusakowatych i biegaczowatych, jeśli pozwala na to temperatura, są aktywne również zimą. Ze względu na silne powiązanie ze środowiskiem oraz stosunkowo duże rozmiary ciała i naziemny tryb życia doskonale nadają się do różnego rodzaju badań bioindykacyjnych, i porównawczych. Ekosystemy leśne charakteryzują się bardzo dużą akumulacją biomasy. Lasy iglaste strefy umiarkowanej akumulują w dnie lasu najwięcej materii organicznej ze wszystkich lasów. Tym ważniejsza jest rola organizmów heterożywnych w przyspieszaniu obiegu materii w tych ekosystemach i udostępnianiu składników pokarmowych. Szczególną rolę odgrywa tu entomofauna epigeiczna, ponieważ właśnie w strefie jej aktywności zachodzą wymienione procesy. Znana jest, choć nie zawsze doceniana, rola żuków *Geotrupes* w humifikacji butwiny i spalchnianiu gleb leśnych. Z kolei biegaczowate, w zależności od typu rozwojowego, w mniejszym lub większym stopniu sprzyjają przekazywaniu energii na wyższe stopnie troficzne, a także mogą być wektorem biogenów do systemów ubogich.

#### Zadanie

#### Ustawiamy pułapkę Barbera

Pułapka Barbera jest jednym z najprostszych, ale także bardzo skutecznym sposobem odłowu fauny epigeicznej, a także glebowej. Łatwym sposobem wykonania takiej pułapki jest wkopanie w ziemię słoika w taki sposób, aby jego wlot zrównał się z powierzchnią gleby. Wskazane jest zabezpieczenie otworu przed deszczem poprzez zbudowanie małego daszka. Warto również rozważyć włożenie przynęty do zasadzki – możemy użyć surowego mięsa lub butwiejących części roślin. Pamiętaj jednak należy, że do pułapki będą się łowić różne zwierzęta, dlatego kontrolować trzeba ją bardzo często. Złapano zwierzęta można oznaczać przy użyciu dostępnych kluczy, po kilkunastu dniach odłowów będziemy mogli sporządzić listę gatunków występujących na danym stanowisku. Warto rozważyć zbadanie fauny epigeicznej różnych siedlisk lasu liściastego, boru sosnowego, łąki, pastwiska czy terenów zalewowych.



Typowymi przedstawicielami fauny epigeicznej są chrząszcze z rodziny biegaczowatych, do największych należą przedstawiciele rodzaju *Carabus* tak jak ten biegacz fioletowy *Carabus violaceus*

### Zadanie

#### Budujemy wyplaszacz

Próbki do analiz porównawczych zbieramy w sposób następujący: do ściółki lub powierzchni przykładamy ramkę i dokładnie wybieramy glebę na głębokość ok. 10 cm. Próbki transportujemy w woreczkach płóciennych – nie używamy wszędobylskich torebek plastikowych, ponieważ, szczególnie w letnie dni, mogą się „zagotować”. Po powrocie do laboratorium montujemy nasz układ. Umieszczamy lejek w słoiku, do niego wkładamy sitko i wysypujemy trochę ziemi. Nad lejkiem ustawiamy lampę. Ważne jest, aby oświetlenie znajdowało się bardzo blisko naszej próbki, jednak nie może jej dotykać. Należy również pamiętać, by nad eksperymentem ciągle czuwać. Im mniejszą próbkę nałożymy do lejka, tym krócej będziemy wyplaszac. Gdy włączymy lampę, to zwierzęta będą uciekać do słoika. Pierwszą kontrolę można zrobić już po godzinie, wtedy wyłączamy lampę, a ze słoika wysypujemy nasz odłów na szalkę Petriego. Ważne jest posegregować zdobycze – oddzielnie roztocza, chrząszcze, wiję itd. Liczymy przedstawicieli poszczególnych grup, wszystkie wyniki notujemy. Warto zebrać próbki z różnych siedlisk: z łąki, lasu, boru, a także z miejsc użytkowanych przez człowieka i porównać skład.

Choć gleba wydaje się martwa, to jednak tętni życiem. Wzrastają w niej rośliny wyższe (korzenie drzew, krzewów, traw itd.), ale także jest środowiskiem dla zróżnicowanej i powiązanej ze sobą wzajemnie społeczności biotycznej złożonej z ogromnej ilości organizmów, zarówno tych mikroskopijnych, jak i makroskopowych roślin i zwierząt. Gleba, jako środowisko życia, charakteryzuje się szeroką zmiennością warunków, zmienia się wilgotność, pH, stężenie substancji itp. Niech o bogactwie gleby zaświadczą liczby: w 1 jej m<sup>3</sup> może znajdować się kilka miliardów organizmów, wśród nich ok. 1 miliarda grzybów, ponad 10 miliardów bakterii i promieniowców, 10 milionów nicieni, tysiące dżdżownic oraz miliony pierwotniaków i glonów, tysiące owadów i pajęczaków. W glebie występują organizmy najliczniej i najbardziej zróżnicowane ze wszystkich obszarów biosfery.

### Zadanie

#### Odkrywamy ukryte życie

Przyniesione z lasu fragmenty korzeni, gałęzi zebranych ze ściółki lub części ściółki wkładamy do dużego słoika, przynajmniej jednolitrowego. Na jego dnie kładziemy grubą warstwę ligniny, bardzo mocno ją zwilżamy i układamy na niej nasze „skarby” z lasu. Słoik zamykamy od góry korkiem albo pergaminem tak, aby zachować minimum cyrkulacji powietrza. Dbamy, by lignina na dnie słoika zawsze była wilgotna i czekamy tydzień, dwa, trzy lub nawet cztery tygodnie. Po tym czasie powinny się zacząć wynurzać organizmy, których nie sposób zaobserwować czasami w terenie. Mogą się pojawić rzadsze gatunki śluzowców, grzybów pleśniowych itd.



Prosimonella szorstki



Zaleszczotek pospolity



Przeżutka pospolita



Biegacz granulowany



Physarium - stadium plazmodium oraz stadium zarodnikujące



Przedstawiciele skoczogonków



Mrówki wraz z larwami

Przykładowe organizmy epigeiczne.

## Badamy bank genów

Gleba stanowi doskonały magazyn nasion i diaspor. W roku 1977 Harper wprowadził definicję banku nasion, jako rezerw zdolnych do życia nasion obecnych w glebie i na jej powierzchni. Fakt, że nie wszystkie nasiona kiełkują zaraz po wysianiu oraz, że część nasion zachowuje w glebie możliwość kiełkowania jest jednym z odkryć wielkiego Karola Darwina, który w roku 1859 umieścił w filizance małą ilość (210 g) mulistej gleby ze stawu i przez 6 miesięcy obserwował pojawiające się siewki. Z nasion znajdujących się w tej glebie rozwinęło się 537 siewek. Wiele eksperymentów związanych z bankiem genów potwierdza niezwykle wręcz długowieczność nasion. Wykazano bowiem, że nasiona naparstnicy purpurowej zachowują żywotność przez około 100 lat, a nasiona wiesiołka dwuletniego i szczawiu kędzierzawego – 80 lat. Na wielkość banku nasion ma wpływ efekt deszczu nasion, opóźnionej zdolności kiełkowania, zjadania przez zwierzęta oraz śmierci nasion. W glebie zalegają nasiona w różnym wieku oraz różnej fazy spoczynku i gotowości do kiełkowania. Skład ten zmienia się w ciągu sezonu wegetacyjnego i w kolejnych latach wskutek takich procesów jak kiełkowanie, śmierć lub dopływ nowych porcji nasion. Podstawową rolę w tworzeniu banku nasion w glebie odgrywa „deszcz nasion”, czyli opad nasion na powierzchnię gleby. Zasoby nasion w glebie powstają wskutek długotrwałego okresu rozsiewania się nasion wchodzących w skład danego zbiorowiska, jak również nasion transportowanych spoza jego granic. Wielkość banku nasion w przeliczeniu na 1 m<sup>2</sup> jest bardzo zróżnicowana.

Przykładowe wielkości banków nasion przedstawia tabela 1.

Zbiorowisko	Liczba nasion /1m <sup>2</sup>
Ols	2051
Grąd środkowoeuropejski	3988
Zarośla głogowe	181
Łąki wypasane	1329
Łąki niewypasane	377
Bagna słodkowodne (torfowiska)	9293
Pole orne	468
Nieużytki porolne od 6 lat	27673

### Zadanie

#### Badamy bank genów

Do dowolnego plastikowego pojemnika, w którym znajduje się otwór umożliwiający odpływ wody, nabieramy taką ilość ziemi, aby wypełniała pojemnik do  $\frac{3}{4}$  wysokości. Najlepsze wyniki uzyskuje się w pojemnikach stosunkowo płytkich. Ziemię gromadzimy z różnych miejsc, np. rzecznych namulisk, pól uprawnych, lasów liściastych, borów iglastych. Bardzo ciekawe rezultaty otrzymuje się, gdy zbiera się próbki gleb z ekosystemów miejskich takich jak: wysepki drogowe, trawniki, a nawet glebę przy wysypiskach śmieci. Tak przygotowany pojemnik umieszczamy w ciepłym miejscu, pamiętając, aby gleba w nim była ciągle wilgotna.



W lasach liściastych szybki rozwój takich gatunków jak zawilec czy ziarnopłon są możliwe dzięki wytwarzaniu podziemnych kłączy



Na mulistych siedliskach w dolinie rzek intensywnie rozwijają się proste organizmy takie jak wątrobowce na przykładzie wgłębki jamkowej czy sinic za sprawą wszechobecnych ich zarodników oraz innych organów umożliwiających rozmnażanie wegetatywne



Nawet w centrum miasta na piaszczystych siedliskach rozwijają się paluszki oraz jasnota purpurowa, rozwój tych roślin zależy od banku nasion zawartego w glebie

## Hodujemy bezkręgowce

Dzisiejsze zdobycze techniki znacznie ułatwiają poznawanie świata. W jednej chwili można zgłębić przyrodę Antarktyki czy Amazonii. Jednak żaden film, żadna książka nie daje możliwości bezpośredniego obcowania z przyrodą. Wszelakie zbiory przyrodnicze, tablica szkolna czy ekran nie są w stanie zastąpić bezpośredniego kontaktu ze światem ożywionym. Hodowla zwierząt, z jednej strony zapewnia doskonałe możliwości obserwacji sekretów ich życia, z drugiej uczy szacunku do przyrody, cierpliwości i odpowiedzialności. Tylko hodowla zwierząt pozwala prześledzić ich cykle rozwojowe. Oczywiście sprawą jest, że z natury do hodowli zbieramy tylko gatunki liczne i pospolite, nie zbieramy z żadnych obszarów chronionych.

### Cykl rozwojowy motyla

Nie ma w świecie organizmów żywych większego cudu, jak przemiana gąsienicy w motyla, a samodzielne zobaczenie tego procesu nie jest zarezerwowane tylko dla wybrańców, ale dla ludzi cierpliwych. Najłatwiej ten niezwykły proces zaobserwować na przykładzie rusałek, naszych pospolitych motyli dziennych, których larwy w większości żerują na pokrzywie. Wiosną podczas wycieczki należy znaleźć pokrzywę, na której występują gąsienice. Wtedy zbieramy je razem z rośliną pokarmową, wkładamy do dużego pojemnika i od góry przykrywamy gęstą siatką. Warto trzymać pokrzywy w pojemniku z wodą, gdyż rośliny zachowują świeżość na dłużej i zabezpieczyć tak, by gąsienice nie



Stadia rozwojowe rusałki kratkowca

dostały się do wody, i nie potopiły. Pamiętać należy, że przynajmniej raz na dwa dni należy wymienić rośliny pokarmowe. Po kilku tygodniach (czas jest zależny od gatunku) z gąsienic powstana pączwarki, a następnie wspaniałe motyle.

### Hodowla małych biegaczowatych

To grupa chrząszczy licząca w Polsce ponad 500 gatunków. Obejmuje zarówno gatunki duże i chronione, takie jak biegacz skórzasty, biegacz zielonożółty oraz mnóstwo pospolitych gatunków. Większość biegaczowatych to gatunki drapieżne, choć znajdzie się tutaj też kilka padlinozerców czy roślinozerców (łokaś garbatek). Biegaczowate polują głównie w nocy, dlatego trudno jest je zaobserwować. Najczęściej chowają się pod kamieniami i martwym drewnem. Biegaczowate można hodować w różnej wielkości terrariach, dla najmniejszych gatunków wystarczy tylko dwulitrowy słoje. Chrząszcze należy karmić mięsem lub twarogiem.



Pierzchotek pobrzeżnik - pospolity przedstawiciel biegaczowatych zamieszkujący piaszczyste i gliniasto-muliste brzegi zbiorników wodnych

### Hodowla owadów prostoskrzydłych

Generalnie hodowla owadów prostoskrzydłych nie nastręcza kłopotów. Do hodowli w przypadku larw i mniejszych gatunków wystarczy większy słoje, który od góry zabezpieczony jest gazą, jeżeli chcemy hodować je pojedynczo. Natomiast jeżeli chcemy je hodować razem to należy zaopatrzyć się w duże terrarium. Świetnie do tego celu nadaje się plastikowe akwarium z przykryciem z gazy. Jako pokarm podaje się, oczywiście w zależności od gatunku, krojone larwy mączniaka i różne gatunki roślin takie jak mniszek lekarski, gwiazdnice oraz trawy. Wiele pasikoników chętnie żeruje na gałązkach opanowanych przez mszyce. Dobrym pokarmem są także kielki pszenicy, które można wyhodować w doniczce. Wyhodowanie z larwy postaci dorosłej większości gatunków nie jest trudne. Mając osobniki dorosłe, można obserwować w terrarium śpiewy oraz zachowania godowe. Jeśli chcemy oglądać kopulacje, musimy trzymać osobnik różnych płci osobno, gdy je w końcu połączymy, samice i samce osiągają zwykle nastrój godowy. Dla studiowania śpiewu najczęściej łączy się razem kilka samców i ogrzewa terrarium sześćdziesięciowatowa żarówką z odległości ok 30 cm. W takich warunkach prawie wszystkie prostoskrzydłe śpiewają o każdej porze dnia i nocy. Można wówczas usłyszeć zarówno normalne śpiewy o każdej porze dnia i nocy.



Łączyn brodawnik



Siwoszek błękitny

## Hodowla pajaków

Pająki stanowią bardzo liczną, niezwykłą i zróżnicowaną grupę zwierząt. Poznanie ich jest ważne, ponieważ z pajakami związane są liczne zabobony, występują też w symbolice bajkowej. O ile hodowla skakunów czy pogońcowatych może sprawiać pewne problemy, to hodowla pajaków budujących sieci takich jak krzyżaki, czy nawet topiki już nie. W celu hodowli pajaka krzyżaka trzeba dla niego skonstruować specjalne pomieszczenie składające się z prostopadłe umieszczonego prętu długości około 60 cm oraz dwóch przymocowanych do niego równoległych poprzeczek o długości 40 cm i odległych od siebie o 30 cm. Przy zetknięciu jednej poprzeczki z prętem sporządza się mały kącik z załamanego kartonu, który służy pajakowi jako kryjówka. Podstawowy pręt konstrukcji wstawia się do butelki wypełnionej piaskiem, a butelkę umieszcza się w szerokiej misce z wodą, która nie pozwala pajakowi uciec. Należy zaobserwować, w jaki sposób powstanie pajęczyna, czy wszystkie nici są równo cenne. Pająki są właściwie wszechobecne, natomiast często ich nie zauważamy. Aby zaobserwować jak dużo jest ich na łące czy w lesie można użyć prostego triku. Mianowicie do niewielkiego płóciennego woreczka wsypujemy trochę mąki ziemniaczanej. Następnie, gdy będziemy już w terenie, nad miejscem gdzie mogą być pająki delikatnie potrząsamy woreczkiem tak, aby unosiła się z niego delikatna mgiełka mąki, która pokrywając pajęczyny, ukaże jej strukturę. Innym zadaniem jest obserwacja budowy dzwona łownego przez pajaka topika. Do niewielkiego akwarium z dużą ilością roślinności wodnej należy włożyć jednego topika i obserwować, w jaki sposób będzie budowany dzwon. Warto tutaj podkreślić, że pomimo tej samej struktury molekularnej, spełnia ona inną funkcję.

## Owady minujące

Są grupą biotyczną wyspecjalizowanych pasożytów wewnętrznych roślin, które odżywiają się miększem zieleniowym. Owady minujące to grupa ekologiczna, systematycznie należą do czterech rzędów: chrząszczy (Coleoptera), błonkówek (Hymenoptera), motyli (Lepidoptera) i muchówek (Diptera). Ich larwy żerują w miększu zieleniowym liści wielu gatunków roślin, a ich charakterystyczne ślady odżywiania się budziły duże zainteresowanie. Miną nazywamy korytarz lub komorę drążoną przez larwę owada minującego we wnętrzu żywych tkanek miększu lub skórki, izolowaną z zewnątrz przynajmniej zewnętrzną ścianką skórki lub kutikulą. Ślad żerowania larw jest widoczny na zewnątrz w postaci plamy lub wężykowatego pasma różniącego się barwą od otaczającej tkanki. Naukowa nazwa miny hyponomium pochodzi z języka greckiego (hyponom) i oznacza podziemny chodnik. Owady minujące są dla entomologa bardzo wdzięcznym obiektem badań. Umożliwiają bowiem z łatwością prześledzić pełny cykl



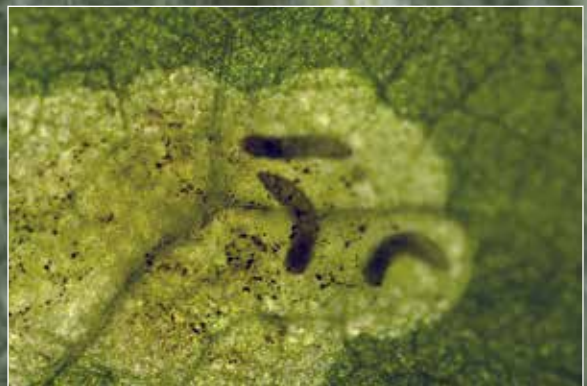
Pajęczyna krzyżakowatych





Pajęczyny niektórych gatunków są konstrukcjami przestrzennymi, w przeciwieństwie do sieci krzyżakowatych, które są płaskie

rozwojowy gatunku od jaja do formy dojrzałej włącznie, ponieważ miny są łatwo zauważalne. W oparciu o obserwacje i zebrany materiał można studiować nie tylko biologię i sposoby żerowania larw, ale także prowadzić badania faunistyczne i ekologiczne wraz z oceną znaczenia gospodarczego tych owadów. W oznaczaniu minowców poza miną ważną wskazówką jest również czas pojawu larw i miejsce przepoczwarczenia się. Ponadto wykorzystuje się także struktury larwalne i poczwarkowe, a niekiedy morfologię owadów dojrzałych, które dla początkujących są najłatwiejsze do oznaczania. W tym przypadku niezbędna jest hodowla, którą rozpoczynamy od przyniesienia roślin lub ich fragmentów z terenu. Roślinę wstawiamy do terrarium tak, by w przypadku przepoczwarczenia owad pozostał w nim. Podstawą jest dbanie o rośliny. Gdy mamy tylko części roślin, trzymamy je w wodzie i wykorzystujemy różne do nich odżywki.



Owady minujące

## Badamy regenerację stulbi i wypławka

Regeneracją nazywamy zdolność do odtwarzania przez zwierzęta utraconych lub uszkodzonych części ciała, narządów, tkanek i komórek. Za przykład może posłużyć nam mityczna hydra lernejska, zamieszkująca bagna w okolicy Lerty w Argolidzie. Było to drugie z 12 prac Heraklesa. Hydra lernejska była niezwykle trudnym przeciwnikiem, bowiem w miejsce uciętej głowy odrastały 2-3 następne. Chociaż hydra lernejska była postacią mityczną, nierealną, ale regeneracja wśród niektórych zwierząt występuje. U gadów odrzucanie i regenerowanie ogona jest dosyć powszechnym zjawiskiem. Również u larw płazów jest to dość popularne. Wiele skorupiaków takich jak raki, kielże czy ośliczki również posiada zdolność odbudowy utraconych odnóży. Jednak łatwość regeneracji jest cechą charakterystyczną dla zwierząt prymitywnych, takich jak stulbiopławy i wirki. Stulbie, bo o nich mowa, to niewielkie słodkowodne organizmy, których długość ciała osiąga do 30 mm, a ramion do 50 mm. Stulbie występują w różnych typach wód słodkich zarówno małych, gęsto zarośniętych zbiornikach, jak i dużych jeziorach. Wszystkie są drapieżne, odżywiają się głównie małymi i planktonowymi skorupiakami. Drugą grupą, która charakteryzuje się wybitnymi zdolnościami regeneracyjnymi są wirki. W krajowej faunie występuje ich 100 gatunków, stanowią gromadę w typie płazińców. Dzieli się je na dwie grupy systematyczne: 13 gatunków należy do wypławków, czyli wirków trójjelitowych (*Tricladida*), pozostałe do wirków prostojelitowych (*Rhabdoceola*). Ciało wypławków jest płaskie, niesegmentowane, ze słabo wyodrębnioną częścią głowową. Poruszają się za pomocą zsynchronizowanych ruchów mikroskopijnej długości rzęsek, pokrywających ich ciało. Wirki, z nielicznymi wyjątkami pasożytów, są aktywnie poszukującymi pożywienia drapieżnikami, wysysającymi ofiary po uprzednim strawieniu zewnętrznym. Zwierzęta te występują w różnego rodzaju zbiornikach wodnych. Zamieszkują zarówno małe zbiorniki, gęsto zarośnięte roślinnością wodną, jak i duże jeziora, gdzie związane są przeważnie z pasem roślinności. Żyją również w rzekach, a nawet strumykach o wartkich nurtach i w źródłiskach. Zdecydowana większość gatunków unika wód zanieczyszczonych. Polscy przedstawiciele *Tricladida* związane są z podłożem, dlatego często można je spotkać pod kamieniami, opadłymi na dno liśćmi i roślinami wodnymi. Polują na rozmaite zwierzęta: skąposzczety, wioślarki, larwy owadów. Wypławki żyją stosunkowo krótko – zimują w postaci jaj przetrwanych.

### Zadanie

Wylawiamy stulbie i wypławka, i przenosimy na szalkę Petriego, czekamy aż zwierzęta się całkowicie rozprostują, następnie ostrym skalpelem kroimy je na 4-5 części. Przez kilka dni dbamy, aby w szalce stale była woda oraz części moczarki kanadyjskiej. Codziennie obserwujemy, co się dzieje z fragmentami stulbi i wypławka. Po kilku, kilkunastu dniach następuje całkowita regeneracja zwierząt.



Niektóre kregowce również zachowały zdolność regeneracji np. ogona. Na zdjęciu jaszczurka zwinka, która nie całkowicie straciła ogon a w wyniku regeneracji odrósł jej drugi.



Wyplawek biały



Wyplawek czarny



Stulbia pospolita

## Badamy echolokację nartniki i krętaki

Echolokacją nazywamy system określania przeszkód lub poszukiwanych obiektów w otoczeniu z użyciem zjawiska echa akustycznego. Zjawiskiem tym posługuje się wiele zwierząt. Nietoperze i niektóre gatunki ptaków wykorzystują falę akustyczną. Walenie wykorzystują falę akustyczną rozchodzącą się w środowisku wodnym. Trudno jednak obserwować szybko poruszającą się falę akustyczną. Fizycy przeważnie analizują wiele zjawisk stosując uproszczenia. Dlatego, aby lepiej zrozumieć zjawisko echolokacji oraz prawa fizyczne rządzące falami, lepiej jest posłużyć się modelem dwuwymiarowym – idealnym jest powierzchnia wody. Rozchodzącą się falę na powierzchni wody łatwo zaobserwować, jest stosunkowo wolna i można zmierzyć jej prędkość.

Powierzchnie jezior, stawów, a nawet kałuż tworzą bardzo szczególne środowisko. Wszędzie tam, gdzie spotykają się powietrze i woda, warstwa powierzchniowa oddziela suchy świat powyżej od mokrego, tego poniżej lustra wody. Szczególne właściwości powierzchni wody są tworzone przez siły przyciągania pomiędzy jej cząsteczkami. W obrębie akwenu siły te występują jednakowo ze wszystkich stron, ale w pobliżu powierzchni siły przyciągania z dołu są większe niż z góry; stąd cząsteczki na granicy fazy woda-powietrze są przyciągane w kierunku środka masy wody. W rezultacie powierzchnia zachowuje się jak rozciągnięta elastyczna membrana, podtrzymując objekty o gęstości większej niż woda i pozwalając niektórym zwierzętom stać i poruszać się po niej.

Jednak dla owadów lądowych, nie przystosowanych do poruszania się po lustrze wody, stanowi ona śmiertelną pułapkę, która przyciąga wiele gatunków drapieżników polujących zarówno na powierzchni wody jak i pod nią. Miotająca się ofiara wytwarza fale, które przyciągają drapieżniki reagujące na nie.

Fale powierzchniowe wody są falami na granicy ośrodka. Zwykle są spowodowane dodawaniem lub usuwaniem wody, przemieszczaniem ciała stałego w wodzie, wstrząsem, wiatrem i innymi podobnymi siłami generującymi i utrzymującymi fale. W konsekwencji takich sił, część zakłóconej granicy woda-powietrze będzie naprzemiennie znajdowała się powyżej i poniżej poziomu wody w stanie spoczynku. Podobnie jak wszystkie fale fizyczne, fale powierzchniowe wody można traktować jako oscylacje czasowe i przestrzenne, jednoznacznie scharakteryzowane przez ich okres, amplitudę, fazę i kształt. Ponieważ płyny nieidealne są prawie nieściśliwe, pozbawione tarcia i jednorodne, ich wnętrze oscyluje tylko w niewielkim stopniu, przez co słabo propaguje (przemieszcza) sygnały falowe. W związku z tym propagacja fal wodnych jest ściśle ograniczona do granicy faz woda-powietrze.

Różne gatunki pluskwiaków i chrząszczy wodnych wykorzystują fale powierzchniowe wody zarówno do identyfikacji ofiary ale także do wszelkich zachowań społecznych związanych zarówno z terytorializmem jak i godami. Samce i samice australijskiego nartnika *Rhagadotarsus* komunikują się za pomocą wzorowanych sekwencji fal powierzchniowych wytwarzanych przez uderzenia kończyn.

Podczas godów samce generują fale o dużej amplitudzie, które składają się z grup 7–15 fal (sygnały przywołania) lub 2–3 fal (sygnały nawołujące do zalotów). Poprzez pionowy ruch uniesionych przednich nóg nartniki te wytwarzają również fale o niskiej amplitudzie pojedynczo lub w grupach do około 30 cykli (sygnały zalotów). Samice nartników reagują na sygnały przywołania, przesuwać się mniej więcej bezpośrednio do źródła sygnału. Kiedy samica znajduje się w odległości 5–10 cm, samiec zwykle



Krętaki na powierzchni zbiornika wodnego

gwałtownie przełącza się z sygnałów wołania na sygnały zalotów. Samica często reaguje sygnałami zalotów i zwykle dotyka również środkowej lub tylnej nogi samca. Wreszcie samiec kopuluje. Po zakończeniu kopulacji samiec często wytwarza sygnały postkopulacyjne (pozornie identyczne z sygnałami zalotów). Podczas zachowań godowych samce mogą również wytwarzać agresywne sygnały (9–13 fal / s 23–30 fal / s) swoimi środkowymi nogami w celu odpędzenia potencjalnych konkurentów.

### **Zadanie**

#### **Obserwujemy chodzenie nartników**

Złowione podczas wycieczki nartniki do czasu eksperymentu przechowuje się w dużym pojemniku, z minimalną ilością wody, dodatkowo wyłożonym mchem. Do wypełnionej wodą kuwety wpuszczamy nartniki i obserwujemy jak się poruszają po powierzchni wody (warto rzucić na powierzchnię wody martwego komara i zobaczyć jak rzucą się na ofiarę). Nartniki poruszają się bardzo szybko po wodnej tafli i trudno zaobserwować szczegóły ich ruchów. Jednym ze sposobów jest posłużenie się pewnym podstępem. W tym celu przygotowujemy 0,5% wodny roztwór wodorotlenku sodu, który wlewamy do dużej kuwety, następnie powierzchnię wody posypujemy ciekłą warstwą barwnika: błękitu tymolowego. Wpuszczamy pojedynczego nartnika, który poruszając się po wodzie zostawi specyficzny ślad i widać wtedy będzie, że jego ruchy nie są płynne, ale przerywane, z czego wynika, że nartnik po powierzchni wody skacze. Wartość napięcia powierzchniowego jest dość znaczącą siłą, którą można zmierzyć. Aby uzmysłowić, jak duże wartości przyjmuje napięcie powierzchniowe, należy kłaść na powierzchni wody różnej długości kawałki drutu. Aby określić wpływ różnych substancji należy wykonać ich rozcieńczenia i powtórzyć eksperyment z drutem.

### **Zadanie**

#### **Obserwujemy fizykę fal tworzonych przez nartniki i krętaki**

Przezroczysty pojemnik o pojemności przynajmniej 20 litrów ustawiamy tak, aby móc go podświetlić od dołu. Napełniamy go wodą, której warstwa powinna mieć ok. 5 cm. Do pojemnika wpuszczamy jednego krętaka lub nartnika. Włączamy podświetlenie i obserwujemy na suficie zjawiska falowe wywołane ruchem nartnika lub krętaka.



Nartniki i i zjawiska falowe na powierzchni wody związane z poruszaniem się nartników

## Badamy małżeństwo idealne – mikoryzę

Grzyby odgrywają bardzo dużą rolę w środowisku, stanowią ważne ogniwo reducentów, dzięki którym możliwy jest obieg biogenów w przyrodzie. Należy podkreślić, że jest również wiele gatunków grzybów pasożytniczych powodujących wiele chorób roślin i zwierząt. Warto tutaj wspomnieć o niezwyklej grupie grzybów atakujących owady – zoomorki, które prócz pasożytowania na nich, mogą stać się także ważnym narzędziem do ekologicznego zwalczania szkodników. Grzyby bardzo często wchodzą w interakcje z roślinami. Jednym z takich przykładów są porosty – niezwykle organizmy złożone z glonów i grzybów, będące bardzo często organizmami pionierskimi, rosnącymi na skałach lub niezwykle ubogich glebach. Drugim typem współżycia roślin z grzybami jest mikoryza (z greckiego *mykes* – grzyb, *rhiza* – korzeń), która jest zależnością pomiędzy żywymi komórkami korzeni roślin, a niepatogenicznymi, wysoko wyspecjalizowanymi grzybami występującymi w glebie. W związku tym partner grzybowy ułatwia roślinie pozyskiwanie wody i składników mineralnych z gleby, uzyskując od rośliny organiczne związki węgla, będące produktami fotosyntezy. Mikoryza jest bardzo ważną relacją umożliwiającą rozwój ponad 80% roślin. Wyróżnia się dwie ważne grupy mikoryz: zewnętrzna – ektomikoryza i wewnętrzna – endomikoryza. Ektomikoryza występuje zaledwie u 10% roślin, ale obejmuje wszystkie najważniejsze gatunki drzew nagozalążkowych, np. sosnę, świerk, jodłę. Na korzeniach ektomikoryzowanych nie ma włośników, a wokół korzeni występuje mufka grzybniowa znacznie poszerzająca powierzchnię chłonną korzeni. Gęsta sieć mikoryzy tworzy też grzybnia zewnętrzna przerastająca glebę w rizosferze. Grzybnia przerasta obficie podłoże i zwiększa powierzchnię sorpcyjną systemu korzeniowego o około 1000 razy. Tkanki grzybni najłatwiej zaobserwować w borze sosnowym, gdzie po odślonięciu kobierca mchów ukazuje się gęsta sieć żółtej grzybni podgrzybka *Xerocomus* sp.

Drugim typem mikoryzy, znacznie bardziej rozpowszechnionym jest endomikoryza, występująca głównie u roślin zielnych. W endomikoryzie brak jest mufki grzybniowej, a korzenie nie ulegają zmianom morfologicznym. Strzępki grzybni przenikają do wnętrza komórek kory pierwotnej i tworzą w nich drzewkowate rozgałęzienie, tzw. arbuskule oraz pęcherzyki, co powoduje zwiększenie powierzchni kontaktu między komórkami obu partnerów. Trzeci typ stanowi ektendomikoryza (mikoryza zewnętrzno-wewnętrzna), która jest rozwojową odmianą ektomikoryzy. Grzybnia obecna jest wewnątrz komórek kory pierwotnej, na korzeniach występuje zwykle niepozorna mufka, a sieć Hartiga jest bardzo gruba.

Związki grzybów z roślinami są bardzo wrażliwe na zanieczyszczenia. Brak tolerancji na zanieczyszczenia porostów wykorzystano do stworzenia skali porostowej.

### Zadanie

Będąc na spacerze, postaraj się dostrzec, które gatunki grzybów występują wokół określonych gatunków drzew, następnie skonsultuj swoje obserwacje z literaturą. Będąc w lesie pobierz niewielką ilość gleby (ok 1,5 kg) i podziel ją na dwie połowy. Jedną z nich praż w 90°C przez około godzinę, następnie schłodź. Każdą porcję gleby włóż do doniczki, intensywnie podlej i wysiej nasiona drzew. Pamiętaj, że do gleby przyniesionej z boru wsiewamy sosnę, do gleby z buczyny – buki, a z dąbrowy – dęby. Dbaj, aby gleba była stale wilgotna i obserwuj jak rozwijają się siewki. Gdy siewki stracą już liście, porównaj ich wygląd oraz wyjmij ich systemy korzeniowe i przeanalizuj korzystając z lupy.



Ektomikoryza na korzeniu sosny

## Robimy ekotesty

Otoczający nas świat pełen jest różnych substancji, które mogą oddziaływać na środowisko przyrodnicze. Wiele z nich jest bardzo potrzebna w gospodarce człowieka. Podstawowe pytanie brzmi, jak sprawdzić to oddziaływanie na środowisko? Jednym z najlepszych sposobów jest wykonanie testów na żywych organizmach w kontrolowanych warunkach. W takich testach wykorzystuje się różne gatunki zwierząt i roślin, jak: rozwielitki *Daphnia*, *Spirostomum ambiguum*, różne gatunki rzęsy wodnej oraz błotniarkę stawową.

Rozwielitka jest rodzajem skorupiaków w rzędzie wioślarek. Dwukłapowy pancerzyk osłania tylko tułów i odwłok, głowa jest zrosnięta w tułowiem, oczy są widoczne w postaci dużej ciemnej plamy. Zdecydowana większość wioślarek należy do bardzo drobnych organizmów, których wielkość nie przekracza 2-3 mm. Poruszają się za pomocą charakterystycznych pionowych skoków przy użyciu długich rozgałęzionych czułek II pary. Wioślarki są filtratorami, odfiltrują z wody glony i inne cząstki pokarmowe, odgrywając w ten sposób bardzo ważną rolę w ekosystemach, a spotkać je można w rozmaitych zbiornikach wodnych, od dużych jezior, w stawach i małych zbiornikach, a nawet w okresowych kałużach. Rozmnażanie się wioślarek zachodzi dwiema drogami, mogą bowiem składać jaja miktyczne lub amiktyczne – czyli partenogenetyczne. Cykl rozwojowy wioślarek to cyklicznie zmieniające się okresy rozmnażania płciowego przerywane okresem rozmnażania partenogenetycznego. Jeżeli warunki środowiska są odpowiednie, wioślarki rozmnażają się partenogenetycznie, wtedy rodzą się wyłącznie samice. Córki są identyczne z matkami, co oznacza, że każda samica wytwarza kłony. Jeżeli warunki środowiskowe się pogarszają to z części partenogenetycznych jaj wylęgają się samce, a z pozostałych partenogenetycznych jaj samice, które po zapłodnieniu przez samce wytwarzają jaja miktyczne. Takie zapłodnione jaja otoczone są ochronną otoczką wytworzoną z karapaksu (pancerzyka). Są to jaja przetrwale (są w stanie przetrwać długi okres niekorzystnych warunków środowiskowych) i rozwijają się w partenogenetyczne samice dopiero wtedy, gdy pojawią się korzystne warunki. Jaja takie mogą przetrwać dziesiątki lat, dlatego są nazywane „podróżnikami w czasie”.

### Zadanie

Hodowla wioślarek jest na ogół prosta i prócz cierpliwości i dbałości nie potrzeba do niej większych zabiegów. Najlepiej założyć hodowlę w niewielkich naczyniach, których pojemność nie jest większa niż 1 l. Jako pokarmu można użyć glonów (np. zeskrobać je z kory drzew), pierwotniaków, karmy dla ryb lub drożdży. Przynajmniej raz w tygodniu woda w naczyniu hodowlanym powinna zostać zmieniona.



Wioślarka *Cladocera*

*Spirostomum ambiguum* to przedstawiciel orzęsków, daleki krewny pantofelka. Ten pierwotniak jest bardzo unikatowy, bowiem należy do nielicznych naszych przedstawicieli pierwotniaków, którego można zobaczyć gołym okiem. *Spirostomum* charakteryzuje się wydłużonym, robakowatym ciałem, które przy najmniejszym podrażnieniu silnie się kurczy, skręcając się jednocześnie spiralnie. Krótkie gęste rzęski pokrywają się na przednim biegunie i schodzą do cytostomu (fachowe określenie na otwór gębowy u organizmów jednokomórkowych). Długość ciała tego pierwotniaka dochodzi do 3 mm. Żywi się bakteriami i małymi wiciowcami. Można go znaleźć w miejscach, gdzie rozkładają się rośliny. Jest charakterystycznym mieszkańcem kałuż, wypełnionych opadłymi liśćmi.

**Rzęsa wodna** – ta potoczna nazwa odnosi się grupy drobnych lub bardzo drobnych wodnych roślin pływających po powierzchni wody lub tuż pod nią. Nie tworzy liści, a pędy są silnie spłaszczone, złożone niekiedy z kilku części. Nieczęsto kwitnie, a jej kwiaty są drobne, rzadko przekraczające 1 mm wielkości. Rozmnaża się głównie wegetatywnie, w sprzyjających warunkach podział członu następuje co 24 godziny. Jak duża jest dynamika rozmnażania rzęsy najłatwiej zaobserwować wiosną. Zimą często ginie ponad 90% jej populacji porastających zbiornik wodny. Na wiosnę, gdy nastają sprzyjające warunki, często w ciągu miesiąca, w przypadku małych zbiorników, całą jego powierzchnię pokrywa warstwa rzęsy. W Polsce występują następujące gatunki: spirodela wielokorzeniowa, rzęsa trójrowkowa, drobna i garbata oraz wolfia bezkorzeniowa.

*Spirodella wielokorzeniowa* *Spirodella polyrhiza* pływa na powierzchni wód w postaci kolistych listków – członów pędowych. Człony pędowe kolisto odwrotnie jajowate, z obu stron płaskie, po stronie górnej z wyraźnymi łukowatymi nerwami, na dolnej fioletowopurpurowe, z pęczkiem korzeni. W okresie letnim rozmnaża się przy pomocy młodych, przybyszowych pędów, oddzielających się od



Wolfia bezkorzeniowa - najmniejsza roślina kwiatowa świata, bliska krewna rzęsowatych



Spirodella wielokorzeniowa



Rzęsa trójrowkowa



Rzęsa drobna



pędu macierzystego; na jesień powstają brunatnoczerwone, koliste, soczewkowate pączki, które opadają na dno zbiorników wodnych, gdzie przezimują; na wiosnę wypływają na powierzchnię i wydają nowe pędy.

Rzęsa trójrowkowa *Lemna triscula* – roślina występująca pod powierzchnią wody. Członny pędowe podługne lancetowate lub podługne rombownate, cienkie, przeświecające ze środkowym nerwem, w górnej części wcinano ząbkowane, u nasady zwężone w trzonek, jasnozielone lub czerwone, członki zwykle na krzyż ze sobą ułożone, po stronie dolnej z 1 korzeniem, roślina wieloletnia.

Rzęsa drobna *Lemna minor* – roślina pływająca po powierzchni wody. Członny pędowe eliptyczne, odwrotnie jajowate lub prawie koliste, całobrzegie, bez nerwów, u nasady niezwięzone w trzonek, po stronie dolnej z 1 korzeniem.

Rzęsa garbata *Lemna gibba* – pływająca po powierzchni wody roślina o członach pędowych na górnej stronie płaskich, na dolnej kulisto wypukłe z 1 korzeniem, koliste lub odwrotnie jajowate, całobrzegie, beznerwowe zielone, rzadko spodem czerwone, zwykle pojedyncze. Jest gatunkiem znacznie rzadszym od poprzednich gatunków.

Błotniarka stawowa *Lymnaea stagnalis* jest naszym największym ślimakiem słodkowodnym o cienkościennych muszli dorastającej do 65 mm. Głowa jest wyraźnie oddzielona w przedniej części od nogi, na górnej części głowy usytuowane są trójkątny czułki stanowiące narząd zmysłu ślimaka. U nasady czułków znajdują się parzyste oczy. Otwór gębowy w dolnej stronie posiada tarkę (radułę) – narząd gębowy, biorący udział w pobieraniu pokarmu. Błotniarka jest gatunkiem hermafrodytycznym – ma narządy rozrodcze męskie i żeńskie. Jest to gatunek jajorodny, a pełny rozwój zarodkowy zachodzi w jajach składanych w kokonach na zewnątrz. Kokony zawierają od 36 do 200 jaj, przytwierdzone są do podłoża, najczęściej do pędów roślin wodnych. Błotniarka stawowa jest gatunkiem płucodyszny (oddycha powietrzem atmosferycznym), dożywa do 4 lat, wszystkożerna.

### Zadanie

Aby określić wpływ substancji na organizmy żywe należy zrobić ekotesty. Wymienione powyżej organizmy doskonale nadają się do ich wykonania w warunkach domowych. W naszych testach wykorzystamy wpływ soli kuchennej (NaCl), proszku do prania, płynu do mycia naczyń – zastosować można właściwie każdy dostępny środek używany w gospodarstwie domowym. Sporządzamy roztwór badanej substancji w stężeniach: 0,1%, 0,5%, 1% i 5%. Pierwotniaki hodujemy w objętości ok. 10 ml, rozwielitki i rzęsy w objętości 100 ml, kokony jajowe błotniarki w objętości również 100 ml. Od początku trwania eksperymentu obserwujemy zachowanie badanych obiektów, w przypadku zwierząt efekt nastąpi szybciej niż w przypadku roślin. Czas eksperymentu dla zwierząt wynosi 10-20 dni, natomiast w przypadku roślin może trwać nawet 40 dni. Podczas eksperymentu bardzo dokładnie obserwujemy wszelkie zmiany zachodzące w zachowaniu i wyglądzie badanych obiektów.



Błotniarka stawowa oraz jej pakiet jaj

## Mikrobiologia

Bakterie to jednokomórkowe organizmy, o bardzo prostej budowie, pozbawione jądra komórkowego. Razem z sinicami tworzą osobne królestwo. Są wszechobecne, występują we wszystkich biotopach, w glebie, w innych organizmach i w wodzie, na lodowcach Antarktydy oraz wokół oceanicznych kominów hydrotermalnych. Spotkać można je także na terenach radioaktywnych. W jednym gramie gleby występuje nawet kilka milionów komórek bakteryjnych, a około milion w mililitrze wody słodkiej.

By zgłębić biologię bakterii należy nauczyć się prowadzić czyste ich hodowle, czyli zapewnić im odpowiednie warunki żywienia. Potrzebne więc będą stałe i płynne podłoża, które muszą zawierać sole nieorganiczne – mineralne oraz związki węgla i azotu. Węgiel znajduje się w każdej substancji organicznej natomiast azot podajemy w postaci peptonów, czyli mieszaniny polipeptydów powstających w trakcie trawienia białka. Najłatwiejszą a zarazem najlepiej dostępną bazą pożywką są buliony z mięsa lub nalewki na substancjach organicznych. Do pożywek płynnych dodaje się żelatyny – pierwszy raz ten sposób zastosował jeden z ojców mikrobiologii Robert Koch. Ten sposób postępowania ma tę zaletę, że pożywki wylane na gorąco do szalek Petriego lub pożywek po ostygnięciu krzepną. Metoda ta stała się nieodzowna dla wyodrębnienia poszczególnych szczepów bakteryjnych. Później żelatynę zaczęto zastępować przez agar.

Praca z bakteriami wymaga odpowiedniej techniki, przede wszystkim cały używany sprzęt w laboratorium musimy wysterylizować, czyli pozbyć się niechcianych mikrobów. Można to zrobić na dwa sposoby: narzędzia i puste szklane naczynia sterylizujemy w gorącym powietrzu, w temperaturze co najmniej 160°C. W profesjonalnych laboratoriach służą do tego specjalne aparaty, ale w domu można do tego wykorzystać zwykły elektryczny piekarnik. Sterylizacja powinna trwać minimum 30 minut. Pożywki wyjąłamy w strumieniu pary wodnej. Do wielkiego garnka albo kotła wstawiamy dopasowaną wkładkę z dziurkowanej blachy. Na niej ustawiamy bezpośrednio płytki Petriego, natomiast próbówki umieszczamy najpierw w szerokich zlewkach przykrytych kawałkiem papieru pakowego albo gazetą, aby skraplająca się woda, spadając z góry, nie moczyła ligninowych korków. Wkładka powinna stać na podpórkach, a nie bezpośrednio na dnie kotła, gdyż przykrywa je pięciocentymetrowa warstwa wody. Na odpowiednim płomieniu ogrzewamy wodę aż do wrzenia i od chwili zagotowania sterylizujemy pożywki 20-30 minut.

W celu przygotowania pożywki oczyszczamy mięso wołowe z wszelkich błon, tłuszczu i ścięgniętych tkanek, po czym przepuszczamy 100 g przez maszynkę. W wysterylizowanej zlewce zalewamy je 200 ml wody i pozostawiamy na ok. 12 godzin, następnie gotujemy przez pół godziny i odcedzamy, a z kawałków mięsa wyciskamy „sok”. Do tak przygotowanej pożywki należy dodać 0,5 g soli kuchennej. Następnie dodajemy taką ilość roztworu sody, aby osiągnąć pH 7,5. Do oznaczenia pH możemy wykorzystać powszechnie dostępne papierki lakmusowe lub samodzielnie wykonany sok z czerwonej kapusty. Aby przygotować pożywkę żelatynową należy wziąć 100 ml wody mięsnej, 0,5 g



Wysiane bakterie na pożywkę agarową, bakterie z lasu liściastego oraz odcisk dłoni dziecka

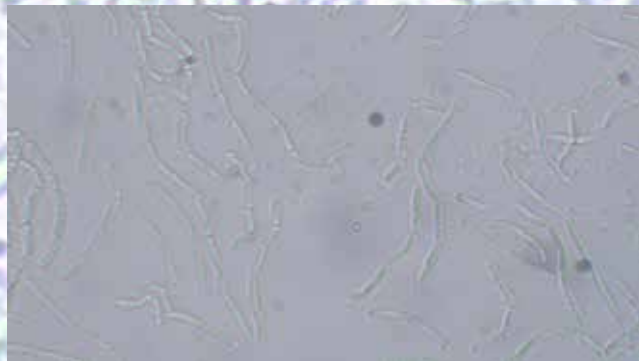
soli kuchennej i 10 g żelatyny. Żelatynę w proszku należy zalać wodą na ok. godzinę by napęczniała, po czym wstawiamy naczynie do kąpeli wodnej o temperaturze 40-50°C na tak długo, aby żelatyna się rozpuściła całkowicie. Następnie pożywkę łączymy z żelatyną i jeszcze gorący roztwór musimy zneutralizować. W tym celu używamy jednonormalnego roztworu ługu sodowego (4 g wodorotlenku sodowego rozpuszczamy w 100 ml wody) i tym sposobem zubożony płyn alkalizujemy słabo 1% roztworem sody. Następnie napełniamy próbówki i szalki, po czym je sterylizujemy.

### Liczymy bakterie

Bakterie są wszechobecne i występują w bardzo dużej ilości. Spróbujmy policzyć, ile bakterii żyje w 1 gramie gleby. Stworzy nam to jednak pewien problem, gdyż w jednym gramie gleby liczba bakterii może przekroczyć 100 000 000. Mało prawdopodobnym jest abyśmy byli w stanie je policzyć, nawet gdybyśmy je wszystkie uwidocznili. Ustawiamy w statywie 6 próbówek, z których każda zawiera 9 ml destylowanej sterylnej wody. Do pierwszej próbówki wsypujemy 1 g ziemi, którą mamy badać. Naczynko zatykamy korkiem i dokładnie wstrząsamy, mieszając w ten sposób jego zawartość. Bakterie rozpraszają się w wodzie równomiernie, przez co ich zagęszczenie spada do 1/10. Teraz pobieramy dokładnie 1 ml tej zawiesiny i wpuszczamy ją do następnej próbówki zawierającej 9 ml destylowanej wody, a tę nową zawiesinę mieszamy przez potrząsanie. Rozcieńczenie tego płynu wynosi już 1/100. Stąd po dokładnym oczyszczeniu pipety, pobieramy znów 1 ml, przenosimy do następnej próbówki i wstrząsamy. Postępujemy tak kolejno ze wszystkimi próbówkami, dzięki czemu w ostatniej rozcieńczeniu wynosi już 1:1 000 000. Dopiero z tego naczynka pobieramy 1 ml cieczy, z której będziemy liczyć bakterie. Teraz bierzemy szalkę z uprzednio przygotowaną pożywką i na nią wylewamy 1 ml w taki sposób, aby ciecz równomiernie rozlała się po powierzchni pożywki. Teraz mamy równomiernie rozproszone bakterie, ale niestety dla nas jeszcze niewidoczne, jednak, gdy odłożymy szalkę na 24 godziny w ciepłe miejsce bakterie zaczną się intensywnie rozmnażać. Każda pojedyncza bakteria daje tak liczne potomstwo, że wreszcie jego rosnące gromady (kolonie) stają się widoczne gołym okiem jako punkty lub plamki. Jeżeli założymy, że każda kolonia powstała z pojedynczej bakterii, wówczas wystarczy nam już przeliczyć te skupienia, aby dowiedzieć się ile bakterii zawierał 1 ml badanej zawiesiny.

### Wychów czystych hodowli

Hodowla na płytkach Petriego stawia przed nami jeszcze jedną możliwość. Jeżeli znów przyjmiemy, że każda kolonia pochodzi od pojedynczego osobnika, oznacza to, że stanowi ona czystą kulturę, od której możemy rozpocząć dalszą hodowlę. Bierzymy próbówkę zawierającą tylko 3 ml pożywki żelatynowej i ogrzewamy w kąpeli wodnej aż do roztopienia. Następnie kładziemy próbówkę w położeniu skośnym, opierając jej wylot o pudełko zapalek. Po zastygnięciu pożywki na jej ukośnej powierzchni przeprowadzamy teraz posiew bakterii jednego gatunku. W tym celu wyżarzamy w płomieniu igłę do posiewów, a po jej ostygnięciu na skośną powierzchnię przenosimy bakterie pobrane z jednej kolonii rozwiniętych na płytce.



Bakterie pałeczkowate

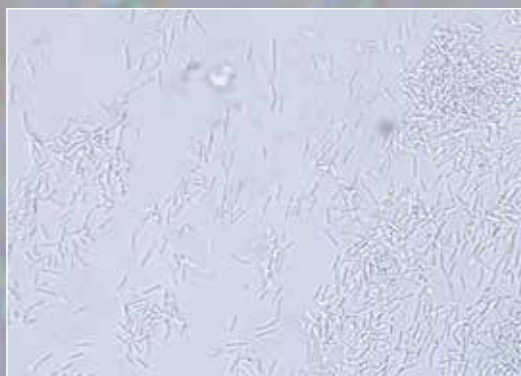
## Posiewy kłute

Istnieją bakterie mające zdolność rozpuszczania żelatyny, jak na przykład bakterie sianowe. Wydzielają one trypsynopodobny enzym, który trawi żelatynę. Tę istotną cechę bakteriologów wykorzystują przy oznaczaniu bakterii. Dla poznania tego zjawiska przygotowujemy sobie specjalną hodowlę. Bierzemy probówkę do połowy wypełnioną pożywką żelatynową, następnie pobieramy bakterie z płytki prostą igłą do posiewów, wkluwając ją prostopadle przez środek powierzchni pożywki aż do dna, po czym ostrożnie ją wyciągamy. Na brzegach kanałika pozostałego po wkluciu pozostawiliśmy przyłączone bakterie. Probówkę zatkaną korkiem z ligniny umieszczamy teraz w temperaturze 20-25°C. Już po tygodniu, a najpóźniej po 14 dniach wyraźnie widać rozwój bakterii. Ważne jest, aby w czasie inkubacji notować w regularnych odstępach czasu wyniki obserwacji. Istnieją 3 możliwości rozwoju kultur bakterii:

- bakterie rozpuściły żelatynę w otoczeniu kanału wklucia, a rozpuszczenie wystąpiło również na powierzchni; z dużym prawdopodobieństwem można przypuszczać, że mamy do czynienia z gatunkami bakterii tlenowych, czyli aerobów,
- bakterie rozwinęły się na powierzchni i w głębi kanału po wkluciu; mogą więc rozwijać się na powietrzu, ale rosną także i bez jego dostępu – są to względne beztlenowce,
- bakterie rozwinęły się tylko tam, gdzie nie ma dostępu powietrza, co rozpoznajemy po rozpuszczeniu się żelatyny w głębi kanałika – są to więc bezwzględne beztlenowce.

## Badamy bakterie wiążące azot

Pobieramy kilka próbek gleby z głębokości około 20 cm, mieszamy je i odważamy 200 g tej mieszanki. Następnie mieszamy z 4 g cukru pudru, wsypujemy do niedużej doniczki, zwilżamy i pozostawiamy w pokoju na okres tygodnia. W następnym kroku w 100 ml wody rozpuszczamy 2 g glukozy i 0,05 g wodorofosforanu dwupotasowego. Otrzymany roztwór wlewamy do kolby Erlenmeyera do wysokości 5 cm i dodajemy do niego około 5 g uprzednio przygotowanej ziemi. Erlenmeyerkę umieszczamy w ciepłe, najlepiej w temperaturze 30°C. Po upływie około trzech dni dostrzegamy na powierzchni płynu białą warstwę. Pobieramy jej próbkę eż i badamy w kropli wiszącej, co umożliwi nam stwierdzenie, że azotobakter ma zdolność poruszania się. Ma postać grubych, krótkich pręcików i przy swoich rozmiarach (4-6 mikronów) należy do bakterii olbrzymów. Jeżeli przeniesiemy za pomocą eży niewielką ilość białej warstwy z naszej hodowli, przykryjemy szkiełkiem nakrywkowym, a na jego krawędzi umieścimy kroplę wodnego roztworu jodu (tak, aby podpływał on pod szkiełko), zauważymy, że bakterie zabarwią się na piękny brązowy kolor.



Pałeczkowate bakterie endosymbiotyczne z brodawek korzeniowych



Wilżyna ciernista - przykład rośliny współżyjącej z bakteriami wiążącymi azot