**materiał pomocniczy: Ślad środowiskowy**

Pojęcia emisji CO2 , *SO2* czy *PO43*- mogą być w swojej definicji dla młodzieży trudne. W aktywności należy przedstawić je w taki sposób, by uczniowie i uczennice mieli przede wszystkim świadomość co oznaczają poszczególne związki chemiczne dla środowiska:

* CO2 powoduje efekt cieplarniany,
* SO2 kwaśne deszcze, a
* PO43- powoduje wzrost żyzności wód morskich (przeżyźnienie), co prowadzi do powstawania martwych obszarów w morzach.

Wszystkie te skutki są dla przyrody i przyszłości Ziemi niepożądane, stąd chcemy, by było ich jak najmniej.

*Ślad węglowy - gazy cieplarniane (CO2e)*

*(*CO2e *-* Ekwiwalent dwutlenku węgla, *ang. Carbon dioxide equivalent)*

Określa stężenie dwutlenku węgla, którego emisja do atmosfery miałaby identyczny skutek jak dane stężenie porównywalnego gazu cieplarnianego Skutki efektu cieplarnianego spowodowanego zbyt dużą emisją gazów cieplarnianych: topnienie pokrywy lodowej na biegunach, częstsze powodzie w rejonach zlokalizowanych blisko mórz i oceanów oraz lawiny w górach, wzrost temperatury na całej planecie – średnio o 0,2 stopnia na dekadę, ginięcie wielu gatunków zwierząt oraz roślin, zwiększone parowanie wody oraz bardziej dotkliwe susze, które powodują wyjaławianie żyznych obszarów Ziemi, zmiany w klimacie powodują znaczące problemy z rolnictwie, hodowli zwierząt oraz wielu innych sektorach.

*Emisja dwutlenku siarki (SO2)*

Dwutlenek siarki jest bardzo szkodliwy dla wszystkich organizmów żywych, szczególnie dla roślin. W powietrzu ulega utlenieniu do SO3 i w połączeniu z wodą tworzy kwas siarkowy, który jest główną przyczyną kwaśnych deszczy. SO2 może powodować skażenia rozległych obszarów dzięki transportowi na znaczne odległości.

*Eutrofizacja (PO43-)*

Eutrofizacja oznacza przeżyźnienie środowiska morskiego. Zjawisko to zachodzi na skutek zbyt dużych ilości związków azotu i fosforu w wodzie. Zbyt duża ilość tych związków powoduje masowy zakwit glonów i sinic. Obumierające glony opadają na dno zbiornika, gdzie ulegają rozkładowi. Do procesu tego zużywany jest tlen zgromadzony w przydennych warstwach wody. Gdy brakuje tlenu, wzrasta ilość bakterii beztlenowych, które kontynuują rozkład, a jednocześnie produkują szkodliwy dla organizmów morskich siarkowodór. W ten sposób powstają obszary o obniżonej ilości tlenu lub całkowite pustynie tlenowe (martwe strefy), w których zamiera wszelkie życie.

Film *Animacja przedstawiająca proces eutrofizacji,* WWF Polska 2018, wyjaśniający uczniom co to jest eutrofizacja: <https://www.youtube.com/watch?v=cOaRF5s0ME0&feature=youtu.be>

1. Tabelki z całością nie trzeba przedstawiać uczniom, ale warto pokazać im fragment z nagłówkami i zwrócić uwagę na jednostki, jak odczytywać z niej dane i co poszczególne liczby oznaczają. Każda grupa otrzymuje swoją tabelkę, ze swoją grupą produktów i oblicza różne zestawienia kosztów.

TABELA wszystkich produktów: [https://science.sciencemag.org/content/360/6392/987 ?fbclid=IwAR3MqUHEc5Ul2Xpi3kiOx1vugF6Zldo0S7norsUau5CceE-zlptgtcuhZ3k](https://science.sciencemag.org/content/360/6392/987%20?fbclid=IwAR3MqUHEc5Ul2Xpi3kiOx1vugF6Zldo0S7norsUau5CceE-zlptgtcuhZ3k)).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | Wpływ / kg Zbilansowanej żywnosci | | | | | | | | | |
|  | **Marnowanie jedzenia (w tysiącach ton, 2009-2011)** | **Gaz cieplarniany (kg CO2eq, IPCC 2013)** | | | | | | | **Zakwaszenie (kg SO2eq)** | **Eutrofizacja (kg PO43-eq)** | **Czysta woda (L)** |
| **Produkt** | **Przekształcanie gruntów** | **Produkcja paszy** | **Gospodarstwo rolne** | **Wytwarzanie produktu** | **Transport** | **Pakowanie** | **Sprzedaż** | **Całkowita** | **Całkowita** | **Całkowita** |
| Chleb | 482 152 | 0,1 | 0,0 | 0,8 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,012 | 0,007 | 567 |
| Płatki owsiane | 4 463 | 0,0 | 0,0 | 1,4 | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 0,007 | 0,007 | 302 |
| Ryż | 397 780 | 0,0 | 0,0 | 3,6 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,024 | 0,030 | 1 962 |
| Ziemniaki | 332 343 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,003 | 0,003 | 43 |
| Cukier trzcinowy | 141 702 | 1,2 | 0,0 | 0,5 | 0,0 | 0,8 | 0,1 | 0,0 | 0,015 | 0,014 | 492 |
| Cukier biały | 34 038 | 0,0 | 0,0 | 0,5 | 0,2 | 0,6 | 0,1 | 0,0 | 0,011 | 0,004 | 170 |
| Groszek | 6 026 | 0,0 | 0,0 | 0,7 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,008 | 0,007 | 353 |
| Orzechy | 15 296 | -2,1 | 0,0 | 2,1 | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 0,019 | 0,009 | 1 914 |
| Orzychy ziemne | 11 827 | 0,4 | 0,0 | 1,4 | 0,4 | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 0,018 | 0,011 | 1 431 |
| Mleko sojowe | 33 318 | 0,2 | 0,0 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,3 | 0,003 | 0,001 | 26 |
| Tofu | 11 853 | 1,0 | 0,0 | 0,5 | 0,8 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,006 | 0,006 | 139 |
| Olej sojowy | 24 148 | 3,1 | 0,0 | 1,5 | 0,3 | 0,3 | 0,8 | 0,0 | 0,016 | 0,011 | 418 |
| Olej palmowy | 16 691 | 3,1 | 0,0 | 2,1 | 1,3 | 0,2 | 0,9 | 0,0 | 0,018 | 0,011 | 7 |
| Olej słonecznikowy | 9 554 | 0,1 | 0,0 | 2,1 | 0,2 | 0,2 | 0,9 | 0,0 | 0,027 | 0,051 | 943 |
| Olej rzepakowy | 10 311 | 0,2 | 0,0 | 2,3 | 0,2 | 0,2 | 0,8 | 0,0 | 0,029 | 0,019 | 234 |
| Oliwa z oliwek | 2 997 | -0,4 | 0,0 | 4,3 | 0,7 | 0,5 | 0,9 | 0,0 | 0,041 | 0,040 | 2 322 |
| Pomidory | 148 957 | 0,4 | 0,0 | 0,7 | 0,0 | 0,2 | 0,1 | 0,0 | 0,011 | 0,005 | 235 |
| Cebula i pory | 77 927 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,003 | 0,002 | 11 |
| Warzywa korzeniowe | 35 154 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,003 | 0,001 | 23 |
| Warzywa kapustne | 77 045 | 0,0 | 0,0 | 0,3 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,007 | 0,004 | 97 |
| Inne warzywa | 654 375 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,005 | 0,002 | 83 |
| Owoce cytrusowe | 127 923 | -0,1 | 0,0 | 0,3 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,003 | 0,002 | 65 |
| Banany | 128 971 | 0,0 | 0,0 | 0,3 | 0,1 | 0,3 | 0,1 | 0,0 | 0,005 | 0,002 | 86 |
| Jabłka | 75 781 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,003 | 0,001 | 140 |
| Jagody i winogrona | 67 079 | 0,0 | 0,0 | 0,7 | 0,0 | 0,2 | 0,2 | 0,0 | 0,010 | 0,005 | 292 |
| Inne owoce | 210 650 | 0,1 | 0,0 | 0,4 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,004 | 0,002 | 119 |
| Kawa | 7 778 | 3,7 | 0,0 | 10,4 | 0,6 | 0,1 | 1,6 | 0,1 | 0,046 | 0,060 | 14 |
| Ciemna czekolada | 4 416 | 14,3 | 0,0 | 3,7 | 0,2 | 0,1 | 0,4 | 0,0 | 0,017 | 0,031 | 209 |
| Wołowina | 40 571 | 16,3 | 1,9 | 39,4 | 1,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,189 | 0,177 | 871 |
| Baranina i jagnięcina | 14 195 | 0,5 | 2,4 | 19,5 | 1,1 | 0,5 | 0,3 | 0,2 | 0,087 | 0,060 | 1 082 |
| Wieprzowina | 112 892 | 1,5 | 2,9 | 1,7 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,083 | 0,044 | 1 073 |
| Drób | 96 439 | 2,5 | 1,8 | 0,7 | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,064 | 0,030 | 402 |
| Mleko | 470 267 | 0,5 | 0,2 | 1,5 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,3 | 0,018 | 0,009 | 533 |
| Sery | 21 191 | 4,5 | 2,3 | 13,1 | 0,7 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,149 | 0,089 | 4 735 |
| Jaja | 63 489 | 0,7 | 2,2 | 1,3 | 0,0 | 0,1 | 0,2 | 0,0 | 0,052 | 0,021 | 556 |
| Ryby hodowlane | 45 223 | 0,5 | 0,8 | 3,6 | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 0,025 | 0,092 | 1 315 |
| Miód | 21 564 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,7 | 0,1 | 0,0 | 0,007 | 0,002 | 0 |
| Przyprawy | 13 269 | 6,0 | 0,0 | 4,9 | 0,3 | 0,1 | 0,7 | 0,0 | 0,024 | 0,032 | 172 |
| Tłuszcze zwierzęce | 10 599 | 2,0 | 2,4 | 1,2 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,074 | 0,037 | 764 |
| Masło, śmietana | 12 066 | 0,5 | 0,2 | 1,5 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,3 | 0,018 | 0,009 | 533 |
| Ryby z naturalnych łowisk | 72 347 | 0,0 | 0,0 | 2,4 | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,041 | 0,005 | 4 |

1. W wyniku przeprowadzonych obliczeń uczniowie zauważą, że niektóre koszty pokażą różnorodność w zakresie analizowanej grupy np. że produkcja mięsa drobiowego jest bardziej korzystna dla środowiska niż np. mięsa wołowego, albo niektóre produkty są w bardzo dużym stopniu marnowane, co nawet przy stosunkowo niskim koszcie środowiskowym i tak jest niekorzystne dla ziemi. Inne obliczenia pokażą klasie różnicę w kosztach pomiędzy grupami produktów i tak wyraźnie widać, że wszystkie wskaźniki są najniższe dla warzyw i owoców, a najwyższe dla produktów mięsnych.
2. Przykład tabeli zbiorczej:
   1. dla klasy 4:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Grupa | CO2 | | Woda | |
| min | max | min | max |
| oleje | 2,6 kg | 6,8 kg | 234 l | 2322 l |
| mięso | 2,7 kg | 59,6 kg | 4 l | 1650 l |
| nabiał | 2,5 kg | 21,2 kg | 533 l | 4735 l |
| zboża | 1,4 kg | 3,8 kg | 302 l | 1962 l |
| warzywa i owoce | 0,3 kg | 1,4 kg | 23 l | 235 l |

* 1. Przykład tabeli zbiorczej dla klas 5-6:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Grupa | CO2 (średnia) | Woda (średnia) |
| oleje | 5,02 | 936,2 |
| mięso | 16,140 | 889 |
| nabiał | 7,50 | 158 |
| zboża | 2,27 | 944 |
| warzywa i owoce | 0,65 | 117 |

Źródła:

* Poore, J., Nemecek, T., *Reducing food’s environmental impacts through producers and consumers*, Science 2018 (<https://science.sciencemag.org/content/360/6392/987?fbclid=IwAR3MqUHEc5Ul2Xpi3kiOx1vugF6Zldo0S7norsUau5CceE-zlptgtcuhZ3k>).
* *Podstawowa charakterystyka zanieczyszczeń powietrza*, ekoprognoza.pl (<http://www.ekoprognoza.pl/index.php?id=120&id2=114>).
* *Ekwiwalent dwutlenku węgla (CO2e)*, Słownik ochrony środowiska, teraz-srodowisko.pl (<https://www.teraz-srodowisko.pl/slownik-ochrona-srodowiska/definicja/ekwiwalent-dwutlenku-wegla.html>).
* *Eutrofizacja*, WWF 2017 (<https://www.wwf.pl/srodowisko/morza-i-oceany/eutrofizacja>)