

## Wskazówki dla nauczycieli

**Tytuł pakietu:** Sekrety ekotoksykologii

### Informacje dotyczące pakietu:

**Krótki opis:** Pakiet przedstawia zagadnienia związane z toksynami i ich wpływem na ekosystemy. Materiały wyjaśniają, na czym polega biomagnifikacja i bioakumulacja, jakie mają konsekwencje dla organizmów i potencjalnie dla zdrowia człowieka. W pakiecie omówiono wybrane toksyny, parametry toksyczności, pojęcie połowicznego rozpadu oraz skutki ekspozycji na toksyny, w tym w szczególności a ekosystemach arktycznych.

**W jaki sposób pakiet odnosi się do koncepcji STEAM:** Pakiet przedstawia wiedzę z różnych dyscyplin naukowych wykorzystując interaktywne materiały edukacyjne. Ich celem jest zaangażowanie uczniów w samodzielne poszukiwanie i zrozumienie powiązań istniejących w środowisku przyrodniczym.

**Słowa kluczowe:** toksyny, toksyczność, DDT, PCB, rtęć, metylortec, sieci troficzne,

**Wiek:** 14+

**Godziny dydaktyczne:** 2 godziny

### Cel nauki:

Uczeń:

- dowiadyuje się czym są toksyny, jakie są ich rodzaje, jak określa się ich toksyczność i jak działają
- zapoznaje się z procesami bioakumulacji i biomagnifikacji
- bada zależność między poziomem troficznym za narażeniem na toksyny
- poznaje historię choroby Minamata, choroby szalonych kapeluszników

### Zawartość pakietu:

Link do pakietu:

Pakiet podzielony jest na 5 sekcji:

#### 1. Sekcja „Wstęp”

Krótką prezentacją video dotyczącą rodzajów toksyn i ich działania.

Jak mierzy się toksyczność? Tekst lukami do wypełnienia.

## KLUCZ

### ODPOWIEDZI:

LD oznacza **śmiertelną dawkę**. LD50 ( **średnia** dawka śmiertelna) to ilość substancji podana w całości na raz, która powoduje śmierć **50** % grupy badanych zwierząt. LD50 jest jednym ze sposobów pomiaru **krótkotrwałego** potencjału zatrucia (toksyczności **ostrej**) substancji.

Toksykologowie mogą wykorzystywać w badaniach wiele rodzajów zwierząt, ale najczęściej badania przeprowadza się na **szczurach** i myszach. Zwykle podaje się ilość podanej substancji chemicznej (np. miligramy) na **100** gramów (w przypadku mniejszych zwierząt) lub na kilogram (w przypadku **większych** osobników) masy ciała badanego zwierzęcia.

\*\*\*  
LC to skrót od „Lethal Concentration” ( **stężenie** śmiertelne). Wartości LC zwykle odnoszą się do stężenia substancji chemicznej w **powietrzu**, ale w badaniach środowiskowych mogą również oznaczać stężenie substancji chemicznej w wodzie. Zgodnie z wytycznymi Organizacji Współpracy Gospodarczej i Rozwoju (OECD) w sprawie testowania chemikaliów, tradycyjny eksperyment obejmuje grupy zwierząt narażone na działanie określonego stężenia (lub serii stężeń) przez określony czas (zwykle 4 **godziny**). Zwierzęta obserwuje się klinicznie do **14** dni. Stężenie substancji chemicznej w powietrzu, które zabija 50% badanych zwierząt w okresie obserwacji, to jej wartość **LC50**.

Infografika „Paracelsus – ojciec toksykologii” ze słynnym cytatem „Dawka czyni truciznę”. Uczniowie zastanawiają się nad związkami między tym cytatem a stwierdzeniami: PASTA DO ZĘBÓW MOŻE BYĆ ŚMIERTELNA, JEŚLI na raz zużylibyśmy 33 tubki. 6 LITRÓW WOD WYPITEJ NARAZ MOŻE BYĆ ŚMIERTELNE DLA CZŁOWIEKA.

Grafika przedstawiająca LD50 różnych substancji dla ludzi. Zadaniem uczniów jest wyliczenie dawki śmiertelnej LD50 dla osób o różnej wadze.

	etanol	ołów	nikotyna	fruktoza
68 kg	476 g	155 mg	680 mg	272 g
82 kg	574 g	155 mg	820 mg	328 g
75 kg	525 g	155 mg	750 mg	300 g
46 kg	322 g	155 mg	460 mg	184 g

Najbardziej toksyczny: ołów.

Najmniej toksyczny: etanol

Materiał video, dotyczący najbardziej śmiertelnych substancji. Link do materiału video:

<https://youtu.be/qd9oEhlyIKY>

Zadaniem uczniów jest rozwiązanie quizu („prawda-falsz”) na podstawie obejrzanego materiału.

Rozwiązanie quizu:

Farba ołowiana jest odpowiedzialna za około 500 000 zgonów rocznie – **PRAWDA**

Ryba fugu zawiera hemotoksyny – **FAŁSZ** - zawiera neurotoksyny

Cyjanek jest bardziej śmiertelny od sarinu – **FAŁSZ, Sarin jest 26 razy bardziej śmiertelny niż cyjanek**

Cyjanek jest w pestkach jabłek – **PRAWDA, Spożycie 150 nasion może zabić człowieka**

Fugu to najbardziej jadowite zwierzę na planecie – **FAŁSZ, najbardziej trującym zwierzęciem jest żaba liściołaz**

Rtęć może spowodować wypadanie włosów i zębów - **PRAWDA**

## 2. Sekcja „Zagłębiamy głębiej”

Uczniowie dopasowują opis toksyny do jej nazwy/ilustracji.

KLUCZ ODPOWIEDZI:

DDT – węglowodór chlorowany, stosowany jako pestycyd

PCB – nadal obecne w starych urządzeniach elektrycznych

Rtęć (Hg) - W przeszłości niezbędny składnik wielu różnych leków, takich jak diuretyki, środki przeciwbakteryjne, środki antyseptyczne i środki przeczyszczające.

Prezentacja (pdf) przybliżająca historię i szkodliwość substancji: DDT, PCB i rtęci.

Uczeń wylicza, ile DDT pozostaje w glebie po upływie określonego czasu (założony czas połowicznego rozpadu to 15 lat, ilość uwolniona w roku 1955=40%\*16 000ton.

KLUCZ ODPOWIEDZI:

	Produkcja w 1955 uwolniona do gleby
Pozostało w 1955 roku	16 000 t
Pozostało w 1970 roku	8 000 t
Pozostało w 1985 roku	4 000 t
Pozostało w 2000 roku	2 000 t
Pozostało w 2015 roku	1 000 t

Uczniowie obserwują ilustracje dotyczące bioakumulacji i biomagnifikacji. LINK DO GRAFIKI:

<https://view.genial.ly/5fb6828d9e38cb0d1a1a1704/game-action-environmental-cycles>

Uczniowie dopasowują terminy do definicji (quiz otwarty, możliwe odpowiedzi – BIOAKUMULACJA, BIOMAGNIFIKACJA, ABSORPCJA, BIODOSTĘPNOŚĆ, BIODOSTĘPNOŚĆ)

KLUCZ ODPOWIEDZI:

Tendencja zanieczyszczeń do koncentracji podczas przemieszczania się z jednego organizmu do drugiego. Wzrost stężenia zanieczyszczenia z jednego ogniwa do drugiego, na każdym poziomie troficznym Zanieczyszczenia nie są metabolizowane, a po spożyciu organizmu zawierającego zanieczyszczenie przechodzą na drapieżnika.

**BIOMAGNIFIKACJA**

Występuje w organizmie, gdzie stężenie substancji gromadzi się w tkankach i jest szybciej wchłaniane niż usuwane. Proces ten często przebiega na dwa sposoby jednocześnie: poprzez spożywanie skażonej żywności oraz poprzez wchłanianie bezpośrednio z wody.

### **BIOAKUMULACJA**

Jest to naturalny proces pozwalający na przeżycie, ponieważ organizmy zbierają niezbędne składniki odżywcze - białka, witaminy itp.

### **BIOAKUMULACJA**

Wnikanie substancji chemicznej do organizmu, np. poprzez oddychanie, połykanie lub wchłanianie jej przez skórę, bez względu na późniejsze przechowywanie, metabolizm i wydalanie.

### **ABSORPCJA**

Specyficzny proces bioakumulacji, w wyniku którego stężenie substancji chemicznej w organizmie staje się wyższe niż jej stężenie w powietrzu lub wodzie wokół organizmu.

### **BIOKONCENTRACJA**

Zdolność substancji do przedostania się przez błonę komórkową organizmu.

### **BIODOSTĘPNOŚĆ**

Uczniowie dopasowują cechy do procesów (BIOAKUMULACJA, BIOMAGNIFIKACJA, CECHY WSPÓLNE)

### **KLUCZ ODPOWIEDZI:**

**BIOAKUMULACJA:** Toksyne są szybciej wchłaniane niż eliminowane, Gromadzenie w ramach danego organizmu

**BIOMAGNIFIKACJA:** Organizmy na wyższym poziomie troficznym są bardziej narażone, Wzrost stężenia między poziomami troficznymi

**CECHY WSPÓLNE:** Toksyne są absorbowane, Stężenie rośnie w czasie

Uczniowie uzupełniają luki w tekście „Toksyne w Arktyce”.

### **ROZWIĄZANIE:**

DDT i PCB, dwa dobrze znane związki chloroorganiczne, wykryto w tkankach zwierząt żyjących w Arktyce lub Antarktydzie przez cały rok. Cząsteczki te są wchłaniane na dole łańcucha pokarmowego i stopniowo wspinają się w górę, aż do największych stężeń u szczytowych drapieżników, takich jak niedźwiedzie polarne i ludzie. Biolodzy obserwują wpływ toksyn na zdrowie osobników na szczycie łańcucha pokarmowego, z przypadkami zaburzeń płodności, niedoboru odporności, zaburzeń w układzie hormonalnym, mutacji genetycznych. Skutki te mogą zagrozić przetrwaniu niektórych gatunków polarnych. Wśród głównych zagrożeń występujących obecnie w południowych i północnych krańcach Ziemi szczególnie niepokój budzi transport zanieczyszczeń z obszarów przemysłowych lub rolniczych na duże odległości do regionów polarnych. W Arktyce różne próbki rdzeni lodowych pobrane z pokrywy lodowej Grenlandii pokazują, że skutki zanieczyszczenia przemysłowego są odczuwalne już od około stulecia.

Obecnie cząsteczki sadzy, azotu i dwutlenku siarki, pestycydy (DDT itp.), metale ciężkie, izotopy promieniotwórcze itp. można wykryć w mierzalnych ilościach w powietrzu, śniegu, osadach i wodzie rejonów polarnych, szczególnie w Arktyce, gdzie trafia wiele zanieczyszczeń z półkuli północnej. Spośród wielu zanieczyszczeń uwalnianych do środowiska w wyniku działalności człowieka, trwale zanieczyszczenia organiczne (TZO) należą do najbardziej niebezpiecznych. TZO o najlepszej reputacji to DDT. Stabilność, trwałość i powszechne stosowanie DDT, zwłaszcza w krajach rozwijających się sprawiły, że pozostałości tego związku znajdują się m. in. właśnie w Arktyce.

Szkodliwy wpływ DDT na skorupki jaj ptaków znany jest naukowcom już od lat 70. XX wieku. Doprowadziło to do ścisłych ograniczeń w stosowaniu DDT i ostatecznie do prawie całkowitego zakazu. Mimo to nadal można wykryć obecność DDT w żywności na całym świecie.

PCB (polichlorowane bifenyle) były wykorzystywane do produkcji transformatorów, kondensatorów, tworzyw sztucznych oraz dodatków do farb.

Badania wykazały ich sterylizujący, immunosupresyjny wpływ na wiele gatunków w królestwie zwierząt, w tym na foki i wieloryby w regionach polarnych. Ponieważ są bardzo stabilne, TZO utrzymują się w środowisku przez kilka lub nawet dziesięciolecia. Dzięki temu krąży po całej kuli ziemskiej w procesie zwanym „efektem konika polnego” – to zjawisko, w którym w wyniku powtarzającego się parowania i kondensacji toksyny są transportowane na dalekie odległość, podążając za masami powietrza. W Arktyce zanieczyszczenia pochodzą zasadniczo z dwóch źródeł: ze wschodniego i zachodniego wybrzeża Ameryki Północnej zimą (duże miasta i regiony przemysłowe) oraz z Europy Środkowej latem (m.in. przemysł i elektrownie byłego bloku sowieckiego). Ekosystemy lodowe zarówno na biegunie północnym, jak i południowym zostały szczególnie dotknięte przez TZO, które przedostają się do łańcucha pokarmowego poprzez rośliny lądowe i fitoplankton oraz zooplankton, który pochłania składniki odżywcze w wodzie. Następnie jest zjadany przez ryby, gromadząc się w ich tkance tłuszczowej. TZO są niezwykle trwałe i silnie lipofilne, przez co ostatecznie koncentrują się w tkance tłuszczowej zwierząt znajdujących się wyżej w łańcuchu pokarmowym, gdzie mogą osiągać poziomy nawet kilkadziesiąt tysięcy razy wyższe niż w otaczającym środowisku. TZO wspinają się w górę łańcucha pokarmowego od ryb do ptaków i ostatecznie docierają do dużych ssaków morskich (a także do ludzi) na szczycie łańcucha pokarmowego, w coraz większych stężeniach.

Tradycyjna dieta mieszkańców Arktyki opiera się na polowaniu i rybołówstwie, co oznacza, że gromadzenie się TZO i rtęci w łańcuchu pokarmowym ma wpływ na zdrowie ludzi. Ze względu na swoją migrację ptaki również rozprzestrzeniają TZO, które poknęły, w całym ekosystemie lądowym, czasami kilka tysięcy kilometrów od ich pierwotnego źródła. Zanieczyszczenie w Arktyce budzi szczególne obawy na szczycie łańcucha pokarmowego, gdzie metale ciężkie i inne zanieczyszczenia znajdujemy w niedźwiedziach polarnych, białkach arktycznych, orkach itp. Naukowcy z organizacji WWF wykazali, że orki są obecnie najbardziej „zatrutym” drapieżnikiem w Arktyce.

LINK DO ĆWICZENIA ONLINE: <https://learningapps.org/watch?v=pvoq5o2oj20>

Na podstawie obrazka uczniowie nazywają proces- BIOMAGNIFIKACJA i wyjaśniają, dlaczego jest on szkodliwy dla niedźwiedzia polarnego.

WYJAŚNIENIE: Niedźwiedź polarny jest w Arktyce drapieżnikiem szczytowym, w wyniku biomagnifikacji stężenie toksyn w jego organizmie jest największe. Toksyny takie jak DDT czy PCB mogą wpływać min. na płodność, układ hormonalny, co zagraża populacji niedźwiedzia.

### 3. Sekcja „Badania”

Materiał video dotyczący choroby MINAMATA. Uczniowie odpowiadają na 3 pytania otwarte na podstawie obejrzanego filmu.

KLUCZ ODPOWIEDZI:

1) jaka toksyna powodowała chorobę Minamata.

**Rtęć w postaci metylortęci.**

2) jaką układ w organizmie był atakowany?

**Układ nerwowy.**

3) w jaki sposób toksyna dostała się do ludzkiego organizmu?

**Wraz z pokarmem (ryby).**

Ćwiczenie: uczniowie dopasowują nazwę organizmu do ilustracji, oraz wskazują, które ryby/owoce morza można spożywać bezpiecznie z punktu widzenia zanieczyszczenia rtęcią.

Rozwiązanie:

Najwyższy poziom RTĘCI



Najniższy poziom RTĘCI



Videoprezentacja dotycząca toksyn w Arktyce i wpływu na toksyczność żywności.

LINK DO PREZENTACJI: <https://view.genial.ly/5fc8db3baf307f0cfb76ff8f/presentation-toksyny-w-arktyce>

Ćwiczenie – eksperyment z ptakami.

Uczniowie mają połączyć fragmenty zdań, aby powstał opis eksperymentu.

LINK DO ĆWICZENIA ONLINE: <https://learningapps.org/watch?v=pkofh3fc520>

KLUCZ ODPOWIEDZI:

- Następnie pióra umyto wodą
- i acetonem w celu usunięcia zewnętrznych zanieczyszczeń i wysuszono w piecu w temperaturze 60 ° C
- Na koniec pocięto je na kawałki około 1 mm i przechowywano
- do momentu analizy chemicznej
- Od 50 mg do 100 mg zhomogenizowanego proszku wysuszonej próbki
- dodano do 8 ml kwasu azotowego HNO<sub>3</sub> i poddano inkubacji przez 1 godzinę w 40 ° C.
- Wówczas podwyższono temperaturę
- do 100 stopni Celsjusza na 2 godziny
- Po ochłodzeniu dodano 5% nadmanganianu potasu
- aby zapewnić utlenianie wszystkich organicznych związków rtęci.
- Stężenia pierwiastkowej rtęci
- zostały zmierzone za pomocą spektrometru
- Stężenia Hg wyrażono w
- mikrogramach na gram suchej masy

Uczniowie odpowiadają na pytania, jaki rodzaj toksyny badano w tym eksperymencie.

KLUCZ ROZWIĄZAŃ:

1) Jaki rodzaj toksyny badano w tym eksperymencie

*W eksperymencie badano zawartość RTĘCI*

2) z jakiej części ciała pobrano próbkę i dlaczego

*Pobrano próbki piór, bo w piórach/sierści gromadzi się rtęć (i inne toksyny), poza tym nie wymaga to interakcji z ptakami.*

3) dlaczego próbki zostały umyć zanieczyszczenia na ich powierzchni,

*Próbki są myte, aby usunąć zanieczyszczenia z ich powierzchni, niewynikające z przyjęcia toksyny przez ptaka.*

4) dlaczego próbki zostały wysuszone?

*Próbki suszy się aby zapobiec ich pleśnieniu i ustandaryzować wyniki (masa rtęci na suchą masę).*

Wykres pochodzący z artykułu, będącego efektem omawianych badań: uczniowie mają odczytać dane i ustawić gatunki ptaków w kolejności od najwyższego do najniższego stężenia rtęci.

ROZWIĄZANIE:



Uczniowie ustalają sposób odżywiania poszczególnych ptaków i ustawiają je w kolejności od najwyższych do najniższych stężeń rtęci.

ROZWIĄZANIE:



#### 4. Sekcja „Ćwiczenia”

Uczniowie przeprowadzają eksperyment wg scenariusza, z wykorzystaniem różnokolorowych ziaren suchej fasoli kubków (odtworzenie łańcucha pokarmowego), modelujący biomagnifikację, i notują wyniki w tabeli.

Uczniowie rozwiązują quiz „Milionerzy”, podsumowujący informacje z pakietu.

LINK DO QUIZU ONLINE:

<https://www.superteachertools.us/millionaire/millionaire.php?gamefile=236556>

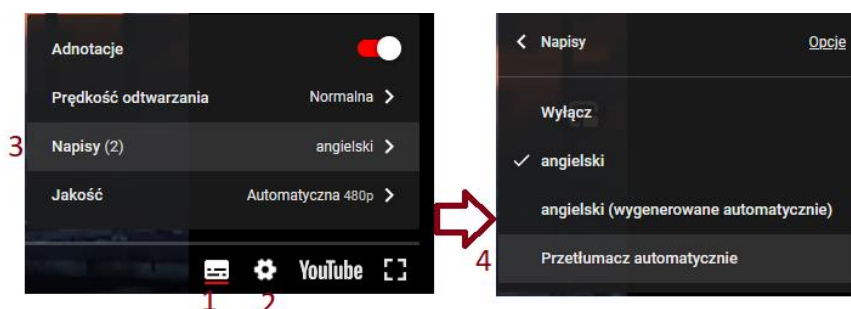
#### 5. Sekcja „Podsumowanie”

Uczniowie podsumowują przyswojone informacje – główne informacje z zakresu ekotoksykologii, które chcieliby zachować po zajęciach.

Uczniowie odtwarzają sieć troficzną w oparciu o podane elementy.

#### Wskazówki techniczne dla nauczycieli:

##### 1. Wstęp i Badania— Film z napisami w języku polskim



##### 2. Zglądamy głębiej

„Name the frame” – przeciąganie pojęć na określone miejsca na obrazku – pojęcia są ponumerowane w kolejności z góry na dół.

Uzupełnij luki w tekście – podczas wypełniania online należy kliknąć na lukę i wybrać właściwe słowo z rozwijalnej listy. Aby sprawdzić poprawność należy kliknąć niebieską ikonę w prawym dolnym rogu.

Prezentacja i dłuższe materiały nie wyświetlają się w całości na ekranie – wymagane jest ich przewijanie przy użyciu osobnych pasków przewijania (lub kółkiem myszy po najejaniu).

Odnosińki do źródeł zewnętrznych nie są wolne od spersonalizowanych reklam, dlatego zalecane jest używanie przeglądarki z aplikacją blokującą reklamy np. adblock plus.

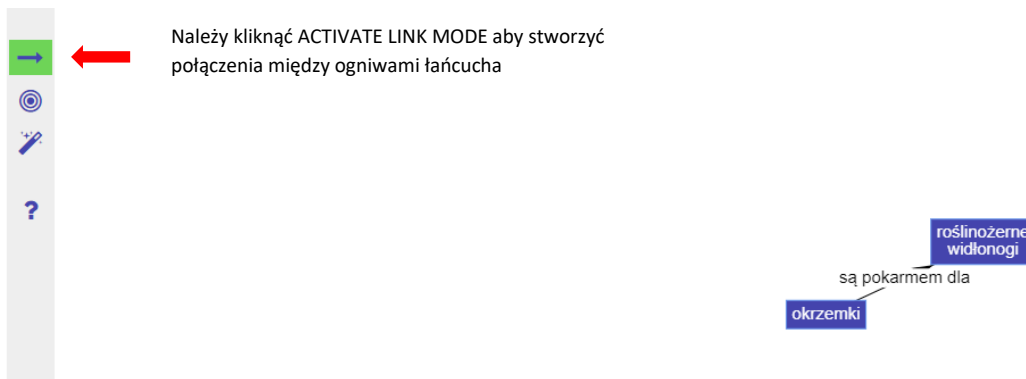


### 3. Badania

Pierwsze części zdań są oznaczone pomarańczowymi pinezkami, a drugie – niebieskimi. Należy kliknąć pasujące 2 elementy pary jeden po drugim. W celu sprawdzenia należy kliknąć niebieską ikonę w prawym dolnym rogu.

### 4. Podsumowanie

Narzędzie „CONCEPT MAPPER”



Dodatkowe źródła, linki, odnośniki:

#### Dodatkowe źródła:

Rtęć zabija lisy polarne

<https://naukawpolsce.pap.pl/aktualnosci/news%2C395243%2Crtec-zabija-lisy-polarne.html>

#### Filmy użyte w pakiecie:

What is the deadliest substance on Earth?

<https://youtu.be/qd9oEhlyIKY>

Japan's ominous dancing cats and the disaster that followed.

<https://youtu.be/0Yhaei1S5oQ>