Nisza, tolerancja ekologiczna i bioindykatory

Etap III · poszerzenie · ekologia · edubiologia.pl

Każdy gatunek żyje w określonych warunkach. Na konkursie: pojęcie **niszy ekologicznej**, odczytywanie **wykresu zakresu tolerancji** (minimum–optimum–maksimum) oraz organizmy wskaźnikowe, zwłaszcza porosty i skala porostowa. W tej lekcji masz też fundament całej ekologii: poziomy organizacji, czynniki środowiska, prawa Liebiga i Shelforda, doświadczenie z zasoleniem, formy ekologiczne roślin i system saprobowy oceny wód.

Ekologia — czym jest, a czym nie jest

Ekologia to dział biologii badający **oddziaływania** organizmów między sobą oraz organizmów ze środowiskiem, w którym żyją. Ogólniej to nauka o strukturze i funkcjonowaniu przyrody. Ekologów interesuje przede wszystkim, co decyduje o **liczebności** i **rozmieszczeniu** organizmów. Organizmy, dzięki mechanizmom ewolucji, są przystosowane do swojego środowiska: korzystają z jego zasobów i zależą od panujących w nim warunków.

Ponieważ te zależności są złożone, ekologia czerpie z wielu nauk, m.in. z biologii, fizyki, chemii i geografii. Stosuje też **metody statystyczne**, które służą do analizy zmienności osobników i do sprawdzania, czy badany czynnik naprawdę istotnie wpływa na organizm lub grupę organizmów.

Słowem „ekologia" nazywa się również **ruch społeczny** działający na rzecz rozsądnego korzystania z zasobów przyrody i życia z nią w harmonii. Stąd potoczne „ekologiczne" opakowania z recyklingu czy żywność wytwarzana w określony sposób. **Ekologia nie jest synonimem ochrony przyrody ani ochrony środowiska**, choć wiedza ekologiczna jest konieczna, by obie były skuteczne. Przykład z zimorodkiem (*Alcedo atthis*), ptakiem żyjącym nad brzegami rzek i jezior:

Dziedzina	Co robi w przypadku zimorodka
Ekologia	bada m.in., jak inne organizmy i czynniki środowiska wpływają na to, gdzie zimorodek występuje
Ochrona przyrody	m.in. obejmuje gatunek ochroną i chroni miejsca, w których gniazduje
Ochrona środowiska	zapobiega zanieczyszczaniu wód (np. oczyszczalnie ścieków), dzięki czemu nie niszczeją miejsca, w których ptak zdobywa pokarm

Poziomy organizacji badane przez ekologię

Ekologia zajmuje się przyrodą na kolejnych poziomach — od jednego organizmu po biosferę (w podręczniku ilustruje je lis rudy, *Vulpes vulpes*).

Poziom	Co to jest	Przykład / uwaga
Osobnik	jeden organizm, przedstawiciel danego gatunku	dorosły lis rudy
Populacja	osobniki jednego gatunku zajmujące określony obszar w tym samym czasie	lisy rude danego terenu
Biocenoza	populacje wszystkich gatunków z danego obszaru, żyjące w tym samym czasie i połączone wzajemnymi zależnościami	zachodzą tu zależności międzygatunkowe, np. drapieżnictwo (lis z upolowaną ofiarą)
Ekosystem	**biocenoza** (organizmy danego obszaru) + **biotop** (nieożywione elementy środowiska)	biocenoza i biotop oddziałują na siebie nawzajem
Biom	obszar Ziemi wyróżniający się przeważającym typem roślinności i typowym składem gatunków, zależnym od miejscowych warunków klimatycznych	las liściasty strefy umiarkowanej
Biosfera	zasiedlona przez organizmy część Ziemi: dolna warstwa atmosfery, zewnętrzna warstwa skorupy ziemskiej i prawie cała hydrosfera	ogół ekosystemów naszej planety

Środowisko: czynniki abiotyczne i biotyczne

Środowisko to wszystkie czynniki wpływające na procesy życiowe organizmu. Dzielimy je na dwie grupy:

- **czynniki abiotyczne** — elementy przyrody nieożywionej, np. temperatura i wilgotność powietrza, struktura gleby i jej żyzność;
- **czynniki biotyczne** — zależności między organizmami zamieszkującymi ten sam teren, np. konkurencja o pokarm, drapieżnictwo.

Nisza i zakres tolerancji

Nisza ekologiczna to całokształt wymagań życiowych gatunku wobec środowiska (nie samo miejsce — to byłoby siedlisko). Według podręcznika wymagania organizmu wyznaczają jego miejsce w biocenozie, a nisza to **zakres zmienności warunków**, w których organizm jest w stanie przeżyć, rozwijać się i rozmnażać.

Na niszę składają się m.in.:

- **warunki środowiska** — np. temperatura wody lub powietrza;
- **dostępne zasoby** — np. pokarm, sole mineralne;

- **oddziaływania z innymi organizmami** — np. konkurencja, drapieżnictwo.

Gatunki o **podobnych niszach** żyjące w tej samej biocenozie często **konkurują o zasoby** (np. o pokarm). Większość organizmów łagodzi tę konkurencję, w toku ewolucji nieznacznie zmieniając wymagania lub zachowania. Przykładem są różne pory żerowania u niektórych organizmów. Nisza nie jest też stała: zmienia się np. z porami roku albo w trakcie rozwoju osobniczego (larwa owada ma inną niszę niż dorosły owad).

Zakres tolerancji to przedział wartości czynnika (np. temperatury, wilgotności, pH, stężenia SO_2), w którym gatunek może żyć. Ma **minimum** i **maksimum** (granice) oraz **optimum**, czyli najkorzystniejszy przedział wewnątrz zakresu (szczegóły niżej, przy prawie tolerancji).

Organizm	Zakres tolerancji
Eurybiont	**szeroki** zakres — znosi duże wahania czynnika
Stenobiont	**wąski** zakres — wymaga stabilnych warunków

Nisza podstawowa a nisza realizowana

	Nisza podstawowa	Nisza realizowana
Kiedy	gdy **brak** wpływu innych organizmów (konkurentów, drapieżników)	gdy działają konkurenci i inne uwarunkowania biotyczne
Co ją wyznacza	wyłącznie czynniki abiotyczne; nie ulega zawężeniu	zakres, w jakim gatunek faktycznie korzysta z zasobów; jest **częścią** niszy podstawowej i może się zawężać zależnie od warunków
Pąkle	bez konkurenta *Chthamalus stellatus* porasta skały w całym zakresie wysokości pływów	przy *Balanus balanoides* (zajmuje niższe partie) *Chthamalus stellatus* zostaje zepchnięty na wyżej położone miejsca skał

Powód różnicy: gatunki o podobnych niszach rywalizują o zasoby. Nisza, którą gatunek mógłby zająć, nie pokrywa się więc z tą, którą zajmuje naprawdę.

Siedlisko

Siedlisko to fizyczna przestrzeń, w której organizm występuje — fragment lądu albo wody, wyodrębniony na podstawie cech:

- **geograficznych** (np. ukształtowanie terenu),
- **klimatycznych** (np. roczna suma opadów),
- **glebowych** (np. żyzność gleby).

W jednym siedlisku mogą żyć organizmy o **różnych niszach**. Przykład: sawanna to jedno siedlisko, a mieści wiele nisz zajmowanych przez różne gatunki (np. żyrafy, słonie, antylopy).

Pojęcia pokrewne — nie pomyl

Pojęcie	Znaczenie
Nisza ekologiczna	całokształt **wymagań** życiowych gatunku, które wyznaczają jego miejsce w biocenozie
Siedlisko	**miejsce**, w którym żyje organizm („adres")
Zakres tolerancji	**przedział wartości** czynnika, w którym gatunek może żyć
Populacja	osobniki **tego samego gatunku** żyjące na danym terenie w danym czasie
Biocenoza / ekosystem	biocenoza = zespół populacji różnych gatunków zamieszkujących dany teren; ekosystem = biocenoza + środowisko nieożywione (biotop)
Ekoton	**strefa przejściowa** między ekosystemami, np. ujście rzeki do morza; ekotony mają dużą różnorodność gatunkową

Czynniki ograniczające (prawo minimum) i prawo tolerancji

Większość czynników środowiska zmienia się okresowo, np. z porami roku. **Tolerancja ekologiczna** to zdolność organizmu do przystosowania się do zmian tych czynników.

Czynnik ograniczający to ten, który najbardziej **ogranicza** życie organizmu — nawet gdy pozostałe warunki są korzystne. Może występować w **niedoborze** (ujęcie Liebiga) albo, w ujęciu Shelforda, w niedoborze lub w **nadmiarze**, czyli poza granicami zakresu tolerancji. Do tego pojęcia prowadzą dwa prawa:

Prawo	Treść
Prawo minimum Liebiga (Justus von Liebig, wym. „fon libisia")	Liebig badał rośliny uprawne. Ich wzrost i rozwój stawał, gdy w roztworze glebowym choćby **jedna** substancja mineralna była poniżej stężenia minimalnego, potrzebnego do przeżycia. Wniosek: o możliwościach rozwoju decyduje składnik występujący w **niedoborze**, czyli w ilości za małej względem potrzeb organizmu.
Prawo tolerancji ekologicznej Shelforda (Victor Shelford, wym. „wiktora szelforda")	Rozwija regułę Liebiga: przetrwanie organizmu wyznaczają **dwie skrajne** wartości czynnika — **minimum ekologiczne** i **maksimum ekologiczne**. Między nimi leży **zakres tolerancji**. Wartości poniżej minimum i powyżej maksimum mogą zabić organizm, więc szkodzi zarówno niedobór, jak i nadmiar.

Przykład: mimo dobrej temperatury i światła roślina nie urośnie, jeśli zabraknie wody albo składnika mineralnego. To on staje się wtedy czynnikiem ograniczającym.

Jak czytać krzywą tolerancji (w podręczniku oś pionowa to „funkcjonowanie organizmu", pozioma — natężenie czynnika ekologicznego):

- **cały zakres** od minimum do maksimum — organizm tylko **przeżywa**;
- węższy przedział — organizm także **rośnie i się rozwija**;
- najwęższy, środkowy przedział, czyli **optimum** — warunki najkorzystniejsze, organizm również się **rozmnaża**;
- im dalej od optimum, tym organizm najpierw przestaje się rozmnażać i rosnąć, a za granicą tolerancji może zginąć.

Zasada współdziałania czynników i czynniki osobnicze

Na organizm działa naraz wiele czynników. **Zasada współdziałania czynników** mówi, że minimum, maksimum i optimum jednego czynnika (np. dostępności wody) **nie są stałe** dla osobnika. Przesuwają się, gdy zmieniają się inne czynniki (np. temperatura powietrza). Łączny efekt kilku czynników działających jednocześnie może też przewyższać sumę ich pojedynczych efektów. Zasada ta **uzupełnia** prawo tolerancji ekologicznej.

Zakres tolerancji zależy też od cech samego osobnika, m.in.:

Czynnik osobniczy	Jak wpływa
Wiek	młode osobniki gorzej znoszą zmiany środowiska niż dorosłe; np. młode niedźwiedzie brunatne (*Ursus arctos*) mają węższą tolerancję na zmiany temperatury, bo ich termoregulacja nie jest jeszcze w pełni rozwinięta
Płeć	u niektórych gatunków samce i samice różnią się np. rozmiarami ciała, a to zmienia ich zakres tolerancji
Stan zdrowia	osobniki chore mają **zwykle** węższy zakres tolerancji niż zdrowe

Dlatego zakres tolerancji podawany dla **gatunku** jest **średnią** z zakresów jego osobników.

Doświadczenie: tolerancja siewek pieprzycy siewnej na zasolenie

Element	Opis
Problem	W jakim zakresie zasolenia wody siewki pieprzycy siewnej są w stanie żyć i rosnąć?
Hipoteza	zakres ten mieści się w przedziale 0–1% zasolenia

Próba badawcza	5 doniczek podlewanych roztworami NaCl: 0,5%, 1%, 2%, 3%, 4% (każda doniczka zawsze tym samym stężeniem)
Próba kontrolna	6. doniczka podlewana wyłącznie wodą wodociągową
Warunki	6 jednakowych doniczek, w każdej 20 siewek podobnej wielkości; jednakowe oświetlenie; na starcie pomiar długości siewek i średnia dla doniczki; przez tydzień codzienne podlewanie tą samą objętością płynu
Wynik	po tygodniu pomiar długości, porównanie średnich i wyglądu przed i po; wyniki w tabeli i na wykresie tolerancji (wniosek formułuje uczeń)
Wyjaśnienie	NaCl obniżył potencjał wody roztworu glebowego, więc pobieranie wody przez roślinę zmalało, a przy wyższych stężeniach ustało. To **susza fizjologiczna** — woda jest w podłożu, ale roślina nie może jej pobrać albo pobiera ją z trudem. Przekroczenie zakresu tolerancji na zasolenie (trwała susza i ujemny bilans wodny) zabiło część siewek.

Eurybionty i stenobionty — nazwy zależą od czynnika

Do nazwy dokłada się przedrostek **eury-** (szeroki zakres tolerancji) lub **steno-** (wąski zakres) w odniesieniu do konkretnego czynnika. Zakres tolerancji gatunku określa się m.in. względem:

Czynnik	Szeroki zakres (eury-)	Wąski zakres (steno-)
Temperatura	eurytermiczny — np. płomykówka zwyczajna	stenotermiczny — np. niedźwiedź polarny
Światło	euryfotyczny — np. bluszcz pospolity	stenofotyczny — np. szczawik zajęczy
Wilgotność / woda	euryhydryczny — np. ligustr pospolity	stenohydryczny — np. zawilec gajowy
Zasolenie	euryhaliczny — np. węgorz europejski	stenohaliczny — np. karp

Na wykresie **eury-** to krzywa **szeroka i płaska** (znosi duże wahania czynnika), a **steno-** to krzywa **wąska i wysoka** (wymaga stabilnych warunków). Stenobiont może mieć swój wąski zakres przy niskich albo przy wysokich natężeniach czynnika. Np. roślina rosnąca tylko w głębokim cieniu, przy słabym świetle, jest **stenofotyczna**.

Jeden gatunek może być eurybiontem wobec jednego czynnika i stenobiontem wobec innego — np. szeroka tolerancja na temperaturę, a wąska na wilgotność.

Te różnice wpływają na rozmieszczenie gatunków na Ziemi. Gatunki o szerokiej tolerancji na **wiele** czynników, obecne prawie we wszystkich strefach klimatycznych, to **gatunki kosmopolityczne** (np.

szczur wędrowny, mucha domowa). Stenobionty mają zasięg ograniczony do stosunkowo małych obszarów (np. sowa śnieżna, koral szlachetny).

Aklimatyzacja i adaptacje

- **Aklimatyzacja** — przystosowanie się organizmu do nowych warunków w środowisku naturalnym; może **do pewnego stopnia** zmienić zakres tolerancji. U ludzi wywołuje ją zwykle zmiana miejsca pobytu, u innych organizmów — przesiedlenie na nowy teren. Polega na zmianie stanu fizjologicznego, np. dopasowaniu do długości dnia, klimatu, wysokości nad poziomem morza. Jej możliwości zależą od puli genowej organizmu oraz od tempa i rozmiaru zmiany. Przykład: człowiek przebywający dłużej wysoko w górach lepiej znosi niskie stężenie tlenu w powietrzu, m.in. dzięki wzrostowi liczby erytrocytów we krwi.
- **Dobór naturalny** może zwężać lub poszerzać zakres tolerancji. W toku ewolucji powstają **adaptacje** (przystosowania) — zmiany budowy lub funkcji organizmu zwiększające szanse przeżycia i rozmnażania w jego środowisku.
- **Konwergencja** — organizmy z podobnych siedlisk wykształcają podobne przystosowania; jej efektem są **narządy analogiczne**, np. skrzydła owadów i ptaków, wąsy czepne grochu i winorośli.

Formy ekologiczne roślin (tolerancja na dostępność wody)

Forma ekologiczna to grupa gatunków o zbliżonym zakresie tolerancji na natężenie danego czynnika. Względem wody wyróżnia się cztery:

Forma (przykład)	Przystosowanie → funkcja
Hydrofity — rośliny wodne (rogatek sztywny, *Ceratophyllum demersum*)	skórka bez kutykuli, słabe tkanki przewodzące i korzenie → woda pobierana całą powierzchnią ciała; aerenchyma (miękisz powietrzny) → unoszenie się w toni i zapas tlenu; chloroplasty w epidermie → wydajniejsza fotosynteza przy słabym świetle
Higrofity — siedliska wilgotne (zawilec gajowy, *Anemone nemorosa*)	duże blaszki liściowe, cienka kutykula, żywe włoski, aparaty szparkowe po obu stronach liścia → intensywniejsza transpiracja; hydatody → usuwanie nadmiaru wody w czasie gutacji

Mezofity — siedliska umiarkowanie wilgotne (klon zwyczajny, *Acer platanoides*)	silnie rozwinięte korzenie → większa powierzchnia pobierania wody z gleby; kutykula i aparaty szparkowe na spodniej stronie liścia → transpiracja regulowana zależnie od dostępności wody
Kserofity – sklerofity — siedliska suche (wrzos zwyczajny, *Calluna vulgaris*)	zredukowane liście, wielowarstwowa epiderma z grubą kutykulą, aparaty szparkowe w zagłębieniach na spodzie liścia otoczone martwymi włoskami → mniejsza transpiracja; silnie rozwinięte korzenie → większa powierzchnia pobierania wody z gleby
Kserofity – sukulenty (aloes zwyczajny, *Aloe vera*)	miękisz wodny → magazyn wody w liściach lub łodygach; gruba warstwa kutykuli i wosków → mniejsza transpiracja

Rośliny wysokogórskie

W wysokich górach gleby bywają ubogie, a gruby, długo leżący śnieg skraca okres wegetacji. Do tego dochodzą duże wahania temperatury, gwałtowne zmiany pogody i silny wiatr. Przystosowania, dzięki którym rośliny zasiedliły te tereny:

- niski wzrost → przetrwanie pod grubą pokrywą śnieżną;
- duże (względem rośliny), często mocno pachnące kwiaty → zwabianie zapylaczy, których ubywa w miarę wzrostu wysokości;
- gęste skupienie pędów → osłona przed wiatrem i zimnem;
- kutner (martwe włoski na pędach) → ochrona przed utratą wody i zimnem.

Przykłady: **dębik ośmiopłatkowy** (*Dryas octopetala*) żyje w symbiozie z bakteriami wiążącymi azot atmosferyczny, więc rośnie na glebach ubogich w azot; **rojnik górski** (*Sempervivum montanum*) to sukulent gromadzący wodę w liściach w miękiszu wodnym.

Bioindykatory (organizmy wskaźnikowe)

Gatunki o **wąskim** zakresie tolerancji (stenobionty) są czułe na zmiany środowiska, więc ich obecność lub brak **wskazuje stan środowiska**. Przykłady: pstrąg i larwy jętek — czysta, natleniona woda; **porosty** — czystość powietrza.

Bioindykator (gatunek wskaźnikowy, biowskaźnik) to gatunek o dobrze poznanych wymaganiach, którego obecność lub nieobecność informuje o warunkach w środowisku. **Bioindykacja** to ocena stanu **powietrza, wody i gleby** na podstawie żyjących w nich organizmów. Przykłady ze źródła:

- porosty — są wrażliwe na skażenie powietrza tlenkami siarki, a ich obecność lub brak pokazuje stopień zanieczyszczenia atmosfery;
- organizmy wodne — służą do oceny czystości wód;
- **soliród zielny** (*Salicornia europaea*) — gatunek wskaźnikowy rosnący na **zasolonych glebach**.

Skala porostowa: porosty są wrażliwe na dwutlenek siarki (SO_2, tlenek siarki(IV)). Im czystsze powietrze, tym bardziej wrażliwe na SO_2 gatunki porostów mogą rosnąć i tym częściej są to formy listkowate oraz krzaczkowate. W silnym zanieczyszczeniu przeżywają tylko formy skorupiaste (np. misecznica proszkowata) lub porostów brak („pustynia porostowa").

Skala porostowa — 7 stref

Porosty to organizmy dwuskładnikowe: strzępki grzyba (luźne i zbite, z chwytnikami od spodu) oraz komórki zielenic lub sinic. Gatunki ułożone od najmniej do najbardziej wrażliwych na SO_2 tworzą **siedmiostopniową** skalę, którą ocenia się zanieczyszczenie powietrza na danym terenie.

Strefa	SO_2 [µg/m³]	Porosty (przykład)	Gdzie
1	≥ 170	brak — pustynia porostowa	silnie skażone tereny przemysłowe
2	100–169	skorupiaste, np. misecznica proszkowata (*Lecanora conizaeoides*)	miasta i obszary przemysłowe
3	70–99	skorupiaste i nieliczne listkowate, np. złotorost ścienny (*Xanthoria parietina*)	zadrzewienia na obrzeżach dużych miast
4	50–69	listkowate i listkowato-krzaczkowate, np. pustułka pęcherzykowata (*Hypogymnia physodes*)	lasy blisko dużych miast i terenów przemysłowych
5	40–49	listkowate i nieliczne krzaczkowate, np. mąklik otrębiasty (*Pseudevernia furfuracea*)	duże obszary leśne
6	30–39	listkowate i krzaczkowate, np. brodaczka nadobna (*Usnea florida*)	rozległe naturalne kompleksy leśne
7	≤ 29	listkowate i krzaczkowate, np. granicznik płucnik (*Lobaria pulmonaria*)	lasy najdalej od miast, dróg i przemysłu

System saprobowy — bioindykacja czystości wód

Czystość wód ocenia się parametrami chemicznymi i fizycznymi, ale też bioindykatorami. Metod biologicznej klasyfikacji jest wiele; za jedną z najlepiej dopracowanych uchodzi **system saprobowy**. Wykrywa się w nim gatunki wskaźnikowe, których obecność lub brak pokazuje, jak bardzo woda jest zanieczyszczona **martwą materią organiczną lub produktami jej gnilnego rozkładu**. Bioindykacja jest często stosowana do oceny stanu rzek.

- **oligosaprobowe** — żyją w wodach najmniej zanieczyszczonych;
- **mezosaprobowe** — w wodach średnio zanieczyszczonych;
- **polisaprobowe** — w wodach najbardziej zanieczyszczonych.

Wody mało zanieczyszczone mają dużą bioróżnorodność, ale niską liczebność. Wody silnie zanieczyszczone mają małą bioróżnorodność, ale wysoką liczebność.

Strefa	Źródło zanieczyszczeń	Poziom	Przykładowy bioindykator
oligosaprobowa	— (teren zadrzewiony)	bardzo niski	larwy jętek
mezosaprobowa	odchody	niski	larwy chruścików
mezosaprobowa	nawozy	niewielki	larwy ważek
mezosaprobowa	odpady z gospodarstw rolnych	średni	ośliczka wodna
polisaprobowa	ścieki komunalne i z przemysłu lekkiego	wysoki	rurecznik
polisaprobowa	ścieki z przemysłu ciężkiego	ekstremalny	bakterie *Sphaerotilus natans*

Jak wybrać bioindykatora z wykresu

Najlepszy bioindykator ma najwęższy zakres tolerancji — na wykresie jest to krzywa **najwęższa i najwyższa**. Taki gatunek szybko reaguje nawet na niewielką zmianę czynnika (pojawia się lub znika), więc dobrze „mierzy" stan środowiska. Gatunek o szerokim zakresie (eurybiont) toleruje zanieczyszczenia i rośnie niemal wszędzie, więc **nie nadaje się** na wskaźnik.

Nie myl tolerancji z zasięgiem: dobry bioindykator ma **wąski zakres tolerancji**, ale najlepiej **szeroki zasięg geograficzny**. Wtedy można go stosować na dużym obszarze (np. pstrąg potokowy w czystych rzekach).

Bioindykator	Co wskazuje

Porosty	czystość powietrza — są wrażliwe na SO_2 (skala porostowa)
Pstrąg potokowy, larwy jętek i chruścików	czysta woda — pstrąg potokowy: zimna, dobrze natleniona; larwy jętek i chruścików: wody o bardzo niskim i niskim zanieczyszczeniu (system saprobowy wyżej)
Rak szlachetny	czysta woda (wąski zakres tolerancji na zanieczyszczenia)
Rurecznik, *Sphaerotilus natans*	wody silnie zanieczyszczone materią organiczną (strefa polisaprobowa)
Soliród zielny	zasolona gleba

Sprawdź się

1. Opisz niszę ekologiczną i siedlisko wybranego gatunku.
2. Czym są gatunki wskaźnikowe? Podaj przykład ich praktycznego użycia.
3. Przyporządkuj każde stwierdzenie do prawa minimum, prawa tolerancji lub zasady współdziałania czynników:
   a) rośliny w cieniu potrzebują mniej cynku niż rośliny w pełnym świetle;
   b) zbyt mała ilość związków azotu w glebie hamuje wzrost roślin, choć innych soli mineralnych jest pod dostatkiem;
   c) wzrost roślin słabnie zarówno przy nadmiarze, jak i przy niedoborze wody w podłożu.
   Nasza odpowiedź (wniosek z definicji, nie z klucza): a — zasada współdziałania czynników (światło zmienia zapotrzebowanie na cynk), b — prawo minimum, c — prawo tolerancji.

⚠️ Pułapki konkursowe — tu najczęściej tracisz punkty

- **Nisza ≠ siedlisko** — siedlisko to „adres” (miejsce), nisza to zespół wymagań życiowych gatunku. W jednym siedlisku mieści się wiele nisz.
- **Optimum to nie granica** — to najlepsze warunki w środku zakresu; granice to minimum i maksimum.
- **Bioindykator ma WĄSKI zakres** tolerancji — dlatego jest czuły. Eurybiont się nie nadaje.
- **Porosty krzaczkowate = czyste powietrze**, ich brak = silne zanieczyszczenie SO_2.
- Odczytując wykres: liczebność najwyższa w optimum, spada ku granicom tolerancji (jeśli oś pionowa to liczebność; na wykresie w podręczniku oś pionowa to „funkcjonowanie organizmu”).
- **Nisza realizowana jest częścią podstawowej**, nie odwrotnie; podstawową wyznaczają tylko czynniki abiotyczne.
- **Ekologia ≠ ochrona przyrody ≠ ochrona środowiska** — to nie synonimy.

⚠️ Pułapki — tolerancja i wskaźniki

- **eury- = szeroki, steno- = wąski**; dopasuj do czynnika: eurytermiczny/stenotermiczny (temperatura), euryfotyczny/stenofotyczny (światło), euryhydryczny/stenohydryczny (wilgotność), euryhaliczny/stenohaliczny (zasolenie).
- **Najlepszy bioindykator = najwęższy zakres** (krzywa wąska i wysoka), bo najszybciej reaguje — a nie ten, który toleruje najwięcej.
- **Nisza ≠ siedlisko ≠ populacja** — nisza to wymagania i rola, siedlisko to miejsce, populacja to osobniki jednego gatunku.
- **Zakres tolerancji** to cały przedział wartości, a **optimum** to jego najkorzystniejszy, węższy przedział (tu organizm także się rozmnaża) — nie mylić definicji.
- **Czynnik ograniczający** decyduje o przeżyciu nawet wtedy, gdy inne warunki są idealne; może nim być niedobór, ale też nadmiar czynnika.
- **Liebig = niedobór** jednego składnika; **Shelford = minimum i maksimum** (szkodzi też nadmiar).
- **Susza fizjologiczna** to nie brak wody w podłożu — woda jest, ale przy dużym zasoleniu roślina nie może jej pobrać.
- W systemie saprobowym wody czyste mają **dużą różnorodność, małą liczebność**; brudne — odwrotnie.

Mini-powtórka — zapamiętaj

1. Nisza = wymagania i rola gatunku; siedlisko = miejsce. Nisza realizowana ⊂ nisza podstawowa.
2. Zakres tolerancji: minimum – optimum – maksimum; optimum = najkorzystniejszy przedział (wzrost, rozwój i rozmnażanie).
3. Eurybiont = szeroki zakres, stenobiont = wąski (dobry bioindykator).
4. Porosty = wskaźnik czystości powietrza (skala porostowa, 7 stref, wrażliwe na SO_2).
5. Prawo minimum Liebiga (niedobór), prawo tolerancji Shelforda (min i max); zasada współdziałania czynników uzupełnia prawo tolerancji.
6. Czystość wód: system saprobowy (oligo-, mezo-, polisaprobowe; od larw jętek po *Sphaerotilus natans*).