

Praca zbiorowa pod redakcją
Sebastiana **WERLE**
Joanny **FERDYN-GRYGIEREK**

MONOGRAFIA

OCHRONA KLIMATU I ŚRODOWISKA NOWOCZESNA ENERGETYKA WYBRANA PROBLEMATYKA



Ochrona Klimatu i Środowiska,
Nowoczesna Energetyka

PRIORYTETOWE OBSZARY BADAWCZE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ



Wydawnictwo Politechniki Śląskiej
GLIWICE 2024
UIW 48600



**Praca zbiorowa pod redakcją
Sebastiana WERLE
Joanny FERDYN-GRYGIEREK**

**OCHRONA KLIMATU I ŚRODOWISKA
NOWOCZESNA ENERGETYKA
WYBRANA PROBLEMATYKA**

**WYDAWNICTWO POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ
GLIWICE 2024
UIW 48600**

Opiniodawcy

Prof. dr hab. Aneta MAGDZIARZ

Prof. dr hab. inż. Robert SEKRET

Kolegium redakcyjne

REDAKTOR NACZELNY – Dr hab. inż. Barbara KULESZ, prof. PŚ

REDAKTOR DZIAŁU – Dr hab. inż. Jolanta GUMIŃSKA, prof. PŚ

SEKRETARZ REDAKCJI – Mgr Monika MOSZCZYŃSKA-GŁOWACKA

**Wydano za zgodą
Rektora Politechniki Śląskiej**

Redakcja językowa

Mgr Joanna BULSKA

Redakcja techniczna

Ewa TENEROWICZ

Skład i łamanie

Joanna JENCZEWSKA-PAJKA

Projekt okładki

Maciej MUTWIL

e-ISBN 978-83-7880-978-4

© Copyright by
Wydawnictwo Politechniki Śląskiej
Gliwice 2024

SPIS TREŚCI

PRZEDMOWA.....	13
1. MOŻLIWOŚCI ZAGOSPODAROWANIA FRAKCJI NADSITOWEJ ODPADÓW KOMUNALNYCH ZMIESZANYCH <i>Wojciech Hryb, Andrzej J. Wandrasz.....</i>	15
2. OZNACZANIE ZAWARTOŚCI BIEWĘGLA W OPAKOWANIACH JEDNORAZOWYCH METODĄ CIEKŁOSCINTYLACYJNĄ <i>Komal Aziz Gill, Danuta J. Michczyńska, Adam Michczyński.....</i>	29
3. INNOWACYJNE METODY TERMICZNEGO ROZDZIAŁU ODPADÓW ZAWIERAJĄCYCH TWORZYWA SZTUCZNE <i>Tomasz Józef Jaworski, Wojciech Hryb.....</i>	40
4. BADANIA WĘGLA AKTYWNEGO UZYSKANEGO Z ODPADÓW DREWNOPOCHODNYCH <i>Kalina Turyła, Małgorzata Kajda-Szcześniak, Daniel Lot, Weronika Barańska, Anna Jabłońska, Oliwia Morkisz, Hanna Witańska, Waldemar Ścierański, Anna Mainka</i>	62
5. DEGRADACJA WYBRANYCH OPAKOWAŃ JEDNORAZOWEGO UŻYTKU W WARUNKACH KOMPOSTOWANIA <i>Monika Czop.....</i>	75
6. ZWIĄZKI POCHODZENIA NATURALNEGO JAKO EKOLOGICZNA ALTERNATYWA DLA SYNTETYCZNYCH PESTYCYDÓW <i>Marianna Kostina-Bednarz, Hanna Barchańska, Joanna Płonka.....</i>	86
7. ZAUTOMATYZOWANE STANOWISKO DO BADANIA WYBRANYCH PARAMETRÓW WODY Z ZASTOSOWANIEM POMIARÓW SPEKTROMETRYCZNYCH <i>Patryk Radek, Marek Kciuk, Ewa Puszczało, Anna Marszałek, Michał Śladek, Jakub Siemieniaka, Weronika Wojcik, Bartosz Krzan</i>	100
8. CHEMOMETRYCZNE METODY ANALIZY DANYCH SPEKTROSKOPOWYCH W OPRACOWANIU ALGORYTMU WYKRYWANIA NIELEGALNEGO SPALANIA ODPADÓW W PALENISKACH DOMOWYCH <i>Marcin Sajdak, Izabela Mazur</i>	110

9. CZY ROSNĄCY POZIOM DWUTLENKU WĘGLA W POWIETRZU
MOŻE MIEĆ WPŁYW NA FUNKCJONOWANIE DRZEW
DOTKNIĘTYCH PRZEZ SUSZĘ?
Barbara Benisiewicz, Sławomiara Pawełczyk 130
10. WYSOKOSPRAWNA CHROMATOGRRAFIA CIENKOWARSTWOWA:
WYKRYWANIE, OZNACZANIE ILOŚCIOWE I ZASTOSOWANIE
W OCENIE SUBSTANCJI ZANIECZYSZCZAJĄCYCH I LOSÓW
W ŚRODOWISKU
*Bhautik Dave, Ewa Łobos-Moysa, Milan S. Thakar, Pooja Trivedi,
Gaurang M. Sindhav, Rushikesh Joshi*..... 140
11. POTENCJAŁ FYLLOREMEDIACYJNY ROŚLIN POKOJOWYCH
W USUWANIU ZANIECZYSZCZEŃ FIZYCZNYCH I
MIKROBIOLOGICZNYCH Z POWIETRZA – BADANIA WSTĘPNE
*Aleksandra Ziemińska-Buczyńska, Beata Kończak, Filip Gamoń, Karolina
Pawłusińska, Ewa Brągoszewska*..... 163
12. SYMULACJA PROCESU OZONOWANIA PRZY ZMIENNYCH
PARAMETRACH WENTYLACJI W CELU ELIMINACJI BIOAEROZLI
BAKTERYJNYCH I GRZYBOWYCH W PRZESTRZENIACH
ZAMKNIĘTYCH
Walter Mucha, Ewa Zabłocka-Godlewska, Jakub Baran 174
13. WŁAŚCIWOŚCI DŁUGOTRMINOWE CZUJNIKÓW PYŁU
ZAWIESZONEGO W POWIETRZU PMS7003 – WSKAZANIA DO
REKALIBRACJI
Alicja Wiora 183
14. REDUKCJA ZANIECZYSZCZENIA POWIETRZA GAZAMI I PYŁAMI
POWSTAŁYMI PODCZAS PROWADZENIA EKSPLOATACJI WĘGLA
BRUNATNEGO JAKO ELEMENT PROFILAKTYKI W PROCEDURZE
OCENY RYZYKA ZAWODOWEGO
Anna Morcinek-Słota..... 198
15. JAKOŚĆ POWIETRZA W KABINACH EKSPLOATOWANYCH
SAMOCHODÓW OSOBOWYCH
Barbara Kozielska, Anna Poloczek..... 212
16. WPŁYW OZONOWANIA PROWADZONEGO PRZY RÓŻNYM
NATEŻENIU PRZEPŁYWU POWIETRZA WENTYLACYJNEGO
NA SKŁAD BIOAEROZOLU
*Ewa Zabłocka-Godlewska, Walter Mucha, Alex Borkowski,
Aleksandra Bieniek, Kamil Foit, Karolina Hulboj, Kamil Krawczyk* 223

17. BUDOWA ELEKTRONICZNEGO MODELU URZĄDZENIA DO POMIARU WYBRANYCH PARAMETRÓW POWIETRZA W POMIESZCZENIACH ZAMKNIĘTYCH <i>Tomasz Grychowski</i>	234
18. BADANIA PRZYDATNOŚCI WYBRANYCH SOLANEK DO PROCESU MAGAZYNOWANIA ENERGII CIEPLNEJ Z WYKORZYSTANIEM TECHNOLOGII STAWÓW SŁONECZNYCH NA TERENACH POKOPALNIANYCH <i>Grzegorz Wiciak, Paweł Findysz, Katarzyna Janusz-Szymańska, Leszek Remiorz</i>	247
19. WYBRANE ASPEKTY GRAWITACYJNEGO MAGAZYNOWANIA ENERGII W MAŁEJ SKALI <i>Leszek Remiorz, Dominik Hulak, Mahdi Deymi-Dashtebayaz</i>	259
20. ALGORYTMY I PROGRAMY OBLICZENIOWE INTEGRALNEJ ANALIZY I SYNTEZY OGNIW PALIWOWYCH I ELEKTROLIZERÓW <i>Tadeusz Chmielniak, Leszek Remiorz</i>	270
21. ZMIANY W KONSTRUKCJI KRZEMOWYCH OGNIW SŁONECZNYCH W CELU POPRAWY ICH WŁASNOŚCI OPTYCZNYCH I ELEKTRYCZNYCH <i>Magdalena Monika Szindler, Aleksandra Drygała, Małgorzata Musztyfaga-Staszuk, Marek Szindler, Paweł Jarka</i>	298
22. WYBRANE ASPEKTY ŚRODOWISKOWE ENERGETYKI JĄDROWEJ W POLSCE <i>Tomasz Bury, Małgorzata Hanuszkiewicz-Drapała</i>	314
23. ROZPOZNANIE STRUKTURY GÓROTWORU METODĄ PRZEŚWIETLANIA SEJSMICZNEGO PRZY UŻYCIU AUTOMATYCZNEGO ŹRÓDŁA SEJSMICZNEGO PODCZAS PRACY ŚCIANY EKSPLOATACYJNEJ <i>Przemysław Sierodzki, Leszek Remiorz</i>	327
24. OCENA POZIOMU ZAGROŻENIA KLIMATYCZNEGO KOPALNI WĘGLA KAMIENNEGO WRAZ Z ZASADNOŚCIĄ BUDOWY UKŁADU KLIMATYZACJI – STUDIUM PRZYPADKU <i>Krzysztof Słota, Zbigniew Słota, Anna Morcinek-Słota</i>	335
25. PROJEKT WENTYLACJI PRZY ZABEZPIECZANIU PUSTEK I STABILIZACJI GÓROTWORU W PODZIEMNYM OBIEKCIE MUZEALNYM <i>Krzysztof Słota</i>	353

26. ANALIZA MOŻLIWOŚCI I ZAKRES WYKORZYSTANIA WÓD DOŁOWYCH DO CHŁODZENIA SKRAPLACZY AGREGATÓW CHŁODNICZYCH <i>Krzysztof Słota</i>	363
27. DOKŁADNOŚĆ OBJĘTOŚCI ZWAŁOWISKA KAMIENIA OBLICZONYCH RÓŻNYMI PROGRAMAMI KOMPUTEROWYMI <i>Justyna Paszek</i>	376
28. STUDIUM PRZYPADKU DLA WYBRANEGO PROBLEMU GEOTECHNICZNEGO W INŻYNIERII ŚRODOWISKA NA PRZYKŁADZIE UPROSZCZONEGO MODELOWANIA NUMERYCZNEGO TRAGICZNEGO OSUNIĘCIA ZBOCZA W BATANG KALI (MALEZJA) <i>Puteri Nur Atiqah Bandira, Krzysztof Tomiczek, Mou Leong Tan</i>	392
29. AUTOMATYCZNY SYSTEM ZMIANY LOKALIZACJI PUNKTÓW POMIAROWYCH W KOMORACH BADAWCZYCH LABORATORIUM AKUSTYKI BUDOWLANEJ <i>Rafał Żuchowski, Artur Nowoświat, Damian Krawczyk, Karol Badura, Grzegorz Finkielman, Marcin Nitszke, Mateusz Wroński, Seweryn Rusecki, Nikodem Bartnik</i>	408
30. ZAPOTRZEBOWANIE I MOŻLIWOŚCI OPRACOWANIA NOWEGO TYPU WENTYLATORA OSIOWEGO O WYSOKIEJ SPRAWNOŚCI DO OBSZARÓW ZAGROŻONYCH WYBUCEM – ANALIZA TECHNICZNO-PRAWNA <i>Zbigniew Słota</i>	418
31. BADANIE HAŁASU SYSTEMU PRODUKCYJNEGO Z ZASTOSOWANIEM DEMONSTRATORA CENTRUM TESTOWANIA TECHNOLOGII PRZEMYSŁU 4.0 <i>Waldemar Paszkowski, Andrzej Loska</i>	429
32. PROMOWANIE MYŚLENIA OPARTEGO NA CYKLU ŻYCIA W SZKOLNICTWIE WYŻSZYM (LIFE-C) <i>Szymon Sobek, Lidia Lombardi, Gabriella Arcese, Grazia Chiara Elmo, Konstantinos Moustakas, Maria Kyriazi, Mika Horttanainen, Kaisa Grönman</i>	445
33. DROGA POLSKICH UCZELNI W KIERUNKU ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU – IDENTYFIKACJA STANU BIEŻĄCEGO NA PODSTAWIE WYBRANYCH RANKINGÓW ŚWIATOWYCH <i>Małgorzata Hordyńska, Monika Michalska, Anna K. Stasiuk-Piekarska</i>	455

34. TRANSFORMACJA SYSTEMU ENERGETYCZNEGO W POLSCE NA TLE POZOSTAŁYCH PAŃSTW UNII EUROPEJSKIEJ: WYZWANIA I PERSPEKTYWY	
<i>Anna Bluszcz, Anna Manowska</i>	469
35. WYBRANE ASPEKTY KOSZTÓW NIEZBILANSOWANIA ZAPOTRZEBOWANIA NA ENERGIĘ ELEKTRYCZNĄ, DETERMINOWANYCH JAKOŚCIĄ PROGNOZ	
<i>Paweł Machał, Leszek Remiorz, Dariusz Bukowiec</i>	491
36. ROZWIĄZANIA ZIELONYCH DACHÓW W ZRÓWNOWAŻONYCH PRZESTRZENIACH MIEJSKICH	
<i>Szymon Dawczyński</i>	502
STRESZCZENIE	517

CONTENTS

PREFACE	13
1. POSSIBILITIES OF MANAGING THE OVER-SIEVE FRACTION OF MIXED MUNICIPAL WASTES <i>Wojciech Hryb, Andrzej J. Wandrasz.....</i>	15
2. BIO-CARBON CONTENT DETERMINATION IN DISPOSABLE PACKAGING BY LIQUID SCINTILLATION COUNTING <i>Komal Aziz Gill, Danuta J. Michczyńska, Adam Michczyński.....</i>	29
3. INNOVATIVE METHODS OF THERMAL SEPARATION OF WASTE CONTAINING PLASTICS <i>Tomasz Józef Jaworski, Wojciech Hryb.....</i>	40
4. INVESTIGATIONS ON ACTIVATED CARBON FROM WOOD WASTE <i>Kalina Turyła, Małgorzata Kajda-Szcześniak, Daniel Lot, Weronika Barańska, Anna Jabłońska, Oliwia Morkisz, Hanna Witańska, Waldemar Ścierański, Anna Mainka</i>	62
5. DEGRADATION OF SELECTED SINGLE-USE PACKAGING UNDER CONDITIONS OF COMPOSTING <i>Monika Czop.....</i>	75
6. COMPOUNDS OF NATURAL ORIGIN AS AN ECOLOGICAL ALTERNATIVE TO SYNTHETIC PESTICIDES <i>Marianna Kostina-Bednarz, Hanna Barchańska, Joanna Płonka.....</i>	86
7. AUTOMATED SPECTROSCOPIC MEASUREMENT STAND FOR CHOSEN WATER PARAMETERS ANALYSIS <i>Patryk Radek, Marek Kciuk, Ewa Puszczalo, Anna Marszałek, Michał Śladek, Jakub Siemieniaka, Weronika Wojcik, Bartosz Krzan</i>	100
8. CHEMOMETRIC APPROACH IN SPECTROSCOPIC DATA ANALYSIS IN THE DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR DETECTION OF ILLEGAL DOMESTIC WASTE COMBINATION IN DOMESTIC BOILERS <i>Marcin Sajdak, Izabela Mazur</i>	110

9. DO TREES AFFECTED BY DROUGHT ARE SENSITIVE TO RISING ATMOSPHERIC CARBON DIOXIDE CONCENTRATION?	
<i>Barbara Benisiewicz, Sławomiara Pawełczyk</i>	130
10. HIGH PERFORMANCE THIN LAYER CHROMATOGRAPHY: DETECTION, QUANTIFICATION, AND IMPLEMENTATION IN ASSESSING POLLUTANTS AND ENVIRONMENTAL FATE	
<i>Bhautik Dave, Ewa Łobos-Moysa, Milan S. Thakar, Pooja Trivedi, Gaurang M. Sindhav, Rushikesh Joshi</i>	140
11. PHYULOREMEDIATION POTENTIAL OF INDOOR PLANTS IN PHYSICAL AND MICROBIOLOGICAL AIR POLLUTION REMOVAL – PRELIMINARY STUDIES	
<i>Aleksandra Ziemińska-Buczyńska, Beata Kończak, Filip Gamoń, Karolina Pawłusińska, Ewa Brągoszewska</i>	163
12. SIMULATION OF THE OZONATION PROCESS WITH VARIABLE VENTILATION PARAMETERS TO ELIMINATE BACTERIAL AND FUNGAL BIOAEROSOLS IN CLOSED SPACES	
<i>Walter Mucha, Ewa Zabłocka-Godlewska, Jakub Baran</i>	174
13. LONG-TERM PROPERTIES OF PMS7003 PARTICULATE MATTER SENSORS – RECOMMENDATION FOR RECALIBRATION	
<i>Alicja Wiora</i>	183
14. REDUCTION OF AIR POLLUTION BY GASES AND DUST FROM LIGNITE MINING AS A PREVENTIVE ELEMENT IN THE OCCUPATIONAL RISK ASSESSMENT PROCEDURE	
<i>Anna Morcinek-Słota</i>	198
15. AIR QUALITY INSIDE PASSENGER VEHICLES' CABINS	
<i>Barbara Kozielska, Anna Poloczek</i>	212
16. IMPACT OF THE OZONATION PROCESS CARRIED OUT AT DIFFERENT VENTILATION AIR FLOW RATES ON THE BIOAEROSOL COMPOSITION	
<i>Ewa Zabłocka-Godlewska, Walter Mucha, Alex Borkowski, Aleksandra Bieniek, Kamil Foit, Karolina Hulboj, Kamil Krawczyk</i>	223
17. CONSTRUCTION OF AN ELECTRONIC MODEL OF A MEASUREMENT DEVICE OF SELECTED AIR INDOOR PARAMETERS	
<i>Tomasz Grychowski</i>	234

18. INVESTIGATION OF THE SUITABILITY OF SELECTED BRINES FOR THE PROCESS OF THERMAL ENERGY STORAGE USING SOLAR POND TECHNOLOGY IN POST-MINING AREAS <i>Grzegorz Wiciak, Paweł Findysz, Katarzyna Janusz-Szymańska, Leszek Remiorz</i>	247
19. SELECTED ASPECTS OF GRAVITY ENERGY STORAGE IN SMALL SCALE <i>Leszek Remiorz, Dominik Hulak, Mahdi Deymi-Dashtebayaz</i>	259
20. ALGORITHMS AND CALCULATIONAL PROGRAMS FOR INTEGRAL ANALYSIS AND SYNTHESIS OF FUEL CELLS AND ELECTROLYZERS <i>Tadeusz Chmielniak, Leszek Remiorz</i>	270
21. CHANGES IN THE DESIGN OF SILICON SOLAR CELLS TO IMPROVE THEIR OPTICAL AND ELECTRICAL PROPERTIES <i>Magdalena Monika Szindler, Aleksandra Drygała, Małgorzata Muszytyfaga-Staszuk, Marek Szindler, Paweł Jarka</i>	298
22. SELECTED ENVIRONMENTAL ASPECTS OF NUCLEAR POWER ENGINEERING IN POLAND <i>Tomasz Bury, Małgorzata Hanuszkiewicz-Drapała</i>	314
23. IDENTIFICATION OF ROCK MASS STRUCTURE BY MEANS OF SEISMIC SCREENING USING AN AUTOMATIC SEISMIC SOURCE DURING OPERATION OF A LONGWALL FACE <i>Przemysław Sierodзки, Leszek Remiorz.....</i>	327
24. ASSESSMENT OF THE LEVEL OF CLIMATIC RISK OF A COAL MINE ALONG WITH THE RATIONALE FOR THE CONSTRUCTION OF AN AIR-CONDITIONING SYSTEM – A CASE STUDY <i>Krzysztof Słota, Zbigniew Słota, Anna Morcinek-Słota</i>	335
25. DESIGN OF VENTILATION IN SECURING VOIDS AND STABILIZING ROCK MASS IN AN UNDERGROUND MUSEUM FACILITY <i>Krzysztof Słota</i>	353
26. ANALYSIS OF THE POSSIBILITY AND SCOPE OF USING UNDERGROUND WATER FOR COOLING CONDENSERS OF CHILLERS <i>Krzysztof Słota</i>	363
27. ACCURACY OF THE VOLUMES OF STONES STACK CALCULATED BY DIFFERENT COMPUTER PROGRAMS <i>Justyna Paszek.....</i>	376

28. SELECTED ENVIRONMENTAL ENGINEERING PROBLEM OF GEOTECHNICAL NUMERICAL MODELLING OF SLOPE LANDSLIDES USING A SIMPLIFIED LANDSLIDE MODEL BASED ON BATANG KALI (MALAYSIA) EXAMPLE <i>Puteri Nur Atiqah Bandira, Krzysztof Tomiczek, Mou Leong Tan</i>	392
29. AUTOMATIC SYSTEM FOR CHANGING THE LOCATION OF MEASUREMENT POINTS IN THE RESEARCH CHAMBERS OF THE BUILDING ACOUSTICS LABORATORY <i>Rafał Żuchowski, Artur Nowoświat, Damian Krawczyk, Karol Badura, Grzegorz Finkielman, Marcin Nitszke, Mateusz Wroński, Seweryn Rusecki, Nikodem Bartnik</i>	408
30. REQUIREMENTS AND POSSIBILITIES FOR THE DEVELOPMENT OF A NEW TYPE OF HIGH EFFICIENCY AXIAL FAN FOR EXPLOSIVE ATMOSPHERES – TECHNICAL AND LEGAL ANALYSIS <i>Zbigniew Słota</i>	418
31. NOISE TESTS OF A PRODUCTION SYSTEM WITH THE USE OF DEMONSTRATOR OF INDUSTRY 4.0 TECHNOLOGY TEST CENTER <i>Waldemar Paszkowski, Andrzej Loska</i>	429
32. PROMOTING LIFE CYCLE THINKING IN HIGHER EDUCATION (LIFE-C) <i>Szymon Sobek, Lidia Lombardi, Gabriella Arcese, Grazia Chiara Elmo, Konstantinos Moustakas, Maria Kyriazi, Mika Horttanainen, Kaisa Grönman</i>	445
33. THE ROAD OF POLISH UNIVERSITIES TOWARDS SUSTAINABLE DEVELOPMENT – IDENTIFICATION OF THE CURRENT STATE BASED ON SELECTED WORLD RANKINGS <i>Małgorzata Hordyńska, Monika Michalska, Anna K. Stasiuk-Piekarska</i>	455
34. TRANSFORMATION OF THE ENERGY SYSTEM IN POLAND COMPARED TO THE OTHER STATES OF THE EUROPEAN UNION: CHALLENGES AND PROSPECTS <i>Anna Bluszcz, Anna Manowska</i>	469
35. SELECTED ASPECTS OF BALANCING COST DETERMINED BY QUALITY OF ELECTRICITY DEMAND FORECASTS <i>Paweł Machał, Leszek Remiorz, Dariusz Bukowiec</i>	491
36. GREEN ROOFS SOLUTIONS IN SUSTAINABLE URBAN SPACES <i>Szymon Dawczyński</i>	502
ABSTRACT	528

32. PROMOWANIE MYŚLENIA OPARTEGO NA CYKLU ŻYCIA W SZKOLNICTWIE WYŻSZYM (LIFE-C)

32.1. Wprowadzenie

Jednymi z priorytetowych celów Unii Europejskiej (UE) są ochrona środowiska oraz walka ze zmianami klimatycznymi [1]. W tym kontekście należy najpierw ocenić wpływ dowolnego produktu, usługi lub działania na środowisko, aby przewidzieć możliwą redukcję powstałego obciążenia [2]. Projekt LIFE-C ma na celu promowanie myślenia opartego na cyklu życia (ang. *life cycle thinking*, LCT) i nauczanie studentów oraz specjalistów ze wszystkich sektorów przemysłu i szkolnictwa wyższego przez zapewnienie im wiedzy i narzędzi wspierających podejmowania przyszłych wyborów i decyzji, przy minimalizacji wpływu ich działalności na środowisko. W ramach projektu opracowane zostaną materiały dydaktyczne oraz pedagogiczne wraz ze specjalnym darmowym kursem z zakresu oceny cyklu życia (ang. *life cycle assessment*, LCA) na podstawie innowacyjnych metod nauczania.

Ogólnym celem projektu jest dostarczanie narzędzi w postaci wiedzy oraz wykładów na temat minimalizowania wpływu produktów i działań na środowisko dla wsparcia rozwoju nowoczesnej gospodarki i uświadamiania społeczeństwa w celu wdrażania idei zrównoważonego przemysłu oraz gospodarki cyrkularnej.

Partnerzy zaproponowali przyczynienie się do osiągnięcia tego celu przez podnoszenie świadomości w zakresie myślenia o cyklu życia, przygotowując darmowy kurs e-learningowy LCA, znajdujący się na specjalnej platformie e-learningowej, dostępnej dla studentów zagranicznych kierunków inżynierskich i ekonomicznych, która ma na celu przekazanie niezbędnej wiedzy technicznej i ekonomicznej potrzebnej do zrozumienia zrównoważonego charakteru procesów produkcyjnych i technologii przy podejściu LCT. Całość działań wspiera osiągnięcie celów zrównoważonego rozwoju ONZ nr 11 „zrównoważone miasta i społeczności” oraz nr 12 „odpowiedzialna produkcja i konsumpcja”. W projekcie oraz przygotowywanych rezultatach uwzględniono wszystkie trzy filary zrównoważonego rozwoju – środowiskowy, gospodarczy i społeczny.

Cele szczegółowe projektu odnoszą się do oczekiwanych zmian, a rezultaty, które mają zostać osiągnięte do końca projektu, to:

- zdefiniowanie potrzeb szkoleniowych studentów na podstawie ich pochodzenia (interdyscyplinarna równość studentów),
- zebranie i ocena listy dostępnych narzędzi informatycznych do prowadzenia LCA w celach dydaktycznych,
- opracowanie kursu LCA dla różnych poziomów zaawansowania,
- wprowadzanie innowacyjnych metod nauczania oraz uczenia się przez całe życie,
- zbudowanie kursu modułowego na e-platformie dla wykładowców/nauczycieli szkół wyższych w zakresie LCT,
- prowadzenie zajęć dla studentów partnerskich uczelni, wzmacnianie ich kompetencji i umiejętności w zakresie LCT i LCA, dostarczanie wiedzy niezbędnej do zrozumienia wpływu działalności przemysłowej na ekosystemy, zasoby naturalne i zdrowie ludzkie na LC oraz zapewnienie przeszkolonym studentom otwartych odznak (ang. *open badges*),
- coaching studentów w zakresie rozwiązywania projektu/wyzwania,
- udostępnienie kursu na darmowej e-platformie,
- stworzenie podręcznika kursu, zawierającego metodologie coachingu wyzwań,
- dążenie do zwiększenia szans na zatrudnienie studentów uczelni wyższych w branżach przemysłu,
- zwiększanie świadomości i widoczności LCA jako podmiotu mającego duży wpływ na ekologię i zrównoważony rozwój łańcuchów dostaw wśród inżynierów i ekonomistów w nowoczesnym społeczeństwie; zwiększanie kompetencji studentów i społeczeństwa w zakresie umiejętności zielonych i miękkich (ang. *green and soft skills*).

Koordynatorem projektu jest Politechnika Śląska w Gliwicach (ang. *Silesian University of Technology*, SUT). Partnerami w projekcie i członkami są Uniwersytet Niccolò Cusano (Unicusano) we Włoszech, Politechnika Lappeenranta-Lahti (LUT) w Finlandii, Narodowy Uniwersytet Techniczny w Atenach (NTUA) w Grecji.

32.2. Projekt „LIFE-C”

Program Erasmus+

Od chwili uruchomienia w 1987 roku program Erasmus rozszerzył się, obejmując wszystkie obszary edukacji i szkoleń: edukację szkolną, edukację zawodową (VET), wyższą edukację, edukację dorosłych, współpracę młodzieżową, sport. Program Erasmus+ opiera się na różnych kluczowych działaniach:

- Akcja Kluczowa 1: Mobilność edukacyjna jednostek,
- Akcja Kluczowa 2: Współpraca pomiędzy organizacjami i instytucjami,
- Akcja Kluczowa 3: Wsparcie rozwoju polityki i współpracy,
- Działania Jean Monett oraz wiele innych.

Projekt LIFE-C został zgłoszony i sfinansowany w ramach Akcji Kluczowej 2: *Współpraca pomiędzy organizacjami i instytucjami*. Partnerstwa kooperacji w sektorze szkolnictwa wyższego (HE) to międzynarodowe projekty mające na celu opracowywanie, transfer i promowanie innowacyjnych praktyk oraz wdrażanie wspólnych inicjatyw promujących współpracę, partnerskie uczenie się, uczenie przez całe życie i wymianę doświadczeń na poziomie europejskim.

Efektem tego typu projektów powinno być przede wszystkim unowocześnienie oferty edukacyjnej uczelni, lepsze jej dostosowanie do potrzeb społeczeństwa i gospodarki oraz podniesienie jakości kształcenia.

Wyniki powinny nadawać się do ponownego wykorzystania, przenoszenia, skalowania i, jeśli to możliwe, mieć silny wymiar interdyscyplinarny. Od wybranych projektów oczekuje się udostępniania wyników swoich działań na poziomie lokalnym, regionalnym, krajowym i ponadnarodowym.

32.2.1. Motywacja działań oraz główne oczekiwane rezultaty projektu

Główną motywacją i inspiracją skłaniającą do podjęcia tematyki projektu LIFE-C jest potrzeba zwiększania świadomości LCT i LCA we współczesnych społeczeństwach, a w szczególności:

- zapewnienie dostępnego kształcenia z zakresu metod jakościowej i ilościowej analizy środowiskowych i społecznych skutków działalności człowieka – materializowanie zrównoważonego rozwoju, czynienie go namacalnym,

- zapoznanie młodzieży, dorosłych i studentów kierunków technicznych i nietechnicznych z ogólną ideą LCT – kształcenie przyszłej kadry w celu poszukiwania i wdrażania np. celów UE w zakresie klimatu i energii,
- zwiększenie konkurencyjności przyszłych pracowników na rynku pracy dla inteligentnego przemysłu.

Głównym celem projektu jest opracowanie modułowego kursu LCA/LCC/S-LCA dla szkolnictwa wyższego wraz z kompletem materiałów dydaktycznych do wdrożenia na zaangażowanych uczelniach.

Główne oczekiwania wobec projektu LIFE-C to:

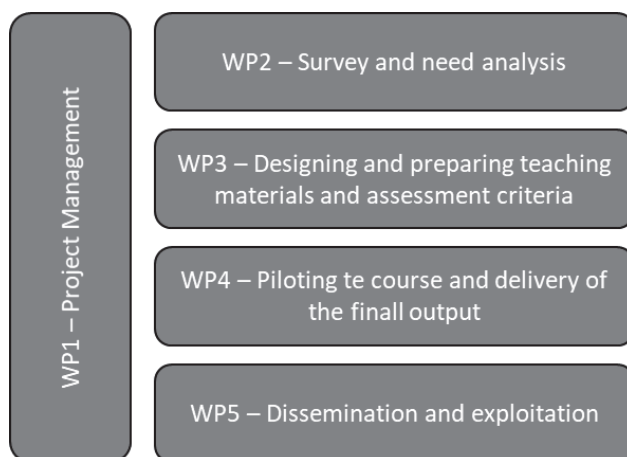
- tworzenie sieci akademickich i tworzenie podstaw współpracy międzynarodowej dla przyszłych projektów,
- promowanie myślenia opartego na cyklu życia zarówno w środowisku akademickim, jak i wśród ogółu społeczeństwa,
- udostępnienie innowacyjnego kursu na platformie e-learningowej oraz podręcznika zawierającego kompletne wytyczne i materiały umożliwiające wdrożenie i dostosowanie modułowego kursu LIFE-C dla każdej zainteresowanej uczelni.

32.2.2. Struktura projektu LIFE-C

Projekt LIFE-C rozpoczął się we wrześniu 2022 roku i jego zakończenie planowane jest w sierpniu 2025 roku. Zatem w chwili pisania tego tekstu projekt LIFE-C jest już w połowie realizacji. Projekt składa się z pięciu pakietów roboczych (WP) przedstawionych na rys. 32.1:

- WP1: Project Management, zarządzanie, zapewnienie jakości i wewnętrzna ocena rezultatów w konsorcjum;
- WP2: Survey and Need Analysis – ma na celu zdefiniowanie potrzeb i stanu wiedzy w sektorze nauczania LCA, aby zapewnić rozwiązania i odpowiedzi na stwierdzone luki edukacyjne; ten pakiet roboczy został już ukończony;
- WP3: Designing and preparing teaching materials and assessment criteria, którego celem jest przygotowanie kompletnego zestawu materiałów dydaktycznych i metodologii edukacyjnych oraz coachingowych dla studentów i nauczycieli w celu wdrożenia i prowadzenia kursu Life-C na swoich uniwersytetach; ten pakiet roboczy jest w fazie rozwoju;

- WP4: Piloting the course and delivery of the final output, główny pakiet prac poświęcony prowadzeniu kursu Life-C dla zainteresowanych studentów, zbieranie ocen i uznawanie zdobytych punktów ECTS. Pakiet WP4 rozpoczął się w czerwcu 2024 roku i potrwa niemal do końca projektu;
- WP5: Dissemination and exploitation, czyli rozpowszechnianie i obecność projektu w mediach społecznościowych – promowanie myślenia o cyklu życia w szkolnictwie wyższym i budowanie obecności projektu Life-C w mediach społecznościowych podczas konferencji, biuletynów, profili i seminariów internetowych przez cały czas trwania projektu.



Rys. 32.1. Struktura prac w projekcie LIFE-C
Fig. 32.1. LIFE-C project workflow structure

32.3. Dotychczasowe rezultaty projektu

32.3.1. Rezultaty pakietu WP2: Survey and Need Analysis – analiza potrzeb oraz obecnego stanu kształcenia w zakresie LCA

W pierwszej kolejności, w celu rozeznania luki w nauczaniu LCA (sygnalizowanej zarówno przez środowiska naukowe, jak i przemysł), oceniono obecny stan wiedzy oraz metody nauczania w sektorze LCA. Partnerzy dokonali przeglądu i analizy uzyskanych programów kursów na uczelniach wyższych zorientowanych na LCA prowadzonych na poziomie międzynarodowym (na studiach każdego stopnia, stacjonarnych i hybrydowych, dziennych i zaocznych). W ramach zadania pozyskano i przeanalizowano 26 programów kursów dedykowanych LCA z 13 krajów (rys. 32.2), co zdaniem partnerów stanowi znaczącą większość kursów wykładanych obecnie.

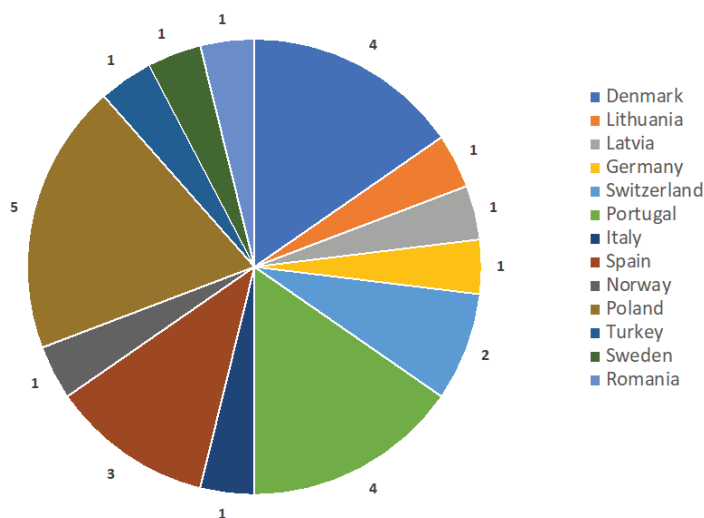
Szczególną uwagę poświęcono specjalistycznym kursom niezwiązanym z dyscyplinami inżynierii środowiska, aby zapewnić interdyscyplinarne i włączające podejście LCT jako kompetencję przekrojową, jednak stwierdzono i wyciągnięto wniosek, że oferta dydaktyczna kursów opartych na LCT dla wydziałów innych niż środowiskowe jest raczej ograniczona.

Praktyki pedagogiczne w analizowanym sektorze nauczania LCT/LCA były bardzo zróżnicowane. Wśród zgłaszanych metod nauczania najpopularniejsze były: teoria (wykłady, wykłady online, wykłady e-learningowe, także wykłady połączone z zadaniami praktycznymi), praktyka oraz ćwiczenia (studia przypadków, praca projektowa, praca w grupach i zadania, ćwiczenia, prezentacje studentów wybranych tematów, burza mózgów, przygotowywanie raportów), seminaria i wizyty.

Jeśli chodzi o ocenę uczniów, najpopularniejszymi metodami były egzaminy i kolokwia, ocena ćwiczeń, testy teoretyczne i praktyczne oraz w niewielkiej części prezentacje ustne.

Do celów dydaktycznych uczniowie korzystali z różnych programów LCA, zarówno otwartych, jak i licencjonowanych, np. GaBi, wersja Simapro dla klas, Simapro 9, OpenLCA.

Bardzo ważnym wnioskiem jest to, że partnerzy nie wskazali ani nie uzyskali żadnych publicznie dostępnych materiałów dydaktycznych do kursów LCA/LCT, co podkreśla potrzebę udostępnienia materiałów edukacyjnych i dydaktycznych LCT/LCA typu open source, które będą dostarczane w ramach projektu LIFE-C. W odpowiedzi na rozpoznane luki w nauczaniu projekt wdraża w pełni interdyscyplinarny modułowy kurs nauczania LCA, podzielony na 3 moduły w zależności od potrzeb studenta, stopnia zaawansowania oraz profilu wykorzystywanego LCA.



Rys. 32.2. Kraje, z których uzyskano i przeanalizowano programy nauczania uczelni
Fig. 32.2. Countries from which from HE syllabuses were obtained and analyzed

32.3.2. Rezultaty pakietu WP3: Designing and preparing teaching materials and assessment criteria – program nauczania w kursie, efekty uczenia się oraz nowoczesne metody pedagogiczne

Pakiet WP3 poświęcony jest przygotowaniu serca kursu LIFE-C – materiałów dydaktycznych, pedagogicznych oraz metod oceny jakości nauczania i ewaluacji efektów uczenia się. Do chwili pisania tego tekstu przeprowadzono już kilka działań, przede wszystkim skonfigurowano platformę e-learningową jako platformę Moodle w ramach LUT. Wszyscy partnerzy mogą mieć dostęp do LUT Moodle.

Następnie Politechnika stworzyła wspólne wytyczne pedagogiczne dotyczące przygotowywania materiałów dydaktycznych oraz wdrażania ich w materiałach dydaktycznych i edukacyjnych, które po uwagach wszystkich partnerów zostały zweryfikowane i sfinalizowane przez Politechnikę Wrocławską. Niektóre części wytycznych pedagogicznych zostały przekazane także poza partnerami projektu za pośrednictwem biuletynu LIFE-C.

Innowacyjne podejścia pedagogiczne i technologie wspierające pedagogikę stanowią podstawę kursów opracowywanych w ramach projektu LIFE-C. Pedagogika wpływa na uczenie się: chodzi o to, aby nauczanie było aktywne. Projekt podkreśla i kładzie nacisk na potrzebę rozważenia, w jaki sposób można wspierać i aktywizować naukę uczniów.

Do kursów LIFE-C włącza się cztery strategie uczenia się:

- nauka przez przyswajanie (wykłady, filmy, quizy). Przykład: Dobrym sposobem na aktywizację klasy podczas wykładu jest ankieta/ankieta z wykorzystaniem dostępnych narzędzi takich jak Mentymetr, Poll Everywhere czy Slido;
- nauka przez współpracę (projekty grupowe, warsztaty). Przykład: Uczniowie w parach prezentują sobie nawzajem swoje praktyczne prace i uczestniczą w mentoringu rówieśniczym;
- nauka przez dyskusję (dyskusja grupowa, chat, wywiad i ekspert). Przykład: Podczas synchronicznych sesji wykładów online studenci mogą zostać podzieleni na mniejsze grupy, aby stworzyć oddzielne pokoje do dyskusji, lub w przypadku kursów asynchronicznych fora dyskusyjne mogą być wykorzystywane do rozmów;
- uczenie się przez dociekanie (analizowanie pomysłów i informacji znajdujących się w różnych zasobach). Przykład: Uczestnicy zajęć prowadzą dziennik nauki lub zadają sztucznej inteligencji określone pytania, a następnie analizują i omawiają wyniki.

Wysokiej jakości nauczanie jest zgodne z zasadami konstruktywnego dostosowania i wymaga wiedzy, kiedy i jak zastosować określoną strategię uczenia się, aby zmaksymalizować działania i osiągnięcia uczniów. Ponadto LUT stworzyło Plan Działań (AP), który ma wyznaczać kierunki i dzielić zadania związane z przygotowaniem materiałów dydaktycznych i edukacyjnych pomiędzy partnerów. Konsorcjum jest obecnie na etapie wewnętrznej recenzji przygotowanych materiałów dydaktycznych. Plan nauczania modułowego kursu LIFE-C przedstawiono w tab. 32.1.

Tabela 32.1

Plan nauczania modułowego kursu LIFE-C

Lp.	Nazwa modułu oraz tematy sesji kursu LIFE-C
	<i>Moduł 1: Introduction to life cycle thinking and assessment</i>
1.	Introduction
2.	Avoiding burden shifting with the help of LCA
3.	Goal and Scope
4.	Life Cycle Inventory (LCI)
5.	Life Cycle Impact Assessment (LCIA)
6.	Interpretation, Sensitivity and Uncertainty Analysis
	<i>Moduł 2: Application of life cycle assessment</i>
1.	Introduction to the course and its topics
2.	Introduction to the LCA assignment and Product and Organization Environmental Footprint (PEF and OEF)
3.	LCA software training
4.	Environmental Product Declaration (EPD)
5.	Carbon Footprint
6.	Water Footprint
7.	Allocation
8.	Sensitivity Analysis
9.	Uncertainty Analysis
	<i>Moduł 3: Social life cycle assessment and life cycle costing</i>
1.	Introduction to the course and S-LCA development
2.	Introduction of S-LCA
3.	Goal and Scope
4.	Social Hotspot analysis
5.	S-LCA databases and software
6.	Training for S-LCA databases and software
7.	Life Cycle Costing (LCC)
8.	LCC methodologies and indicators

32.3.3. Pakiet WP4: Piloting the course and delivery of the final output – realizacja kursu dla studentów uczelni partnerskich oraz uczelni stowarzyszonych

Latem przyszłego roku kurs LIFE-C będzie dostępny w fazie pilotażowej, przeznaczonej dla studentów z uczelni partnerskich w formie szkoły letniej oraz regularnego kursu w semestrze zimowym 2024/2025. Po fazie pilotażowej i ewentualnych zmianach kurs LIFE-C będzie publiczny i swobodnie dostępny dla każdego w Internecie oraz na platformie udostępniania rezultatów Erasmus+ po zakończeniu projektu.

32.3.4. Pakiet WP5: Dissemination and exploitation – rozpowszechnianie oraz obecność projektu w mediach społecznościowych

Obecnie niemal każdy projekt, zarówno dydaktyczny, jak i badawczy, powinien być obecny w mediach społecznościowych (ang. *social media*) w celu promowania jego rezultatów oraz pozyskiwania potencjalnych interesariuszy i beneficjentów. Nie inaczej jest przypadku projektu LIFE-C; profile społecznościowe na platformach takich jak Facebook czy LinkedIn są świetnym miejscem do promowania ostatnich rezultatów w projekcie, rozpowszechniania zaproszeń oraz informacji o wydarzeniach w projekcie oraz na uczelniach partnerskich. Korzyści dla projektu (i konsorcjum) z dobrej obecności w mediach społecznościowych jest wiele. Po pierwsze, pomagają one dotrzeć do szerokiego grona odbiorców oraz stworzyć sieć kontaktów potrzebnych np. do pozyskiwania wskaźników ilościowych w projekcie, tj. liczba studentów obecnych na wydarzeniu, liczba „lajków” pod wpisami (postami), ankiet itp. Po drugie, dobrze prowadzone profile w mediach społecznościowych są obecnie jedną z najlepszych wizytówek projektów oraz zaangażowanych w jego realizację konsorcjantów, co jest niezwykle przydatne do pozyskiwania nowych kontaktów oraz projektów.

W mediach społecznościowych oraz Internecie projekt LIFE-C działa wielotorowo; oprócz profili na popularnych platformach projekt ma świetnie zorganizowaną stronę internetową www.life-c.eu, której działanie planowane jest jeszcze na długo po zakończeniu projektu, oraz newsletter, mający obecnie ponad 100 subskrybentów.

W projekcie za pakiet WP5 odpowiedzialni są partnerzy z Narodowej Politechniki w Atenach (NTUA), których wkład oraz doświadczenie w zadaniach „dyseminacyjnych” przyczynia się do dotychczasowych sukcesów oraz obecności projektu LIFE-C w sieci oraz pozyskiwania nowych partnerów stowarzyszonych przez obecność projektu na innych uczelniach krajowych oraz zagranicznych.

32.4. Podsumowanie

Projekt LIFE-C ma na celu podniesienie świadomości myślenia o cyklu życia wśród studentów szkół wyższych, zwłaszcza studentów kierunków inżynierskich i ekonomicznych. Ci studenci będą profesjonalistami jutra pracującymi w firmach w najbliższej przyszłości. Zapewnienie im solidnych podstaw dotyczących oceny wpływu na środowisko z perspektywy cyklu życia pomoże im analizować i ulepszać efektywność środowiskową dowolnego produktu, usługi lub działania. W ramach projektu partnerzy opracowują specjalne zajęcia z oceny cyklu życia, oceny cyklu życia społecznego i rachunku kosztów cyklu życia, oparte na innowacyjnych metodologiach nauczania, które zostaną wprowadzone do kilku programów nauczania, w których obecnie nie ma myślenia o cyklu życia.

Podziękowania

Artykuł został przygotowany w ramach projektu „Promowanie myślenia o cyklu życia w szkolnictwie wyższym”, Life-C. Więcej informacji o projekcie można znaleźć na stronie <https://life-c.eu/>.

Współfinansowane przez Unię Europejską. Wyrażane poglądy i opinie są jednak wyłącznie poglądami autora lub autorów i niekoniecznie odzwierciedlają stanowisko Unii Europejskiej lub Fundacji Rozwoju Systemu Edukacji. Ani Unia Europejska, ani podmiot udzielający dotacji nie ponoszą za nie odpowiedzialności.



Dofinansowane przez
Unię Europejską

Bibliografia

1. The European Green Deal, Brussels, 640 final, European Commission, Belgium, 2019.
2. Sobek S., Mendecka B., Lombardi L., Mumtaz H., Sajdak M., Muzyka R., Werle S.: A life cycle assessment of the laboratory – scale oxidative liquefaction as the chemical recycling method of the end-of-life wind turbine blades. *Journal of Environmental Management* 2024, 361, 121241.