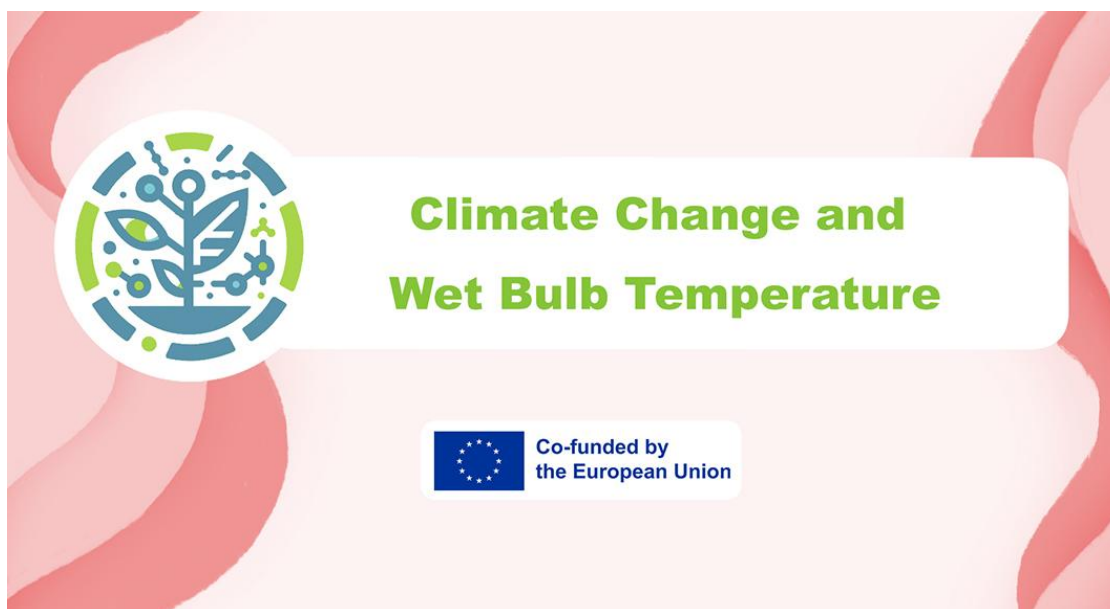


t



# STEAM4Climate

## edukacja klimatyczna metodą projektu przewodnik dla nauczycieli

**Projekt:** Zmiany klimatu i temperatura mokrego termometru

**Twórca:** Thomas Joerg (Kepler-Gymnasium Pforzheim)

**Współautorzy i recenzenci:** Rene Alimisi, Chrisanthi Papasarantou (Edumotiva)

**Wersja:** v.2.0, 2025.10.16

**Status:** wersja finalna



## Climate Change and Wet Bulb Temperature



Co-funded by  
the European Union

### Konsorcjum Projektu UE

Projekt STEAM4Climate otrzymał dofinansowanie z programu Erasmus+ Unii Europejskiej na podstawie umowy grantowej nr 2023-1-PL01-KA220-SCH-000158670. Autorzy wymienieni w tym podręczniku są częścią konsorcjum STEAM4Climate. Projekt angażuje 6 partnerów i jest koordynowany przez POLITECHNIKĘ WARSZAWSKĄ. Więcej informacji o projekcie można znaleźć na stronie internetowej projektu.

### Zastrzeżenie

Wsparcie Komisji Europejskiej dla wydania tej publikacji nie stanowi poparcia dla treści, która odzwierciedla wyłącznie poglądy autorów, a Komisja nie ponosi odpowiedzialności za jakiegokolwiek wykorzystanie zawartych w niej informacji.

### Licencja Creative Commons:

Dokument ten jest udostępniany publicznie na licencji Creative Commons Attribution 4.0 International License ([CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/))



## Spis treści

<b>SPIS TREŚCI</b> .....	BŁĄD! NIE ZDEFINIOWANO ZAKŁADKI.
<b>WPROWADZENIE</b> .....	<b>4</b>
<b>1. PRZEGLĄD NAUKI</b> .....	<b>5</b>
<b>2. CELE NAUCZANIA</b> .....	<b>6</b>
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	<b>7</b>
<b>PODEJŚCIE "NISKA PODŁOGA, WYSOKI SUFIT, SZEROKIE ŚCIANY"</b> .....	<b>8</b>
<b>4. MATERIAŁY</b> .....	<b>9</b>
<b>5. PROCEDURY EKSPERYMENTALNE</b> .....	<b>11</b>
<b>6. PRZYKŁADY ARTEFAKTÓW</b> .....	<b>12</b>
<b>7. PODSUMOWANIE PO LEKCJI</b> .....	<b>14</b>
<b>7.1 TEMATY DYSKUSJI</b> .....	<b>14</b>
<b>7.2 INTEGRACJA UCZENIA SIĘ MIĘDZY DYSCYPLINAMI</b> .....	<b>15</b>
<b>7.3 PODSUMOWANIE</b> .....	<b>15</b>
<b>8. PRZEDŁUŻENIA</b> .....	<b>16</b>

# Wprowadzenie

## Cele Zrównoważonego Rozwoju ONZ



Ten przewodnik skierowany jest do nauczycieli – zawiera wszystkie treści potrzebne do prowadzenia lekcji i eksperymentów oraz przygotowania uczniów do zadań projektowych. Zawiera szczegóły techniczne i praktyczne niezbędne do planowania lekcji.

Projekt ten odpowiada na cele ONZ dotyczące Zrównoważonego Rozwoju numer 3 (Dobre zdrowie i dobrostan) oraz 13 (Działania na rzecz klimatu), badając, jak temperatura i wilgotność wpływają na zdrowie ludzi w ocieplającym się klimacie. W ramach tego zadania uczniowie zbadają, jak wzrost temperatury i wilgotności atmosferycznej może utrudnić organizmowi naturalną zdolność do samodzielnego ochładzania się, łącząc osobiste doświadczenia z szerszymi kwestiami klimatu i zrównoważonego rozwoju.

W tym praktycznym, interdyscyplinarnym projekcie studenci przeprowadzą serię eksperymentów i symulacji, aby zrozumieć pojęcie *temperatury mokrego termometru* — miary łączącej temperaturę powietrza i wilgotność, aby zrozumieć, do jakiego stopnia można skutecznie chłodzić się poprzez parowanie. Eksperymentując z różnymi warunkami środowiskowymi i materiałami, uczniowie zdobędą wgląd w zasady fizyczne i biologiczne stojące za termoregulacją, jednocześnie zastanawiając się, jak zmiany klimatu wzmacniają ryzyko dla ludzi i ekosystemów związane z falami upałów.

# 1. Przegląd projektu

W tym projekcie uczniowie badają jak temperatura i wilgotność współdziałają, wpływając na zdolność organizmu ludzkiego do regulacji ciepła. Poznają pojęcie temperatury mokrego termometru, która odzwierciedla łączny wpływ ciepła i wilgoci na możliwości termoregulacyjne człowieka. Poprzez przeprowadzanie eksperymentów praktycznych i symulacji cyfrowych, uczniowie zyskają wgląd w to, jak zmiany klimatu nasilają stres cieplny i dlaczego niektóre warunki środowiskowe mogą być niebezpieczne dla ludzi i innych istot żywych.

Ten projekt łączy fizykę, biologię i nauki o klimacie, oferując uczniom praktyczny sposób zrozumienia praw fizycznych transferu ciepła, parowania i równowagi energetycznej w systemach żywych. Projekt służy rozwijaniu umiejętności krytycznego myślenia, pracy zespołowej i interpretacji danych, jednocześnie zachęcając uczniów do refleksji nad społecznymi i środowiskowymi aspektami rosnących globalnych temperatur.

## **Kluczowa koncepcja:**

Zrozumienie, jak temperatura i wilgotność wpływają na efekt temperatury mokrego termometru oraz jak ta relacja wpływa na zdrowie człowieka i odporność na zmiany klimatu.

**Czas trwania:** Około 5–6 godzin (można wydłużyć o symulacje i działania oparte na sensorach).

**Liczba sesji:** 3–4 sesje w klasie (w tym dyskusje teoretyczne, eksperymenty i refleksje).

**Docelowa grupa wiekowa:** uczniowie szkół średnich, w wieku 13+.

## 2. Cele nauczania

Projekt ten oferuje studentom angażujące i interdyscyplinarne doświadczenie, które łączy eksperymenty naukowe, krytyczne myślenie oraz świadomość ekologiczną. Łącząc koncepcje fizyki i biologii, uczniowie badają, jak temperatura, wilgotność i parowanie oddziałują na siebie, wpływając na zdolność ludzkiego organizmu do utrzymania równowagi w ocieplającym się świecie.

Na koniec tego projektu uczniowie będą mogli:

- Zrozumieć pojęcie temperatury mokrego termometru i wyjaśnić, jak łączy ona temperaturę i wilgotność w jedną miarę stresu cieplnego.
- Opisać biologiczne procesy termoregulacji oraz rolę parowania w chłodzeniu organizmu.
- Z badać, jak czynniki środowiskowe, takie jak wilgotność i wiatr, wpływają na zdolność organizmu do uwalniania ciepła.
- Przeprowadzić eksperymenty praktyczne mierzące efekty chłodzenia w różnych warunkach wilgotności, wykorzystując podstawowe materiały laboratoryjne.
- Zbierać i analizować dane ilościowe i jakościowe, aby porównać obserwowane wyniki z teoretycznymi oczekiwaniami.
- Interpretować wyniki eksperymentalne w odniesieniu do rzeczywistych wyzwań klimatycznych i zdrowotnych, w tym fal upałów i globalnego ocieplenia.
- Zastanowić się nad strategiami adaptacyjnymi i łagodzącymi skutki mające na celu ochronę zdrowia ludzi w zmieniającym się klimacie.
- Współpracować kreatywnie przy projektowaniu rozwiązań lub projektów informacyjnych (np. czujniki oparte na mikrokontrolerach, wizualizacje danych lub kampanie publiczne).

### 3. Metodologia

Nauczyciele są zachęceni do łączenia **eksperymentów praktycznych z prowadzoną refleksją i dyskusją**, aby pomóc uczniom połączyć koncepcje fizyczne i biologiczne z rzeczywistymi skutkami ocieplania klimatu. Projekt ten wspiera podejście **oparte na uczeniu się projektowym (PBL)**, w którym uczący się eksplorują złożone systemy poprzez obserwację, pomiary i kreatywne rozwiązywanie problemów.

Metodologia integruje kilka uzupełniających się trybów uczenia się:

- **Eksperymenty praktyczne:** Uczniowie aktywnie przeprowadzają eksperymenty, aby obserwować, jak temperatura i wilgotność wpływają na parowanie i chłodzenie ciała.
- **Badania naukowe i analizy:** Zbierają, porównują i interpretują dane, aby odkryć wzorce między czynnikami środowiskowymi a komfortem termicznym.
- **Dyskusja refleksyjna:** Uczniowie omawiają konsekwencje swoich odkryć — łącząc je ze zmianami klimatu, zdrowiem ludzi i dobrostanem społeczności.
- **Eksploracja zespołowa:** Poprzez pracę zespołową uczniowie dzielą się pomysłami, przydzielają role i współtworzą projekty, które rozszerzają ich naukę poza klasę.
- **Kreatywna synteza:** Uczniowie są zachęceni do projektowania i komunikowania rozwiązań — takich jak plakaty informacyjne, prototypowe czujniki ciepła czy strategie adaptacyjne dla grup wrażliwych.

## **Podejście "niska podłoga, wysoki sufit, szerokie ściany"**

W ramach STEAM4Climate wprowadzamy w życie inkluzywny sposób nauczania, który pozwala każdemu uczniowi na udział w projekcie — od prostych obserwacji po zaawansowane eksperymenty i projektowanie.

**Niska podłoga:** Wszyscy uczniowie mogą zacząć od prostych, przystępnych eksperymentów — na przykład obserwacji chłodzącego efektu parowania za pomocą termometrów, ręczników papierowych oraz wody lub alkoholu. Te łatwe zadania wstępne pozwalają każdemu natychmiast zaangażować się i zrozumieć podstawową koncepcję naukową związaną z tym tematem.

**Wysoki sufit:** Zaawansowani uczniowie mogą rozszerzyć swoje poszukiwania, projektując i budując cyfrowe stacje pogodowe lub monitory obciążenia cieplnego z wykorzystaniem mikrokontrolerów (np. BBC Micro:bit lub WIO Terminal) oraz czujnikami wilgotności. Mogą także analizować regionalne dane klimatyczne, aby zbadać rzeczywiste wzorce fal upałów i krytyczne progi temperatur mokrych termometrów.

**Szerokie ściany:** Projekt zachęca do różnorodnych ścieżek kreatywności i ekspresji. Uczniowie mogą wizualizować swoje dane artystycznie, łączyć eksperymenty z kwestiami społecznymi, takimi jak sprawiedliwość klimatyczna czy zdrowie publiczne, lub opracowywać kampanie komunikacyjne podnoszące świadomość lokalnej społeczności.

## 4. Materiały

Poniżej przedstawiono wyposażenie zarówno do **podstawowych eksperymentów**, mających na celu zrozumienie koncepcji temperatury mokrego termometru, jak i **rozszerzone wersje** na rzecz głębszej eksploracji z wykorzystaniem narzędzi cyfrowych lub kreatywnych zastosowań. Nauczyciele mogą dostosować zajęcia do dostępnych zasobów klasowych i poziomu doświadczenia uczniów.

### Jednostka 1: Poznaj temperaturę mokrego termometru za pomocą eksperymentów

- **Eksperyment 1: Chłodzenie przez parowanie:**
  - Pipeta
  - Izopropanol (lub etanol, Benzinum medicinale)
  - Opcjonalnie: woda, pentan, etanol
- **Eksperyment 2: Ilościowy pomiar chłodzenia przez parowanie:**
  - Pipeta
  - Dwa termometry
  - Ręczniki papierowe
  - Izopropanol
  - Mały wentylator zasilany przez USB
- **Eksperyment 3: Jakościowy pomiar temperatury mokrego termometru:**
  - Pipeta
  - Dwa termometry
  - Ręczniki papierowe
  - Kolba Erlenmeyera
  - Wata

- **Eksperyment 4: Pomiar temperatury ciała w spoczynku i podczas aktywności:**
  - Termometr na podczerwień
  - Opcjonalnie: zraszacz z wodą

### **Uczenie się oparte na metodzie projektu**

- **Projekt 1: Budowa stacji meteorologicznej (dla młodszych uczniów):**
  - BBC Microbit: <https://microbit.org/buy/bbc-microbit-go/>
  - Wyświetlacz OLED Kitronik dla Microbit:  
<https://kitronik.co.uk/products/56115-kitronik-view-graphics128-oled-display-128x64-for-bbc-micro-bit>
  - Czujnik temperatury i wilgotności DHT22: <https://www.az-delivery.de/products/dht22-temperatursensor-modul>
  - Komputer z dostępem do internetu (w zakresie własnym)
- **Projekt 2: Budowa stacji meteorologicznej (dla starszych uczniów):**
  - Terminal Seeed Grove WIO: <https://www.berrybase.de/seeed-wio-terminal-atsamd51-core-development-board-wifi-bluetooth>
  - Czujnik temperatury i wilgotności Seeed Grove SHT31:  
<https://eu.robotshop.com/de/products/grove-temperatur-feuchtigkeitssensor-sht31>
  - Komputer z dostępem do internetu (w zakresie własnym)

## 5. Procedury eksperymentalne

### **Eksperyment 1: Chłodzenie przez parowanie**

- **Cel:** Zrozumieć chłodzenie przez parowanie jako zjawisko biologiczne i fizyczne.
- **Procedura:** Kapnij kilka kropli izopropanolu na grzbiet dłoni, aby obserwować efekt chłodzący. Uczniowie mogą eksperymentować z różnymi cieciami, aby porównać efektywność chłodzenia.

### **Eksperyment 2: Ilościowy pomiar chłodzenia przez parowanie**

- **Cel:** Pomiar chłodzenia przez parowe jako mierzalnego zjawiska fizyczne.
- **Procedura:** Ustaw obok siebie dwa termometry, jeden owinięty wilgotnym ręcznikiem papierowym. Zmierz i porównaj efekt chłodzenia dla obu termometrów.

### **Eksperyment 3: Jakościowy pomiar temperatury mokrego termometru**

- **Cel:** Zrozumieć, jak nasycenie powietrza parą wodną wpływa na skuteczność chłodzenia.
- **Procedura:** Ustaw dwa termometry, jeden w powietrzu, a drugi umieść wewnątrz kolby Erlenmeyera w warunkach pary nasyconej (ze względu na umieszczony wewnątrz wacik z izopropanolem). Zmierz różnicę w efektach chłodzenia.

### **Eksperyment 4: Temperatura ciała podczas odpoczynku i ćwiczeń**

- **Cel:** Zbadaj, jak ciało rozprasza ciepło.
- **Procedura:** Zmierz temperaturę ciała ucznia w spoczynku, a następnie po aktywności fizycznej. Opcjonalnie spryskaj jedną rękę wodą, aby porównać efektywność chłodzenia między warunkami z poceniem się i bez pocenia.

## Symulacja

**Symulator temperatury mokrego termometru:** Cyfrowe narzędzie pomagające uczniom wizualizować, kiedy osiągnęte są krytyczne temperatury mokrego termometru w różnych warunkach wilgotności. Uzyskaj dostęp tutaj:

<https://iludis.de/wetBulbTemp/index.html>

## 6. Przykłady wytworów uczniów

Eksperymenty w tym projekcie mogą doprowadzić do szerokiego wachlarza wytworów, które pokazują zarówno naukowe zrozumienie, jak i twórczą ekspresję. Uczniowie są zachęceni do dokumentowania, wizualizacji i komunikowania wyników w angażujący sposób łączący dane, projektowanie i świadomość klimatyczną.

### 6.1 Prace eksperymentalne

Uczniowie mogą tworzyć małe eksperymentalne zestawy i wizualne prezentacje, które prezentują kluczowe zjawiska eksplorowane na zajęciach. Przykłady obejmują:

- Model prezentujący temperaturę mokrego termometru – z dwoma termometrami (suchymi i owiniętymi w wilgotną szmatkę), przedstawiony jako część plakatu lub stanowiska w klasie.
- Tabela lub wykres porównujący odczyty "suchego termometru" i "mokrego termometru" przy różnych poziomach wilgotności.
- Proste zdjęcie z laboratorium pokazujące ich proces pomiaru różnic w temperaturach.
- Ręcznie wykonana komora wilgotności (np. z użyciem kolby Erlenmeyera lub plastikowego pojemnika) ilustrująca, jak nasycone pary ogranicza parowanie.
- Te wytwory mogą być prezentowane w klasie, aby pomóc innym uczniom zobrazować związek między temperaturą, wilgotnością i chłodzeniem.

## 6.2 Prace cyfrowe

Uczniowie pracujący z mikrokontrolerami lub symulacjami mogą prezentować swoje wyniki cyfrowo. Możliwe wytwory obejmują:

- Cyfrowa stacja pogodowa, która w czasie rzeczywistym wyświetla dane o temperaturze i wilgotności za pomocą terminala Micro:bit lub WIO.
- Zrzut ekranu symulacji lub wykres pokazujący, jak temperatura mokrego termometru zmienia się w różnych warunkach.
- Interaktywna infografika lub krótki film wyjaśniający progi stresu cieplnego i ich globalne konsekwencje.
- Projekt wizualizacji danych porównujący dane zebrane w klasie z rzeczywistymi zapisami meteorologicznymi.

## 6.3 Wtwory kreatywne i refleksyjne

Zachęcamy uczniów do łączenia nauki z kreatywnością, aby wyrazić ludzkie i społeczne aspekty tematu. Pomysły obejmują:

- Interpretacje oparte na sztuce, takie jak rysunki czy kolaże wizualizujące "ciepło i wilgoć" lub "dyskomfort klimatyczny".
- Projekty opowiadania historii lub plakatów komunikujące przygotowania i adaptację do fali upałów.
- Kampanie informacyjne (cyfrowe lub fizyczne) zachęcające do zrównoważonych zachowań łagodzących wpływ upałów w środowiskach miejskich.

## 7. Podsumowanie - po lekcji

Po zakończeniu eksperymentów zachęcamy uczniów do refleksji nad swoimi obserwacjami, analizy wyników i powiązania nauki z rzeczywistymi kontekstami. Ten etap przekształca odkrycia naukowe w krytyczne myślenie o zmianach klimatu, zdrowiu i adaptacji człowieka.

### 7.1 Tematy dyskusji

Wykorzystaj następujące pytania, aby ułatwić dyskusje na zajęciach lub zachęć do prowadzenia dziennika z refleksjami. To pomaga uczniom powiązać wyniki eksperymentów z globalnymi i społecznymi wyzwaniem.

#### Zrozumienie nauki

- Dlaczego wysoka wilgotność sprawia, że upały są bardziej nieprzyjemne?
- Co dzieje się z organizmem, gdy temperatura mokrego termometru przekracza 35°C?
- Jak temperatura i wilgotność współdziałają, wpływając na tempo parowania?
- Dlaczego różnica między odczytami na suchym i mokrym termometrze jest mniejsza w wilgotne dni?

#### Związek ze zmianami klimatu

- Jak globalne ocieplenie wpływa na częstotliwość i intensywność fal upałów?
- Które regiony świata są najbardziej narażone na wzrost temperatury (w tym temperatury mokrego termometru)?
- Jakie grupy (np. osoby pracujący na zewnątrz, osoby starsze, dzieci) są najbardziej narażone na stres cieplny i dlaczego?
- Jak projektowanie urbanistyczne lub zielona infrastruktura mogą pomóc zmniejszyć narażenie na fale upałów?

## Refleksja nad rozwiązaniami

- Jakie środki adaptacyjne można podjąć, aby zachować bezpieczeństwo podczas ekstremalnych upałów?
- Jak nauka i technologia mogą wspierać odporność na zmiany klimatu?
- Gdybyś mógł zaprojektować kampanię społeczną, jaki kluczowy przekaz chciałbyś w niej przekazać?

Zachęcaj uczniów do porównywania swoich refleksji z danymi eksperymentalnymi.

## 7.2 Nauczanie interdyscyplinarne

Projekt ten naturalnie łączy się z wieloma obszarami edukacji STEAM:

- **Nauki ścisłe:** Termodynamika, biologia, meteorologia, fizjologia człowieka.
- **Technologia i inżynieria:** Wykorzystanie czujników, rejestratorów danych, mikrokontrolery.
- **Sztuka:** Komunikacja wizualna, opowiadanie historii i kreatywne przekazy klimatyczne.
- **Matematyka:** analiza danych, tworzenie wykresów, relacje między zmiennymi.

Łącząc te dziedziny, uczniowie dostrzegają, jak pojęcia naukowe mają znaczenie.


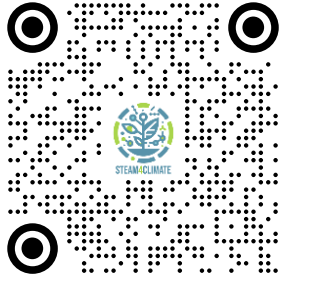
## 7.3 Podsumowanie

Dzięki temu projektowi uczniowie dowiedzieli się, jak temperatura i wilgotność wspólnie determinują efektywność chłodzenia organizmu oraz dlaczego ta relacja staje się coraz ważniejsza w ocieplającym się klimacie.

Uczniowie zdobyli praktyczne doświadczenie w mierzeniu, analizowaniu i interpretowaniu danych z rzeczywistego świata, jednocześnie rozważając aspekty zdrowotne, środowiskowe i społeczne związane ze zmianami klimatu.

## 8. Rozszerzenia projektu

Projekt ten otwiera drzwi do różnych **rozszerzeń i głębszych badań**, które łączą dociekanie naukowe z kreatywnością, analizą danych i zaangażowaniem społeczności. Nauczyciele są zachęceni do dostosowywania tych pomysłów do zasobów klasowych, zainteresowań uczniów oraz lokalnych warunków klimatycznych.

<p>STEAM4Climate Online Webinar</p> <p><a href="https://www.youtube.com/watch?v=MKNFSOJapi4">https://www.youtube.com/watch?v=MKNFSOJapi4</a></p>	
<p>STEAM4Climate Interviews – wywiad z nauczycielem nauk ścisłych</p> <p><a href="https://www.youtube.com/watch?v=WM5ZyGT6ls8">https://www.youtube.com/watch?v=WM5ZyGT6ls8</a></p>	
<p>STEAM4Symulacja klimatu temperatury mokrego termometru</p> <p><a href="https://iludis.de/wetBulbTemp/index.html">https://iludis.de/wetBulbTemp/index.html</a></p>	