



INSTYTUT BIOTECHNOLOGII
PRZEMYSŁU ROLNO-SPOŻYWCZEGO
im. prof. Wacława Dąbrowskiego
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

Analiza wybranych produktów wytwarzanych przez krajowy przemysł alkoholowy – analiza winiarni



Badania realizowane w ramach:

Zadanie 5. Analiza i metodologia pomiaru śladu węglowego dla wybranych produktów rolno-spożywczych wytwarzanych przez krajowy przemysł wyrobów alkoholowych na zlecenie Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi

Umowa nr DRE.prz.070.2.2025

Opracowanie:

**dr hab. inż. Magdalena Wróbel-Jędrzejewska, prof. IBPRS-PIB
mgr inż. Ewelina Włodarczyk, dr inż. Łukasz Przybysz, mgr inż. Agata Szkup,
mgr inż. Klaudia Miłak, dr inż. Joanna Markowska, mgr inż. Anna Drabent,
mgr inż. Natalia Grzybowska**

**Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego
im. prof. Wacława Dąbrowskiego
Państwowy Instytut Badawczy**

Zakład Technologii i Techniki Chłodnictwa

**Łódź, 2025
ISBN 978-83-973516-7-7**

Projekt MRiRW (Umowa nr DRE.prz.070.2.2025)

Zadanie 5. Analiza i metodologia pomiaru śladu węglowego dla wybranych produktów rolno-spożywczych wytwarzanych przez krajowy przemysł wyrobów alkoholowych na zlecenie Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi

1. Wprowadzenie

Kluczowa dla wypracowania najlepszych praktyk w zakresie ograniczenia emisji gazów cieplarnianych (GHG) jest standaryzacja metodologii analizy śladu węglowego (CF). Ze względu na unijne cele osiągnięcia neutralności klimatycznej do 2050 roku, istotne jest opracowanie innowacyjnych technologii i zrównoważonych rozwiązań w przemyśle, przy jednoczesnym zwalczaniu greenwashingu (niejasnych, wprowadzających w błąd oświadczeń środowiskowych). Komisja Europejska planuje wprowadzenie znakowania żywności śladem węglowym w celu promowania zrównoważonej gospodarki. Zasadność prowadzenia prac w zakresie badania CF jest zgodna z założeniami Strategii F2F i ma zmierzać do opracowania strategii zmniejszenia wpływu na środowisko sektorów przetwórstwa spożywczego. Badania w tym zakresie mają wymiar interdyscyplinarny i wpisują się w Europejską Strategię One-Health. Analiza śladu węglowego jest istotnym elementem rozwoju polskiego przemysłu w kierunku gospodarki niskoemisyjnej oraz może być wykorzystana na potrzeby benchmarku krajowych producentów. Wyniki analiz mogą posłużyć do promocji polskiej żywności znakowanej śladem węglowym. Uzyskane rezultaty mogą mieć wpływ na wynik ekonomiczny przedsiębiorstwa poprzez m.in.: obniżenie kosztów eksploatacyjnych. Wprowadzane modyfikacje istniejących oraz projektowane nowe rozwiązania przemysłowe powinny być możliwie obojętne dla środowiska, niskoemisyjne i bezodpadowe.

Każda branża wymaga naukowego wsparcia w tym temacie. Produkcja wyrobów alkoholowych stanowi jeden z kluczowych segmentów polskiego przemysłu rolno-spożywczego, ściśle powiązany z innymi sektorami: rolnym, energetycznym i chemicznym. Polska jest jednym z największych producentów alkoholu etylowego w Europie, utrzymuje wysoką pozycję w eksporcie alkoholi wysokoprocentowych, przy czym procesy wytwórcze odznaczają się znacznym zróżnicowaniem technologicznym i energetycznym. Sektor napojów spirytusowych w Polsce łączy nowoczesne rozwiązania technologiczne, które obejmują zarówno zautomatyzowane instalacje przemysłowe, jak i zakłady o charakterze regionalnym, bazujące na lokalnych surowcach rolnych. Surowcem podstawowym do produkcji alkoholu etylowego przeznaczonego do wytwarzania wysokoprocentowego napoju spirytusowego są ziemniaki oraz zboża (pszenica, żyto, kukurydza i jęczmień). W procesie tym uczestniczy, zarówno rolnictwo, jak i przetwórstwo. Produkcja wyrobów alkoholowych obejmuje różne

etapy, od uprawy owoców (wina owocowe), zbóż i ziemniaków (alkohol etylowy oraz napoje spirytusowe), chmielu (piwo), winorośli (wino), poprzez fermentację, po butelkowanie i dystrybucję, z których każdy generuje różne rodzaje emisji GHG. Prowadzone w ramach tego projektu badania należy ukierunkować na analizę istniejących procesów technologicznych, identyfikację możliwych do rozwiązania problemów oraz opracowanie nowych rozwiązań technologicznych wpływających istotnie na ślad węglowy produkcji żywności.

W tym raporcie przedstawiono analizę wybranych obiektów badawczych (mała i duża winiarnia). Przeprowadzone badania umożliwią w przyszłości opracowanie całościowych wytycznych w zakresie emisji GHG dla krajowej produkcji wyrobów alkoholowych. Obliczając i raportując emisje we wszystkich zakresach, firma ma możliwość całościowo przeanalizować szanse i ryzyka związane z jej łańcuchem wartości. Dodatkowo podjęcie działań związanych z ograniczeniem emisji w poszczególnych etapach może przełożyć się na wymierne korzyści finansowe i środowiskowe, umożliwiające racjonalne gospodarowanie zasobami.

2. Cel

Celem projektu było zidentyfikowanie kluczowych aspektów związanych z emisjami gazów cieplarnianych i opracowanie jednolitych standardów metodologii analizy śladu węglowego dla branży wyrobów alkoholowych.

3. Zakres prac

W projekcie, prace badawcze były realizowane w następujących etapach:

- analiza rynku produktów wytwarzanych przez krajowy przemysł napojów alkoholowych; wybór przedsiębiorstw i analiza procesu ich produkcji,
- identyfikacja procesów jednostkowych w poszczególnych etapach wytwarzania wybranego produktu; identyfikacja i analiza działań związanych z emisją (pośrednią i bezpośrednią) gazów cieplarnianych na etapach produkcji,
- opracowanie metodyki analizy CF dla wybranego produktu; porównanie śladu węglowego z producentami branży napojów alkoholowych na świecie.

W raporcie przeprowadzono analizę śladu węglowego produkcji wina, obejmującą procesy realizowane w małej i dużej winiarni. W analizie uwzględniono kluczowe etapy procesu produkcyjnego, zużycie surowców, energii, a także emisje gazów cieplarnianych związane z transportem. Celem opracowania było określenie wielkości śladu węglowego oraz identyfikacja obszarów o największej emisji GHG.

4. Stan wiedzy na temat śladu węglowego produkcji wina na świecie

Ślad węglowy wina odnosi się do całkowitej emisji gazów cieplarnianych, wyrażonej w ekwiwalentnej ilości dwutlenku węgla ($\text{CO}_{2\text{eq}}$), powstałej podczas całego cyklu życia wina – od produkcji winogron po dystrybucję. W tabeli 1 zaprezentowano wybrane badania dotyczące analizy śladu węglowego produkcji win na świecie wraz z ich charakterystyką. W przedstawionych publikacjach dotyczących analizy śladu węglowego wina wykorzystano metodologię LCA (Life Cycle Assessment), zgodną z międzynarodowymi standardami ISO 14040 i ISO 14044. We wszystkich badaniach jednostką funkcjonalną była jedna butelka wina (0,75 l). Zakres analizy CF produkcji wina w wielu przypadkach obejmował od uprawy winorośli, poprzez produkcję wina i butelkowanie, aż po dystrybucję i utylizację. Różnice w wielkości śladu węglowego wina, który wynosił od 0,6 do 2,5 $\text{kg CO}_{2\text{eq}}$ /butelka, wynikały z lokalnych warunków, wielkości winnic, zastosowanej technologii oraz specyfiki regionu produkcji. Zidentyfikowane czynniki wpływające na wielkość CF produkcji wina to:

- produkcja (chłodzenie, ogrzewanie oraz filtracji wina),
- opakowanie - stanowią jeden z największych składników CF (produkcja szkła jest energochłonna),
- transport win z odległych regionów (np. wina z Chile czy Australii do Europy).

Tabela 1. Badania śladu węglowego produkcji wina na świecie

Obiekt badań	Charakterystyka badań	*
produkcja wina z regionu Maremma w Toskanii (Włochy)	- metodologia LCA - jednostka funkcjonalna (FU) to jedna butelka wina 0,75 l - analizę przeprowadzono zgodnie z międzynarodowymi standardami ISO 14040 i ISO 14044 oraz specyfikacją PCR dla certyfikacji deklaracji środowiskowej produktu (EPD). - zakres badań od uprawy winorośli do dystrybucji i utylizacji odpadów	[1]
analiza dużej firmy winiarskiej w Hiszpanii	- metodologia LCA - jednostka funkcjonalna to jedna butelka wina 0,75 l - zakres badań od uprawy winorośli do dystrybucji i utylizacji odpadów	[2]
białe wino wyprodukowane w północnej części Portugalii, tj. białej <i>vinho verde</i>	- analizowane etapy to uprawa winorośli, produkcję wina, dystrybucję wina i produkcję butelek - jednostka funkcjonalna butelka (0,75 l białego wina) - SimaPro i baza danych Ecoinvent zostały wykorzystane do przeprowadzenia oceny oddziaływania na środowisko przy użyciu metodologii wpływu CML 2001	[3]
wino wyprodukowane w Nowej Szkocji w Kanadzie	- metodologia Analizy Cyklu Życia (LCA) - jednostka funkcjonalna to jedna butelka wina 0,75 l - zakres analizy od surowców i produktów pośrednich procesu do produktu końcowego, odpadach	[4]
produkcja wina typu „crianza” w regionie La Rioja (Hiszpania)	- metodologia Analizy Cyklu Życia (LCA) - zakres analizy uwzględniał uprawę winogron, produkcję wina i butelkowanie, dystrybucję i sprzedaż oraz utylizację pustych butelek - uzyskano dane bezpośrednio od producentów wina, rolników,	[5]
wina galicyjskie (północno-zachodnia Hiszpania), analiza dla	- celem badania było identyfikacji etapu produkcji o największym wpływie na środowisko	[6]

czterech latach produkcji (2007-2010)	- metodologia Analizy Cyklu Życia (LCA) - zakres analizy obejmował uprawę winogron, produkcję wina i butelkowanie, dystrybucję i sprzedaż - jednostka funkcjonalna to jedna butelka wina 0,75 l - zidentyfikowane etapy o największej emisji GHG to: upraw winorośli (nawożenie), a także produkcja butelek i zużycie energii elektrycznej na kolejnych etapach produkcji wina	
wielkość emisji gazów cieplarnianych dla win w regionie Finger Lakes w stanie Nowy Jork, w Stanach Zjednoczonych	- dane zebrano dla trzech winnic różnej wielkości (mała, średnia, duża) zlokalizowanych na wschodnim i zachodnim wybrzeżu jeziora Seneca – jednego z głównych jezior w tym regionie - jednostka funkcjonalna to jedna butelka wina 0,75 l - analiza obejmowała pełny cykl życia wina od „kołyski do bramy”, co oznacza, że uwzględniono wszystkie procesy od uprawy winorośli, przez produkcję, aż po butelkowanie. -dystrybucja i końcowa utylizacja produktu nie były brane pod uwagę - wykorzystano metodę oceny cyklu życia (LCA) zgodnie z normami ISO	[7]
badanie koncentruje się na australijskim czerwonym winie konsumowanym w Wielkiej Brytanii	- analiza obejmuje pełny cykl życia wina od "kołyski do grobu", uwzględniając: uprawę winorośli, produkcję wina i butelkowanie, pakowanie (szkane butelki, korki, etykiety papierowe), transport do Wielkiej Brytanii, zarządzanie odpadami (recykling butelek i utylizacja odpadów). - dane uzyskano od producenta wina - zastosowano metodę CML 2001 - jednostka funkcjonalna butelka (0,75 l wina)	[8]

*

[1] Bosco S., Di Bene C., Galli M., Remorini D., Massai R., Bonari E. Greenhouse Gas Emissions in the Agricultural Phase of Wine Production in the Maremma Rural District in Tuscany, Italy. *Italian Journal of Agronomy*, 2011, 6, <https://doi.org/10.4081/ija.2011.e15>.

[2] Marco-Fondevila M., Moneva J.M., Llana-Macarulla F. Accounting for Carbon Footprint Flows in Wine Production Process. Case Study in Spanish Winery, 2020, 10, <https://doi.org/10.3390/app10238381>.

[3] Neto B., Dias A.C., Machado M. Life cycle assessment of the supply chain of a Portuguese wine: from viticulture to distribution. *Int J Life Cycle Assess*, 2013, 18, 590–602, <https://doi.org/10.1007/s11367-012-0518-4>.

[4] Point E., Tyedmers P., Naugler C. Life cycle environmental impacts of wine production and consumption in Nova Scotia, Canada, *Journal of Cleaner Production*, 2012, 27, 11-20, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.12.035>.

[5] Gazulla C., Rauegi M., Fullana-i-Palmer P. Taking a life cycle look at crianza wine production in Spain: where are the bottlenecks? *Int J Life Cycle Assess*, 2010, 15, 330–337, <https://doi.org/10.1007/s11367-010-0173-6>.

[6] Vázquez-Rowe I., Villanueva-Rey P., Moreira M. T., Feijoo G. Environmental analysis of Ribeiro wine from a timeline perspective: Harvest year matters when reporting environmental impacts, *Journal of Environmental Management*, 2012, 98, 73-83, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.12.009>.

[7] Trombly A. J., Fortier M. O. P. Carbon Footprint of Wines from the Finger Lakes Region in New York State. *Sustainability*, 2019, 11, <https://doi.org/10.3390/su110294>.

[8] Amienyo D., Camilleri C., Azapagic A. Environmental impacts of consumption of Australian red wine in the UK. *Journal of Cleaner Production*, 2014, 72, 110-119, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.02.044>.

Analizy śladu węglowego produkcji wina w różnych regionach świata pokazują, że istotnymi czynnikami wpływającymi na jego wielkość są procesy związane z uprawą, produkcją szkła, pakowanie oraz transport. Produkcja wina ma istotny wpływ na środowisko, poprzez odpowiednim działaniom i technologiom można zminimalizować jej negatywne oddziaływanie, zachowując jednocześnie wysoką jakość produktu. Zmniejszenie CF jest możliwe poprzez np.: produkcję win w miejscu uprawy winorośli, konsumpcję win lokalnych (zmniejszenie emisji związanej z transportem), wybór win w lżejszych butelkach lub

alternatywnych opakowaniach oraz stosowanie bardziej ekologicznych metod uprawy winorośli czy zastosowanie odnawialnych źródeł energii przy produkcji win.

Przegląd literatury dotyczącej śladu węglowego wina z różnych regionów świata umożliwił analizę i porównanie CF w zależności od obszaru pochodzenia. Pozwoliło to na zebranie i zestawienie danych, które ukazują wpływ różnych warunków środowiskowych, sposobów uprawy winorośli oraz produkcji win na ślad węglowy produktu gotowego. Szczegółowe wyniki tej analizy ułatwiają zrozumienie czynników kształtujących CF wina na poziomie globalnym. Jednocześnie badanie wskazało na potrzebę przeprowadzenia bardziej szczegółowych analiz dotyczących produkcji wina w Polsce. Opisane w literaturze wyniki badań mogą stanowić istotny punkt wyjścia do przeprowadzenia kompleksowej oceny śladu węglowego w całym cyklu życia produktów branży winiarskiej w polskich przedsiębiorstwach.

5. Opracowana metodyka analizy śladu węglowego

Obliczanie śladu węglowego polega na analizie całkowitej ilości GHG i powiązaniu ich z produktem, procesem, przedsiębiorstwem z zastosowaniem określonych wzorów (tabela 2). Szczegółowe wytyczne dotyczące analizy CF oraz metod jej przeprowadzania zawarte są w odpowiednich normach. Jednym z podstawowych narzędzi stosowanych w tym celu jest analiza LCA pozwalająca określić ślad węglowy.

Tabela 2. Wzory do określenia śladu węglowego

Ślad węglowy	Ślad węglowy produktu, procesu, technologii
ekwiwalentna ilość CO _{2eq}	suma wszystkich emisji bezpośrednich i pośrednich
$CO_{2eq} = GHG \cdot GWP_{GHG}$	$CF = \sum_{i=1}^n (CO_{2eq})_i + \sum_{j=1}^m (CO_{2eq})_j$
CO_{2eq} – ekwiwalentna wielkość emisji wyrażona w kg CO_{2eq} GHG – wielkość emisji danego gazu cieplarnianego wyrażona w kg GWP_{GHG} – wartość GWP danego gazu cieplarnianego [kg CO_{2eq}/kg GHG]	CF – ślad węglowy [kg CO_{2eq}/l prod.] (CO_{2eq})_i – wielkość emisji bezpośredniej z i-tego źródła [kg CO_{2eq}/l prod.] (CO_{2eq})_j – wielkość emisji pośredniej z j-tego źródła [kg CO_{2eq}/l prod.]

W praktyce wykorzystuje się metodologie służące do wyznaczania śladu węglowego, które różnią się zakresem i granicami analizy. Do najczęściej stosowanych podejść należą m.in.:

- GHG Protocol stosowany do obliczania emisji gazów cieplarnianych, który dzieli emisje na trzy zakresy:
 - 1: Emisje bezpośrednie, wynikające z działalności organizacji (np. spalanie paliwa).
 - 2: Emisje pośrednie związane z zakupioną energią (np. prąd, ogrzewanie, chłodzenie).
 - 3: Inne emisje pośrednie związane z łańcuchem dostaw, transportem, podróżami służbowymi itp.

- ISO 14064: Norma międzynarodowa dotycząca raportowania emisji gazów cieplarnianych na poziomie organizacyjnym.

Podstawą opracowania metodologii obliczania śladu węglowego były dane uzyskane zarówno z zakładów produkcyjnych, jak i z pomiarów prowadzonych na liniach technologicznych. Szczegółowo zbadano etapy procesu produkcji - od wyboru surowców, poprzez ich przetwarzanie, aż po otrzymanie gotowego produktu. Uwzględniono także wykorzystywane środki transportu i przebieg łańcucha dostaw. Zakres prac obejmował szczegółową analizę procesów technologicznych. Określono granice systemu pomiarowego, jednostkę funkcjonalną oraz zdefiniowano zakresy pomiarowe CF. Opracowano metodykę szacowania śladu węglowego produktu, a także przygotowano system gromadzenia danych: produkcji i emisji. Zebrane informacje pozwoliły opracować bazę, która posłużyła do wyliczania emisji GHG i CF w zależności od skali produkcji. W ramach analizy skupiono się na identyfikacji obszarów, w których możliwe jest usprawnienie lub optymalizacja działań mających na celu poprawę wydajności produkcji i transportu.

6. Analiza śladu węglowego produkcji wina

Materiał badawczy stanowiły procesy produkcji wina w małej i dużej winiarni. Analiza dotyczyła głównie wybranych rodzajów wina. W ramach badań dokonano szczegółowej oceny procesów produkcyjnych wina w krajowych zakładach w kontekście opracowania metodologii obliczania śladu węglowego. Po scharakteryzowaniu procesu technologicznego określono zakres pomiarowy CF i opracowano metodę jego liczenia. Dane o emisjach i wielkości produkcji zgromadzono w bazie danych. Do analiz wykorzystano wskaźniki emisyjności przypisane poszczególnym nośnikom energii. Poniżej przedstawiono zestawienie uzyskanych wyników, które posłużyły do określenia śladu węglowego produkcji alkoholi w analizowanych zakładach.

6.1. Analiza małego zakładu winiarskiego

Analiza dotyczyła produkcji wysokojakościowego wina z własnych upraw. Winnica zajmuje powierzchnię 2,35 ha. Głównym surowcem wykorzystywanym do produkcji win są winogrona z odmian szlachetnych, które trafiają do winnicy oddalonej o 0,05 km od winorośli. Zakład w uprawie winorośli oraz produkcji win wykorzystuje strategię „od pola do stołu”, która przyczynia się do zrównoważonego rozwoju przemysłu winiarskiego. Producent koncentruje się na wytwarzaniu win wysokiej jakości, bez stosowania substancji chemicznych i dodatków,

zgodnie z zasadami ekologii. Winnica wykorzystuje przyjazne środowisku, nowoczesne rozwiązania takie jak: pompę ciepła, panele fotowoltaiczne, gruntowy wymiennik ciepła.

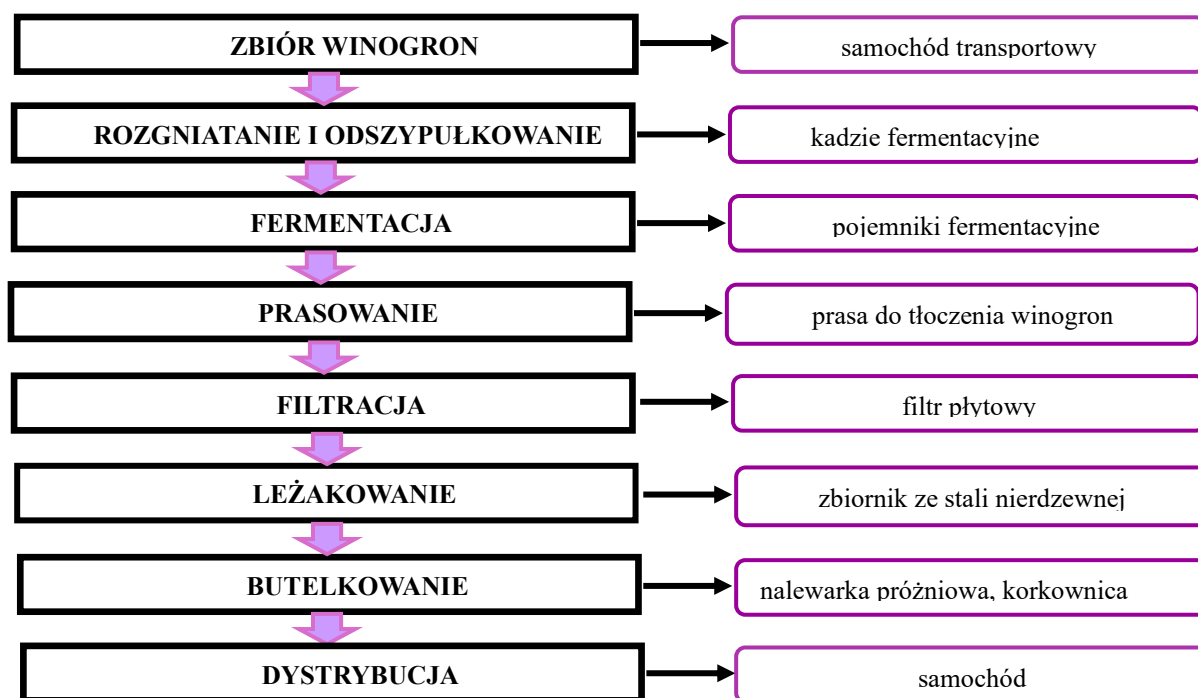
6.1.1. Charakterystyka procesów jednostkowych

W zakładzie proces technologiczny produkcji wina naturalnego jest w wielu przypadkach procesem wieloletnim. Koniec września oraz początek października stanowią okres zbioru winogron odmian szlachetnych. Pierwszym etapem jest selekcja i zbiór owoców, które następnie transportuje się do winiarni. W kolejnym etapie winogrona poddawane są przerobowi polegającemu na odszypułkowaniu, czyli oddzieleniu szypułek od owoców. Na tym etapie dodawana jest również siarka, a przygotowany w ten sposób surowiec trafia do kadzi fermentacyjnych.

W przypadku win białych moszcz poddaje się prasowaniu, po czym klarowny sok kierowany jest do odpowiednich pojemników fermentacyjnych. Po upływie dwóch dni rozpoczyna się właściwy zestaw procesów enologicznych, charakterystycznych dla produkcji wina, natomiast trzeciego dnia dokonuje się nastawu. W metryczkach nastawu rejestruje się ilość surowca przeznaczonego do fermentacji. Sam proces fermentacji jest monitorowany trzykrotnie w ciągu doby poprzez przemieszanie miazgi lub moszczu. Po zakończeniu fermentacji białe wina poddane są procesowi siarkowania i zlania z nad osadu, moment ten w nomenklaturze winiarskiej pozwala nazwać ciecz winem. Od tego momentu wino poddane jest procesowi leżakowania.

W przypadku win czerwonych, po zakończonej fermentacji alkoholowej, przeprowadza się prasowanie mające na celu oddzielenie wina od skórek i pestek. Następnie rozpoczyna się fermentacja wtórna, czyli fermentacja jabłkowo-mlekowa. Dopiero po jej zakończeniu wino jest siarkowane, zlewane z nad osadu i poddane procesowi leżakowania.

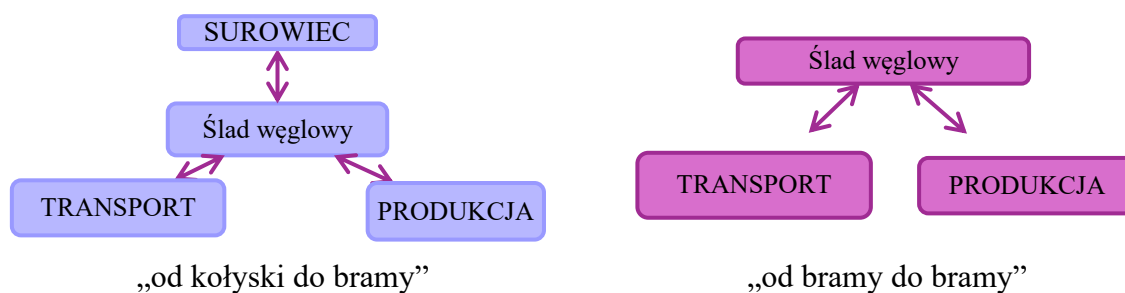
W trakcie leżakowania wina poddawane są procesom stabilizacji oraz klarowania. Obejmuje to m.in. wytrącenie kryształów, uzyskanie pożądanej klarowności oraz końcową filtrację sterylną, po której możliwe jest przystąpienie do rozlewu. Wraz z filtracją następuje kolejne zlanie z nad osadu. Rozlew dokonany jest za pomocą półautomatycznej ręcznej nalewarki i korkownicy. W zależności od zapotrzebowania produkt może podlegać dalszemu leżakowaniu w butelkach lub kierowany do etapu nakładania znaków akcyzy, po wcześniejszym zaetykietowaniu. Poszczególne etapy procesu technologicznego produkcji wina wraz z urządzeniami przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat technologiczny produkcji wina

6.1.2. Wyznaczenie śladu węglowego w małej winiarni

Przeprowadzono analizę śladu węglowego produkcji wina dla małej winiarni. Analizę wykonano w dwóch zakresach: obejmujących surowiec, proces produkcji i transport oraz obejmujących jedynie produkcję i transport, z pominięciem etapu uprawy surowca. Takie podejście umożliwia porównanie śladu węglowego między dwoma wariantami oraz podkreślenie znaczenia surowca, którego uprawa generuje istotne emisje, co wpływa na wartość wskaźnika CF. Do analizy wykorzystano metodologię LCA „od kołyski do bramy” i „od bramy do bramy” (rysunek 2). W analizie wykorzystano wskaźniki konwersji nośników energii (tabela 3). Informacje dotyczące ilości wykorzystanego surowca oraz wielkości produkcji zgromadzono w bazie danych i przedstawiono w tabeli 4.



Rys. 2. Zakresy analizy LCA wina

Tabela 3. Współczynniki konwersji zastosowanych nośników energii do analizy produkcji w zakładzie w latach 2022-2024

Media energetyczne	Wartość wskaźnika w danym roku			Źródło
	2022	2023	2024	
Olej napędowy [litr]	2,7 kg CO _{2eq} /litr	2,66 kg CO _{2eq} /litr	2,66 kg CO _{2eq} /litr	https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2022-2024
Energia elektryczna [kWh]	0,685 kg CO _{2eq} /kWh	0,597 kg CO _{2eq} /kWh	0,597 kg CO _{2eq} /kWh	KOBiZE, 2022-2024
Winogrona [kg]	1,52 kg CO _{2eq} /kg	1,52 kg CO _{2eq} /kg	1,52 kg CO _{2eq} /kg	https://apps.carboncloud.com/climatehub/product-reports/id/150923873840

Tabela 4. Ilość surowca wykorzystana do produkcji win i wielkość produkcji wina w zakładzie winiarskim w latach 2022-2024

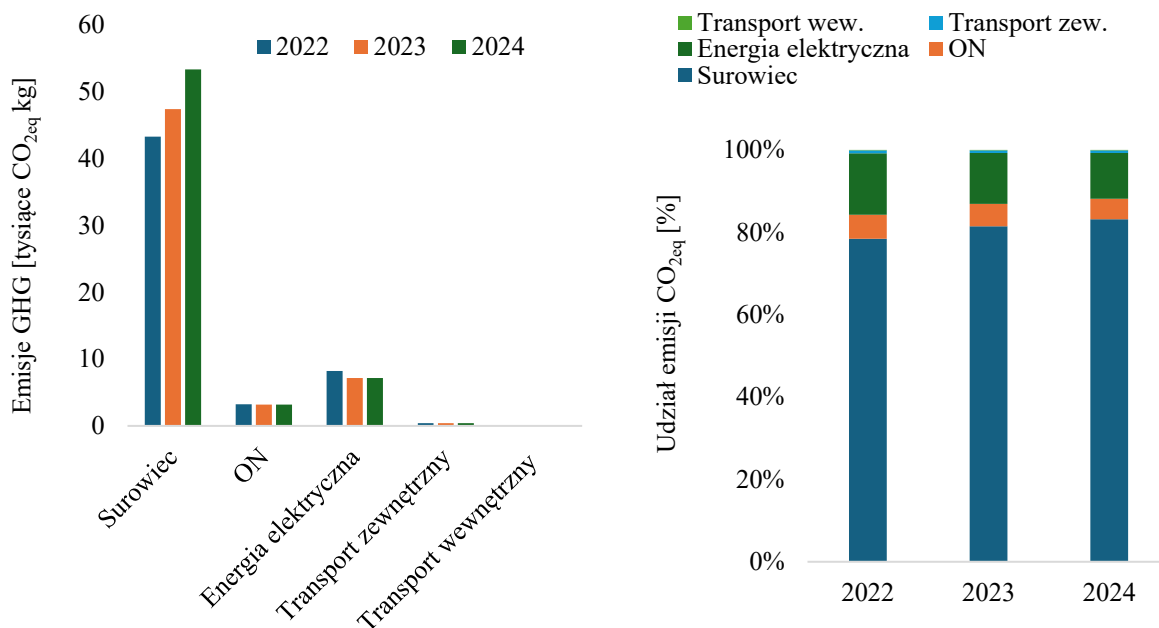
Rok	Surowiec [kg]	Wino [litr]
2022	28 500	10 950
2023	31 200	12 600
2024	35 120	12 900

W latach 2022-2024 przeprowadzono analizę procesu technologicznego produkcji wina w małej winiarni. Zgromadzono dane dotyczące ilości surowca wykorzystywanego do wytwarzania wina oraz wielkości produkcji w badanych latach. Zbiór surowca w poszczególnych latach mieścił się w przedziale od 28 tys. do 35 tys. kg winogron odmiany szlachetnej. Najmniejszą ilość surowca pozyskano w 2022 roku, natomiast największą w 2024 roku, co wskazuje na rozwój winiarni. Wielkość produkcji w latach 2022-2024 wynosiła od 11 tys. do 13 tys. litrów wina (tabela 4). Zaobserwowano, że wzrost ilości surowca przekładał się na zwiększoną produkcję. Zarówno pod względem ilości wykorzystywanych winogron, jak i wielkości produkcji, w analizowanym okresie widoczna była tendencja wzrostowa.

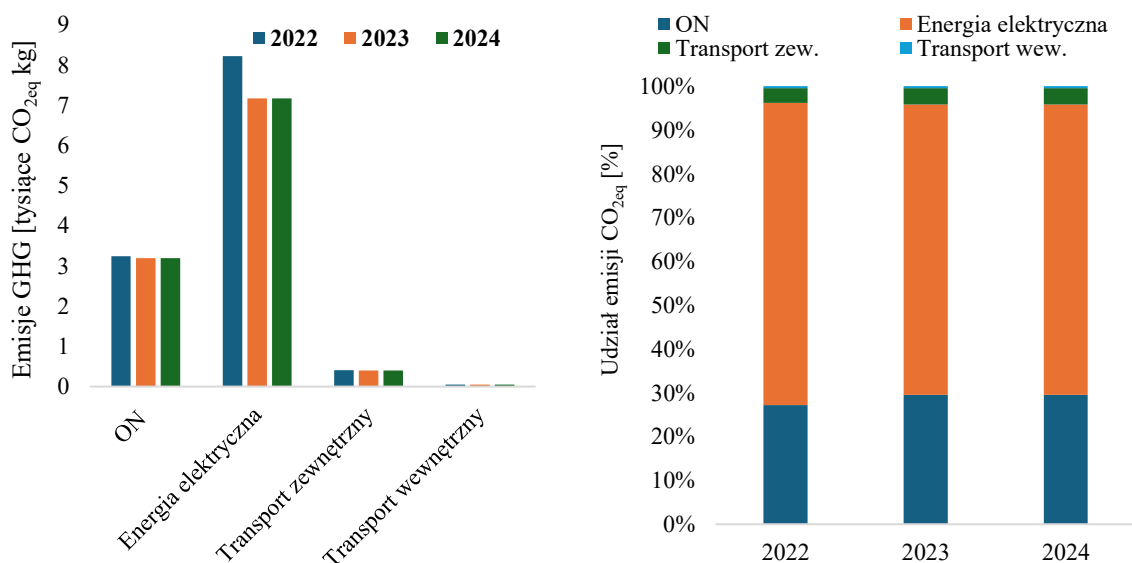
Do obliczenia emisji GHG i określenia wartości śladu węglowego produkcji wina wykorzystano charakterystykę zużycia nośników energetycznych (tabela 5). W analizie uwzględniono zarówno emisje pośrednie (energia elektryczna) oraz bezpośrednie (olej napędowy). W badaniu emisji bezpośrednich określano, zarówno transport zewnętrzny, jak i wewnętrzny. Na podstawie analizy produkcji wina w zakresie „od kołyski do bramy” (rys. 3) stwierdzono, że największe emisje GHG były związane z pozyskiwaniem surowca i kształtowały się na poziomie od 43 do 53 tys. kg CO_{2eq}, co stanowiło, aż 81 % całkowitych emisji. Kolejnym z istotnym źródłem emisji było zużycie energii elektrycznej z udziałem 13%. Natomiast transport wewnętrzny charakteryzował się najniższymi emisjami około 54 kg CO_{2eq}. W analizowanym okresie trzech lat, w 2024 roku wygenerowano najwięcej emisji GHG związanych z wytworzeniem wina. Transport zewnętrzny oraz wewnętrzny miał najniższy udział w całkowitych emisjach, poniżej 1% (rys. 3).

Tabela 5. Charakterystyka zużycia nośników energetycznych w zakładzie winiarskim w latach 2022-2024

Emisje	Nośniki energetyczne	Rok		
		2022	2023	2024
pośrednie	energia elektryczna [kWh]	12000	12000	12000
bezpośrednie	ON [l]	1200	1200	1200
	transport zew. [l]	150	150	150
	transport wew. [l]	20	20	20



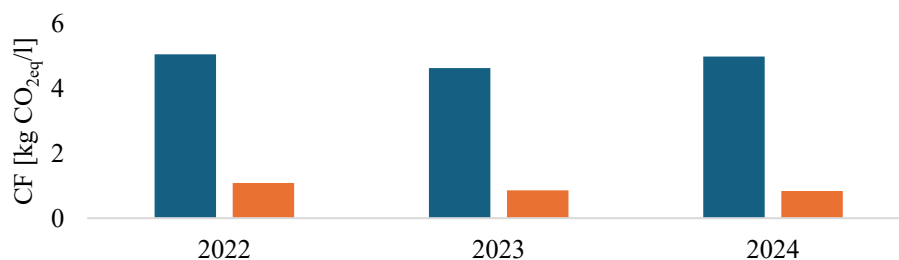
Rys. 3. Porównanie emisji GHG poszczególnych nośników energii i ich udziałów w zakresie „od kołyski do bramy” w latach 2022-2024



Rys. 4. Porównanie emisji GHG poszczególnych nośników energii i ich udziałów w zakresie „od bramy do bramy” w latach 2022-2024

Analiza produkcji wina w zakresie „od bramy do bramy” (rys. 4) wykazała, że największe emisje GHG były związane ze zużyciem energii elektrycznej i kształtowały się na poziomie od 72 tys. do 82 tys. kg CO_{2eq}. W 2022 roku odnotowano największe emisje GHG. Najwyższy udział w całkowitych emisjach GHG około 67% miała energia elektryczna. Transport wewnętrzny miał najniższy udział w całkowitych emisjach, poniżej 1% (rys. 4). W analizie LCA produkcji wina w zakresie „od kołyski do bramy” całkowita wielkość emisji kształtowała się na poziomie od 55 do 64 tys. kg CO_{2eq}, natomiast w zakresie „od bramy do bramy” od 10 tys. do 12 tys. kg CO_{2eq}. Zaobserwowano znaczące różnice wobec dwóch rozpatrywanych scenariuszy. Taka analiza pokazuje jak duży wpływ na emisje GHG i ślad węglowy ma pozyskiwanie surowca.

Na podstawie pozyskanych danych obliczono ślad węglowy produkcji wina w badanym zakładzie w okresie trzech lat (2022–2024). Przeprowadzono analizę śladu węglowego w zakresie „od kołyski do bramy” i „od bramy do bramy” (rys. 5). Dla produkcji wina ślad węglowy obliczony w zakresie „od kołyski do bramy” był najwyższy w 2022 roku i wyniósł 5,05 kg CO_{2eq}/l. W 2023 roku odnotowano najniższą wartość, równą 4,62 kg CO_{2eq}/l, co oznaczało spadek o około 8,5% w porównaniu z rokiem 2022. Natomiast w 2024 roku wskaźnik CF osiągnął poziom 4,98 kg CO_{2eq}/l i odnotowano wzrost o około 7,8% względem roku 2023, pomimo wzrostu, wartość z 2024 roku była o około 1,4% niższa niż w roku bazowym 2022. Z kolei w zakresie „od kołyski do bramy” zaobserwowano spadek śladu węglowego w całym analizowanym okresie. W 2023 roku wartość CF zmniejszyła się z 1,09 do 0,86 kg CO_{2eq}/l, co odpowiada spadkowi o około 21,1% w porównaniu z rokiem 2022. W 2024 roku nastąpiło obniżenie wartości do 0,84 kg CO_{2eq}/l, czyli spadek o około 2,3% względem 2023 roku. Łącznie w latach 2022–2024 ślad węglowy w tym zakresie zmniejszył się o około 22,9%.



Rys. 5. Zestawienie śladu węglowego w zakresie „od kołyski do bramy” i „od bramy do bramy” w latach 2022-2024

Porównanie wartości śladu węglowego dla dwóch zakresów: „od kołyski do bramy” i „od bramy do bramy” pokazuje znaczące różnice. Obliczony ślad węglowy dla zakresu

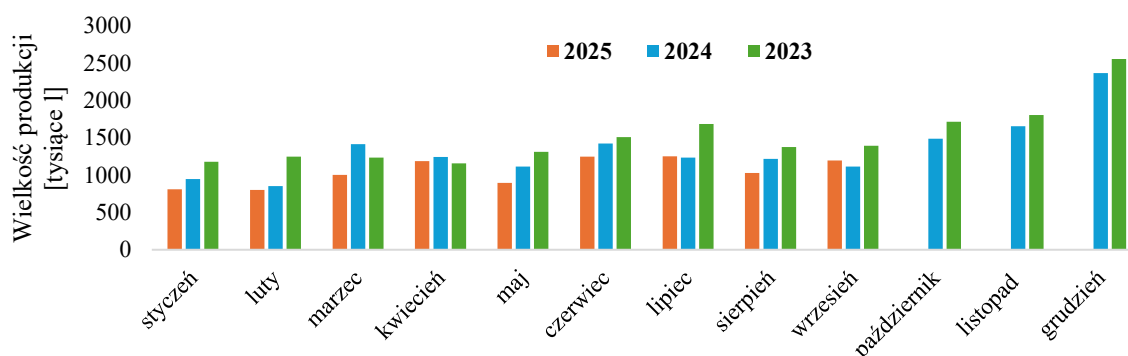
obejmującego jedynie produkcję i transport był niższy, niż wartości CF dla szerszego zakresu dodatkowo uwzględniającego etap uprawy surowca. Ślad węglowy dla szerszego zakresu analizy jest 5 - krotnie wyższy od wartości wskaźnika CF dla mniejszego zakresu.

6.2. Analiza dużego zakładu winiarskiego

Duża winiarnia jest przedsiębiorstwem działającym w sektorze przemysłu alkoholowego, którego podstawową działalność stanowi produkcja wina. Działalność firmy prowadzona jest w dwóch zakładach produkcyjnych zlokalizowanych w różnych miejscowościach. W badanym przedsiębiorstwie przeprowadzono ocenę emisji gazów cieplarnianych oraz określono wielkość śladu węglowego produkcji wina. Do analizy wykorzystano wartość wskaźnika konwersji dla energii elektrycznej (tabela 6). Informacje dotyczące wielkości produkcji oraz zużycia energii elektrycznej zgromadzono w bazie danych i przedstawiono na rysunku 6 i w tabeli 7.

Tabela 6. Współczynnik konwersji dla energii elektrycznej do analizy produkcji

Media energetyczne	Wartość wskaźnika w danym roku			Źródło
	2023	2024	2025	
	kg CO _{2eq} /kWh			
Energia elektryczna [kWh]	0,597	0,597	0,597	KOBiZE, 2023-2025



Rys. 6. Wielkość produkcji wina w zakładzie w latach 2023-2025

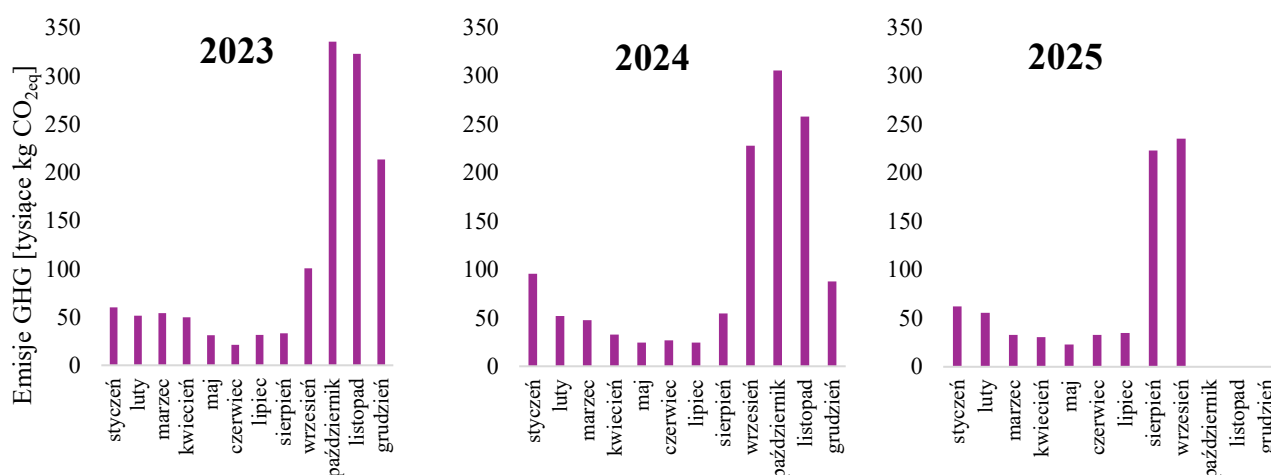
Tabela 7. Charakterystyka zużycia energii elektrycznej [kWh] w poszczególnych miesiącach w zakładzie winiarskim w latach 2023-2025

Rok	Miesiąc												SUMA
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2025	100 318	87 772	53 922	50 191	35 650	53 521	53 191	372 564	391 975	16 331	25 047	30 194	1 270 676
2024	165 100	90 056	85 361	61 268	43 537	46 978	43 484	92 458	391 447	529 166	432 762	119 883	2 101 500
2023	110 273	93 894	104 069	96 940	66 992	48 094	55 293	61 073	176 513	572 843	547 341	392 352	2 325 677

W latach 2023-2025 przeprowadzono analizę procesu technologicznego produkcji wina w zakładzie produkującym wyroby alkoholowe. Roczna całkowita wielkość produkcji wina

w badanych latach kształtowała się na poziomie od 9 mln do 18 mln litrów, a największą produkcję odnotowano dla 2023 roku. W tym roku najwyższą produkcję odnotowano w miesiącach listopad i grudzień, natomiast najniższą w kwietniu. W 2024 roku największe ilości wina wyprodukowano w miesiącach jesienno-zimowych, a najmniej w lutym. Dane dotyczące 2025 roku obejmują okres od stycznia do września. W analizowanym przedziale czasowym największą produkcję wina odnotowano w lipcu, natomiast najmniejszą w lutym (rys. 6).

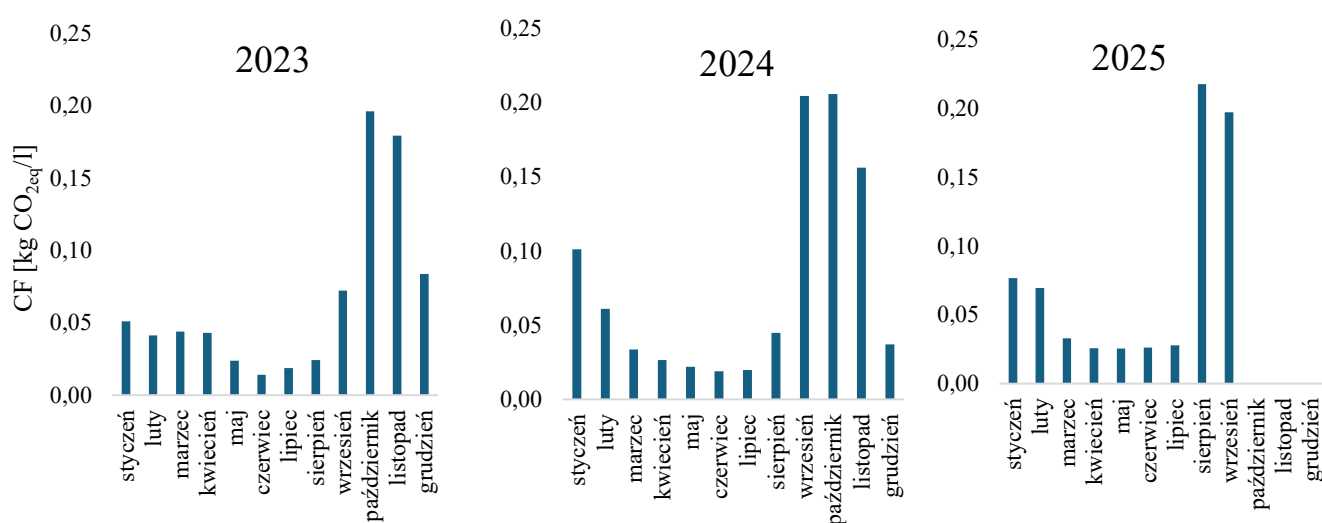
Do określenia wielkości emisji GHG oraz wyznaczania śladu węglowego produkcji wina wykorzystano dane dotyczące zużycia nośników energetycznych (tabela 7). W analizie uwzględniono emisje pośrednie związane ze zużyciem energii elektrycznej. W 2023 roku najwyższe wartości zużycia energii elektrycznej odnotowano w miesiącach październik i listopad, natomiast najniższe w czerwcu. W 2024 roku największe zużycie energii przypadało na październik, a najmniejsze na maj i lipiec. Natomiast w 2025 roku najwyższe zużycie energii elektrycznej zarejestrowano we wrześniu.



Rys. 7. Zestawienie emisji GHG dla 2023 - 2025 roku

Przeprowadzono analizę emisję gazów cieplarnianych związaną ze zużyciem energii elektrycznej w wybranym zakładzie przemysłowym, dla okresu 2023–2025. Dane obejmują lata, w których emisja pozostaje na podobnym poziomie, z spadkiem między 2023 a 2025 rokiem. W roku 2023 całkowita emisja GHG wyniosła 1,3 mln kg CO_{2eq} (rys. 7). Najwyższy poziom emisji zaobserwowano w październiku, natomiast najniższy w czerwcu. W 2024 roku całkowita emisja zmniejszyła się do 1,2 mln kg CO_{2eq}, co stanowi redukcję o 4,3% w stosunku do roku poprzedniego. Najwyższą emisję GHG zarejestrowano w październiku, natomiast najniższe wartości zaobserwowano w maju (2024 rok), co wskazywało na sezonowy charakter

zapotrzebowania energetycznego. W 2025 roku w porównaniu z 2024 roku emisja spadła o około 29% (przy założeniu porównywalnej struktury produkcji). Najwyższą miesięczną wartość zarejestrowano we wrześniu, co jest zgodne z początkiem sezonu winobrania, natomiast najniższą w maju, co potwierdza powtarzalność sezonowości produkcji. W analizowanym okresie 2023–2025 zaobserwowano spadek emisji GHG związanej z zużyciem energii elektrycznej o 4,3% rok do roku (2023–2024) oraz znaczną redukcję w 2025 roku w stosunku do roku poprzedniego. Jednocześnie sezonowość emisji pozostaje niezmienna: najwyższe wartości przypadały na okres jesienny (październik lub wrzesień), a najniższe na wiosnę i lato (maj–czerwiec), co odzwierciedla naturalny cykl produkcji wina i związane z nim zapotrzebowanie na energię elektryczną.



Rys. 8. Ślad węglowy produkcji wina w 2023-2025 roku

Tabela 8. Średnie roczne wartości CF dla wybranego zakładu w latach 2023-2025

Rok	2023	2024	2025
Średni CF [kg CO _{2eq} /l]	0,066	0,078	0,078

Na podstawie zgromadzonych danych wyznaczono ślad węglowy procesu produkcji wina w analizowanym zakładzie w latach 2023-2025 (rys. 8). Analiza wykazała zróżnicowanie wartości wskaźnika CF pomiędzy analizowanymi latami. Najwyższe średnie wartości śladu węglowego odnotowano w 2024 oraz 2025 roku, kształtujące się na jednakowym poziomie wynoszącym 0,078 kg CO_{2eq}/l wyprodukowanego wina. W 2023 roku średnia wartość śladu węglowego była niższa i wynosiła 0,066 kg CO_{2eq}/l. W analizowanym okresie zaobserwowano wzrost średniego śladu węglowego pomiędzy rokiem 2023 a 2024 o około 18%. W roku 2025 nie stwierdzono zmiany wartości CF względem roku poprzedniego (tabela 8).

We wszystkich analizowanych latach najwyższe wartości śladu węglowego przypadały na miesiące jesienno-zimowe, obejmujące okres od września do grudnia. Zjawisko to wskazuje na wyraźną zależność pomiędzy wartością śladu węglowego a sezonowością produkcji wina, która w tym czasie charakteryzuje się wyższym zapotrzebowaniem na energię elektryczną. W 2023 roku maksymalna wartość CF została odnotowana w październiku i wyniosła 0,196 kg CO_{2eq}/l (rys. 8). Analogiczną zależność zaobserwowano w 2024 roku, w którym również październik cechował się najwyższym poziomem śladu węglowego (0,206 kg CO_{2eq}/l). W przypadku 2025 roku najwyższą wartość CF zarejestrowano w sierpniu (0,217 kg CO_{2eq}/l). Warto jednak podkreślić, że dane dla tego roku obejmowały wyłącznie okres od stycznia do września.

7. Analiza porównawcza badanych obiektów z danymi literaturowymi

Uzyskane wyniki śladu węglowego produkcji wina wskazują na istotne różnice pomiędzy małą i dużą winiarnią, a także na znaczące rozbieżności w porównaniu z danymi literaturowymi dotyczącymi produkcji wina w różnych regionach świata (tabela 9). W małej winiarni ślad węglowy w zakresie „od kołyski do bramy” kształtował się w latach 2022–2024 na poziomie 4,62–5,05 kg CO_{2eq}/l, natomiast zakres „od bramy do bramy” wynosił 0,84–1,09 kg CO_{2eq}/l. Wartości te są wyższe niż średnie roczne wartości śladu węglowego uzyskane dla dużej winiarni, które w latach 2023–2025 wynosiły 0,066–0,078 kg CO_{2eq}/l. Takie różnice wynikają ze skali produkcji. Duża winiarnia charakteryzowała się wyższą efektywnością energetyczną, lepszym wykorzystaniem infrastruktury technicznej oraz możliwością optymalizacji procesów technologicznych, co prowadzi do znaczącego obniżenia emisji przypadających na jednostkę produktu. Analogiczne zależności opisano w literaturze, m.in. dla win produkowanych w regionie Finger Lakes w USA, gdzie ślad węglowy maleje wraz ze wzrostem skali winnicy – od 1,03 kg CO_{2eq}/butelkę w małych winnicach do 0,617 kg CO_{2eq}/butelkę w dużych zakładach.

Tabela 9. Ślad węglowy produkcji wina na świecie

Charakterystyka badań	Wartość CF	Czynniki wpływu na CF	*
Wino z regionu Maremma w Toskanii (Włochy)	0,6 - 1,3 kg CO _{2eq} /butelka	- produkcja szkła na butelki (40-60%), - uprawa winorośli (22%)	[1]
Wino z dużej firmy winiarskiej w Hiszpanii	0,7331 - 0,755 kg CO _{2eq} /butelka		[2]
białego wina wyprodukowanego w północnej części Portugalii, tj. białej <i>vinho verde</i>	2,0 kg CO _{2eq} /butelka (uprawa) 0,052 kg CO _{2eq} /butelka (dystrybucja)	- uprawa winorośli (50%), - produkcja butelek	[3]
wina wyprodukowane w Nowej Szkocji w Kanadzie	0,80 kg CO _{2eq} /butelka (uprawa)	- uprawa winorośli, - transport	[4]
wino typu „crianza” w regionie La Rioja (Hiszpania)	0,9-1,0 kg CO _{2eq} /butelka 0,50 kg CO _{2eq} /butelka (uprawa) 0,076 kg CO _{2eq} /butelka (dystrybucja)	- uprawa winorośli (w szczególności nawożenie), - produkcja szkła do butelek	[5]
win galicyjskich (północno-zachodnia Hiszpania) dla czterech lat produkcji (2007-2010)	2,5 kg CO _{2eq} /butelka	- uprawa winorośli (nawożenie), - produkcja butelek, - energia elektryczna	[6]
win w regionie Finger Lakes w stanie Nowy Jork, w Stanach Zjednoczonych	0,617 - 1,03 kg CO _{2eq} /butelka 1,03 kg CO _{2eq} /butelka (mała winnica) 0,742 kg CO _{2eq} /butelka (średnia winnica) 0,617 kg CO _{2eq} /butelka (duża winnica)	- produkcja szkła, - uprawa winorośli (nawozy, pestycydy), - energia elektryczna	[7]
czerwone wino (australijskim) konsumowane w Wielkiej Brytanii	1,25 kg CO _{2eq} /butelka	- uprawa winorośli (41%), - transport (szczególnie morski (32%)), - opakowanie (24%)	[8]

*[1] Bosco S., Di Bene C., Galli M., Remorini D., Massai R., Bonari E. Greenhouse Gas Emissions in the Agricultural Phase of Wine Production in the Maremma Rural District in Tuscany, Italy. *Italian Journal of Agronomy*, 2011, 6, <https://doi.org/10.4081/ija.2011.e15>.

[2] Marco-Fondevila M., Moneva J.M., Llana-Macarulla F. Accounting for Carbon Footprint Flows in Wine Production Process. Case Study in Spanish Winery, 2020, 10, <https://doi.org/10.3390/app10238381>.

[3] Neto B., Dias A.C., Machado M. Life cycle assessment of the supply chain of a Portuguese wine: from viticulture to distribution. *Int J Life Cycle Assess*, 2013, 18, 590–602, <https://doi.org/10.1007/s11367-012-0518-4>.

[4] Point E., Tyedmers P., Naugler C. Life cycle environmental impacts of wine production and consumption in Nova Scotia, Canada, *Journal of Cleaner Production*, 2012, 27, 11-20, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.12.035>.

[5] Gazulla C., Rauegi M., Fullana-i-Palmer P. Taking a life cycle look at crianza wine production in Spain: where are the bottlenecks? *Int J Life Cycle Assess*, 2010, 15, 330–337, <https://doi.org/10.1007/s11367-010-0173-6>.

[6] Vázquez-Rowe I., Villanueva-Rey P., Moreira M. T., Feijoo G. Environmental analysis of Ribeiro wine from a timeline perspective: Harvest year matters when reporting environmental impacts, *Journal of Environmental Management*, 2012, 98, 73-83, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.12.009>.

[7] Trombly A. J., Fortier M. O. P. Carbon Footprint of Wines from the Finger Lakes Region in New York State. *Sustainability*, 2019, 11, <https://doi.org/10.3390/su1110294>.

[8] Amienyo D., Camilleri C., Azapagic A. Environmental impacts of consumption of Australian red wine in the UK. *Journal of Cleaner Production*, 2014, 72, 110-119, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.02.044>.

8. Wnioski i podsumowanie

W związku z rosnącym znaczeniem zrównoważonego rozwoju, analiza wpływu sektora winiarskiego na środowisko stanowi ważny element identyfikacji obszarów wymagających optymalizacji oraz wdrażania nowoczesnych rozwiązań mających na celu ograniczenie emisji GHG. Przeprowadzono analizę emisji gazów cieplarnianych oraz obliczono wartość śladu węglowego dla procesu produkcji wina w krajowej małej i dużej winiarni.

Przeprowadzona analiza śladu węglowego produkcji wina w małej winiarni (okres analizy 2022-2024) wykazała znaczące różnice pomiędzy wynikami uzyskanymi dla zakresów „od kołyski do bramy” oraz „od bramy do bramy”. Zastosowanie dwóch wariantów analizy LCA pozwoliło jednoznacznie określić wpływ etapu pozyskiwania surowca na całkowitą wielkość emisji gazów cieplarnianych. W latach 2022-2024 zaobserwowano wyraźny wzrost ilości wykorzystywanego surowca oraz wielkości produkcji wina, co świadczy o rozwoju winiarni. Wzrost skali produkcji wiązał się jednocześnie ze wzrostem całkowitych emisji GHG, przy czym najwyższe wartości emisji odnotowano w 2023 i 2024 roku. Analiza w zakresie „od kołyski do bramy” wykazała, że dominującym źródłem emisji GHG była uprawa surowca, odpowiadająca za około 81% całkowitych emisji, natomiast zużycie energii elektrycznej stanowiło około 13%. Udział transportu zewnętrznego i wewnętrznego w emisjach nie przekraczał 1%. W zakresie „od bramy do bramy” największy udział w emisjach GHG miało zużycie energii elektrycznej, które odpowiadało za około 67% całkowitych emisji. Transport wewnętrzny również w tym wariantcie charakteryzował się najniższym udziałem w emisjach, poniżej 1%, co wskazuje na jego niewielki wpływ na całkowity ślad węglowy procesu produkcyjnego. Całkowite emisje GHG w analizie „od kołyski do bramy” były wielokrotnie wyższe niż w analizie „od bramy do bramy” i wynosiły odpowiednio od 55 tys. do 64 tys. kg CO_{2eq} oraz od 11 tys. do 12 tys. kg CO_{2eq}. Różnice te jednoznacznie potwierdzają, że etap pozyskiwania surowca ma kluczowe znaczenie dla całkowitego śladu węglowego produkcji wina. Wartości wskaźnika śladu węglowego różniły się w poszczególnych latach analizy. Dla zakresu „od kołyski do bramy” najwyższą wartość CF odnotowano w 2022 roku, natomiast najniższą w 2023 roku. W zakresie „od bramy do bramy” obserwowano spadek wartości wskaźnika CF, osiągając najniższą wartość w 2024 roku. Łącznie w latach 2022–2024 ślad węglowy w tym zakresie zmniejszył się o około 22,9%. Porównanie wartości wskaźnika CF dla obu zakresów analizy wykazało, że ślad węglowy uwzględniający etap uprawy surowca jest około pięciokrotnie wyższy niż ślad węglowy obejmujący jedynie proces produkcji i transport. Winnica dzięki wdrożeniu strategii „od pola do stołu”, niewielkiej odległości pomiędzy uprawą winorośli a miejscem produkcji oraz zastosowaniu rozwiązań proekologicznych, takich jak

pompa ciepła i instalacje fotowoltaiczne, przyczynia się do ograniczenia emisji związanych z transportem oraz zużyciem energii. Takie podejście ukazuje, że lokalna, zintegrowana produkcja wspierana przez ekologiczne rozwiązania technologiczne ma duże znaczenie dla zrównoważonego rozwoju przemysłu winiarskiego.

Ocena emisji GHG związanych z wytwarzaniem wina w dużym zakładzie produkującym wykazała, że proces produkcji wina w zakładzie generuje pośrednie emisje, wynikających głównie ze zużycia energii elektrycznej. Największe zapotrzebowanie energetyczne, a tym samym najwyższe emisje, przypadały na miesiące o zwiększonej produkcji. Całkowite emisje gazów cieplarnianych związane ze zużyciem energii elektrycznej wykazywały tendencje spadkową w analizowanym okresie. W 2024 roku odnotowano spadek emisji o ok. 4,3% w porównaniu z rokiem 2023. Natomiast w 2025 roku (dla okresu styczeń–wrzesień) emisje były niższe o ok. 41,9% względem 2024 roku i o ok. 44,3% w porównaniu z rokiem 2023. Najwyższe miesięczne emisje we wszystkich latach odnotowano głównie w miesiącach jesiennych, szczególnie w październiku i wrześniu. Najwyższe średnie wartości śladu węglowego uzyskano w latach 2024 i 2025 (0,078 kg CO_{2eq}/l), natomiast najniższą w 2023 roku (0,066 kg CO_{2eq}/l). Uzyskane wyniki wskazują, że zużycie energii elektrycznej stanowi główne źródło wpływu na środowisko naturalne w procesie produkcji wina. Ograniczenie emisji GHG w badanym zakładzie jest możliwe poprzez działania ukierunkowane na poprawę efektywności energetycznej, optymalizację procesów technologicznych oraz wdrażanie niskoemisyjnych lub odnawialnych źródeł energii.

Analiza emisji GHG powiązanych z produkcją wina w sektorze przemysłu alkoholowego jest kluczowym elementem identyfikacji procesów wywierających wpływ na środowisko. Uzyskane wyniki stanowią podstawę do opracowania działań mających na celu ograniczenie emisji oraz wspieranie zasad zrównoważonego rozwoju w przemyśle alkoholowym.



**INSTYTUT BIOTECHNOLOGII
PRZEMYSŁU ROLNO-SPOŻYWCZEGO
im. prof. Wacława Dąbrowskiego
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY**



**ZAKŁAD TECHNOLOGII
I TECHNIKI CHŁODNICTWA**

**Al. Marszałka J. Piłsudskiego 84
92-202 Łódź**

tel. (+48) 42 674 64 14

Kierownik Zakładu

dr hab. inż. Magdalena Wróbel-Jędrzejewska, prof. IBPRS-PIB
magdalena.jedrzejewska@ibprs.pl