



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

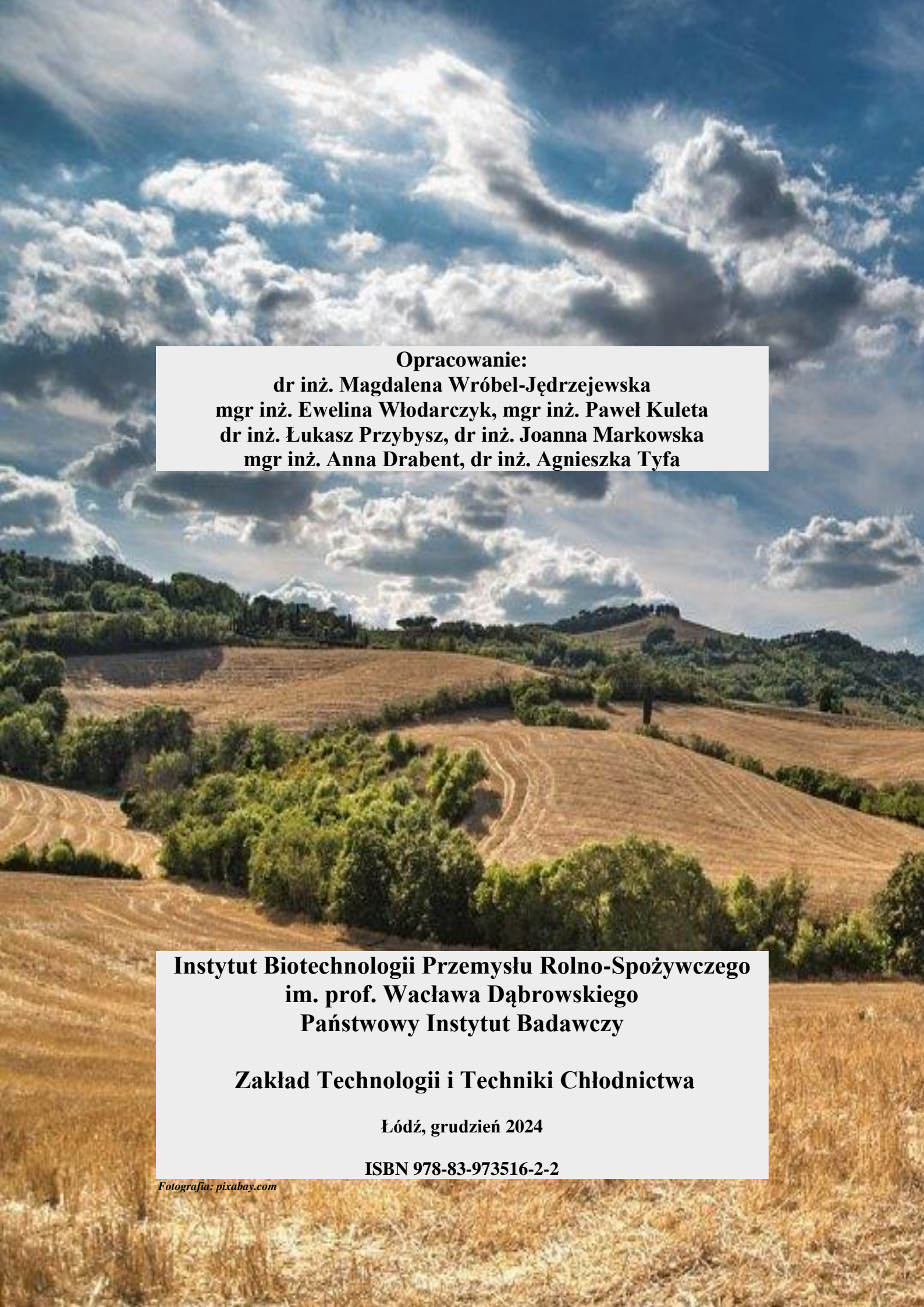
Analiza i metodologia pomiaru śladu węglowego dla krajowego przemysłu mięsnego



Badania realizowane w ramach:

Zadanie 8. Analiza i metodologia pomiaru śladu węglowego dla wybranych produktów rolno-spożywczych wytwarzanych przez krajowy przemysł mleczarski i mięsny na zlecenie Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi

Umowa nr DRE.prz.070.2.2024



Opracowanie:
dr inż. Magdalena Wróbel-Jędrzejewska
mgr inż. Ewelina Włodarczyk, mgr inż. Paweł Kuleta
dr inż. Łukasz Przybysz, dr inż. Joanna Markowska
mgr inż. Anna Drabent, dr inż. Agnieszka Tyfa

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

Zakład Technologii i Techniki Chłodnictwa

Łódź, grudzień 2024

ISBN 978-83-973516-2-2

Projekt MRiRW (Umowa nr DRE.prz.070.2.2024)

Zadanie 8. Analiza i metodologia pomiaru śladu węglowego dla wybranych produktów rolno-spożywczych wytwarzanych przez krajowy przemysł mleczarski i mięsny na zlecenie Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi

1. Wprowadzenie

Ochrona środowiska naturalnego poprzez m.in. zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych (GHG) to obowiązek producentów żywności. Wielkim wyzwaniem jest osiągnięcie neutralności dla klimatu do 2050 roku. Rolnictwo i przemysł rolno-spożywczy, a w szczególności przemysł mleczarski i mięsny, wymagają znacznego naukowego wsparcia w zakresie wdrażanych metod i technologii, aby dostosować się do rosnących wymagań prośrodowiskowych i minimalizacji oddziaływania na zmiany klimatu oraz środowisko naturalne. Gospodarka energetyczna w Polsce charakteryzuje się nadmiernym zużyciem energii, surowców i materiałów. Zatem, niezwykle ważnym problemem jest racjonalne ich użytkowanie we wszystkich jej gałęziach. Potrzeba opracowania jednolitych standardów metodologii analizy śladu węglowego dla produktów spożywczych wynika również z zapotrzebowania przedsiębiorstw i producentów żywności w Polsce, które są podmiotem o znaczeniu strategicznym również dla bezpieczeństwa żywnościowego w kraju.

Przemysł mleczarski jest rozległą dziedziną gospodarki, obejmuje przedsiębiorstwa, które zajmują się skupem i przerobem mleka na produkty mleczarskie, takie jak: mleko spożywcze, masło, śmietana, sery dojrzewające, topione i twarogowe, napoje mleczne, mleko w proszku oraz kazeina i lody. W Polsce baza surowcowa przemysłu mleczarskiego opiera się na dostawcach indywidualnych, którzy produkują rocznie ponad 11 mld litrów mleka. Produkcja mleka jest bardzo rozproszona. Organizacja mleczarstwa opiera się na spółdzielczości mleczarskiej. Zakłady przetwórstwa mleka obsługują głównie rynek krajowy (90% sprzedaży).

Przemysł mięsny jest jednym z filarów sektora spożywczego w Europie. W 2019 r. unijny sektor mięsny wyprodukował około 22,8 mln ton wieprzowiny, 6,9 mln ton wołowiny, 0,5 mln ton mięsa baraniego i koziego oraz 13,3 mln ton mięsa drobiowego. Przemysłowa produkcja mięsa wpływa na zmiany klimatu i degradację zasobów z powodu nadmiernego wypasu, emisji metanu i zużycia paliw kopalnych.

Polska jest szóstym, co do wielkości produkcji żywności krajem w UE. Obliguje to do podejmowania działań w celu zapewnienia jakości i bezpieczeństwa żywności, ale także do identyfikacji i monitorowania kluczowych aspektów środowiskowych w całym łańcuchu

żywnościowym, w tym ograniczenia emisji gazów cieplarnianych. Produkcja mięsa, mleka i ich przetwórstwo jest jedną z kluczowych gałęzi przemysłu wpływających na stan środowiska. Jednym ze sposobów zmniejszenia wpływu tej produkcji jest realizacja celów gospodarki o obiegu zamkniętego, czyli stałe współdziałanie całego łańcucha podmiotów: od rolników, producentów żywności, dostawców i sieci handlowe po konsumentów oraz świadome podejmowanie działań na rzecz środowiska. Istotne zagadnienia, znajdujące umocowanie w dokumentach strategicznych (SZRWRiR, WPR, SOR, F2F, Zielony Ład), dotyczą wskazania działań i mechanizmów umożliwiających opracowanie i wprowadzanie niskoemisyjnych technologii w tych branżach. Plan Strategiczny dla WPR wspiera zrównoważony rozwój polskich gospodarstw w zakresie przetwórstwa. Rezolucja Parlamentu Europejskiego w sprawie strategii „od pola do stołu” kładzie nacisk na prowadzenie działań z poszanowaniem środowiska naturalnego i obniżeniem emisji. Ponadto, Komisja Europejska planuje wprowadzenie znakowania żywności śladem węglowym w celu promowania zrównoważonej gospodarki. Zasadność prowadzenia prac w tym zakresie jest również potwierdzona w raporcie dotyczący śladu węglowego („The consumer footprint: Monitoring sustainable development goal 12 with process-based life cycle assessment”). Jest to również zgodne z założeniami Strategii F2F, która m.in.: chce osiągnięcia celów gospodarki o obiegu zamkniętym – zmniejszenie wpływu na środowisko sektorów przetwórstwa spożywczego i handlu detalicznego poprzez podjęcie działań w zakresie transportu, magazynowania, pakowania i odpadów żywnościowych oraz wprowadzenia przejrzystego znakowania żywności (miejscem pochodzenia, wartością odżywczą, wskaźnikami środowiskowymi). Rośnie liczba osób wybierających produkty, które wytworzono z uwzględnieniem ochrony środowiska. Unia Europejska zobowiązała się do osiągnięcia neutralności klimatycznej do 2050 roku - oznacza to, że musimy radykalnie zmniejszyć emisje gazów cieplarnianych i zrekompensować emisje resztkowe (np. z przemysłu lub rolnictwa) poprzez pochłanianie dwutlenku węgla (CO₂) z atmosfery ziemskiej za pomocą rozwiązań naturalnych i technologicznych (Wniosek z 30.11.2022 r. 2022/0394 Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady ustanawiające unijne ramy certyfikacji usuwania dwutlenku węgla). Zatem, istotne jest opracowanie innowacyjnych technologii i zrównoważonych rozwiązań w zakresie przemysłu spożywczego, przy jednoczesnym zwalczaniu tzw. greenwashingu (niejasnych i wprowadzających w błąd oświadczeń środowiskowych - „pseudoeologiczny marketing”). Wynika, to głównie z faktu, że konsumenci wykazują brak zaufania do wiarygodności oznaczeń żywności związanych ze zrównoważonym rozwojem. Na podstawie badań Komisji Europejskiej (2020 r.) stwierdzono, że 53,3% z badanych oświadczeń

środowiskowych w UE uznano za niejasne, wprowadzające w błąd lub bezpodstawne, a 40% za nieuzasadnione. Brak wspólnych zasad dla przedsiębiorstw, składających dobrowolne oświadczenia ekologiczne, prowadzi do chaosu i stwarza nierówne szanse na rynku UE, ze szkodą dla rzeczywiście zrównoważonych przedsiębiorstw. Komisja Europejska chce przeciwdziałania zjawisku greenwashingu i wprowadzającym w błąd oświadczeniom dotyczącym ochrony środowiska, jakie znajdują się na etykietach produktów. Zgodnie z pracami Komisji Europejskiej konieczne jest precyzyjne zbadanie i monitorowanie procesów produkcji żywności w kontekście ich oddziaływania na środowisko również w celu wiarygodnego informowania konsumentów (Wniosek z dnia 30.11.2022 r. 2022/0394 (COD) - Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie uzasadniania wyraźnych oświadczeń środowiskowych i informowania o nich (dyrektywa w sprawie oświadczeń środowiskowych)). Zatem, istnieje potrzeba opracowania jednolitych standardów metodologii analizy śladu węglowego (CF) dla produktów mleczarskich i mięsnych. Kalkulacja CF jest jeszcze nieobowiązkowa, jednakże jest coraz częściej stosowana m.in. ze względu na raportowanie wyników redukcji emisji gazów cieplarnianych przez producentów żywności.

Analiza śladu węglowego wykorzystana na potrzeby benchmarku krajowych producentów będzie istotnym elementem rozwoju polskiego przemysłu w kierunku gospodarki niskoemisyjnej i mniej energochłonnej. Ponadto, wyniki analiz mogą posłużyć do promocji polskiej żywności znakowanej w przyszłości śladem węglowym. Badania w tym zakresie mają wymiar interdyscyplinarny i wpisują się w Europejską strategię One-Health, Komisji Europejskiej. Do korzyści środowiskowych należy zaliczyć wkład w rozwiązanie problemów wynikających z konieczności racjonalnego użytkowania zasobami naturalnymi oraz sprostanie założeniom biogospodarki. Spodziewane wyniki mają również wymiar ekonomiczny. Wprowadzane modyfikacje istniejących oraz projektowane nowe rozwiązania przemysłowe powinny być możliwie obojętne dla środowiska, niskoemisyjne i bezodpadowe. Prowadzone w ramach tego kierunku 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. Wyniki badań można będzie rozpatrywać w wymiarze ekonomicznym, wiążąc je z obniżeniem kosztów eksploatacyjnych, z efektami środowiskowymi i społecznymi, wynikającymi z redukcji zanieczyszczeń.

2. Cel badania:

Celem projektu jest zidentyfikowanie kluczowych aspektów związanych z emisjami gazów cieplarnianych i opracowanie jednolitych standardów metodologii analizy śladu węglowego dla branży mleczarskiej i mięsnej.

3. Zakres prac obejmował:

- analizę rynku produktów rolno-spożywczych wytwarzanych przez krajowy przemysł mleczarski i mięsny; wybór produktów i analizę procesu ich produkcji,
- identyfikację procesów jednostkowych w poszczególnych etapach wytwarzania wybranego produktu; identyfikację i analizę działań związanych z emisją (pośrednią i bezpośrednią) GHG na etapach produkcji,
- opracowanie metodyki analizy CF dla wybranego produktu; porównanie śladu węglowego pomiędzy krajowymi producentami branży mleczarskiej i mięsnej,
- przygotowanie raportu końcowego z badań; przygotowanie publikacji, a także materiałów do prezentacji na konferencjach naukowych.

4. Materiał badawczy

Materiał badawczy obejmował produkty rolno-spożywcze, produkowane w krajowych zakładach przetwórczych, takich jak rzeźnie i przetwórnice mięsa. Analiza dotyczyła głównie wybranych produktów, takich jak mięso i jego wyroby, bazując na kluczowych informacjach uzyskanych od współpracujących zakładów oraz z pomiarów linii produkcyjnych. Szczegółowo zbadano poszczególne etapy produkcji – od wyboru surowców, poprzez proces przetwarzania, aż po wytworzenie gotowego produktu. Zwrócono także uwagę na aspekty związane z transportem, obejmując: rodzaje środków transportu, warunki przechowywania oraz łańcuch dostaw. W analizie danych skupiono się na identyfikacji obszarów, w których możliwa jest optymalizacja lub wprowadzenie usprawnień mających na celu zwiększenie efektywności procesów produkcji i logistyki. Zakres badań obejmował także analizę procesów technologicznych oraz opracowanie diagramów dla jednostkowych operacji w cyklu produkcyjnym. Po szczegółowym opisanu technologii produkcji, zdefiniowano zakresy pomiarowe śladu węglowego, jednostkę funkcjonalną oraz granice systemu pomiarowego. Wykonano także analizę bilansu materiałowego, badając zarówno wejścia, jak i wyjścia w określonych zakresach oraz w całym cyklu życia produktów. Opracowano metodologię obliczania śladu węglowego procesu, uwzględniając poszczególne elementy

cyklu życia produktu. Ponadto, zaprojektowano system pomiarowy i sposób gromadzenia danych dotyczących m.in. emisji i produkcji. Na podstawie tych danych stworzono bazę, która umożliwia obliczanie śladu węglowego w zależności od skali produkcji.

5. Metodyka szacowania śladu węglowego

Wyliczenie śladu węglowego (tabela 1) polega na oszacowaniu całkowitej emisji gazów cieplarnianych generowanych przez daną osobę, organizację, produkt czy działalność w określonym czasie. Szczegółowe zasady analizy Carbon Footprint i sposoby obliczenia wartości CF są opisane w odpowiednich dokumentach normatywnych. Analiza cyklu życia (LCA) jest narzędziem wykorzystywanym do określania śladu węglowego. Istnieje kilka metodologii do tego celu, które opierają się na analizie różnych źródeł emisji. Oto niektóre z głównych podejść:

- GHG Protocol stosowany do obliczania emisji gazów cieplarnianych, który dzieli emisje na trzy zakresy:
 - Zakres 1: Emisje bezpośrednie, wynikające z działalności organizacji (np. spalanie paliwa).
 - Zakres 2: Emisje pośrednie związane z zakupioną energią (np. prąd, ogrzewanie).
 - Zakres 3: Inne emisje pośrednie związane z łańcuchem dostaw, transportem, podróżami służbowymi itp.
- ISO 14064: Norma międzynarodowa dotycząca raportowania emisji gazów cieplarnianych na poziomie organizacyjnym.

Tabela 1. Wzory do określenia śladu węglowego

Wartość śladu węglowego (CF) podaje się w ekwiwalentnej ilości (CO _{2-e})	Ślad węglowy CF produktu, procesu, technologii jest sumą wszystkich emisji bezpośrednich i pośrednich, jakie zostały zidentyfikowane w całym cyklu i zakresie analizy
$CO_{2-e} = GHG \cdot GWP_{GHG}$	$CF = \sum_{i=1}^n (CO_{2-e})_i + \sum_{j=1}^m (CO_{2-e})_j$
CO _{2-e} – ekwiwalentna wielkość emisji wyrażona w kg (lub innych jednostkach masy) CO ₂ , GHG – wielkość emisji danego gazu cieplarnianego wyrażona w kg (lub innych jednostkach masy), GWP _{GHG} – wartość GWP (Global Warming Potential) danego gazu cieplarnianego (kg CO _{2-e} /kg GHG)	CF - ślad węglowy produktu [kg CO _{2-e} /kg produktu] (CO _{2-e}) _i – wielkość emisji bezpośredniej z i-tego źródła wyrażona w ekwiwalentnej ilości CO ₂ [kg CO _{2-e} /kg produktu], (CO _{2-e}) _j – wielkość emisji pośredniej z j-tego źródła wyrażona w ekwiwalentnej ilości CO ₂ [kg CO _{2-e} /kg produktu]

6. Analiza śladu węglowego wybranych produktów rolno - spożywczych na świecie

Dokonano analizy etapów produkcyjnych, materiałów używanych w tych procesach oraz typów emisji powstających podczas ich trwania. Zidentyfikowano elementy przetwórstwa, które najbardziej oddziałują na środowisko. Wskazano emisje, które mają najistotniejsze znaczenie w całym cyklu produkcji.

6.1. Analiza śladu węglowego produkcji mięsa

Do obliczenia śladu węglowego mięsa niezbędna jest analiza całego procesu powstawania żywności. Głównym czynnikiem, który przyczynia się do śladu węglowego produkcji mięsa jest hodowla zwierząt. Emisje gazów cieplarnianych związane z hodowlą zwierząt są głównie spowodowane procesem trawienia przeżuwaczy, takich jak krowy, które produkują duże ilości metanu. Metan jest silnym gazem cieplarnianym. Produkcja pasz dla zwierząt również generuje emisje GHG, zarówno w procesie uprawy roślin, jak i w procesie produkcji samej paszy. Transport zwierząt, pasz, a także gotowych produktów mięsnych przyczynia się do emisji dwutlenku węgla, zwłaszcza w przypadku długich tras transportowych. Przetwórstwo mięsa, zwłaszcza w zakresie chłodzenia, zamrażania i pakowania, również generuje emisje gazów cieplarnianych. Związane z produkcją mięsa odpady, zarówno organiczne, jak i opakowaniowe, mogą generować emisje metanu w wyniku procesów rozkładu.

W hodowli zwierząt główne źródła emisji GHG obejmują kilka kluczowych procesów: produkcję pasz, fermentację jelitową u zwierząt (szczególnie u przeżuwaczy) podczas trawienia, magazynowanie obornika oraz zużycie energii w budynkach gospodarczych i w procesie przygotowania pasz. Ważne jest zauważenie, że emisje GHG powiązane z przechowywaniem naturalnych nawozów nie uwzględniają straconych gazów podczas ich stosowania na polach, gdyż te emisje są przypisywane produkcji roślin uprawnych.

Ślad węglowy może być używany jako wiarygodny wskaźnik ekologiczny w rolnictwie, odzwierciedlając poziom zrównoważenia produkcji rolnej. Ten wskaźnik bierze pod uwagę różnorodność aspektów (tabela 2), takich jak: metody produkcji rolnej, warunki geograficzne, różnice techniczne i technologiczne, a także dostępne zasoby naturalne.

Tabela 2. Przegląd różnych analiz szacowania CF produkcji mięsa

Charakterystyka badań	Wartość CF	Czynniki wpływu na CF	*
- CF produkcji wieprzowiny w różnych systemach rolniczych - analiza cyklu życia (LCA)	CF wieprzowiny: - organicznej produkcji rolnej - 3,97 kg CO _{2eq} /kg - dobra praktyka rolnicza – 2,30 kg CO _{2eq} /kg - forma pośrednia – 3,46 kg CO _{2eq} /kg	- forma produkcji rolnej - zakres produkcyjny - stosowane zabiegi agrotechniczne - nakłady energetyczne, - skala produkcji	[1]
- CF wołowiny - różne łańcuchy dostaw w Wielkiej Brytanii i Brazylii - emisje gazów cieplarnianych pogrupowane do trzech różnych obszarów: 1 gospodarstwo, 2 ubój i 3 transport - nie uwzględniono przechowywania w centrach dystrybucji i na rynkach	całkowite emisje na kg mięsa bez kości obliczono na 33,85, 33,99 i 45,17 kg CO ₂ odpowiednio dla gospodarstw rolnych w Wielkiej Brytanii i Brazylii	- wiek i masa tuszy w momencie uboju - warunki geograficzne	[2]
- CF wołowiny w Kanadzie, Stanach Zjednoczonych, Unii Europejskiej - zakres analizy "od kołyski do bramy gospodarstwa" - metodologia IPCC	CF wołowiny - od 8 do 22 kg CO _{2eq} /kg - w Kanadzie CF - 9,5 kg CO _{2eq} /kg., - w Stanach Zjednoczonych CF - 13,2 kg CO _{2eq} /kg - w UE CF - od 12,6 do 16,6 kg CO _{2eq} /kg	- rodzaju systemu hodowli - lokalizacji - rok - alokacji - granice badania - rodzaju praktyk zarządzania	[3]
- CF wieprzowiny w Austrii - analizy cyklu życia (LCA) - przeanalizowano etapy: hodowla trzody chlewnej, ubój, sprzedaż detaliczna i spożycie świeżego mięsa.	CF wieprzowiny - 4,38 kg CO _{2eq} /kg	- hodowla trzody chlewnej	[4]
- CF wołowiny w Kalifornii - ocenę cyklu życia (LCA) przy użyciu modelu zintegrowanego systemu hodowli (IFSM) - IFSM to model gospodarstwa, który symuluje wzrost upraw, produkcję i wykorzystanie paszy, rozwój zwierząt oraz powrót składników odżywczych z obornika	CF wołowiny - od 10,7 do 22,6 kg CO _{2eq} /kg	- uprawa pasz - spalanie paliw - paliwo, energia elektryczna, maszyny, nawozy i zakupione zwierzęta	[5]
- CF trzody chlewnej w północnych Niemczech - granice analizowanego systemu obejmowały: produkcję pasz, tucz trzody chlewnej oraz jej ubój	CF wieprzowiny - 3,62 kg CO _{2eq} /kg	- liczbę prosiąt urodzonych żywych, - zawartość chudego mięsa - współczynnik wykorzystania paszy.	[6]

*

[1] Więk A., Tkacz K. Ślad węglowy surowców zwierzęcych. *Postępy Nauki i Technologii Przemysłu Rolno-Spożywczego* 2012, 67, 2, 81-94.

[2] Schroeder R., Aguiar L. K., Baines R. Carbon footprint in meat production and supply chains. *Journal of Food Science and Engineering* 2012, 2(11), 652-665.

[3] Desjardins R.L., Worth D.E., Vergé X.P.C., Maxime D., Dyer J., Cerkowniak D. Carbon Footprint of Beef Cattle. *Sustainability* 2012, 4, 3279-3301. <https://doi.org/10.3390/su4123279>

[4] Winkler T., Schopf K., Aschemann R., Winiwarter W. From farm to fork – A life cycle assessment of fresh Austrian pork. *J. Clean. Prod.* 2016, 116, 80–89.

[5] Sykes A.J., Topp C.F.E., Rees R.M. Understanding uncertainty in the carbon footprint of beef production. *Journal of Cleaner Production* 2019, 234, 423-435, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.171>.

[6] Reckman K., Krieter J. Environmental impact of the pork supply chain depending on farm performance. *8th Int. Conference on LCA in the Agri-Food Sector 2012, Saint Malo, France*, 668-669.

Wprowadzenie jednolitych standardów do analizy śladu węglowego produktów mięsnych jest niezbędne do zapewnienia spójności, transparentności i porównywalności danych. Pomaga to, w osiągnięciu celów zrównoważonego rozwoju i wzmacnia zaufanie konsumentów. Wspólne standardy wspierają również międzynarodową współpracę i innowacje, co jest kluczowe w globalnej walce z zmianami klimatycznymi. Wsparcie naukowe w zakresie zielonego gospodarowania jest kluczowe dla rozwoju rolnictwa i przetwórstwa rolno-spożywczego. Wobec tego, celem badań było zidentyfikowanie kluczowych aspektów związanych z emisjami gazów cieplarnianych i opracowanie jednolitych standardów metodologii analizy śladu węglowego dla branży mięsnej.

7. Wyniki badań

7.1. Badania i analiza CF produkcji mięsa i jego przetwórstwo

Przeprowadzono analizę produkcji mięsa i jego przetwórstwa dla 3 krajowych zakładów różnej wielkości (duże, średnie i małe przedsiębiorstwo) w kontekście opracowania metodologii wyliczenia śladu węglowego. Po scharakteryzowaniu procesu technologicznego, określono zakres pomiarowy CF. Opracowano metodę liczenia śladu węglowego. Zebrano dane emisyjne i produkcyjne w opracowanej bazie danych. W badaniach wykorzystano wartości wskaźników emisyjności energii elektrycznej i paliw za 2023 rok. Na podstawie uzyskanych danych przeprowadzono badania śladu węglowego produkcji mięsa i jego przetwórstwa. Poniżej zaprezentowano uzyskane dane dotyczące procesów produkcji mięsa w analizowanych obiektach.

7.1.1. Analiza zakładu nr 1 (duże przedsiębiorstwo)

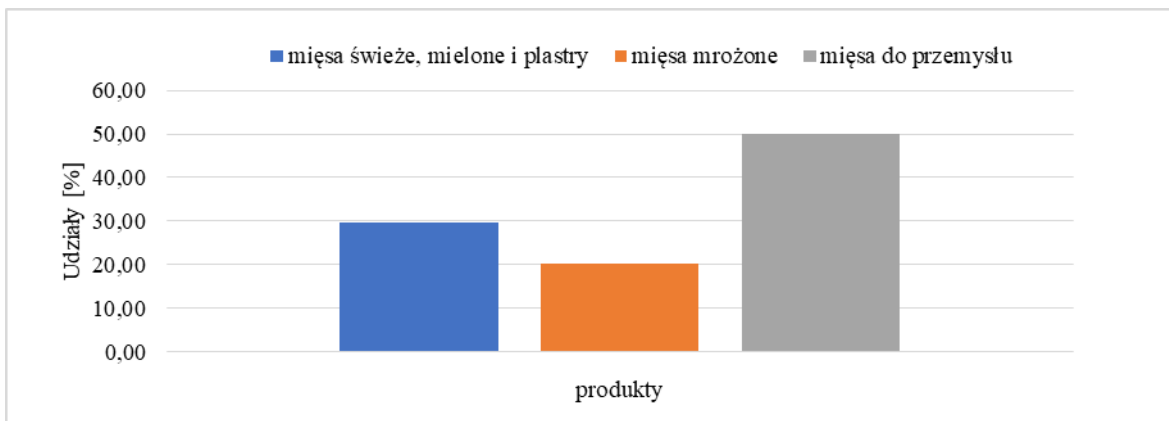
Analizę przeprowadzono na podstawie danych informacji otrzymanych od przedstawiciela dużego przedsiębiorstwa dla dwóch odrębnie funkcjonujących obiektów, w których znajdują się:

- linie technologiczne do uboju trzody chlewnej o zdolności przetwarzania ponad 50 ton masy ubojowej na dobę – UBOJNIA – obiekt 1,
- linie technologiczne do produkcji lub przetwórstwa produktów spożywczych: z surowych produktów pochodzenia zwierzęcego, o zdolności produkcyjnej ponad 75 ton wyrobów gotowych na dobę – PRZETWÓRNIA – obiekt 2.

Prowadzony jest skup żywca wieprzowego. Asortyment produkowanych wyrobów jest zależny od miesiąca produkcji i udziały poszczególnych grup w całej produkcji zostały przedstawione na rysunku 1 dla poszczególnych miesięcy i rysunku 2 dla całego roku.



Rys. 1. Udział wielkości produkcji według grup asortymentowych w poszczególnych miesiącach w roku 2023



Rys. 2. Udział wielkości produkcji według grup asortymentowych w 2023 roku

Analizowany proces produkcji w zakładzie nr 1 składał się z kilku etapów. Proces rozpoczyna się od uboju trzody chlewnej – obiekt 1. Żywiec wieprzowy przyjmowany jest do magazynu żywca. Przed ubojem w kojach trzoda podlega zabiegom mycia wstępnego. Następnie trzoda (maksymalnie 4 - 5 szt.) umieszczana jest w komorze głośzenia gazowego CO₂. Sztuki ogłuszone, w najkrótszym możliwym czasie, poddaje się kluciu i wykrwawianiu. Wykrwawianie odbywa się na torze wykrwawiania, skąd tusze przechodzą przez myjkę wstępną. Następnie, przesuwane są do oparzalnika i poddane działaniu pary pod ciśnieniem i umieszczane w dwustopniowej szczeciniarce. Po odszczecinieniu tusze specjalną rynną zjeżdżają na stół rolkowy, gdzie są zawieszane na hakach. Powieszona tusze przesuwane są po platformie pomiaru mięsności oraz poddane oznakowaniu numerem. Następnie przechodzą przez system osuszania i podlegają opaleniu w piecu duńskim oraz są poddawane doczyszczaniu końcowemu (automatyczna myjka) i przesuwane na część czystą uboju. Tusze

są wytrzewiane. Po zakończeniu procesu ubojowego półtusze wieprzowe umieszczane są w chłodni poubojowej, gdzie są schładzane do temperatury poniżej 7 °C. Do rozbioru i/lub sprzedaży kwalifikują się wyłącznie półtusze o maksymalnej temperaturze mięsa 7 °C. Ośrodki wieprzowe są schładzane w chłodni ośrodków do temperatury maksymalnej 3 °C, umieszczane w pomieszczeniu rozbioru ośrodków, następnie transportowane są do działu pakowania, skąd są kierowane do magazynu i do sprzedaży.

Kolejnym etapem jest rozbiór półtuszy wieprzowych. Półtusze przyjęte na rozbiór cięte są na trzy części: przodek, środek i szynkę. Przodki są rozbierane na elementy, m.in. łopatka, karkówka, żeberka, mostki. Z linii środka pozyskuje się m.in.: boczek, żebra, schab, słoninę. Z linii szynki można pozyskać m.in. pięć głównych mięśni tj.: górna zrazowa, dolna zrazowa, ligawa, myszka, ogonówka. Po stanowisku ważenia pojemniki z mięsem zgodnie z nadanym przeznaczeniem mogą być kierowane do:

- działu pakowania - zapakowane w kartony, etykietowane, przekazane do mrożenia i przeznaczone do dalszej sprzedaży,
- magazynu mięs otwartych - zapakowane w pojemniki (z folią lub bez), zważone, etykietowane i przeznaczone do dalszej sprzedaży,
- mrożenia płytowego - mięsa przeznaczone do mrożenia płytowego, otrzymane bloki są przeznaczone do sprzedaży przemysłowej,
- standaryzacji: mięsa drobne są standaryzowane, mieszane, wsypane do pojemnika (z workiem lub bez), a następnie transportowane zgodnie z kierunkiem przeznaczenia,
- działu pakowania - mięso przeznaczone do pakowania (MAP, VAC) i przekazane na magazyn mięsa do pakowania.

Następnie realizowany jest proces zamrażania produktów. Po właściwym oznakowaniu i przygotowaniu towaru do transportu przewozi się go za pomocą wózka widłowego w zależności od potrzeby do tunelu zamrażalniczego, zamrażarek płytowych lub mroźni. Produkty przeznaczone do mrożenia należy odpowiednio skontrolować: oznakowanie towaru (nazwę, numer partii, wagę), temperaturę towaru (max +7 °C) i stan opakowań. Towar pakowany jest w karton wyłożony folią i układany na drewnianej palecie, stosuje się specjalne przekładki w celu lepszej cyrkulacji powietrza pomiędzy poszczególnymi warstwami produktu, co pozwala na lepszy przepływ zimnego powietrza i szybszy proces zamrażania. Każdy karton i paletę oznakowuje się etykietą jednostkowa i zbiorczą odpowiednio, z kodem kreskowym zawierającą nazwę, datę zamrożenia oraz wagę. Przygotowany towar przechowuje się w mroźni, w temperaturze od -18 do -25 °C w celu zamrożenia. Czas zamrożenia (osiągnięcia temperatury w produkcji -18 °C) wynosi

maksymalnie 7 dni, po tym czasie dokonuje się kontroli temperatur, która uzależniona jest o rodzaju asortymentu i waha się pomiędzy -18 °C a -23 °C.

Po przeanalizowaniu procesów technologicznych, przeprowadzono ocenę emisji gazów cieplarnianych związanych z produkcją i transportem w ubojni – obiekt 1. Skoncentrowano się głównie na produkcji i zużyciu nośników energetycznych w celu określenia śladu węglowego. W analizie wykorzystano wskaźniki konwersji nośników energii (tabela 3). Dane dotyczące produkcji i zużycia nośników energetycznych zostały zgromadzone w bazie danych, a dane zbiorcze dla roku 2023 zostały przedstawione w tabelach 4 i 5.

Tabela 3. Współczynniki konwersji zastosowanych nośników energii do analizy produkcji w zakładzie

Media energetyczne	Wartość wskaźnika	Źródło
Olej napędowy [litr]	2,66 kg CO _{2eq} /litr	https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2023
LPG [kg]	2,94 kg CO _{2eq} /kg	
Gaz ziemny [kWh]	0,2 kg CO _{2eq} /kWh	
Gaz ziemny [m ³]	2,04 kg CO _{2eq} /m ³	
Energia elektryczna [kWh]	0,685 kg CO _{2eq} /kWh	KOBiZE, 2023
Energia elektryczna [kWh]	0,403426 kg CO _{2eq} /kWh	FORTUM, 2023

Tabela 4. Wielkość produkcji w zakładzie w 2023 roku

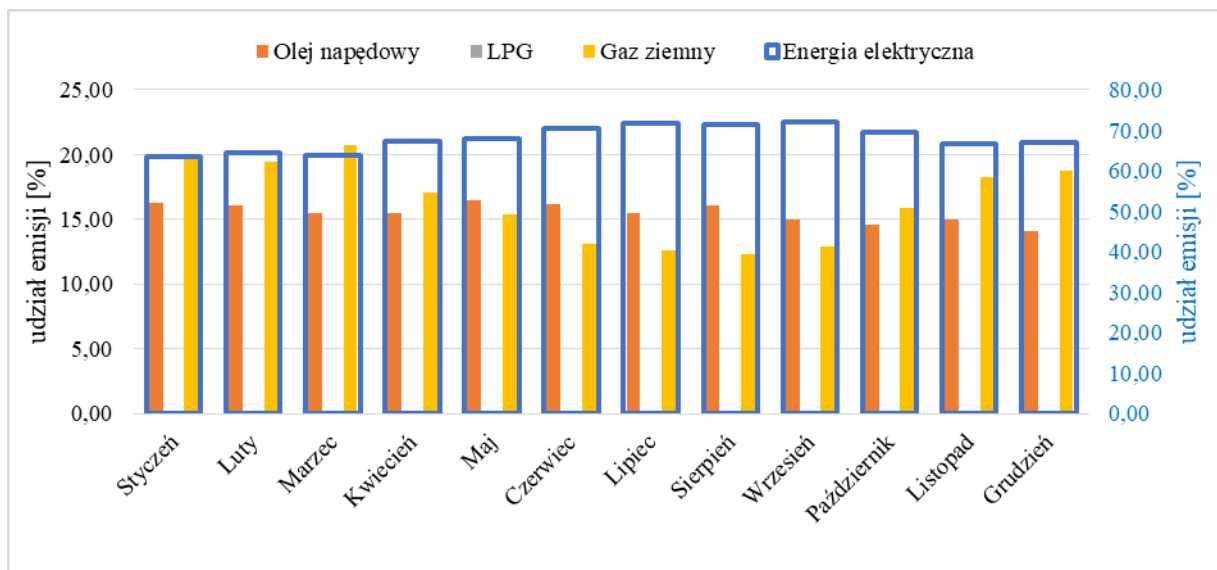
Miesiąc	Wielkość produkcji (uboju) w kg	Trzoda chlewna w szt.
styczeń	10 279 111,36	104 368,00
luty	10 082 377,67	101 825,00
marzec	10 848 881,08	118 824,00
kwiecień	6 973 184,03	82 636,00
maj	9 719 676,20	105 787,00
czerwiec	7 976 663,50	91 348,00
lipiec	9 655 191,11	91 295,00
sierpień	12 146 755,38	99 223,00
wrzesień	12 848 864,37	105 644,00
październik	11 534 275,95	119 389,00
listopad	11 084 835,00	113 849,00
grudzień	9 965 224,30	100 880,00
Razem	123 115 039,95	1 235 068,00

Tabela 5. Charakterystyka zużycia nośników energetycznych w zakładzie w 2023 roku

Miesiąc	Energia elektryczna	ON – olej napędowy	LPG	Gaz ziemny
	kWh	litr	kg	kWh
styczeń	1 228 330,00	80 696,00	440,00	1 326 991,00
luty	1 246 628,00	80 310,00	429,00	1 292 683,00
marzec	1 403 934,00	87 743,00	550,00	1 566 748,00
kwiecień	1 189 747,00	70 526,00	407,00	1 035 119,00
maj	1 380 947,00	85 870,00	396,00	1 069 009,00
czerwiec	1 368 907,00	81 032,00	429,00	872 265,00
lipiec	1 421 453,00	78 675,00	330,00	856 961,00
sierpień	1 474 813,00	85 162,00	363,00	871 759,00
wrzesień	1 497 377,00	80 276,00	440,00	916 919,00
październik	1 502 055,00	81 493,00	407,00	1 180 358,00
listopad	1 402 344,00	81 194,00	396,00	1 311 694,00
grudzień	1 327 863,00	72 046,00	506,00	1 269 152,00
Razem	16 444 398,00	965 023,00	5 093,00	13 569 658,00

Tabela 6. Emisje GHG związana ze zużyciem nośników energetycznych dla zakładu za 2023 rok

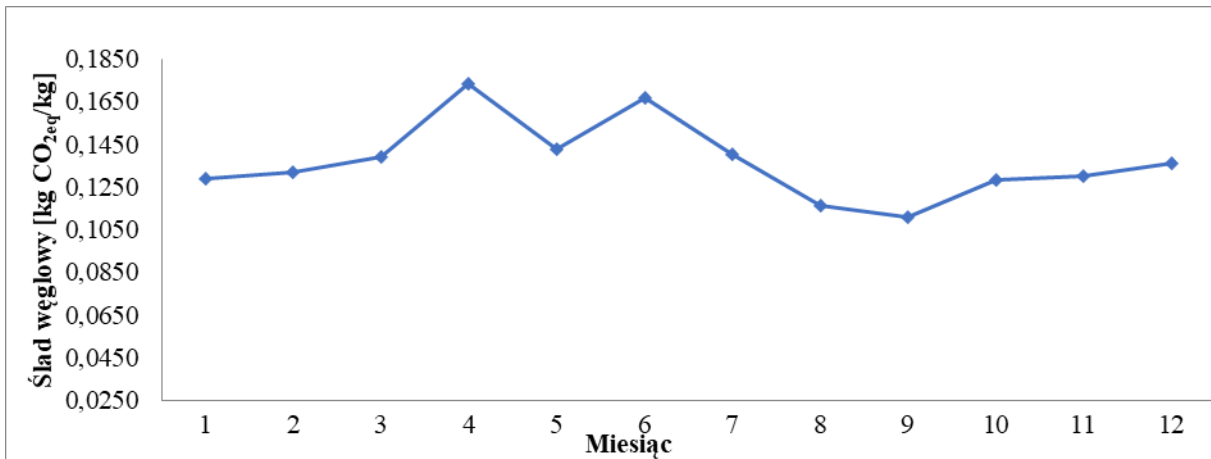
Miesiąc	Emisja [kg CO _{2eq}]				
	Energia elektryczna	Olej napędowy	LPG	Gaz ziemny	Suma wszystkich emisji
styczeń	841 406	214 651,36	1 293,3	265 398,20	1 322 748,9
luty	853 940	213 624,60	1 261,0	258 536,60	1 327 362,4
marzec	961 695	233 396,38	1 616,6	313 349,60	1 510 057,4
kwiecień	814 977	187 599,16	1 196,3	207 023,80	1 210 796,0
maj	945 949	228 414,20	1 164,0	213 801,80	1 389 328,7
czerwiec	937 701	215 545,12	1 261,0	174 453,00	1 328 960,4
lipiec	973 695	209 275,50	970,0	171 392,20	1 355 333,0
sierpień	1 010 247	226 530,92	1 067,0	174 351,80	1 412 196,6
wrzesień	1 025 703	213 534,16	1 293,3	183 383,80	1 423 914,5
październik	1 028 908	216 771,38	1 196,3	236 071,60	1 482 947,0
listopad	960 606	215 976,04	1 164,0	262 338,80	1 440 084,5
grudzień	909 586	191 642,36	1 487,3	253 830,40	1 356 546,2
Razem	11 264 413	2 566 961	14 970,2	2 713 931,60	16 560 275,6



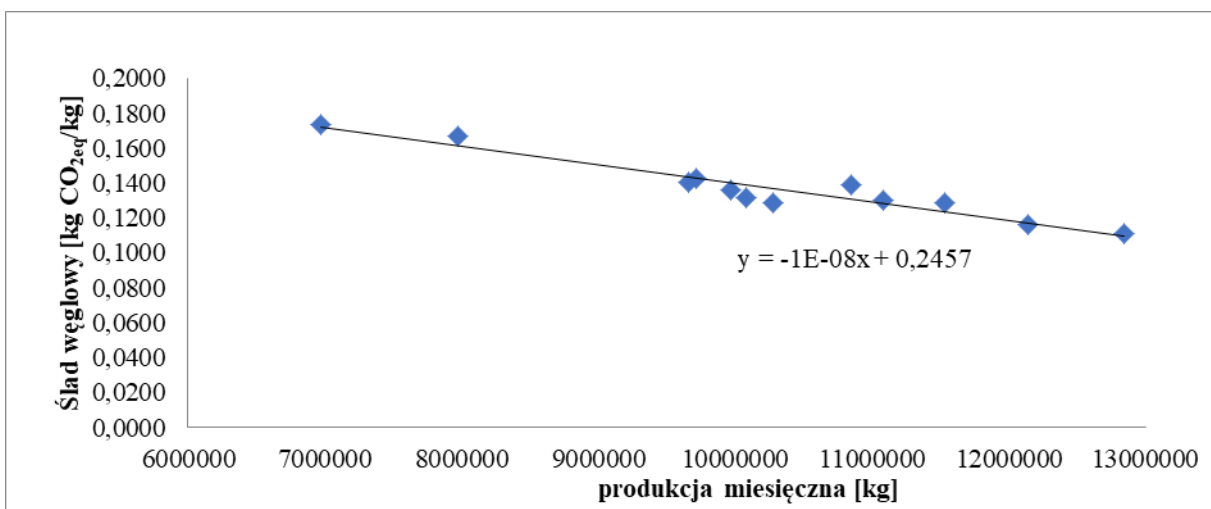
Rys. 3. Miesięczny udział emisji poszczególnych nośników energii dla zakładu w 2023 roku

Tabela 7. Miesięczne wartości śladu węglowego dla zakładu w 2023 roku

Miesiąc	2023 rok
	CF [kg CO _{2eq} /kg]
styczeń	0,1287
luty	0,1317
marzec	0,1392
kwiecień	0,1736
maj	0,1429
czerwiec	0,1666
lipiec	0,1404
sierpień	0,1163
wrzesień	0,1108
październik	0,1286
listopad	0,1299
grudzień	0,1361
CF_{SR}	0,1345



Rys. 4. Miesięczny ślad węglowy dla zakładu w 2023 roku



Rys. 5. Zależność CF od miesięcznej wielkości produkcji dla zakładu 2023 roku

We wstępnej analizie przyjęto wskaźniki dotyczące energii elektrycznej zgodnie z raportem KOBiZE, aby móc porównać ją z innymi obiektami badawczymi (zakładami mięsnymi w Polsce). Na podstawie danych zużycia nośników energetycznych wyliczono emisję GHG (tabela 6) oraz określono udział procentowy poszczególnych źródeł dla zakładu nr 1 i przedstawiono graficznie na rysunku 3. Uwzględniając otrzymane wyniki wyznaczono ślad węglowy dla poszczególnych miesięcy w analizowanym roku (tabela 7). Określony ślad węglowy produkcji dla ubojni w odniesieniu do masy jednostkowej wynosił 0,1108 - 0,1736 kg CO₂eq/kg, a średni CF 0,1345 kg CO₂eq/kg. Stwierdzono, że istnieje zależność między śladem węglowym produkcji od pory roku (rys. 4). Ponadto zaobserwowano również istotny związek między śladem węglowym a miesięczną wielkością produkcji (rys. 5). Dwukrotny wzrost wielkości produkcji powoduje obniżenie śladu węglowego o około 35%. Średnie emisje GHG związane z produkcją pochodziły głównie z pośrednich emisji (zużycie energii elektrycznej) i stanowiły 68,02% całkowitych emisji. Emisje bezpośrednie GHG związane

z transportem (zużycie oleju napędowego) wynosiły średnio 15,50%, a związane z ogrzewaniem (zużycie gazu ziemnego) 16,39%.

Dodatkowo, w oparciu o pozyskane dane przeanalizowano redukcję emisji GHG związane z zastosowaniem paneli fotowoltaicznych do wytworzenia energii elektrycznej wykorzystywanej w produkcji w ubojni. Na terenie firmy znajdują się dwie instalacje fotowoltaiczne na obu obiektach (ubojnia i przetwórnia) o mocy 49,1 kW każda. Przeliczono ilości energii produkowanej na każdy obiekt oraz jej wpływ na bilans emisji, co przedstawiono w tabeli 8. Z analizy wynika, że średnia roczna emisja GHG za 2023 rok dzięki pracy instalacji fotowoltaicznej obniżyła się o około 35 ton, co stanowi tylko około 0,2% emisji całkowitej.

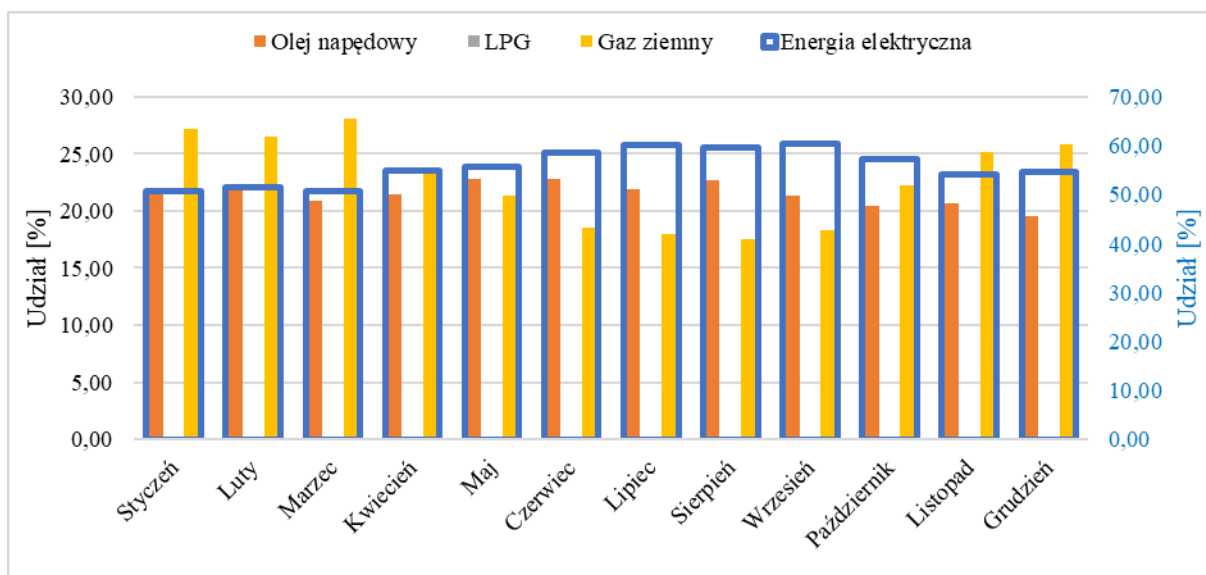
Tabela 8. Miesięczne wartości produkcji energii elektrycznej z fotowoltaiki oraz o związana z tym obniżka emisji GHG dla zakładu w 2023 roku

Miesiąc	Całkowita energia za 2023 [kWh]	Dla jednej instalacji [kWh]	Obniżenie emisji GHG [kg CO _{2eq}]
styczeń	1 166,20	583,10	399,42
luty	3 346,70	1 673,35	1 146,24
marzec	7 355,10	3 677,55	2 519,12
kwiecień	10 994,60	5 497,30	3 765,65
maj	17 244,50	8 622,25	5 906,24
czerwiec	16 916,20	8 458,10	5 793,80
lipiec	14 673,60	7 336,80	5 025,71
sierpień	11 453,30	5 726,65	3 922,76
wrzesień	11 867,10	5 933,55	4 064,48
październik	4 721,50	2 360,75	1 617,11
listopad	1 918,40	959,20	657,05
grudzień	624,80	312,40	213,99
Razem	102 282,00	51 141,00	35 031,59

W przypadku tego obiektu badawczego otrzymano szczegółowe dane dotyczące wskaźnika energii elektrycznej od dostawcy energii elektrycznej (Fortum Marketing and Sales Polska S.A.). Zatem, w celu określenia śladu węglowego przyjęto również wskaźniki konwersji nośników energii z tabeli 3 dla firmy Fortum. Wyniki analiz przedstawiono w tabelach 9 i 10. Na podstawie danych zużycia nośników energetycznych wyliczono emisję GHG oraz określono udział procentowy poszczególnych źródeł dla zakładu i przedstawiono graficznie na rysunku 6.

Tabela 9. Emisja GHG związana ze zużyciem nośników energetycznych dla zakładu za 2023 rok po uwzględnieniu wskaźników firmy Fortum

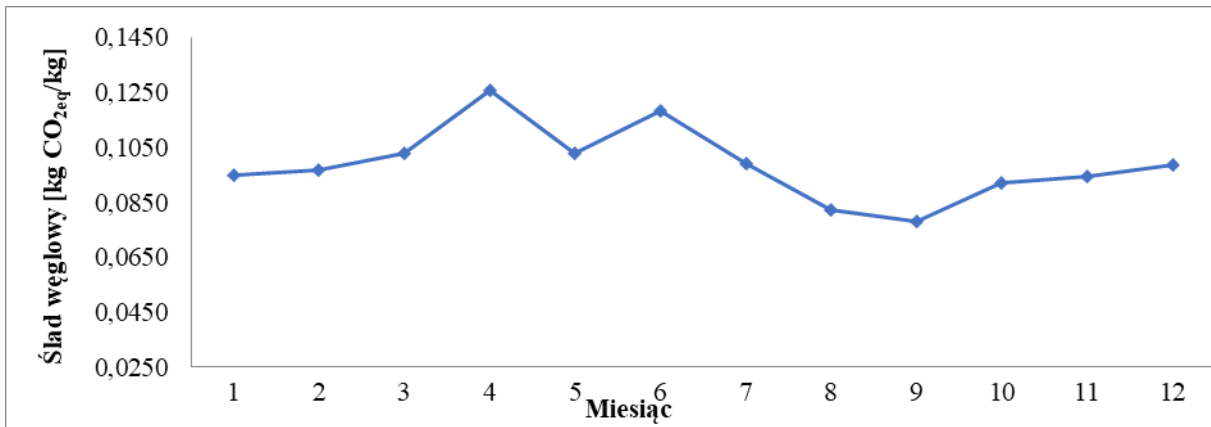
Lp.	Miesiąc	Emisja [kg CO _{2eq}]				Suma wszystkich emisji
		Energia elektryczna	Olej napędowy	LPG	Gaz ziemny	
1	styczeń	495 540	214 651,36	1 293,3	265 398,20	976 883
2	luty	502 922	213 624,60	1 261,0	258 536,60	976 344
3	marzec	566 383	233 396,38	1 616,6	313 349,60	1 114 746
4	kwiecień	479 975	187 599,16	1 196,3	207 023,80	875 794
5	maj	557 110	228 414,20	1 164,0	213 801,80	1 000 490
6	czerwiec	552 253	215 545,12	1 261,0	174 453,00	943 512
7	lipiec	573 451	209 275,50	970,0	171 392,20	955 089
8	sierpień	594 978	226 530,92	1 067,0	174 351,80	996 928
9	wrzesień	604 081	213 534,16	1 293,3	183 383,80	1 002 292
10	październik	605 968	216 771,38	1 196,3	236 071,60	1 060 007
11	listopad	565 742	215 976,04	1 164,0	262 338,80	1 045 221
12	grudzień	535 694	191 642,36	1 487,3	253 830,40	982 655
Razem		6 634 098	2 566 961	14 970,2	2 713 931,60	11 929 961



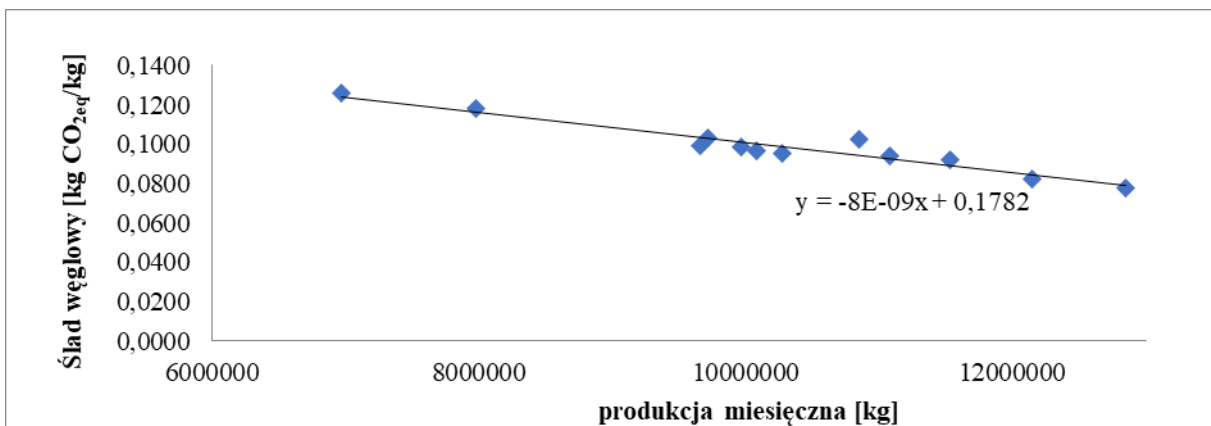
Rys. 6. Miesięczny udział emisji poszczególnych nośników energii dla zakładu w 2023 roku (wskaźniki Fortum)

Tabela 10. Miesięczne wartości śladu węglowego dla zakładu w 2023 roku (wskaźniki Fortum)

Lp.	Miesiąc	2023 rok
		CF [kg CO _{2eq} /kg]
1	styczeń	0,0950
2	luty	0,0968
3	marzec	0,1028
4	kwiecień	0,1256
5	maj	0,1029
6	czerwiec	0,1183
7	lipiec	0,0989
8	sierpień	0,0821
9	wrzesień	0,0780
10	październik	0,0919
11	listopad	0,0943
12	grudzień	0,0986
CF_{SR}		0,0969



Rys. 7. Miesięczny ślad węglowy dla zakładu w 2023 roku (wskaźniki Fortum)



Rys. 8. Zależność CF od miesięcznej wielkości produkcji dla zakładu 2023 roku (wskaźniki Fortum)

W przypadku zastosowania energii elektrycznej od dostawcy firmy Fortum (uwzględniając wskaźnika emisyjności CO₂ zamiast wskaźnika krajowego KOBiZE) wykazano zmniejszenie śladu węglowego na kg produktu o 0,0376 kg CO₂eq, czyli o około 27,95 %. Określony ślad węglowy produkcji dla ubojni w odniesieniu do masy jednostkowej wynosił 0,0780 - 0,1256 kg CO₂eq/kg, a średni CF 0,0969 kg CO₂eq/kg. Stwierdzono, że istnieje zależność między śladem węglowym produkcji od pory roku (rys. 7). Ponadto zaobserwowano również istotny związek między śladem węglowym a miesięczną wielkością produkcji (rys. 8). Dwukrotny wzrost wielkości produkcji powoduje obniżenie śladu węglowego o około 38%. Średnie emisje GHG związane z produkcją pochodziły głównie z pośrednich emisji (zużycie energii elektrycznej) i stanowiły 55,61% całkowitych emisji. Emisje bezpośrednie GHG związane z transportem (zużycie oleju napędowego) wynosiły średnio 21,52%, a związane z ogrzewaniem (zużycie gazu ziemnego) 22,75%.

Dodatkowo, przeanalizowano redukcję emisji GHG związane z zastosowaniem paneli fotowoltaicznych do wytworzenia energii elektrycznej wykorzystywanej w produkcji

w ubojni i przeliczono zgodnie z wcześniejszą metodyką, co przedstawiono w tabeli 11. Z analizy wynika, że średnia roczna emisja GHG za 2023 rok dzięki pracy instalacji fotowoltaicznej obniżyła się o około 20,6 ton, co stanowi około 0,17% emisji całkowitej. Uzyskano nieznacznie mniejszą redukcję w porównaniu do przyjętych wskaźników według KOBiZE.

Tabela 11. Miesięczne wartości produkcji energii elektrycznej z fotowoltaiki oraz o związana z tym obniżka emisji GHG dla zakładu w 2023 roku.

Miesiąc	Całkowita energia za 2023 [kWh]	Dla jednej instalacji [kWh]	Obniżenie emisji GHG [kg CO _{2eq}]
styczeń	1 166,20	583,10	235,24
luty	3 346,70	1 673,35	675,07
marzec	7 355,10	3 677,55	1 483,62
kwiecień	10 994,60	5 497,30	2 217,75
maj	17 244,50	8 622,25	3 478,44
czerwiec	16 916,20	8 458,10	3 412,22
lipiec	14 673,60	7 336,80	2 959,86
sierpień	11 453,30	5 726,65	2 310,28
wrzesień	11 867,10	5 933,55	2 393,75
październik	4 721,50	2 360,75	952,39
listopad	1 918,40	959,20	386,97
grudzień	624,80	312,40	126,03
Razem	102 282,00	51 141,00	20 631,61

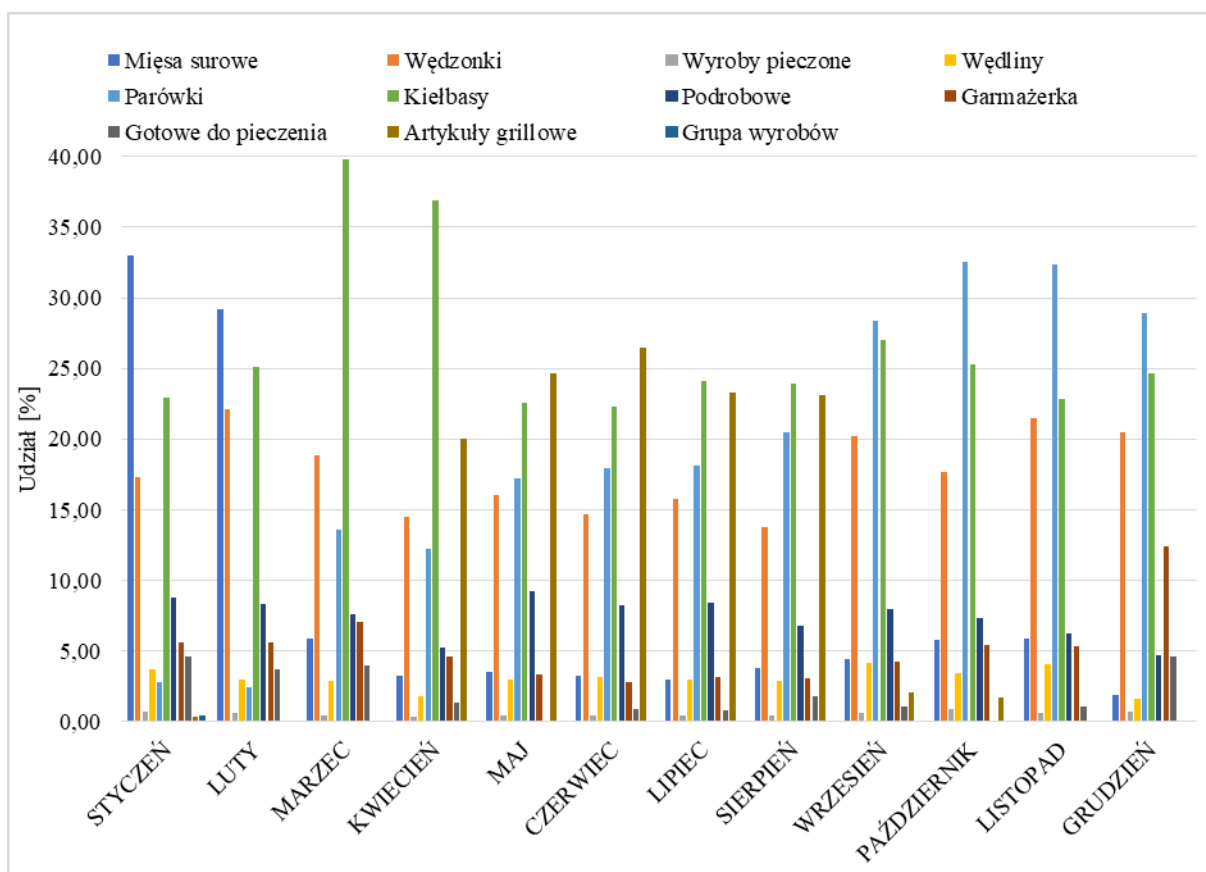
Zakład posiada także urządzenia chłodnicze zawierające amoniak, CO₂ oraz f-gazy stosowane jako płyn chłodniczy. Niektóre z tych urządzeń mogą stanowić ewentualne źródło emisji gazów o bardzo wysokim wskaźniku GWP. Urządzenia te posiadają własne obiegi chłodnicze o sumarycznej zawartości czynnika R-410A (GWP: 2088) w ilości 19 kg, czynnika R-404A (GWP: 3922) w ilości 80,6 kg i czynnika R-452A (GWP: 2140) w ilości 25,6 kg. Sumaryczne zagrożenie związane z emisją tych substancji do atmosfery to około 410 569 kg CO_{2eq}. W 2023 roku nie miały miejsca żadne awarie techniczne, których skutkiem byłoby uwolnienie się f-gazów. W związku z tym emisja bezpośrednia gazów cieplarnianych z instalacji chłodniczych wyniosła 0 kg CO_{2eq}.

Zakład 1 (duże przedsiębiorstwo) produkuje również przetwory mięsne – obiekt 2. Bazuje na świeżym i mrożonym surowcu mięsnym wieprzowym i wołowym pochodzącym, zarówno z własnej ubojni żywca (obiekt 1) wieprzowego i wołowego, jak i zakupionym z innych zakładów. Główne kierunki produkcji to:

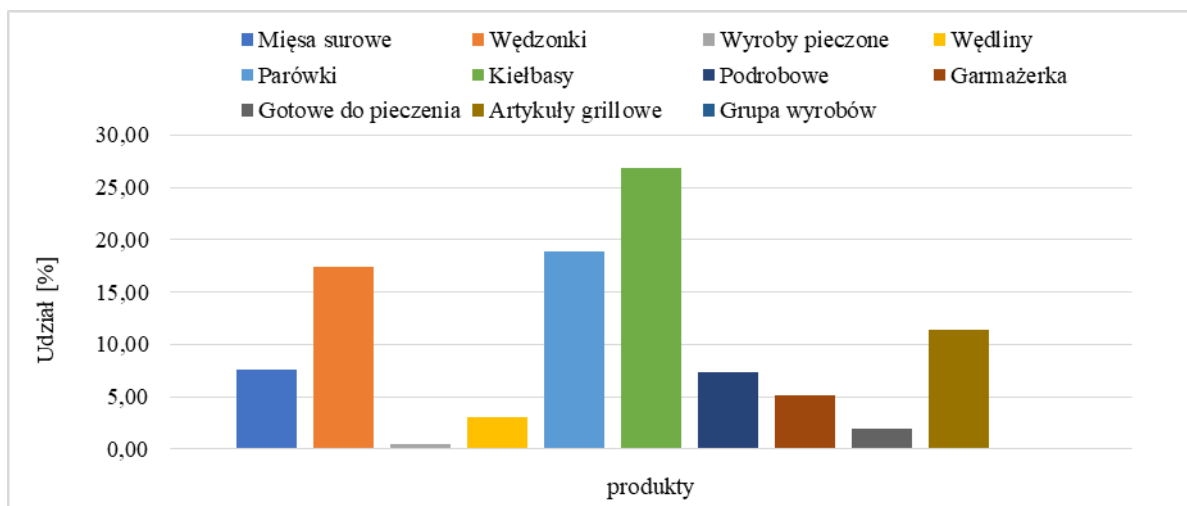
- produkcja przetworów mięsnych z mięsa wieprzowego, wołowego (wędliny różnego rodzaju, wędzonki, wędliny podrobowe),
- produkcja surowych wyrobów mięsnych,
- pakowanie mięsa i podrobów wieprzowych.

Zakład nr 1 charakteryzuje się produkcją następującego asortymentu: mięso surowe, wędzonki, wyroby pieczone, wędliny, parówki, kiełbasy, podroby, garmaż, wyroby gotowe do pieczenia i wyroby grillowe. Asortyment produkowanych wyrobów jest zależny od miesiąca produkcji, a udziały poszczególnych grup w całej produkcji zostały przedstawione dla poszczególnych miesięcy roku na rysunku 9 i 10. Procesy technologiczne wytwarzania poszczególnych produktów składają się z kilku etapów:

1. przyjęcie surowców mięsnych i podrobów do produkcji,
2. przyjęcie dodatków i opakowań do produkcji,
3. magazynowanie surowców mięsnych, surowców pomocniczych i dodatków po rozładunku,
4. rozmrażanie mięsa,
5. produkcja surowych wyrobów mięsnych,
6. produkcja wyrobów mięsnych,
 - peklowanie mięsa na sucho,
 - peklowanie mięsa na mokro (nastrzyk, metoda zalewowa),
 - standaryzacja – rozdrabnianie, kutrowanie, mieszanie,
 - formowanie wędzonek, bloków, nadziewanie,
 - dojrzewanie wędlin,
7. obróbka termiczna wędlin,
8. studzenie i schładzanie produktów po obróbce termicznej,
9. konfekcjonowanie, znakowanie i pakowanie wyrobów gotowych i mięs,
10. magazynowanie wyrobów gotowych, surowych wyrobów mięsnych i ich dystrybucja.

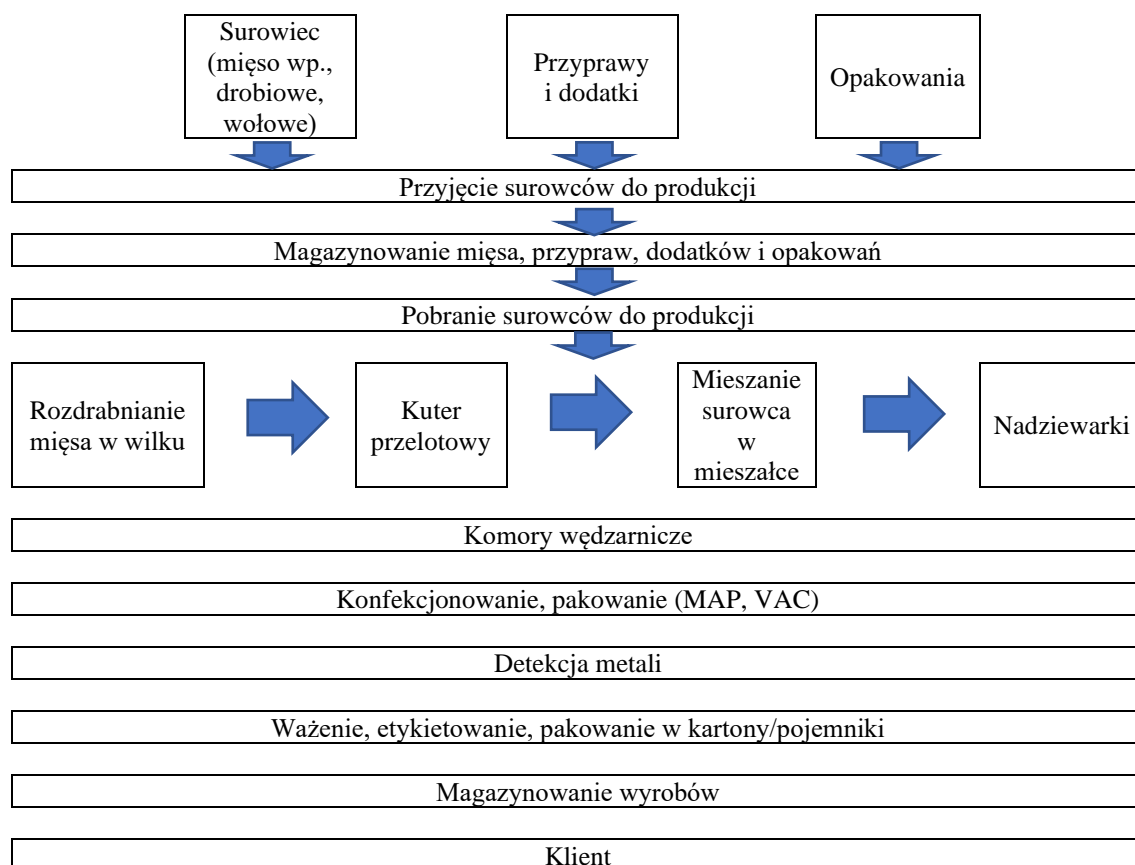


Rys. 9. Udział wielkości produkcji według grup asortymentowych w poszczególnych miesiącach



Rys. 10. Udział wielkości produkcji według grup asortymentowych w 2023 roku

Analiza i metodologia pomiaru śladu węglowego dla wybranych produktów rolno-spożywczych wytwarzanych przez krajowy przemysł mleczarski i mięsny



Rys. 11. Blokowy schemat technologiczny procesów produkcyjnych w przetwórni zakładu nr 1

Schemat technologiczny procesów produkcyjnych w przetwórni zakładu nr 1 został przedstawiony na rysunku 11. Pierwszym etapem produkcji przetworów mięsnych jest przyjęcie surowca do zakładu. Mięso i podroby dowożone są specjalistycznym transportem z zachowaniem ciągłości chłodzenia. Przed przystąpieniem do rozładunku sprawdzana jest czystość rampy rozładawczej, warunki higieniczne i klimatyczne w chłodniach, do których wprowadzony jest surowiec. Mięso wieprzowe w elementach, podroby wieprzowe oraz jelita naturalne wieprzowe, pochodzą w znacznej części z własnej ubojni żywca wieprzowego, są także kupowane od producentów zewnętrznych. Dostawy dopasowane są do potrzeb zakładu. Przed przystąpieniem do rozładunku sprawdzana jest dokumentacja dostarczonej partii mięsa oraz czystość i wychłodzenie środka transportowego, stan opakowań, znakowanie mięsa, czystość surowca, dokonuje się pomiaru temperatury surowca, oceny organoleptycznej i wypełnia kartę oceny surowca. Po akceptacji warunków surowiec podlega rozładunkowi.

Proces przyjęcia dodatków i opakowań do produkcji dotyczy przypraw oraz dodatków: warzywnych i owocowych, wina, cydru, miodu, musztardy, jelit naturalnych, osłonek sztucznych, sznurków, klipsów oraz materiałów opakowaniowych w tym folii, etykiet,

kartonów, tacek PP, tacek aluminiowych, owijek. Rozładunek odbywa się na rampie obok windy towarowej.

Po przyjęciu surowców mięsnych wieprzowych, wołowych oraz podrobów są one magazynowane w odrębnych chłodniach. Magazyny chłodzone podlegają ciągłemu monitoringowi temperatury – elektroniczny system pomiaru i rejestracji temperatury oraz dodatkowo dla celów kontrolnych, zaopatrzone są w elektroniczne wyświetlacze bieżącej temperatury, umieszczone na zewnątrz chłodni.

Rozmrażanie mięsa odbywa się w wydzielonym pomieszczeniu w regulowanych i monitorowanych warunkach chłodniczych. Temperatura w pomieszczeniu ustawiona jest na max. 14 °C. Towar z przeznaczeniem do rozmrażania wstawiany jest na paletach plastikowych. Mięso rozmrażane jest też za pomocą rozmrażarki mikrofalowej. Zamrożone mięso w poliblokach układa się na taśmie rozmrażarki i przepuszcza przez urządzenie. Następnie ogrzane do ok. -4 °C polibloki mięsa układa się na regałach ze stali nierdzewnej i pozostawia do całkowitego rozmrożenia. Temperatura pobieranego rozmrożonego mięsa powinna mieścić się w zakresie od 0 °C do +4 °C.

Produkcja surowych wyrobów mięsnych odbywa się na hali produkcji. Surowcem do produkcji surowych wyrobów mięsnych jest: mięso świeże wieprzowe i/lub mrożone mięso wieprzowe. Surowiec poddany jest szczególnej kontroli i obróbce polegającej na usunięciu pieczęci, gruczołów, powierzchniowych przekrwień oraz elementów kostnych. Odpowiednio wychłodzone mięso jest:

- rozdrabniane w wilku w zależności od asortymentu (3-5 mm) oraz mieszane w celu ujednolicenia masy mięsnej, podczas mieszania do wędlin surowych dodaje się sól i przyprawy,
- krojone na mniejsze kawałki lub plastry w zależności od asortymentu.

Niezwłocznie po przygotowaniu surowe wyroby mięsne są umieszczane w opakowaniach jednostkowych. Wędliny surowe nadziewa się w jelita naturalne wieprzowe i baranie. Surowe wyroby mięsne po przygotowaniu, wg receptury danego asortymentu, umieszczane są w chłodni w celu schłodzenia do temperatury nie wyższej niż +4 °C dla surowych wyrobów mięsnych wewnątrz produktu. Zostają zapakowane w opakowania jednostkowe i sprawdzane pod kątem obecności metali (detekcja), a następnie przekazywane są do chłodni, a stamtąd do dystrybucji. Cały cykl produkcyjny trwa około 1,5 - 2 godziny.

W procesie produkcji wyrobów z mięsa czerwonego wykorzystuje się tylko i wyłącznie mięsa świeże lub mrożone uznane za zdatne do spożycia bez ograniczeń. Surowiec, który jest pobierany do produkcji jest odważany zgodnie z recepturą dla danego wyrobu, a następnie

podlega odpowiedniemu rozdrobnieniu lub peklowaniu. W zakładzie stosuje się dwa rodzaje peklowania mięsa: na sucho i na mokro. Do peklowania na sucho stosuje się gotową mieszankę soli peklującej. Technika peklowania przebiega w następujący sposób:

- pobór odpowiedniej ilości soli peklującej,
- odważenie mięsa i przełożenie do mieszalki,
- mieszanie mięsa z solą peklującą do momentu równomiernego rozłożenia się soli na powierzchni mięsa,
- wysypywanie mięsa do pojemników i znakowanie zawieszkami z opisem,
- odwiezienie zapeklowanego mięsa do chłodni,
- po zakończeniu peklowania urządzenie jest myte.

Proces peklowania na sucho prowadzi się w poszczególnych klasach i rodzajach mięsa od 12 do 96 godzin w temperaturze od 2 °C do 6 °C. W przypadku produktów dojrzewających całomięśniowych czas peklowania wynosi od 10 do 21 dni. Peklowanie na mokro może się odbywać poprzez: nastryk (metodą nastrykiwania domięśniowego przy użyciu nastrykiwarek) lub metodą zalewową. Peklowanie zalewowe odbywa się w następujący sposób: odważoną ilość surowca zalewa się solanką i umieszcza się w masownicy w celu wymasowania i wchłonięcia solanki lub zalewa się solanką i pozostawia na określony czas w pojemnikach, które przewozi się do chłodni. Czas peklowania wynosi od 1 do 4 dni.

Wszystkie mięsa oraz tłuszcze przeznaczone do produkcji wędlin muszą być standaryzowane czyli odpowiednio rozdrobnione zgodnie z recepturą danego asortymentu. Mięso o temperaturze od 0 do +4°C rozdrabnia się w wilku zgodnie z recepturą i procesem technologicznym danego wyrobu. Prawidłowo rozdrobniony surowiec wychodzi z sita w postaci warkocza, struktura rozdrobnionego surowca nie może być zniszczona. Kolejnym etapem jest kutrowanie. Jest to proces polegający na rozdrobnieniu wszystkich składników do homogenicznej równomiernej masy o temperaturze ok. 15 °C, w przypadku pasztetów ok. 44 °C. Podczas kutrowania dochodzi do emulgowania składników i wytworzenia jednolitej struktury. Na tym etapie produkcji dodaje się także przyprawy i dodatki, które są dostarczane na halę z magazynu przypraw.

Trzeci etap standaryzacji - mieszanie ma na celu równomiernego rozmieszczenie wszystkich składników w masie, stosując mieszalki wolnoobrotowe. Przy produkcji wędlin suszonych i podsuszanych najlepsze do mieszania są mieszalki próżniowe, znacznie podnoszą trwałość gotowego wyrobu. Surowiec po rozdrobnieniu i kutrowaniu zostaje przetransportowany w wózku transportowym do mieszania. Wprowadzenie surowca do mieszalki odbywa się za pomocą urządzenia do załadunku cymbrów. W czasie mieszania

dodaje się pozostałe przyprawy i dodatki oraz wodę. Składniki miesza się do uzyskania odpowiedniej konsystencji, a następnie surowiec wysypuje się do wózków transportowych i przekazuje do nadziewania lub wstawienia jest do chłodni.

Pierwszym etapem formowania wędzonki jest wykrojenie jej w czasie rozbioru mięsa u dostawcy surowca. Po nastrzyknięciu lub peklowaniu na mokro, lub peklowaniu na sucho i wymasowaniu wędzonki trafiają na stół. Niektóre wędzonki są nadziewane w siatki i formy, są zawijane w folię, sznurowane, obwiązywane na wiązalce. Przygotowane produkty zgodnie z procesem technologicznym oraz wymaganiami jakościowymi odwiesza się na kije, układa na sita i umieszcza na wózku wędzarniczym, znakuje zawieszką z opisem, a następnie przekazuje do obróbki termicznej.

Nadziewanie jest to napełnianie przygotowanego farszu w zależności od asortymentu w osłonki sztuczne lub w jelita naturalne. Nadziewarka z urządzeniem do automatycznego porcjowania wyposażona jest w detektor metali, który informuje o zanieczyszczeniu farszu metalem. Za pomocą urządzenia do samozaładunku przesypuje się farsz do miski nadziewarki. Wędliny w jelitach naturalnych są odkręcane ręcznie w celu nadania im wymaganego kształtu i długości zgodnie z recepturą danego wyrobu i odwieszane na wózki wędzarnicze lub umieszczane w formach, sitach. Przygotowane wędliny przekazywane są na wędzarnie do obróbki termicznej. Wędliny surowe, które po odwinięciu przekazywane są na dział konfekcji mięsa, umieszcza się w pojemnikach, a następnie są przetransportowane do chłodni.

Formowanie jest to nadawanie określonym wyrobom odpowiedniego kształtu w specjalnych formach lub siatkach metalowych o różnych kształtach. Formowanie przetworów z mięsa rozdrobnionego, polega na ograniczeniu ich objętości kształtem osłonki. Bloki można również formować przy użyciu specjalnych form i wszelkiego rodzaju siatek. Formy wykonane są z blachy nierdzewnej i mają różne kształty. Po napełnieniu osłonki surowcem bloki układa się w sito lub formy, po zapełnieniu całej formy skręca się ją i poddaje obróbce termicznej. Do koszy siatkowych używa się wózków wędzarniczych. Wyroby po obróbce cieplnej pozostawia się w formach i siatkach do momentu ich całkowitego wychłodzenia, a następnie są etykietowane i układane w pojemniki.

Dojrzewanie wędlin stosuje się dla wędlin i wędzonek surowych, dojrzewających. Proces ten przeprowadza się w specjalnie do tego przygotowanych komorach klimatyzowanych. W pierwszym okresie dojrzewania zachodzi wymiana mikroflory niepożądaną na mikroflorę technologicznie pożądaną. Bakterie kwasu mlekowego, wprowadzone do farszu w czasie produkcji pod postacią kultur bakterii starterowych, zaczynają się gwałtownie rozwijać, wytwarzając przy tym dużo metabolitów (kwas mlekowy), przez co obniża się pH farszu.

Zamierają niepożądane drobnoustroje a surowa wędlina wykazuje trwałość. Podczas procesu dojrzewania następują zmiany jakości mięsa i wyrobów mięsnych, w których wskutek zmian biochemicznych i fizycznych zostaje ukształtowana końcowa jakość produktu. Podczas dojrzewania kontroluje się warunki temperaturowe i wilgotność w komorze dojrzewalniczej.

Obróbka termiczna wędlin odbywa się w automatycznie sterowanych komorach parzelniczo-wędzarniczych. Komory wędzarnicze przeznaczone są do: wędzenia, parzenia, suszenia, podgrzewania i pieczenia przetworów wędliniarskich. Obróbka termiczna oraz wędzenie wyrobów mięsnych są decydującym ogniwem łączącym surowiec z gotowym do spożycia produktem końcowym. Obróbkę termiczną dzieli się na: parzenie, parzenie-wędzenie, pieczenie i gotowanie. Dodatkowo stosuje się również wędzenie zimnym dymem, które prowadzone jest w temperaturze od 30 do 50°C w zależności od asortymentu. Stosowane jest do wędzenia kiełbas surowych, wędzonek surowych, czy wędlin podrobowych. Parzenie odbywa się w komorze wędzarniczej w temperaturze od 72 °C do 95 °C i ma na celu zniszczenie, w całej masie, form wegetatywnych drobnoustrojów powodujących psucie się żywności i stwarzających niebezpieczeństwo dla zdrowia konsumentów. Procesowi temu poddaje się wyroby m.in.: wędzonki, wędliny, wędliny podrobowe, produkty blokowe, zgodnie z recepturą na dany asortyment. Czas parzenia uzależniony jest od stopnia rozdrobnienia wędliny i średnicy osłonki, lecz zawsze uwarunkowany jest osiągnięciem temperatury wewnątrz produktu minimum 72,5 °C.

Pieczenie odbywa się w komorach wędzarniczych, które przystosowane są do tych procesów. Jest to działanie gorącym powietrzem w temperaturze około od +90 °C do +200 °C na mięso. Czas procesu uwarunkowany jest osiągnięciem temperatury minimum 72,5 °C w centrum geometrycznym produktu. Woda znajdująca się w produkcie pieczonym pod wpływem temperatury wyparowuje i wytwarza się sucha zrumieniona skórka. Podczas procesu pieczenia następuje zniszczenie form wegetatywnych drobnoustrojów pod wpływem działania temperatury. Wyroby pieczone posiadają określone walory smakowo-zapachowe i wizualne charakterystyczne dla tej grupy przetworów.

Gotowanie jest to długotrwałe poddawanie mięsa lub podrobów działaniu temperatury około +100°C w wodzie lub parze wodnej, w wyniku czego następuje denaturacja białek w całej masie surowca. Gotowanie jest stosowane przy produkcji wyrobów podrobowych, jako etap obróbki wstępnej surowca do produkcji tego typu wędlin, wykorzystując masownice do gotowania. Są one umieszczone na hali gotowania, wyposażonej w odpowiednią wentylację.

Możliwe jest dodatkowe parzenie produktów po zapakowaniu. Niektóre produkty (golonka pieczona i ozory w galarecie) są dodatkowo parzone. Produkt po wychłodzeniu odwija się z folii umieszcza na sitach i przewozi na wózku wędzarniczym do działu pakowania, gdzie zostaje spakowany w opakowania jednostkowe foliowe vacuum, w folię przeznaczoną do podgrzewania w wysokich temperaturach. Zapakowane produkty umieszcza się na sitach i wózkach wędzarniczych i przekazuje na dział obróbki termicznej. Produkty umieszcza się w komorze i podgrzewa w temperaturze +90 °C przez 30 minut w celu redukcji potencjalnego skażenia wtórnego. Po obróbce produkt przekazuje się do wychłodzenia a następnie do znakowania i pakowania w opakowania zbiorcze.

Wędzonki poddane obróbce termicznej należy szybko schłodzić do temperatury poniżej 7 °C, aby zahamować rozwój przeżywających drobnoustrojów, przede wszystkim ciepłoopornych. Zastosowanie obróbki termicznej powodującej uzyskanie temperatury 72,5°C wewnątrz produktu, wymaga intensywnego chłodzenia. Szczególnie ważne jest szybkie schłodzenie wędzonek. Powolne studzenie prowadzi do wystąpienia wad produkcyjnych (wycieku nastrzykniętej solanki, tworzącej warstwę galarety).

Kiełbasy parzone po obróbce termicznej należy możliwie szybko wystudzić pod natryskiem lub powietrzem. W przypadku produktów w osłonkach barierowych chłodzenie wodą należy rozpoczynać natychmiast po parzeniu. Schładzanie pod natryskiem odbywa się w specjalnych, zamykanych komorach natryskowych sterowanych automatycznie. Schłodzone wyroby przekazuje się do magazynu, w którym następuje dochłodzenie wyrobu do wymaganej temperatury przy użyciu nawiewu powietrza lub komory szokowego schładzania powietrzem. Schładzanie powietrzem polega na pozostawieniu produktu w specjalnym pomieszczeniu z dobrą wymianą powietrza, wymuszonym nawiewem, aż do uzyskania wymaganej temperatury w centrum produktu. Dobór sposobu schłodzenia w głównej mierze zależy od rodzaju wędlin, rodzaju obróbki cieplnej oraz w dużej mierze od rodzaju użytej osłonki oraz od procesu technologicznego danego asortymentu (receptury).

Końcowym etapem produkcji jest konfekcjonowanie, znakowanie i pakowanie wyrobów gotowych i mięs. Wyroby najczęściej pakowane są w różne folie, w kontrolowanej atmosferze gazów lub próżniowo. Mięsa gotowe do pieczenia pakowane są w tacki aluminiowe zamknięte folią. Wędliny i wędzonki pakuje się w warunkach wykluczających dostęp tlenu, przeważnie pod zredukowanym ciśnieniem w tzw. opakowania próżniowe lub w kontrolowanej atmosferze gazów. W zależności od pakowanego asortymentu wyróżnia się trzy hale pakowania: w modyfikowanej atmosferze powietrza i próżni – jedną dla wyrobów gotowych różnego rodzaju i formatu, drugą dla mięsa i surowych wyrobów mięsnych oraz

trzecią do pakowania w kartony. Wszystkie hale są odpowiednio wyposażone w wysokiej klasy maszyny i urządzenia pakujące, stoły liniujące, urządzenia ważące, znakujące i etykietujące. W pobliżu hal pakowania wyrobów znajdują się podręczne magazyny folii, etykiet i kartonów. Produkty magazynuje się w opakowaniach jednostkowych i opakowaniach zbiorczych, pojemnikach, względnie kartonach w pomieszczeniach specjalnie do tego celu przeznaczonych – magazyn wyrobów gotowych zapakowanych i magazyn surowych wyrobów mięsnych zapakowanych.

Magazynowanie wyrobów gotowych, mięs kulinarnych odbywa się w odrębnych chłodzonych magazynach: chłodnia wyrobów gotowych zapakowanych, chłodnia mięs zapakowanych. Mięsa i wędliny w magazynach ustawiane są w oznakowanych pojemnikach lub kartonach na paletach według asortymentu.

Tabela 12. Wielkość produkcji w zakładzie w 2023 roku

Lp.	Miesiąc	Wielkość produkcji (przetwórnia) w kg	Wielkość produkcji (przetwórnia) w Mg
1	styczeń	844 280,75	844,28
2	luty	812 592,94	812,59
3	marzec	1 179 408,94	1 179,41
4	kwiecień	1 237 765,44	1 237,77
5	maj	1 100 291,00	1 100,29
6	czerwiec	1 129 659,00	1 129,66
7	lipiec	1 061 294,00	1 061,29
8	sierpień	1 176 038,00	1 176,04
9	wrzesień	926 000,00	926,00
10	październik	869 102,00	869,10
11	listopad	928 422,89	928,42
12	grudzień	934 027,00	934,03
	Razem	12 198 881,96	12 198,88

Tabela 13. Charakterystyka zużycia nośników energetycznych w zakładzie w 2023 roku

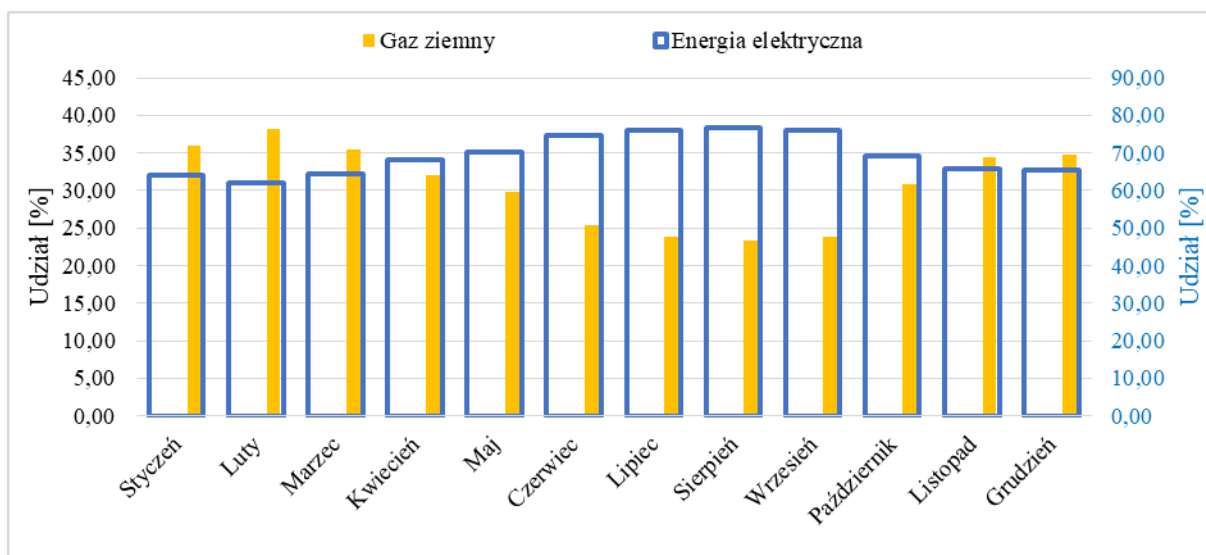
Lp.	Miesiąc	Energia elektryczna	Gaz ziemny
		kWh	kWh
1	styczeń	264 571,00	510 207,00
2	luty	242 957,00	512 452,00
3	marzec	350 276,00	660 020,00
4	kwiecień	357 670,00	576 665,00
5	maj	388 514,00	564 458,00
6	czerwiec	436 174,00	507 286,00
7	lipiec	445 608,00	479 201,00
8	sierpień	485 601,00	504 762,00
9	wrzesień	446 706,00	478 735,00
10	październik	399 270,00	610 265,00
11	listopad	375 700,00	674 698,00
12	grudzień	328 266,00	597 273,00
	Razem	4 521 313,00	6 676 022,00

Po przeanalizowaniu procesów technologicznych, przeprowadzono ocenę emisji gazów cieplarnianych związanych z produkcją czyli przetwórstwem mięsa (obiekt 2). Skoncentrowano się głównie na produkcji i zużyciu nośników energetycznych w celu

określenia śladu węglowego. W analizie wykorzystano wskaźniki konwersji nośników energii (tabela 3).

Tabela 14. Emisja GHG związana ze zużyciem nośników energetycznych dla zakładu za 2023 rok

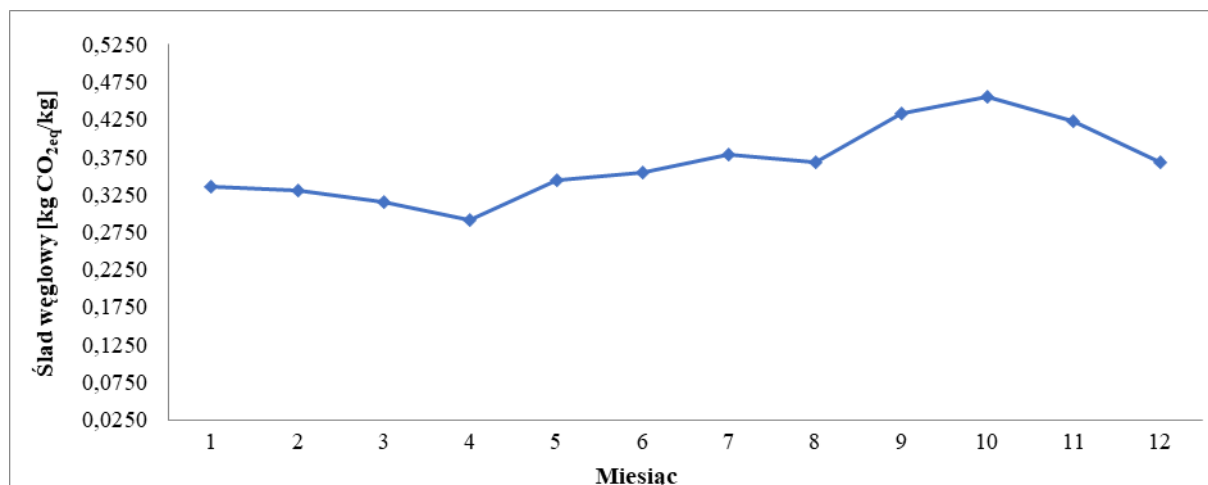
Lp.	Miesiąc	Emisja [kg CO _{2eq}]		
		Energia elektryczna	Gaz ziemny	Suma
1	styczeń	181 231	102 041,40	283 272,5
2	luty	166 426	102 490,40	268 915,9
3	marzec	239 939	132 004,00	371 943,1
4	kwiecień	245 004	115 333,00	360 337,0
5	maj	266 132	112 891,60	379 023,7
6	czerwiec	298 779	101 457,20	400 236,4
7	lipiec	305 241	95 840,20	401 081,7
8	sierpień	332 637	100 952,40	433 589,1
9	wrzesień	305 994	95 747,00	401 740,6
10	październik	273 500	122 053,00	395 553,0
11	listopad	257 355	134 939,60	392 294,1
12	grudzień	224 862	119 454,60	344 316,8
	Razem	3 097 099	1 335 204,40	4 432 303,8



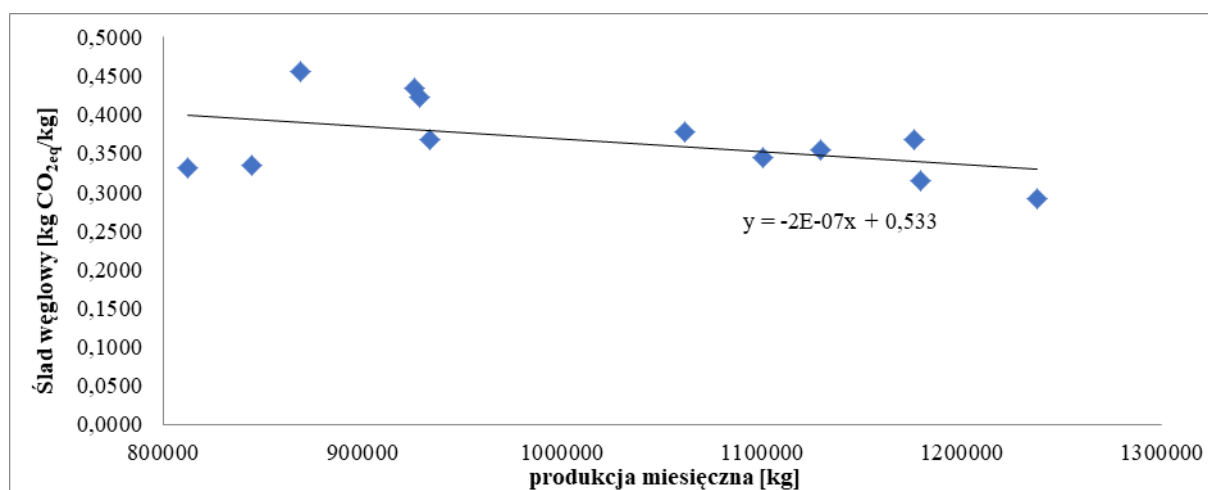
Rys. 12. Miesięczny udział emisji poszczególnych nośników energii dla zakładu w 2023 roku

Tabela 15. Miesięczne wartości śladu węglowego dla zakładu w 2023 roku

Lp.	Miesiąc	2023 rok
		CF [kg CO _{2eq} /kg]
1	styczeń	0,3355
2	luty	0,3309
3	marzec	0,3154
4	kwiecień	0,2911
5	maj	0,3445
6	czerwiec	0,3543
7	lipiec	0,3779
8	sierpień	0,3687
9	wrzesień	0,4338
10	październik	0,4551
11	listopad	0,4225
12	grudzień	0,3686
	CF_{SR}	0,3633



Rys. 13. Miesięczny ślad węglowy dla zakładu w 2023 roku



Rys. 14. Zależność CF od miesięcznej wielkości produkcji dla zakładu 2023 roku

Dane dotyczące produkcji i zużycia nośników energetycznych zostały zgromadzone w bazie danych, a dane zbiorcze dla roku 2023 zostały przedstawione w tabelach 12 i 13. We wstępnej analizie przyjęto wskaźniki dotyczące energii elektrycznej zgodnie z raportem KOBiZE, aby móc porównać ją z innymi obiektami badawczymi (zakładami mięsnymi w Polsce). Na podstawie danych zużycia nośników energetycznych wyliczono emisję GHG (tabela 14) oraz określono udział procentowy poszczególnych źródeł dla zakładu 1 i przedstawiono graficznie na rysunku 12. Uwzględniając otrzymane wyniki wyznaczono ślad węglowy dla poszczególnych miesięcy w analizowanym roku (tabela 15). Określony ślad węglowy produkcji dla przetwórnicy w odniesieniu do masy jednostkowej wynosił 0,2911-0,4551 kg CO₂eq/kg, a średni CF 0,3633 kg CO₂eq/kg. Stwierdzono, że istnieje zależność między śladem węglowym produkcji przetwórnicy od pory roku (rys. 13). Ponadto stwierdzono istotny związek między śladem węglowym a miesięczną wielkością produkcji (rys. 14). Półtorakrotny wzrost wielkości produkcji powoduje obniżenie śladu węglowego o około 12%.

Średnie emisje GHG związane z produkcją pochodziły głównie z pośrednich emisji (zużycie energii elektrycznej) i stanowiły 69,88% całkowitych emisji. Emisje GHG ze zużyciem gazu ziemnego to 30,12%.

Dodatkowo, w oparciu o pozyskane dane przeanalizowano redukcję emisji GHG związane z zastosowaniem paneli fotowoltaicznych do wytworzenia energii elektrycznej wykorzystywanej w produkcji dla przetwórci. Na terenie firmy znajdują się dwie instalacje fotowoltaiczne na obu obiektów (ubojnia i przetwórcia) o mocy 49,1 kW każda. Przeliczono ilości energii produkowanej na każdy obiekt oraz jej wpływ na bilans emisji i przedstawiono te dane w tabeli 16. Z analiza wynika iż średnia roczna za 2023 rok emisja dwutlenku węgla dzięki pracy instalacji fotowoltaicznej obniżyła się o około 35 ton i stanowi to około 0,79% emisji całkowitej.

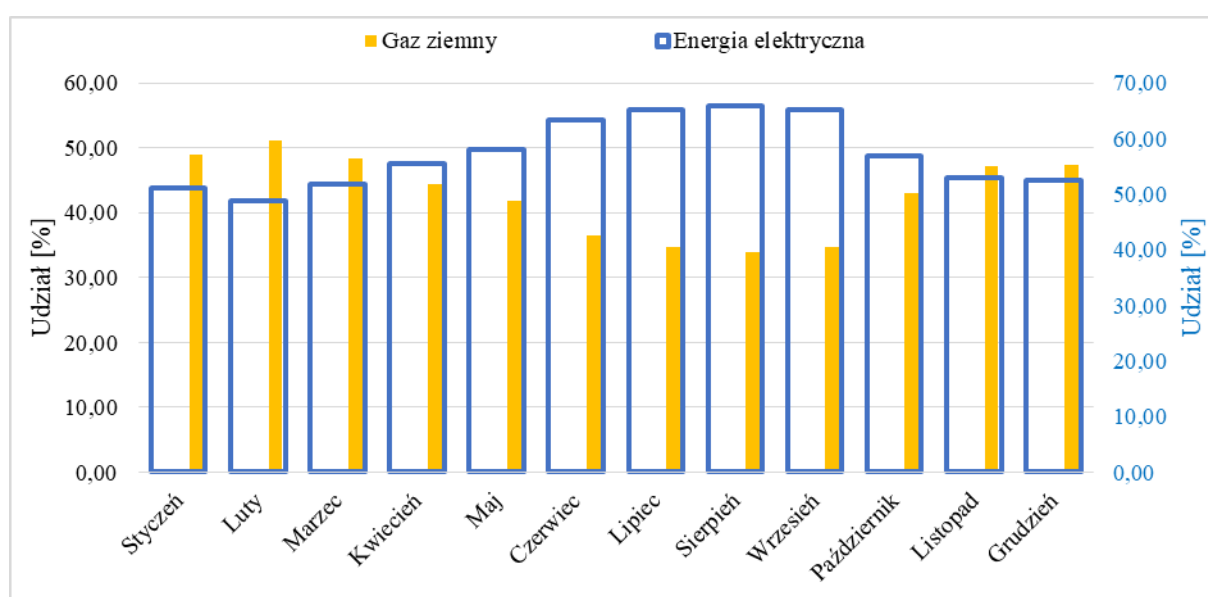
Tabela 16. Miesięczne wartości produkcji energii elektrycznej z fotowoltaiki oraz obniżka emisji CO₂ dla zakładu w 2023 roku

Miesiąc	Całkowita energia za 2023 [kWh]	Dla jednej instalacji [kWh]	Obniżenie emisji GHG [kg CO ₂ eq]
styczeń	1 166,20	583,10	399,42
luty	3 346,70	1 673,35	1 146,24
marzec	7 355,10	3 677,55	2 519,12
kwiecień	10 994,60	5 497,30	3 765,65
maj	17 244,50	8 622,25	5 906,24
czerwiec	16 916,20	8 458,10	5 793,80
lipiec	14 673,60	7 336,80	5 025,71
sierpień	11 453,30	5 726,65	3 922,76
wrzesień	11 867,10	5 933,55	4 064,48
październik	4 721,50	2 360,75	1 617,11
listopad	1 918,40	959,20	657,05
grudzień	624,80	312,40	213,99
Razem	102 282,00	51 141,00	35 031,59

W przypadku tego obiektu badawczego otrzymano szczegółowe dane dotyczące wskaźnika energii elektrycznej od dostawcy energii elektrycznej (Fortum Marketing and Sales Polska S.A.). Zatem, w celu określenia śladu węglowego przyjęto również wskaźniki konwersji nośników energii z tabeli 3 dla firmy Fortum. Wyniki analiz przedstawiono w tabelach 17 i 18. Na podstawie danych zużycia nośników energetycznych wyliczono emisję GHG oraz określono udział procentowy poszczególnych źródeł dla zakładu i przedstawiono graficznie na rysunku 15.

Tabela 17. Emisja GHG związana ze zużyciem nośników energetycznych dla zakładu za 2023 rok po uwzględnieniu wskaźników firmy Fortum

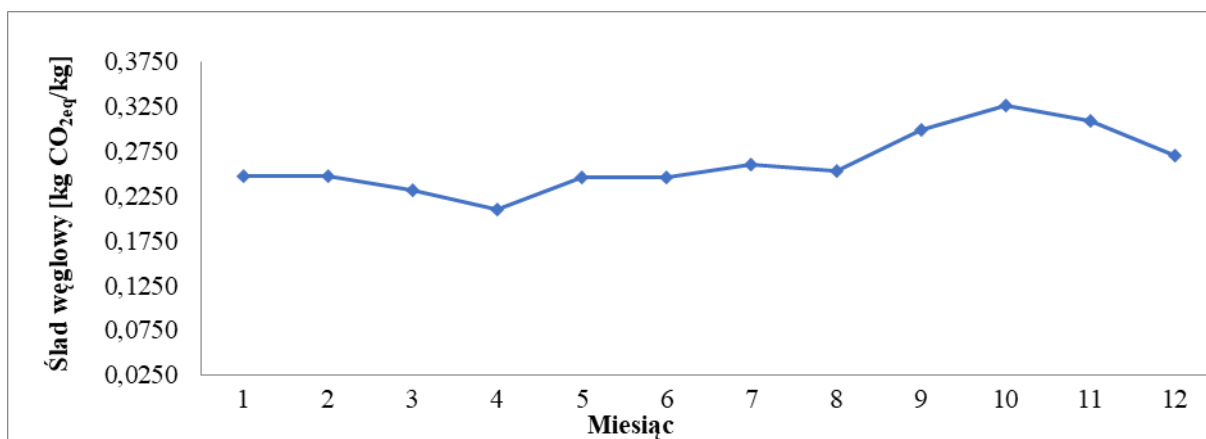
Lp.	Miesiąc	Emisja [kg CO _{2eq}]		
		Energia elektryczna	Gaz ziemny	Suma
1	styczeń	106 735	102 041	208 776
2	luty	98 015	102 490	200 506
3	marzec	141 310	132 004	273 314
4	kwiecień	144 293	115 333	259 626
5	maj	156 737	112 892	269 628
6	czerwiec	175 964	101 457	277 421
7	lipiec	179 770	95 840	275 610
8	sierpień	195 904	100 952	296 856
9	wrzesień	180 213	95 747	275 960
10	październik	161 076	122 053	283 129
11	listopad	151 567	134 940	286 507
12	grudzień	132 431	119 455	251 886
Razem		1 824 015	1 335 204	3 159 220



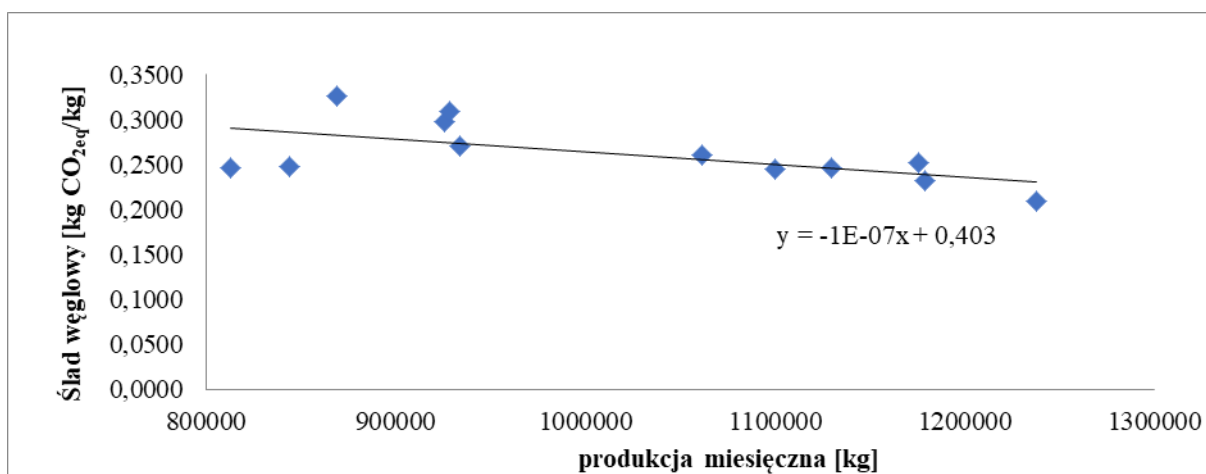
Rys. 15. Miesięczny udział emisji poszczególnych nośników energii dla zakładu w 2023 roku (wskaźniki Fortum)

Tabela 18. Miesięczne wartości śladu węglowego dla zakładu w 2023 roku (wskaźniki Fortum)

Lp.	Miesiąc	2023 rok
		CF [kg CO _{2eq} /kg]
1	styczeń	0,2473
2	luty	0,2467
3	marzec	0,2317
4	kwiecień	0,2098
5	maj	0,2451
6	czerwiec	0,2456
7	lipiec	0,2597
8	sierpień	0,2524
9	wrzesień	0,2980
10	październik	0,3258
11	listopad	0,3086
12	grudzień	0,2697
CF_{SR}		0,2590



Rys. 16. Miesięczny ślad węglowy dla zakładu w 2023 roku (wskaźniki Fortum)



Rys. 17. Zależność CF od miesięcznej wielkości produkcji dla zakładu 2023 roku (wskaźniki Fortum)

W przypadku zastosowania energii elektrycznej od dostawcy firmy Fortum (uwzględniając wskaźnika emisyjności CO₂ zamiast wskaźnika krajowego KOBiZE) wykazano zmniejszenie śladu węglowego na kg produktu o 0,1043 kg CO_{2eq} czyli o około 28,71 %. Określony ślad węglowy produkcji dla przetwórci w odniesieniu do masy jednostkowej wynosił 0,2098-0,3258 kg CO_{2eq}/kg, a średni CF 0,2590 kg CO_{2eq}/kg. Stwierdzono, że istnieje zależność między śladem węglowym produkcji od pory roku (rys. 16). Ponadto zaobserwowano również istotny związek między śladem węglowym a miesięczną wielkością produkcji (rys. 17). Półtorakrotny wzrost wielkości produkcji powoduje obniżenie śladu węglowego o około 16%. Średnie emisje GHG związane z produkcją pochodziły głównie z pośrednich emisji (zużycie energii elektrycznej) i stanowiły 57,74% całkowitych emisji. Emisje bezpośrednie GHG związane z ogrzewaniem (zużycie gazu ziemnego) wynosiły 42,26%.

Dodatkowo, przeanalizowano redukcję emisji GHG związane z zastosowaniem paneli fotowoltaicznych do wytworzenia energii elektrycznej wykorzystywanej w produkcji

w ubojni i przeliczono zgodnie z wcześniejszą metodyką, co przedstawiono w tabeli 19. Z analiza wynika, że średnia roczna emisja GHG za 2023 rok dzięki pracy instalacji fotowoltaicznej obniżyła się o około 20,6 ton, co stanowi około 0,65% emisji całkowitej. Uzyskano nieznacznie mniejszą redukcję w porównaniu do przyjętych wskaźników według KOBiZE.

Tabela 19. Miesięczne wartości produkcji energii elektrycznej z fotowoltaiki oraz obniżka emisji CO₂ dla zakładu w 2023 roku

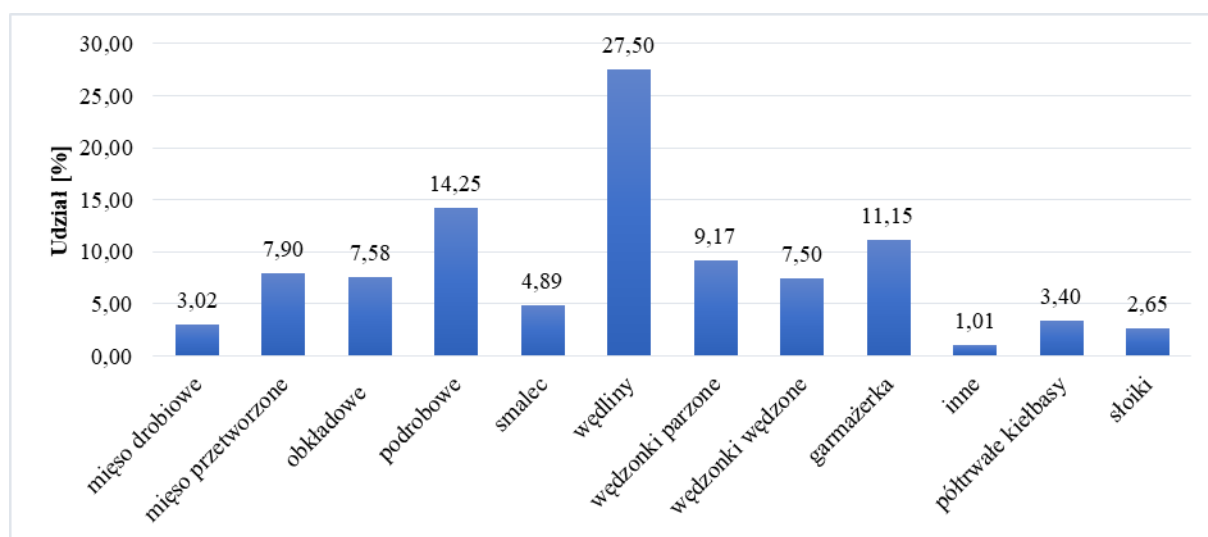
Miesiąc	Całkowita energia za 2023 [kWh]	Dla jednej instalacji [kWh]	Obniżenie emisji GHG [kg CO _{2eq}]
styczeń	1 166,20	583,10	235,24
luty	3 346,70	1 673,35	675,07
marzec	7 355,10	3 677,55	1 483,62
kwiecień	10 994,60	5 497,30	2 217,75
maj	17 244,50	8 622,25	3 478,44
czerwiec	16 916,20	8 458,10	3 412,22
lipiec	14 673,60	7 336,80	2 959,86
sierpień	11 453,30	5 726,65	2 310,28
wrzesień	11 867,10	5 933,55	2 393,75
październik	4 721,50	2 360,75	952,39
listopad	1 918,40	959,20	386,97
grudzień	624,80	312,40	126,03
RAZEM	102 282,00	51 141,00	20 631,61

Przetwórnica posiada także urządzenia chłodnicze zawierające jako czynnik chłodniczy freony takie jak R404A, R448A i R449A. Urządzenia te mogą stanowić ewentualne źródło emisji gazów cieplarnianych o bardzo wysokim wskaźniku GWP. Każde z nich posiada własny obieg chłodniczy o sumarycznej zawartości czynnika R-404A (GWP: 3922) w ilości 920 kg, czynnika R-448A (GWP: 1386) w ilości 1065 kg oraz czynnika R-449A (GWP: 1397) w ilości 562 kg. Teoretycznie zagrożenie związane z emisją bezpośrednią do atmosfery tych gazów cieplarnianych wynosi 5 869 444 kg CO_{2eq}. W 2023 roku miały miejsce uzupełnienia czynnika chłodniczego R448A, co wskazywałoby na awarie techniczne instalacji, których skutkiem było uwolnienie się czynnika w ilości 260 kg. W związku z tym emisja bezpośrednia gazów cieplarnianych z instalacji chłodniczych wyniosła 360 360 kg CO_{2eq}. Uwzględnienie tej emisji GHG w bilansie rocznym spowodowało, że średni ślad węglowy produktu wzrósł o 0,0295 kg CO_{2eq}/kg produktu. Udział emisji bezpośredniej związanej z wyciekami czynnika chłodniczego w ilości tylko 260 kg stanowi aż 7,5% całkowitego śladu węglowego tej produkcji.

7.1.2. Analiza zakładu nr 2 (średnie przedsiębiorstwo)

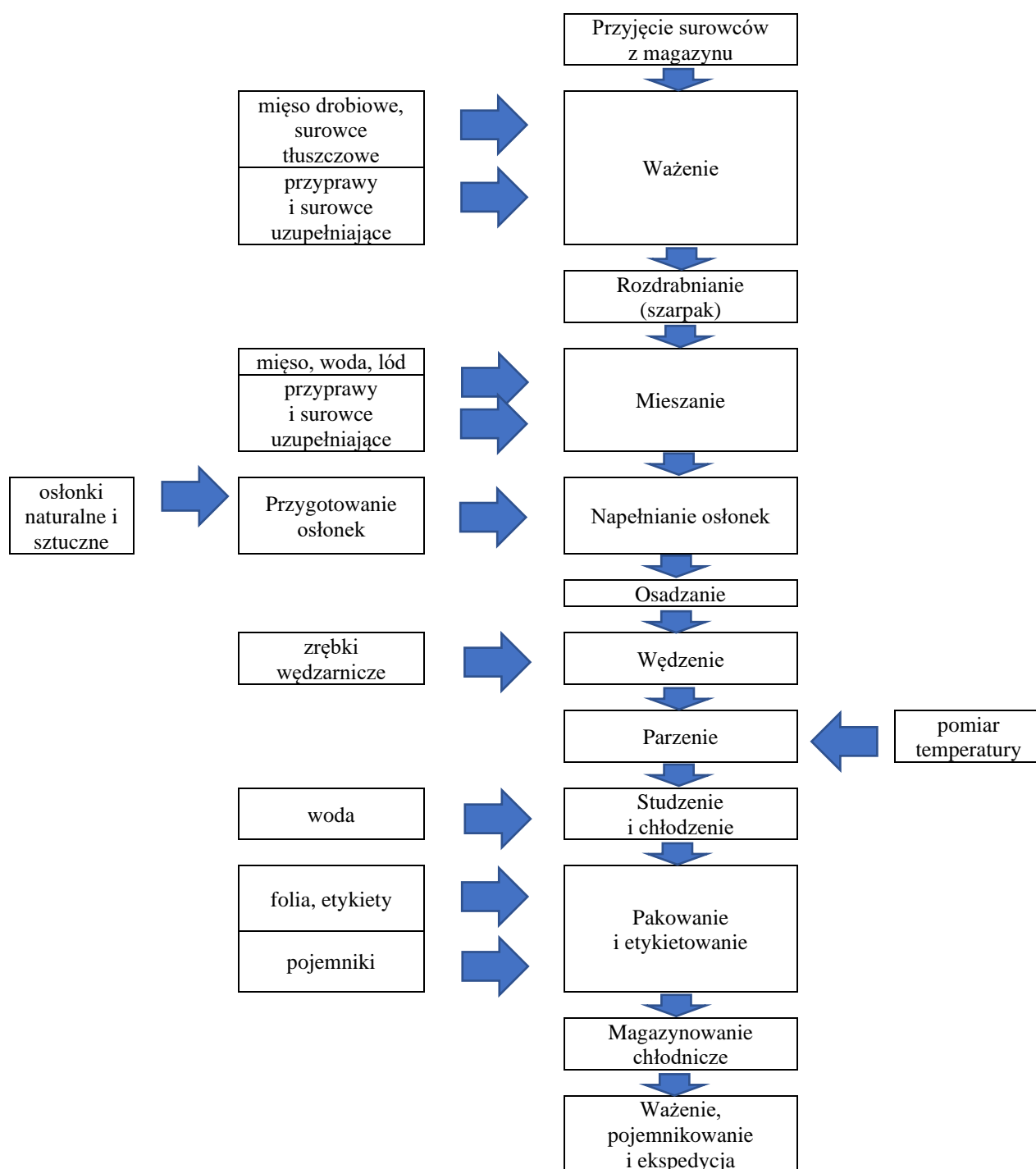
Analizę przeprowadzono na podstawie informacji otrzymanych od przedstawicieli zakładu charakteryzujący się średnią wielkością produkcji. Zakład produkuje przetwory mięsne. Bazuje na świeżym i mrożonym surowcu. W zakładzie nr 2 produkowana jest szeroka gama wyrobów mięsnych obejmująca ponad 100 asortymentów. W celu utrzymania wysokiej jakości produkowanych wędlin stosowane są tradycyjne receptury.

Zakład po przeprowadzonej przebudowie, rozbudowie i modernizacji, jest zakładem o profilu produkcyjnym obejmującym, ubój, rozbiór mięsa oraz przetwórstwo o określonych rodzajach i różnych wielkościach produkcji. W zakładzie nr 2 prowadzony jest skup żywca wieprzowego, ubój i jego przetwórstwo. Asortyment produkowanych wyrobów jest zależny od miesiąca produkcji i udziały poszczególnych grup w całej produkcji zostały przedstawione na rysunku 18.

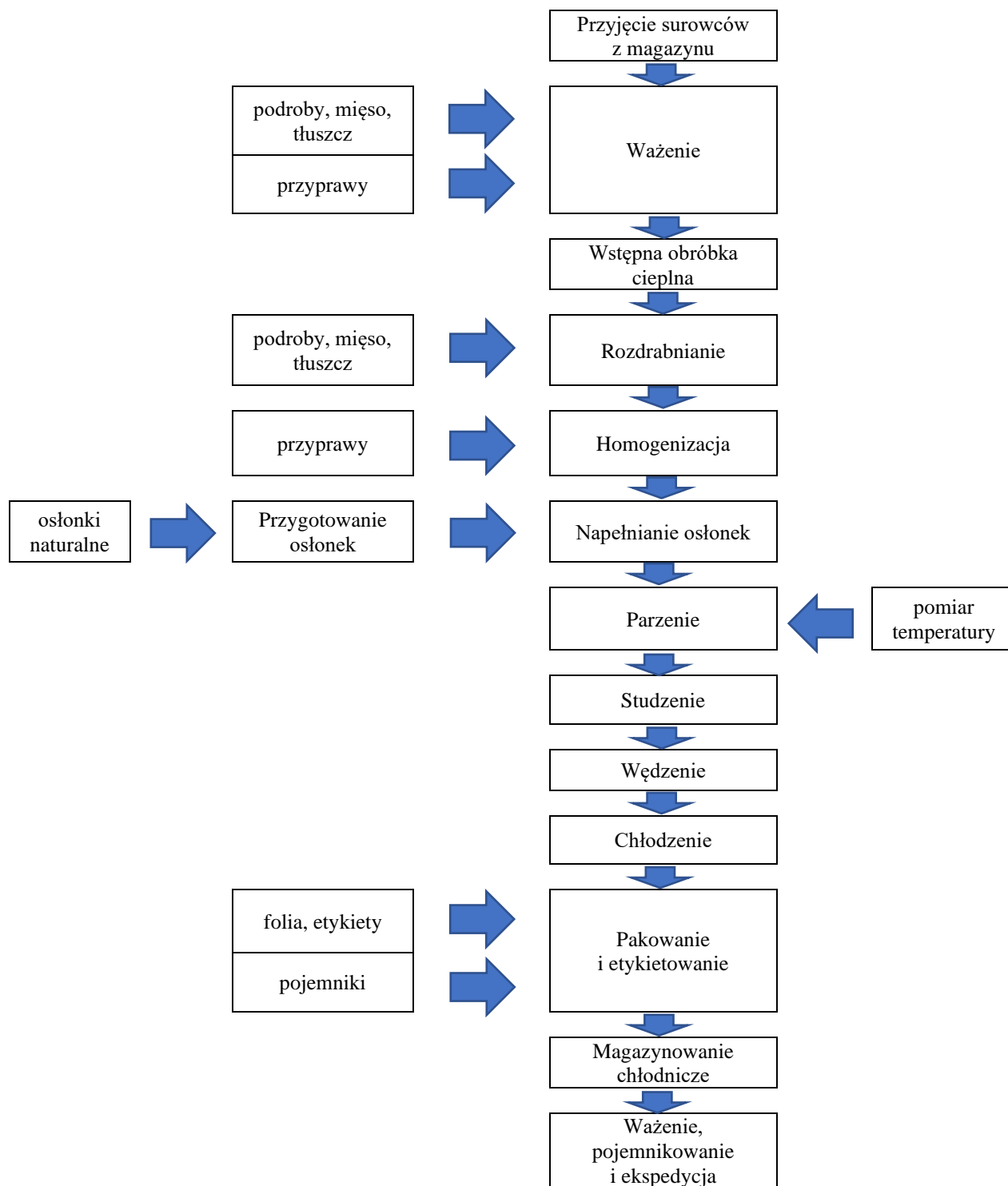


Rys. 18. Udział wielkości produkcji według grup asortymentowych w 2023 roku

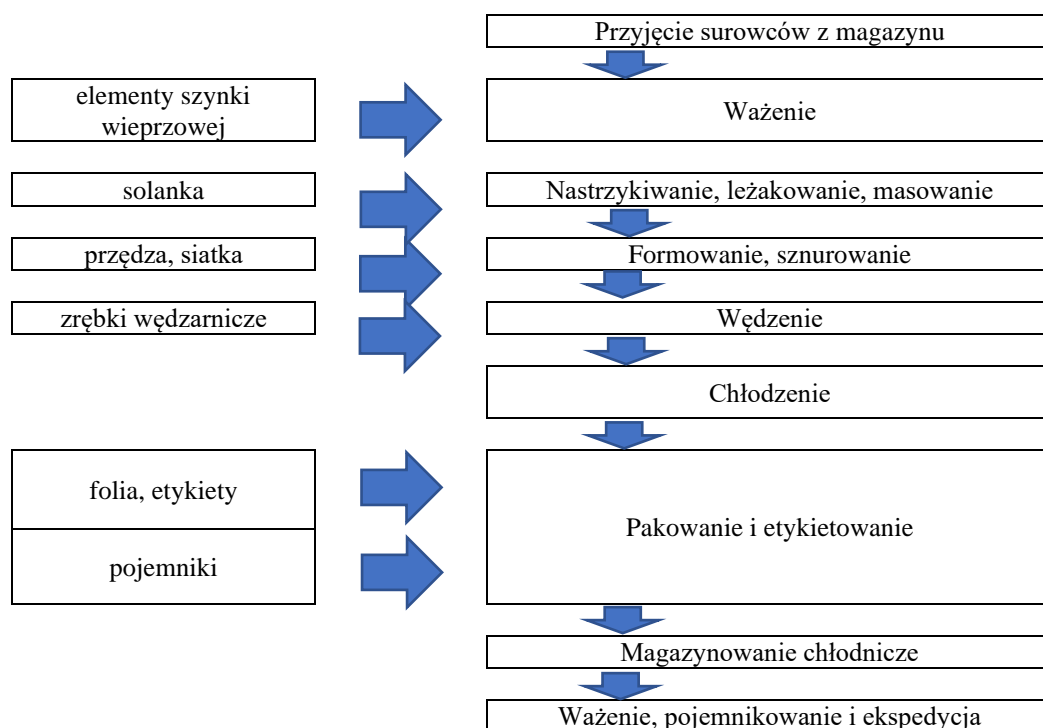
Analiza procesów przetwórczych w zakładzie umożliwiła przedstawienie schematów technologicznych zawierające istotne procesy jednostkowe dla wybranych grup produktów (rys. 19-25).



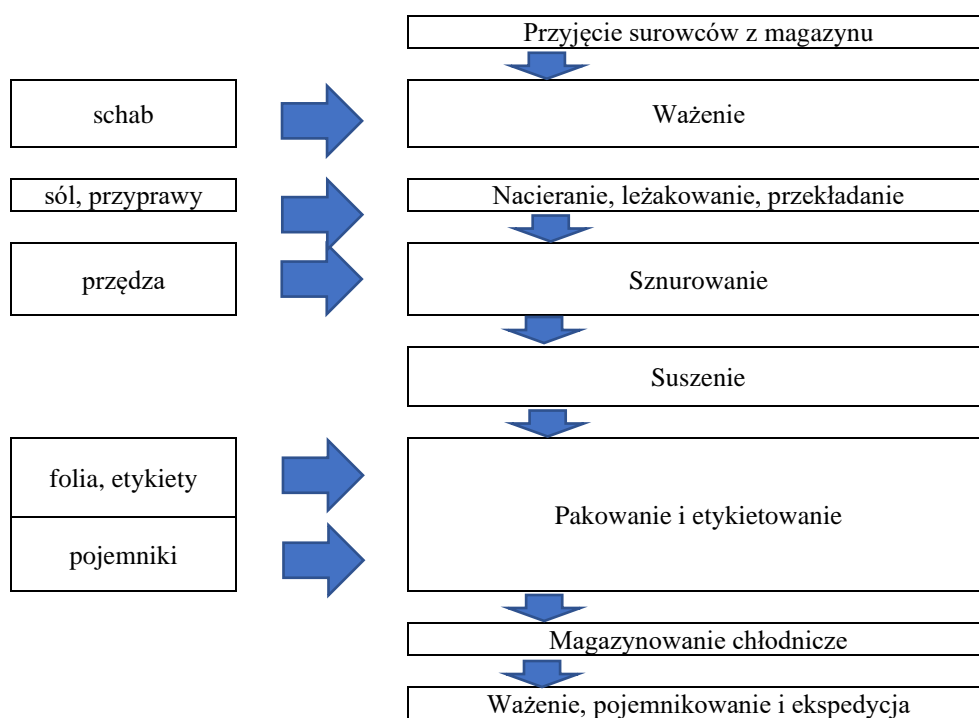
Rys. 19. Schemat produkcyjny – kiełbasy drobiowe gruborozdrobnione



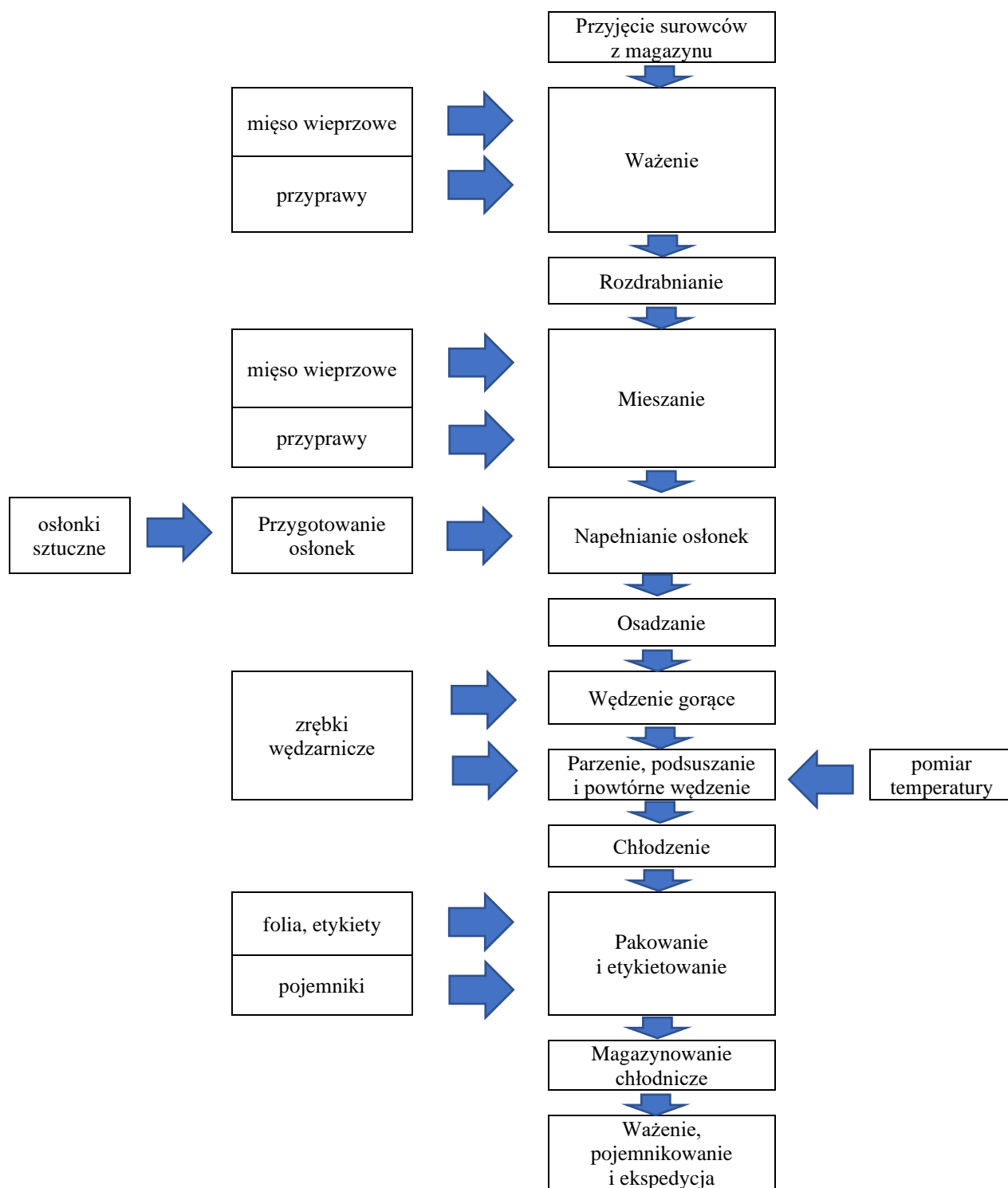
Rys. 20. Schemat produkcyjny – wędliny podrobowe wątrobianki



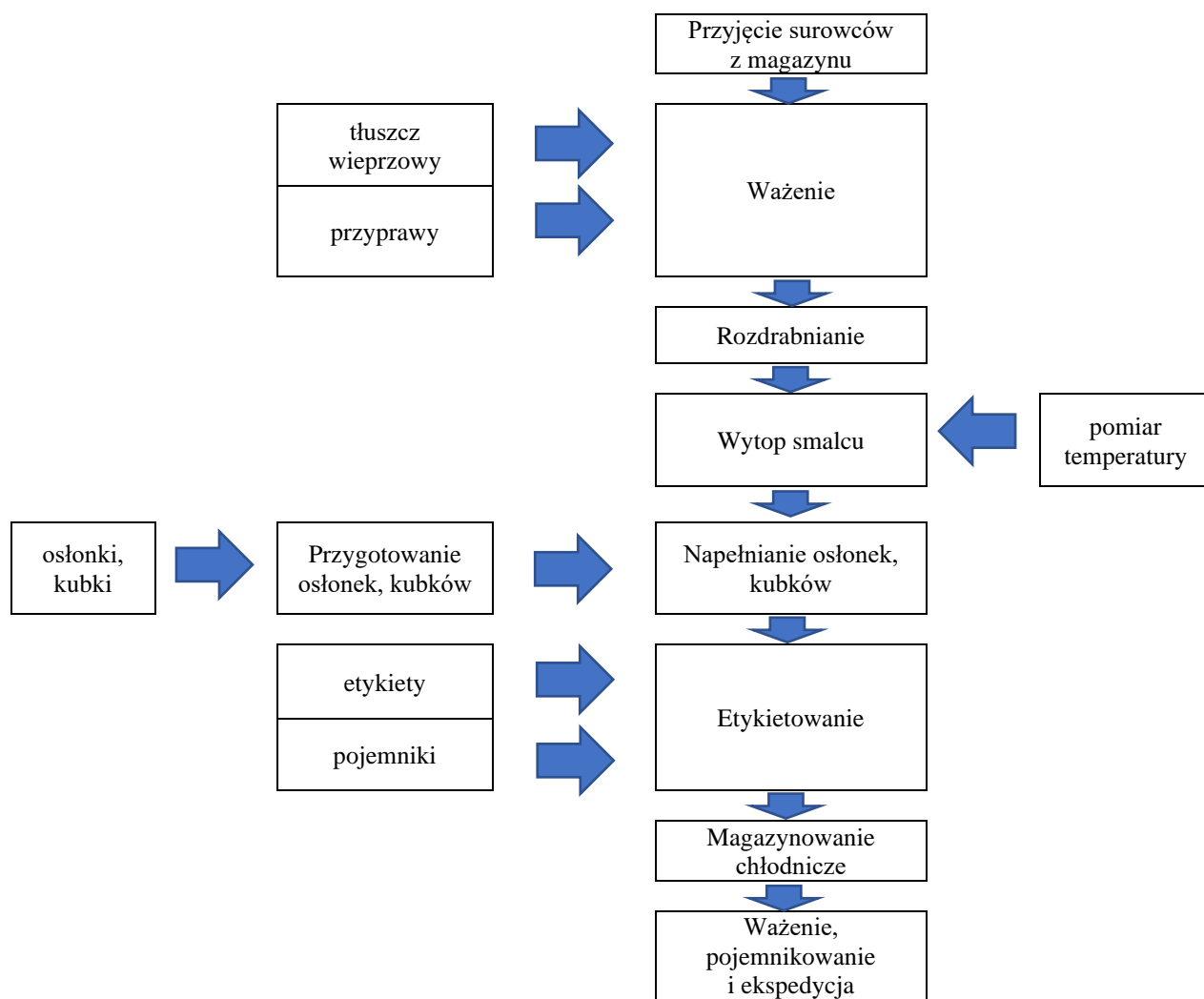
Rys. 21. Schemat produkcyjny – wędzonki, szynki



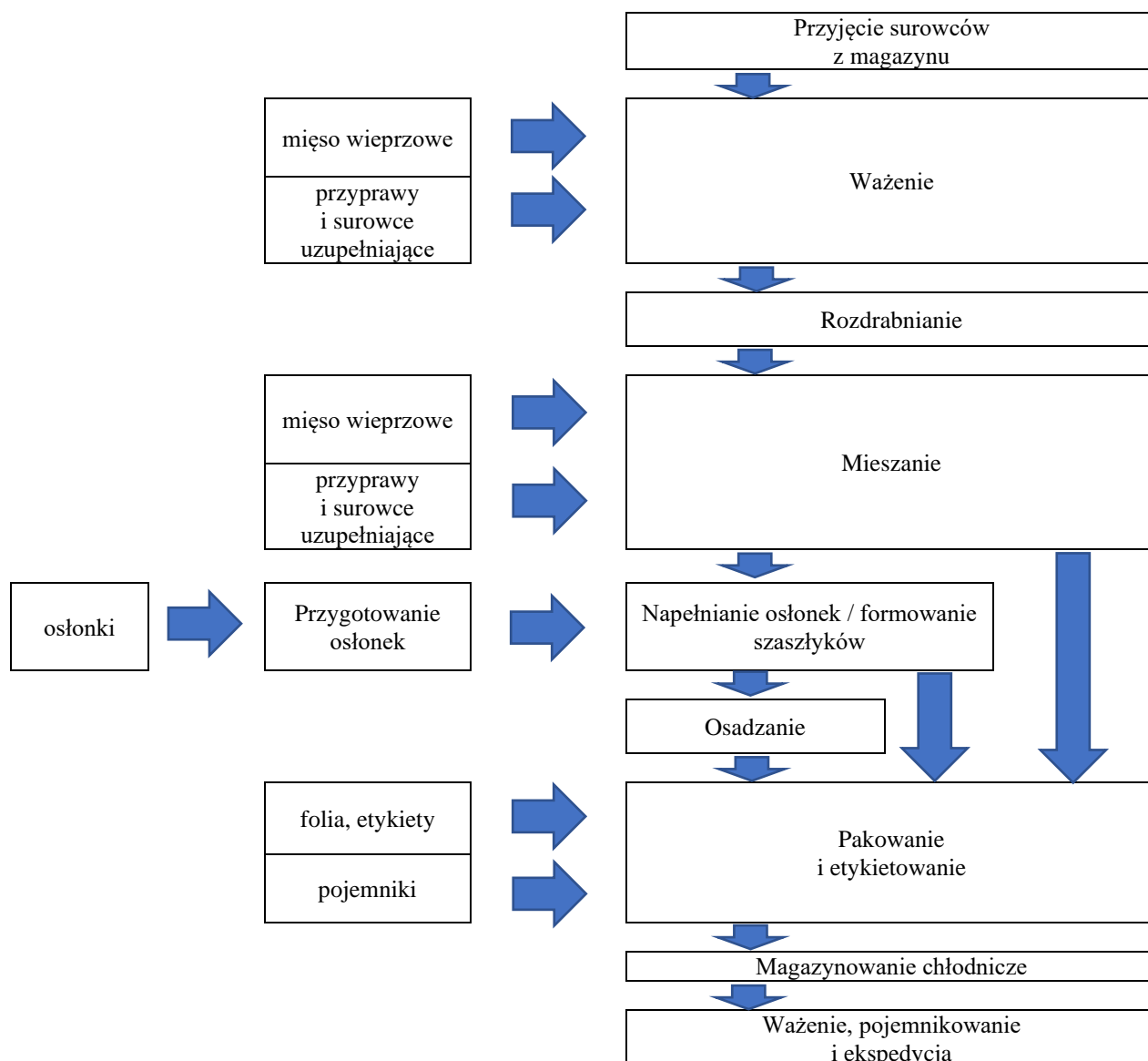
Rys. 22. Schemat produkcyjny – wędzonki, suszone długodojrzewające



Rys. 23. Schemat produkcyjny – kiełbasy gruborozdrobnione podsuszone



Rys. 24. Schemat produkcyjny – smalec



Rys. 25. Schemat produkcyjny – surowe wyroby mięsne

Pierwszym etapem jest ubój. Proces ten rozpoczyna się od kupna surowca. Następnie trafia on do magazynu żywca, który służy do przetrzymywania zwierząt przed ubojem zapewniając jednocześnie wypoczynek i spokój zwierzętom tzw. wypoczynek przedubojowy. W kompleksie magazynu żywca znajdują się: wyładownicza rampa samochodowa, stanowisko do badania przedubojowego. Świnie po wstępnym natrysku mgiełką letniej wody przechodzą przez bramkę do komory oszołamiania, gdzie zostają oszołomione prądem elektrycznym. Czas od ogłuszenia świni do klucia nie powinien być dłuższy niż 20s. Tusza jest przesuwana do stanowiska mycia i dalej opuszczana jest ześlizgiem kolejkowym do oparzelniko-

szczeciniarki, w której następuje, w cyklu automatycznym, oparzenie i odszczecinianie tuszy. Po zabiegach doczyszczania podnosi się tuszę na tor obróbki poubojowej. Dalsza obróbka odbywa się na wisząco, na torze kolejki. Na zawieszonych tuszy po obmyciu strumieniem zimnej wody, dokonuje się nacięcia jamy brzusznej i miednicy oraz podwiązania odbytu. Następnie dokonuje się otwarcia i opróżnienia jamy brzusznej z kompletu jelit wraz z żołądkiem, otoką, trzustką i śledzioną, następuje usunięcie żółci, po czym przecina się mostek i opróżnia klatkę piersiową (usunięcie ośrodka). Nacięcie powłok brzusznych i wytrzewanie należy przeprowadzać w sposób wykluczający zanieczyszczenie mięsa i narządów wewnętrznych treścią przewodu pokarmowego, żółcią lub moczem. Ośrodek zawieszają na haku wózka ramowego, numeruje i przekazuje do badania weterynaryjnego. Narządy oddzielone od tuszy nie mogą być usuwane z pomieszczeń ubojowych do czasu zakończenia badania poubojowego tuszy. Do czasu zakończenia badania poubojowego tusze i narządy wewnętrzne pochodzące od różnych zwierząt nie mogą stykać się ze sobą. Jelita po badaniu weterynaryjnym kierowane są otworem w ścianie do jeliciarni, a ośrodki do chłodni ośrodków. Następnie na wiszącej tuszy dokonuje się przecięcia na półtusze przy pomocy elektrycznej piły taśmowej wyposażonej w przeciwwagę oraz osłonę chroniącą pracowników przed odpryskami kości i mięsa. Po przecięciu usuwany jest rdzeń kręgowy a następnie półtusze poddawane są badaniu przez lekarza weterynarii, podczas którego pobiera się z przepony próbki do badania na włośnię metodą wytrawiania, numeruje się i przekazuje do następnego pomieszczenia. W półtuszach uznanych za pełnowartościowe podrywa się sadło, usuwa się nerki i przekazuje do ważenia oraz poddaje się toalecie końcowej polegającej na sprawdzeniu obróbki i czystości półtuszy, wyjęciu mózgu oraz wykonaniu niezbędnych poprawek. Czyste półtusze przekazuje się do chłodni. Półtusze zakwestionowane przekazywane są do wydzielonego pomieszczenia. Wszystkie inne uzyskane elementy umieszcza się w oznakowanych pojemnikach opisanych i niezwłocznie przekazuje do magazynu, bądź odbierane są one przez indywidualnych odbiorców codziennie po zakończonym uboju. Półtusze wieprzowe powieszono na hakach wychładzane są w pomieszczeniach chłodni półtuszy. Rozmieszczenie półtuszy winno być takie, aby nie było możliwości stykania się ze sobą i żeby nie wystąpiło zaparowanie mięsa. Ośrodki i sadło są wychładzane na wisząco na wózkach jezdnych, a pozostałe podroby wychładzane są w pojemnikach.

Kolejnym etapem jest rozbiór i wykrawanie mięsa z uboju. Wychłodzone półtusze po zważeniu i przekazywane są bezpośrednio do specjalistycznych samochodów do przewożenia całych półtuszy. Półtusze przeznaczone do dalszego rozbioru są kierowane do hali rozbioru

zasadniczego. System chłodzenia w hali rozbioru i wykrawania musi gwarantować utrzymanie temperatury w pomieszczeniu do 12°C. Temperatura mięsa przed opuszczeniem zakładu nie może być wyższa niż 7°C, natomiast temperatura podrobów nie może być wyższa niż 3°C. Podczas rozbioru półtusze wieprzowe otrzymuje się następujące części zasadnicze: głowę, karkówkę, podgardle, łopatkę, golonkę przednią, nogę przednią, słoninę, schab, żeberka, boczek, biodrówkę, pachwinę, szynkę, ogon, golonkę tylną, nogę tylną. Jako części zasadnicze łączone w półtuszy wieprzowej mogą występować: szynka z golonką, łopatka z golonką, boczek z żeberkami. Ponadto, oprócz elementów zasadniczych, w wyniku rozbioru uzyskujemy mięso produkcyjne następujących klas: klasy I, II a, II b, III, IV, komplet jelit oraz podroby. Zasadnicze części rozbioru, mięso w elementach konsumpcyjnych, półprodukty do dalszego przetwórstwa, mięsa drobne, skórki, podroby i tłuszcze przetwórcze pakowane są do pojemników. Pojemniki są dostarczane z magazynu pojemników czystych. Mięso po zważeniu oraz właściwym oznakowaniu jest przekazywane do chłodni porozbiorowej. Tam następuje rozliczenie wagowe uboju i rozbioru oraz przekazanie mięsa w zależności od zapotrzebowania na produkcję lub do magazynu mięsa kulinarnego.

Odrębnym procesem jest rozbiór i wykrawanie mięsa zakupionego (przody wieprzowe, elementy wieprzowe). Surowce zakupione są przyjmowane w pomieszczeniu przyjęcia mięsa zakupowego, gdzie są poddawane ocenie organoleptycznej, kontrolowana jest waga, temperatura i dokumentacja towarzysząca dostawie. Następnie surowiec jest kierowany do chłodni mięsa zakupowego. W momencie przyjęcia na magazyn surowiec oznaczany jest numerem partii zakupu. Mięso po zważeniu oraz właściwym oznakowaniu jest przygotowane do wysyłki, przekazywane do chłodni mięsa kulinarnego lub do mrożenia. Temperatura sprzedawanego mięsa nie może przekraczać +7°C, w najgrubszej warstwie mięśni szynki, temperatura podrobów nie może przekraczać +3°C.

W zakładzie realizowany jest również proces przetwórstwa mięsa wieprzowego i drobiowego, uzyskując następujący asortyment:

- kiełbasy wieprzowe i drobiowe (rys. 19),
- wędliny podrobowe (rys. 20),
- wędliny obkładowe (rys. 21),
- wędzonki parzone i wędzone (rys. 22),
- wędliny półtrwałe (rys. 23),
- tłuszcze topione (rys. 24),
- garmażeryjne mięsa krojone i w całości (rys. 25),
- garmażeryjne mięsa mielone.

W części zakładu znajduje się ciąg pomieszczeń produkcyjnych, wychładzalnia wyrobów, dojrzewalnia, dwie chłodnie wyrobów gotowych, magazyn mięsa kulinarnego oraz ekspedycja wyrobu gotowego. Surowiec zakupiony z zewnątrz do zakładu jest dostarczany transportem samochodowym do pomieszczenia przyjęcia surowca. Mięso w elementach transportowane jest w pojemnikach lub wózkach i po zważeniu na wadze pomostowej jest magazynowane w magazynie mięsa zakupowego. Mięso w półtuszach bądź ćwierćtuszach po przyjęciu wprowadzane jest na wieszak i po zważeniu na wadze kolejki podwieszanej jest zmagazynowane w pomieszczeniu chłodni surowca, bądź przekazane w razie potrzeb do rozbioru. Rozbiór mięsa odbywa się na linii w hali rozbioru. Nacięcie układu kostnego odbywa się za pomocą przecinarki tarczowej. Odcięte elementy są przekazywane na stół rozbioru i tam poddawane wykrawaniu. Posegregowane mięśnie po zważeniu na wagach pomostowych są przekazywane w pojemnikach bądź wózkach do pomieszczenia chłodni porozbiorowej. W zależności od potrzeb poszczególne partie mięsa trafiają do hali obróbki mechanicznej lub do hal obróbki cieplnej (parzenie, wędzenie).

Peklowanie surowców odbywa się w oddzielnym specjalnie do tego celu przygotowanym pomieszczeniu - peklowni. Przygotowanie solanki odbywa się w mieszalniku, skąd schłodzona solanka dostarczana jest do nastrzykiwarki. Peklowanie prowadzone jest na mokro lub na sucho. Sposób peklowania uzależniony jest od procesu produkcji, któremu poddane zostanie mięso. Tak przygotowane mięso jest obrabiane w masownicy lub poddawane leżakowaniu.

Produkcja kiełbas i wędzonek jest trzonem technologii wyrobów masarniczych. Mięso z peklowni trafia do pomieszczeń wytwarzania farszu, gdzie w procesie produkcyjnym udział biorą następujące maszyny: wilk, kuter oraz mieszalnik farszu. Przyprawy do farszu pobierane są z magazynu przypraw. Następnie przygotowany, doprawiony i dobrze wymieszany farsz trafia do głównej hali produkcji. W pomieszczeniu produkcji za pomocą nadziewarek odbywa się napelnianie farszem jelit naturalnych bądź sztucznych. Osłonki naturalne (spreparowanie jelita zwierzęce) przechowywane są w magazynie jelit, skąd po przygotowaniu trafiają do produkcji. Uformowane kiełbasy nakładane są następnie na kije wędzarnicze i odwieszane na wózki wędzarnicze, skąd przez pomieszczenie osadzania są przekazane do obróbki termicznej. Przysze wędzonki są sznurowane lub wkładane w siatki termokurczliwe jeszcze w pomieszczeniu produkcji, a następnie nakładane na kije i odwieszane na wózki wędzarnicze. Na wózkach wędzonki są opłukane wodą i po osuszeniu przekazane do obróbki termicznej podobnie jak kiełbasy. Obróbka termiczna w zależności od

rodzaju wędliny odbywa się w: kotłach warzelnych, urządzeniach wędzarniczo-parzelniczych lub piekarniku.

Dym wędzarniczy wytwarzany jest w dymogeneratorach ze zrębków drzew liściastych (buku, dębu, olchy, akacji). Proces wytwarzania dymu składa się z dwu etapów: termicznego rozkładu drewna i utleniania lotnych produktów tego procesu. Podczas procesów wędzenia powstaje odpadowy popiół ze spalania zrębków drewna, a w okresie wietrzenia komór występuje emisja składników dymu wędzarniczego do powietrza. Wędzonki po wyjściu z komór wędzarniczych są schładzane pod natryskiem, a następnie powietrzem w pomieszczeniu wychładzania. Schłodzone wyroby przekazywane są dalej do dojrzewalni bądź od razu do konfekcjonowania. Wędliny podrobowe wytwarzane są w głównym pomieszczeniu produkcyjnym. Surowce do produkcji wyrobów podrobowych są pobierane z chłodni surowcowej oraz chłodni porozbiorowej i transportowane do obróbki cieplnej. Z pekłowni dostarczane są surowce wymagające peklowania. Gotowanie podrobów odbywa się w kotłach warzelnych. Rozdrabnianie, mieszanie i napełnianie w osłonki odbywa się na urządzeniach do produkcji kielbas. Parzenie, schładzanie wyrobów podrobowych odbywa się tak jak przy produkcji kielbas.

Produkcja mięsa garmażeryjnego odbywa się w pomieszczeniu obróbki mechanicznej. Rozdrabnianie surowca odbywa się w wilku. Mięso garmażeryjne magazynowane jest w chłodni mięsa kulinarnego, skąd poprzez pomieszczenie ekspedycji wysyłane jest do odbiorców.

Konfekcjonowanie wędlin odbywa się w pomieszczeniu pakowania wyrobu gotowego. Po zakończeniu procesu produkcyjnego kielbasy, wędzonki oraz wędliny podrobowe trafiają do pomieszczenia pakowania, gdzie po pakowaniu są ważone i przekazane do magazynów wyrobów gotowych.

Mięso wieprzowe po rozbiórce jest przekazywane do pakowania lub bezpośrednio w pojemnikach do magazynu mięsa kulinarnego. Ładowanie w pojemniki i ekspedycja kolejnych partii towaru odbywa się w hali ekspedycji wyrobu gotowego.

Po zakończonych procesach produkcyjnych następuje mycie pomieszczeń i maszyn za pomocą centralnego systemu mycia. Pojemniki brudne trafiające z zewnątrz na teren zakładu dostarczane są do pomieszczenia myjni pojemników, gdzie są myte przy pomocy myjki pojemników. Po umyciu pojemniki trafiają do magazynu czystych pojemników, a następnie na produkcję. Wózki wędzarnicze są myte w komorach wędzarniczo-parzelniczych, skąd trafiają na produkcję. Wózki produkcyjne do transportu mięsa, są myte w myjni wózków

i przechowywane w pomieszczeniu czystych wózków produkcyjnych, skąd są pobierane na produkcję.

Po przeanalizowaniu procesów technologicznych, przeprowadzono ocenę emisji gazów cieplarnianych związanych z produkcją i transportem w zakładzie nr 2. W celu określenia śladu węglowego produkcji skoncentrowano się głównie na zużyciu nośników energetycznych. W analizie wykorzystano wskaźniki konwersji nośników energii (tabela 3). Dane dotyczące produkcji i zużycia nośników energetycznych zostały zgromadzone w bazie danych, a dane zbiorcze dla roku 2023 zostały przedstawione w tabelach 20 i 21. Przyjęto dane dotyczące energii elektrycznej zgodnie z raportem KOBiZE. Do analizy produkcji brak danych szczegółowych. Obliczenia wykonano szacując produkcję miesięczną z wielkości miesięcznego zużycia surowca. Wielkość produkcji miesięcznej została przedstawiona w tabeli 20.

Tabela 20. Wielkość produkcji w zakładzie w 2023 roku

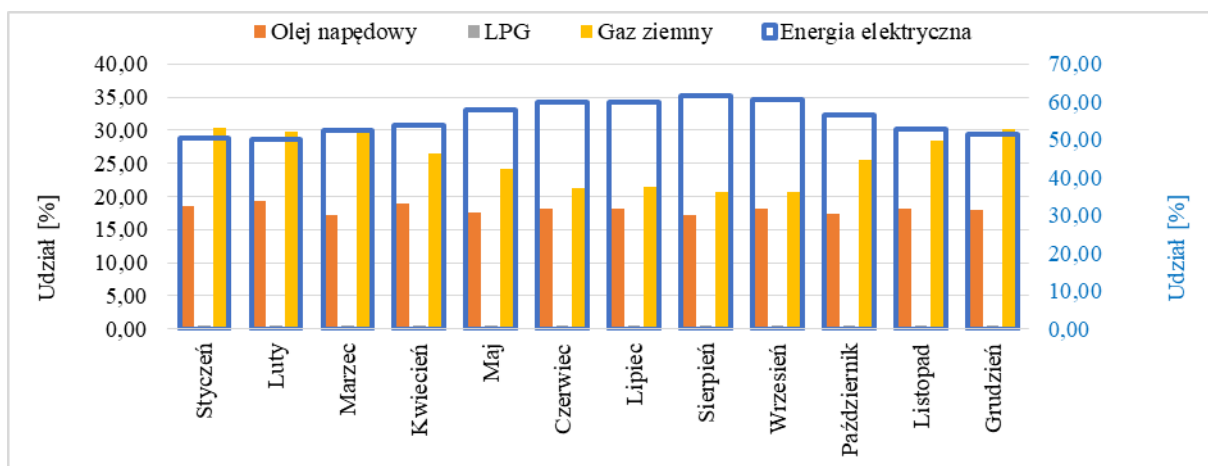
Miesiąc	Mięso sprzedane	Mięso do przetworzenia	Produkcja
	kg		
styczeń	202000	43728,5	265891
luty	154000	52636,06	230906
marzec	241000	74412,45	349723
kwiecień	182000	58338,06	267237
maj	205000	64669,95	299489
czerwiec	166000	59825,54	253410
lipiec	147000	55299,82	227798
sierpień	179000	64748,09	273603
wrzesień	175000	59556,94	262018
październik	248000	67535,53	346675
listopad	230000	59142,42	316412
grudzień	276000	61322,33	365597
Razem	2405000	721215,69	3458761

Tabela 21. Charakterystyka zużycia nośników energetycznych w zakładzie w 2023 roku

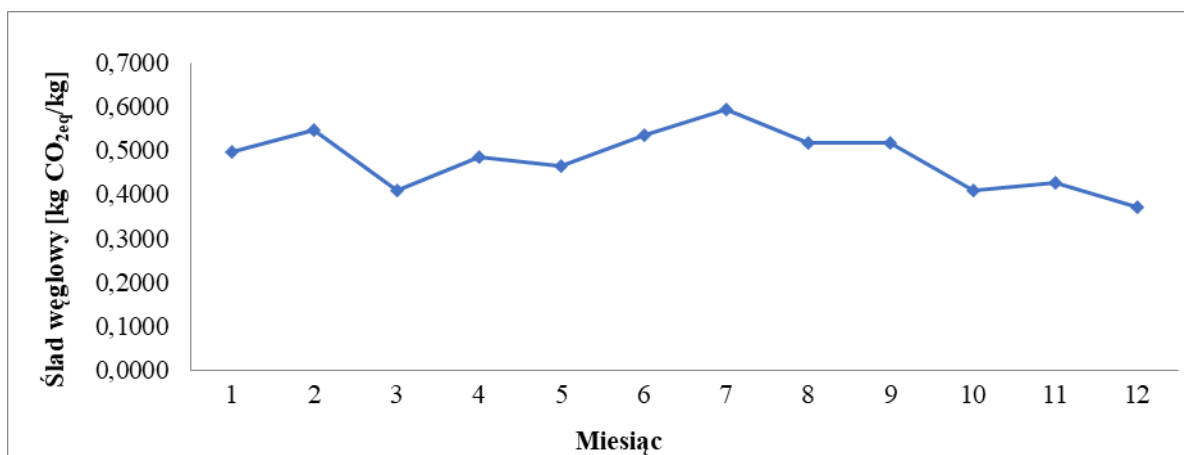
Miesiąc	Energia elektryczna	Gaz ziemny	LPG	ON
	kWh	m ³	litry	litry
styczeń	97069	19600	490	9200
luty	92349	18390	490	9200
marzec	109674	20790	490	9200
kwiecień	101991	16830	490	9200
maj	117045	16420	490	9200
czerwiec	118468	14120	490	9200
lipiec	118010	14180	490	9200
sierpień	127214	14340	490	9200
wrzesień	119913	13730	490	9200
październik	116970	17640	490	9200
listopad	104101	18750	490	9200
grudzień	101658	20060	490	9200
Razem	1324462	204850	5880	110400

Tabela 22. Emisja GHG związana ze zużyciem nośników energetycznych dla zakładu za 2023 rok

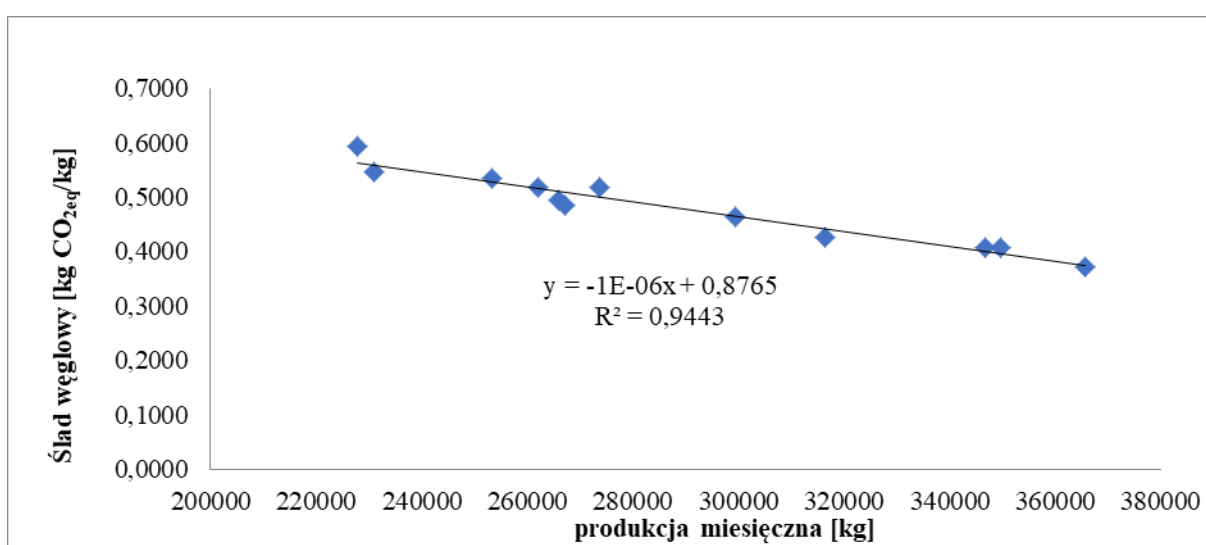
Miesiąc	Energia elektryczna		Gaz ziemny		LPG		ON		Suma wszystkich emisji kg CO _{2eq}
	Emisja	Udział	Emisja	Udział	Emisja	Udział	Emisja	Udział	
	kg CO _{2eq}	%	kg CO _{2eq}	%	kg CO _{2eq}	%	kg CO _{2eq}	%	kg CO _{2eq}
styczeń	66 492,27	50,48	39 984,00	30,36	764,40	0,58	24 472	18,58	131 712,67
luty	63 259,07	50,20	37 515,60	29,77	764,40	0,61	24 472	19,42	126 011,07
marzec	75 126,69	52,62	42 411,60	29,71	764,40	0,54	24 472	17,14	142 774,69
kwiecień	69 863,84	53,98	34 333,20	26,53	764,40	0,59	24 472	18,91	129 433,44
maj	80 175,83	57,72	33 496,80	24,11	764,40	0,55	24 472	17,62	138 909,03
czerwiec	81 150,58	60,03	28 804,80	21,31	764,40	0,57	24 472	18,10	135 191,78
lipiec	80 836,85	59,88	28 927,20	21,43	764,40	0,57	24 472	18,13	135 000,45
sierpień	87 141,59	61,53	29 253,60	20,65	764,40	0,54	24 472	17,28	141 631,59
wrzesień	82 140,41	60,67	28 009,20	20,69	764,40	0,56	24 472	18,08	135 386,01
październik	80 124,45	56,69	35 985,60	25,46	764,40	0,54	24 472	17,31	141 346,45
listopad	71 309,19	52,90	38 250,00	28,38	764,40	0,57	24 472	18,15	134 795,59
grudzień	69 635,73	51,28	40 922,40	30,14	764,40	0,56	24 472	18,02	135 794,53
Razem	907 256,47	55,73	417 894,00	25,67	9 172,8	0,56	293 664	18,04	1 627 987,27

**Rys. 26.** Miesięczny udział emisji poszczególnych nośników energii dla zakładu w 2023 roku**Tabela 23.** Miesięczne wartości śladu węglowego dla zakładu w 2023 roku

Miesiąc	2023 rok
	CF [kg CO _{2eq} /kg]
styczeń	0,4954
luty	0,5457
marzec	0,4083
kwiecień	0,4843
maj	0,4638
czerwiec	0,5335
lipiec	0,5926
sierpień	0,5177
wrzesień	0,5167
październik	0,4077
listopad	0,4260
grudzień	0,3714
CF_{SR}	0,4707



Rys. 27. Miesięczny ślad węglowy dla zakładu w 2023 roku



Rys. 28. Zależność CF od miesięcznej wielkości produkcji dla zakładu 2023 roku

Na podstawie danych zużycia nośników energetycznych wyliczono emisję GHG oraz określono udział procentowy poszczególnych źródeł (tabela 22) dla zakładu nr 2 i przedstawiono graficznie na rysunku 26. Uwzględniając otrzymane wyniki wyznaczono ślad węglowy dla poszczególnych miesięcy w analizowanym roku (tabela 23). Określony ślad węglowy produkcji w odniesieniu do masy jednostkowej wynosił 0,3714-0,5926 kg CO₂eq/kg, a średni CF 0,4707 kg CO₂eq/kg. Stwierdzono, że istnieje zależność między śladem węglowym produkcji od pory roku (rys. 27). Ponadto stwierdzono związek między śladem węglowym a miesięczną wielkością produkcji (rys. 28). Wzrost wielkości produkcji o około 38% powoduje obniżenie śladu węglowego o około 60%. Średnie emisje GHG związane z produkcją pochodziły głównie z pośrednich emisji (zużycie energii elektrycznej) i stanowiły 55,73% całkowitych emisji. Emisje bezpośrednie GHG pochodzące ze spalania gazu ziemnego do grzania wody oraz wytwarzania pary technologicznej to 25,67%, a z oleju

napędowego do transportu samochodowego to 18,04%. Natomiast emisje bezpośrednie związane z gazem płynnym używanym do opalania świń są nieistotne, ponieważ stanowią 0,56% całości emisji.

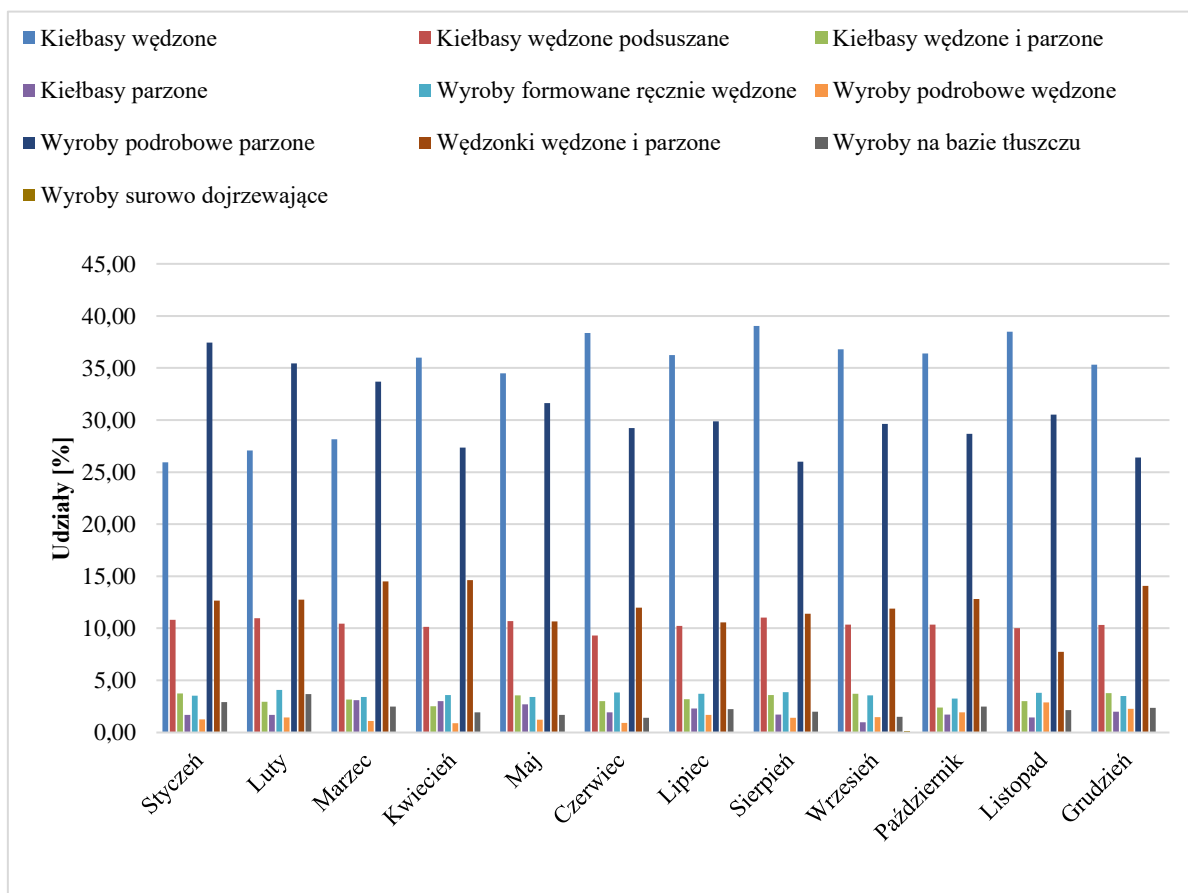
Zakład nr 2 posiada także urządzenia takie jak chiller amoniakalny oraz komorę mroźni na inne czynniki chłodnicze. Urządzenia te mogą stanowić ewentualne źródło emisji gazów cieplarnianych o bardzo wysokim wskaźniku GWP. Każde z nich posiada własny obieg chłodniczy o sumarycznej zawartości czynnika amoniaku R-717 (GWP: 0) w ilości 60 kg (chiller) i czynnika R-404A (GWP: 3922) w ilości 65 kg (mroźnia). Pierwsze z nich nie stwarza zagrożeń związanych z emisją gazów cieplarnianych natomiast mroźnia teoretycznie może spowodować zagrożenie związane z emisją do atmosfery w wysokości 254 930 kg CO_{2eq}. W 2023 roku nie miały miejsca żadne awarie techniczne, których skutkiem byłoby uwolnienie się płynów z instalacji chłodniczej. W związku z tym emisja bezpośrednia gazów cieplarnianych z instalacji chłodniczych wyniosła 0 kg CO_{2eq}.

7.1.3. Analiza zakładu nr 3 (małe przedsiębiorstwo)

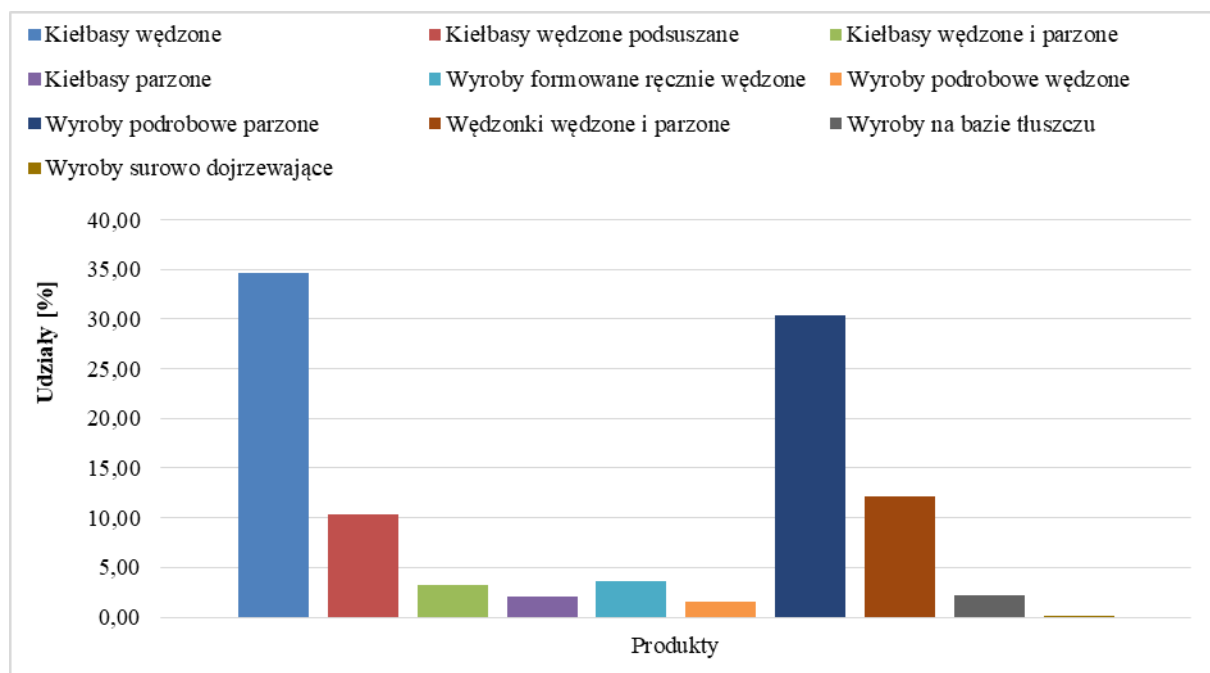
Analizę przeprowadzono na podstawie informacji otrzymanych od przedstawicieli zakładu charakteryzującym się małą/rzemieślniczą wielkością produkcji. Zakład nr 3 produkuje przetwory mięsne bazując na surowcu ekologicznym.

W celu utrzymania wysokiej jakości produkowanych wędlin stosowane są tradycyjne receptury. Zakład nr 3 produkuje szeroki wachlarz produktów surowo dojrzewających, tradycyjnych i ekologicznych oraz przetworów mięsnych. Produkcję opiera się na tradycyjnych recepturach; stosuje tylko najwyższej jakości ekologiczny surowiec wieprzowy, wołowy oraz naturalne przyprawy. Nie stosuje się dodatków funkcjonalnych takich jak: barwniki, przeciwutleniające, regulatory kwasowości, stabilizatory, emulgatory, substancje wzmacniające smak i zapach, modyfikowane skrobie czy preparaty białkowe. Wędliny produkowane są bez sztucznych konserwantów. Zakład nr 3 specjalizuje się w wyrobach: wieprzowych, wieprzowo-wołowych oraz wołowych, wieprzowo-drobiowych oraz dziczyźnie.

Asortyment produkowanych wyrobów jest zależny od miesiąca produkcji, a udziały poszczególnych grup w produkcji miesięcznej i rocznej zostały przedstawione odpowiednio na rysunkach 29 i 30.



Rys. 29. Udział wielkości produkcji według grup asortymentowych w poszczególnych miesiącach



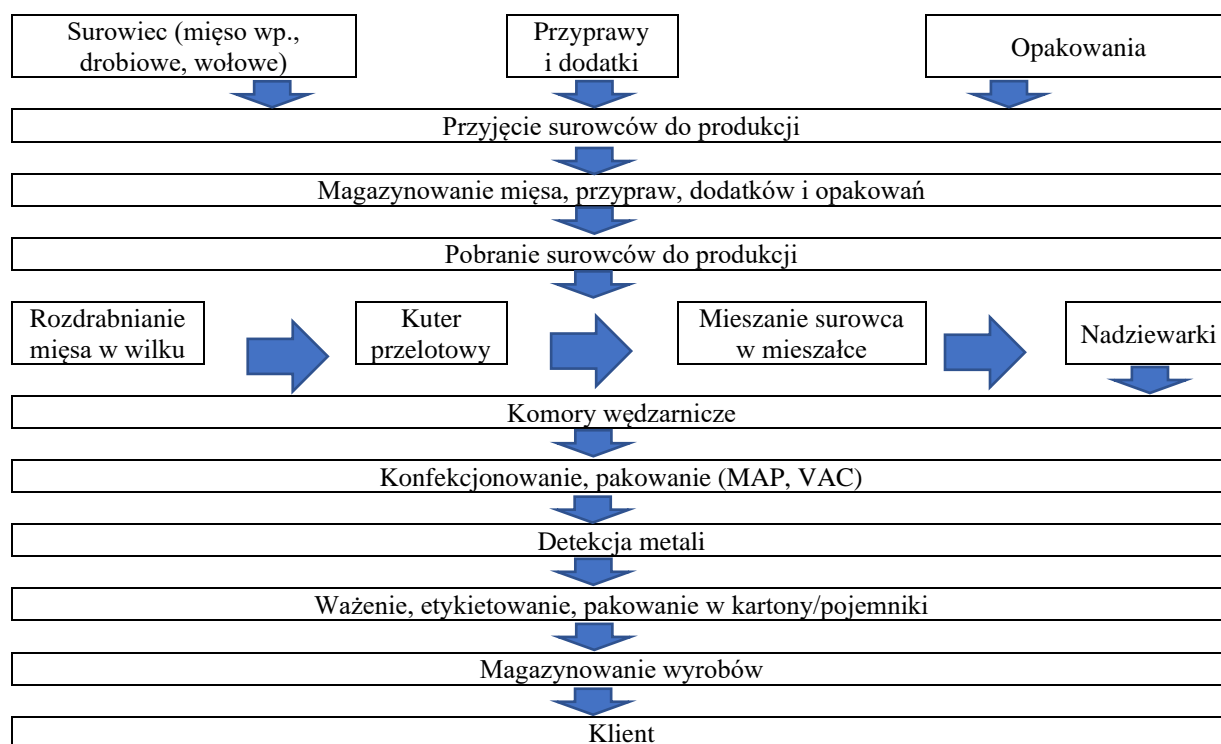
Rys. 30. Udział wielkości produkcji według grup asortymentowych w 2023 roku

Zakład nr 3 produkuje tradycyjne i certyfikowane biowyroby wędliniarskie wysokiej jakości. Innowacje produktowe to wyroby: wołowe, wieprzowe, z dziczyzny i drobiu z wykorzystaniem serwatki oraz wyroby garmażeryjne w tym wegańskie i tradycyjne. Produkowane są produkty: wieprzowo-drobiowe, z jagnięciny oraz z mięsa z dziczyzny.

W zakładzie nr 3 wytwarzane są następujące produkty w wymienionych grupach produktowych:

- kiełbasy wędzone (10 asortymentów m.in. wiejska, grilowa),
- kiełbasy wędzone podsuszane (4 asortymenty),
- kiełbasy wędzone i parzone (4 asortymenty m.in. szynkowa, parówka),
- kiełbasy parzone (3 asortymenty m.in. biała),
- wyroby formowane ręcznie wędzone (3 asortymenty m.in. pieczeń),
- wyroby podrobowe wędzone (2 asortymenty m.in. pasztet),
- wyroby podrobowe parzone (4 asortymenty m.in. kaszanka, salceson),
- wędzonki wędzone i parzone (10 asortymentów m.in. szynka, wędzonka),
- wyroby na bazie tłuszczu (3 asortymenty m.in. smalec),
- wyroby surowo dojrzewające (6 asortymentów m.in. szynka, karkówka).

Analiza procesów przetwórczych w zakładzie umożliwiła przedstawienie schematów technologicznych zawierające istotne procesy jednostkowe dla wybranych grup produktów (rys. 31).



Rys. 31. Blokowy schemat technologiczny procesów produkcyjnych w zakładzie 3

Tabela 24. Wielkość produkcji w zakładzie w 2023 roku

Miesiąc	Produkcja	
	Mg	kg
styczeń	13,21	13 212,80
luty	12,16	12 161,20
marzec	17,04	17 035,55
kwiecień	14,52	14 518,40
maj	17,09	17 090,05
czerwiec	15,27	15 267,30
lipiec	18,13	18 132,95
sierpień	17,00	16 999,46
wrzesień	16,09	16 087,80
październik	16,47	16 467,60
listopad	13,75	13 746,60
grudzień	14,85	14 848,35
Razem	185,57	185 568,06

Tabela 25. Charakterystyka zużycia nośników energetycznych w zakładzie w 2023 roku

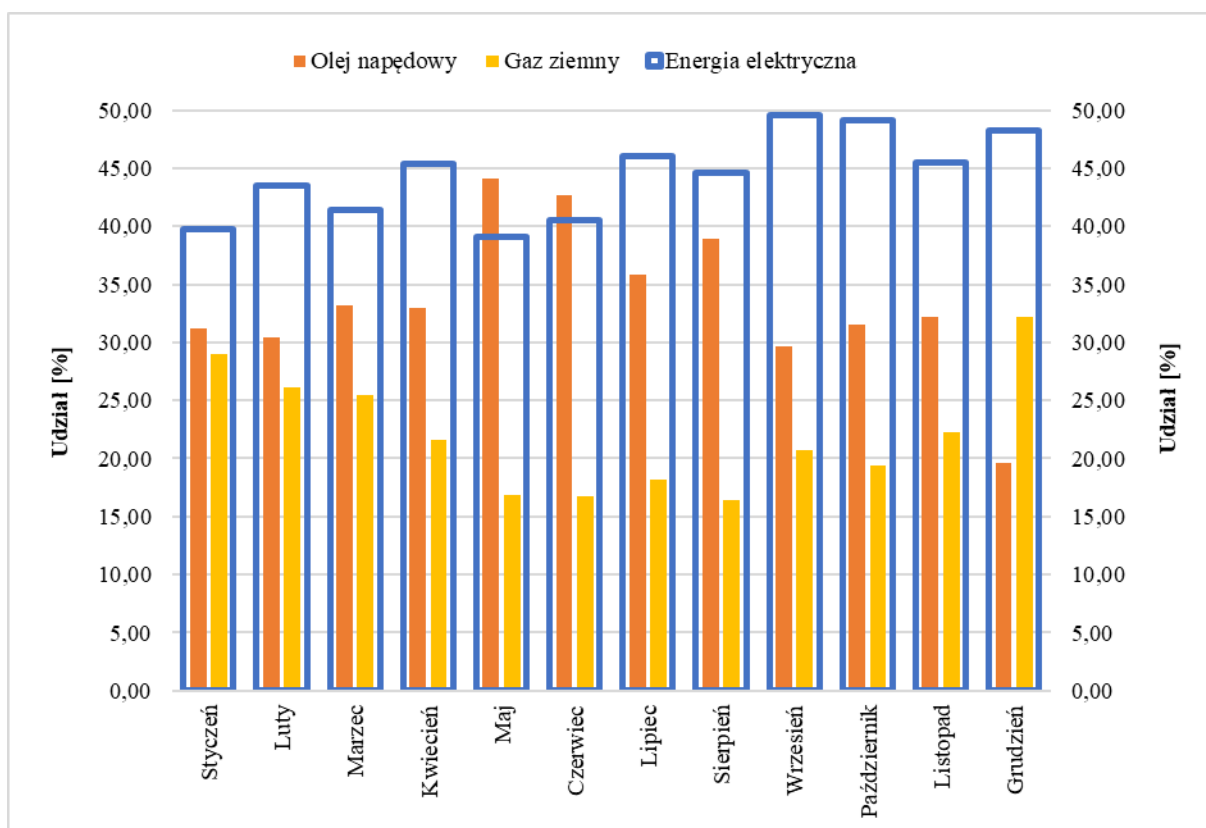
Miesiąc	Energia elektryczna	Gaz ziemny	ON
	kWh	kWh	litry
styczeń	12 379,00	30 856,00	2 503,22
luty	11 186,00	22 994,00	2 012,64
marzec	10 360,00	21 778,00	2 137,82
kwiecień	9 419,00	15 379,00	1 758,88
maj	8 997,00	13 253,00	2 609,41
czerwiec	10 008,00	14 201,00	2 716,15
lipiec	10 318,00	13 962,00	2 065,88
sierpień	10 771,00	13 588,00	2 416,92
wrzesień	11 129,00	15 963,00	1 713,50
październik	12 655,00	17 104,00	2 092,15
listopad	11 726,00	19 696,00	2 138,95
grudzień	12 792,00	29 289,00	1 336,32
Razem	131 740,00	228 063,00	25 501,83

Tabela 26. Emisja GHG związana ze zużyciem nośników energetycznych dla zakładu za 2023 rok

Miesiąc	Energia elektryczna		Gaz ziemny		ON		Suma wszystkich emisji kg CO _{2eq}
	Emisja	Udział	Emisja	Udział	Emisja	Udział	
	kg CO _{2eq}	%	kg CO _{2eq}	%	kg CO _{2eq}	%	
styczeń	8 480	39,79	6 171,20	28,96	6 658,56	31,25	21 309,4
luty	7 662	43,50	4 598,80	26,11	5 353,62	30,39	17 614,8
marzec	7 097	41,41	4 355,60	25,41	5 686,59	33,18	17 138,8
kwiecień	6 452	45,42	3 075,80	21,65	4 678,61	32,93	14 206,4
maj	6 163	39,12	2 650,60	16,82	6 941,02	44,06	15 754,6
czerwiec	6 855	40,52	2 840,20	16,79	7 224,96	42,70	16 920,6
lipiec	7 068	46,03	2 792,40	18,19	5 495,24	35,79	15 355,5
sierpień	7 378	44,65	2 717,60	16,45	6 429,02	38,91	16 524,8
wrzesień	7 623	49,59	3 192,60	20,77	4 557,92	29,65	15 373,9
październik	8 669	49,10	3 420,80	19,38	5 565,12	31,52	17 654,6
listopad	8 032	45,48	3 939,20	22,30	5 689,59	32,22	17 661,1
grudzień	8 763	48,21	5 857,80	32,23	3 554,61	19,56	18 174,9
Razem	90 242	44,30	45 612,60	22,39	67 835	33,30	203 689,4

Po przeanalizowaniu procesów technologicznych, przeprowadzono ocenę emisji gazów cieplarnianych związanych z produkcją i transportem w zakładzie. W celu określenia śladu węglowego produkcji skoncentrowano się głównie na zużyciu nośników energetycznych. W analizie wykorzystano wskaźniki konwersji nośników energii (tabela 3). Dane dotyczące

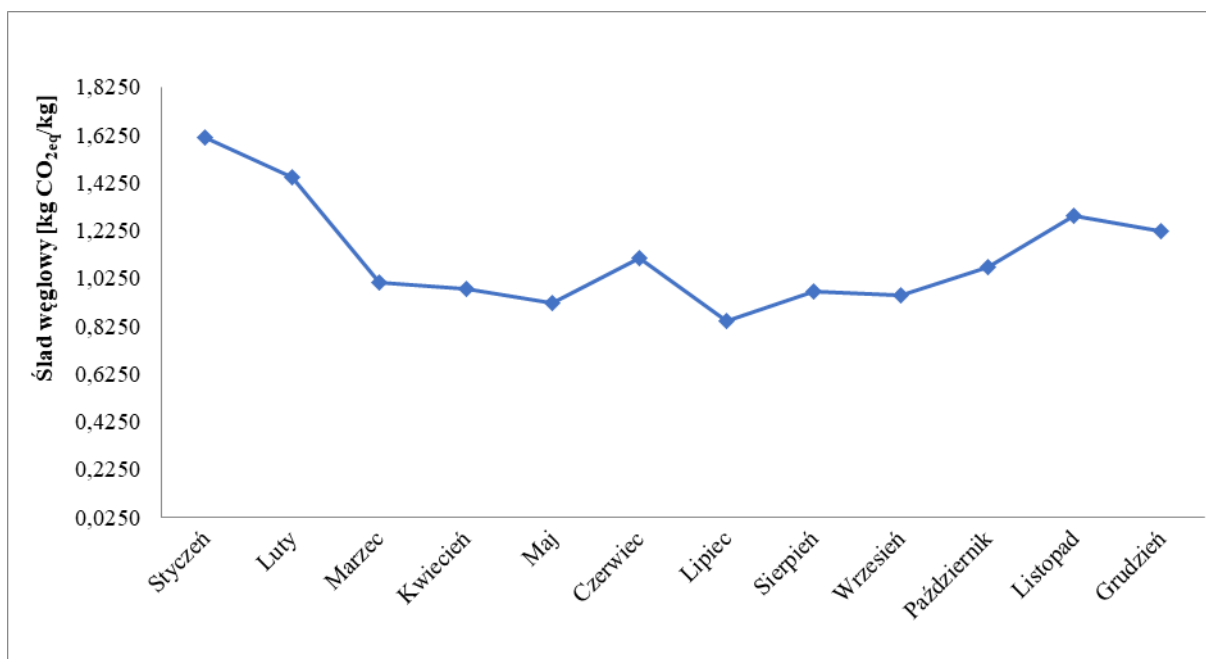
produkcji i zużycia nośników energetycznych zostały zgromadzone w bazie danych, a dane zbiorcze dla roku 2023 zostały przedstawione w tabelach 24 i 25. Przyjęto dane dotyczące energii elektrycznej produkowanej w Polsce zgodnie z raportem KOBiZE



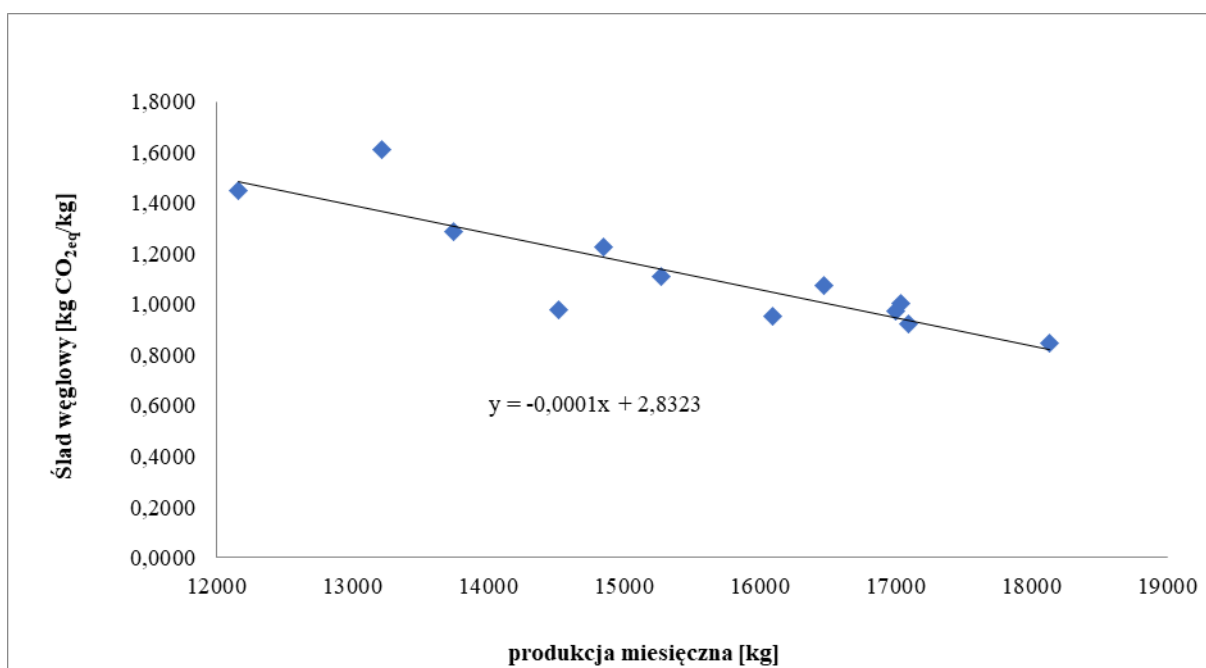
Rys. 32. Miesięczny udział emisji poszczególnych nośników energii dla zakładu w 2023 roku

Tabela 27. Miesięczne wartości śladu węglowego dla zakładu w 2023 roku

Miesiąc	2023 rok
	CF [kg CO ₂ eq/kg]
styczeń	1,6128
luty	1,4484
marzec	1,0061
kwiecień	0,9785
maj	0,9219
czerwiec	1,1083
lipiec	0,8468
sierpień	0,9721
wrzesień	0,9556
październik	1,0721
listopad	1,2848
grudzień	1,2240
CF_{SR}	1,0977



Rys. 33. Miesięczny ślad węglowy dla zakładu w 2023 roku



Rys. 34. Zależność CF od miesięcznej wielkości produkcji dla zakładu 2023 roku

Na podstawie danych zużycia nośników energetycznych wyliczono emisję GHG oraz określono udział procentowy poszczególnych źródeł (tabela 26) dla zakładu nr 3 i przedstawiono graficznie na rysunku 32. Uwzględniając otrzymane wyniki wyznaczono ślad węglowy dla poszczególnych miesięcy w analizowanym roku (tabela 27). Określony ślad węglowy produkcji w odniesieniu do masy jednostkowej wynosił 0,8468-1,6128 kg CO₂eq/kg, a średni CF 1,0977 kg CO₂eq/kg. Stwierdzono, że istnieje zależność między śladem węglowym produkcji od pory roku (rys. 33). Ponadto stwierdzono związek między śladem

węglowym a miesięczną wielkością produkcji (rys. 34). Wzrost wielkości produkcji o około 49% powoduje obniżenie śladu węglowego o około 42%. Średnie emisje GHG związane z produkcją pochodziły głównie z pośrednich emisji (zużycie energii elektrycznej) i stanowiły 44,30% całkowitych emisji. Emisje bezpośrednie GHG pochodzące z oleju napędowego do transportu samochodowego to 33,30% a ze spalania gazu ziemnego do komory parzelniczej i kotła warzelnego to 22,39%.

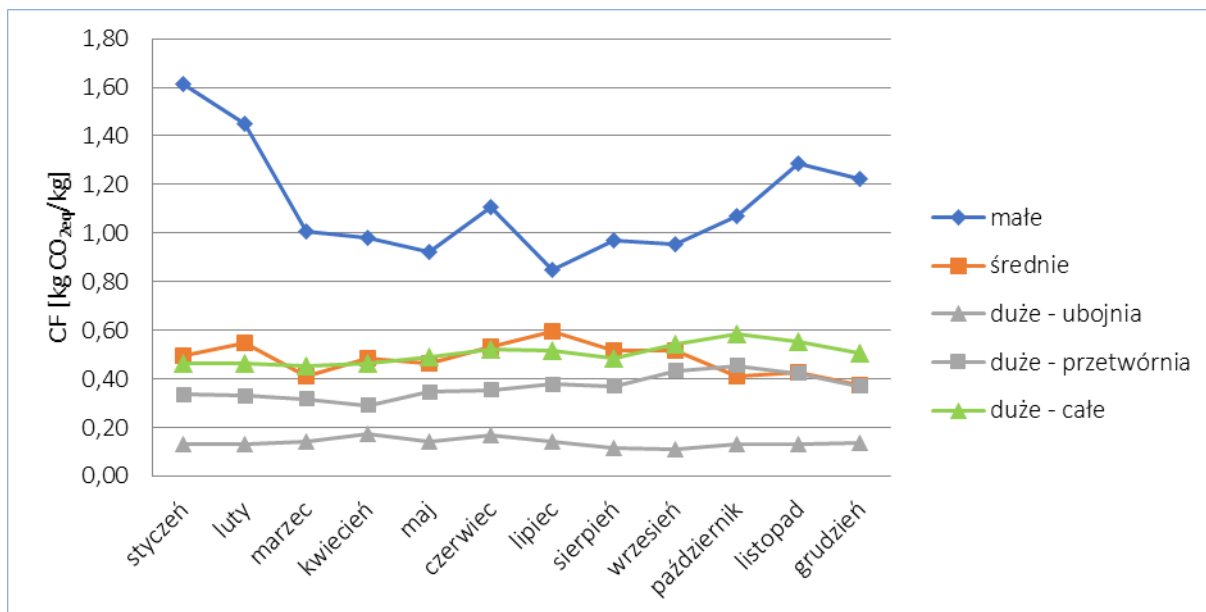
Zakład posiada także urządzenia chłodnicze zawierające f-gazy stosowane jako płyn chłodniczy. Urządzenia te mogą stanowić ewentualne źródło emisji gazów o bardzo wysokim wskaźniku GWP. Każde z nich posiada własny obieg chłodniczy o sumarycznej zawartości czynnika R-404A (GWP: 3922) w ilości 9 kg (dwie chłodnie), czynnika R-449A (GWP: 1397) w ilości 7 kg (mroźnia) i czynnika R-134A (GWP: 1430) w ilości 18 kg (peklownia i dwie chłodnie). Sumaryczne zagrożenie związane z emisją tych substancji do atmosfery to około 70 817 kg CO_{2eq}.

W 2023 roku nie miały miejsca żadne awarie techniczne, których skutkiem byłoby uwolnienie się tych substancji. W związku z tym emisja bezpośrednia gazów cieplarnianych z instalacji chłodniczych wyniosła 0 kg CO_{2eq}.

8. Zestawienie wartości miesięcznych śladów węglowych dla trzech analizowanych zakładów

Na rysunku 35 przedstawiono miesięczny śladem węglowym dla wszystkich analizowanych przedsiębiorstw w 2023 roku, dzięki temu można sformułować następujące wnioski. Małe przedsiębiorstwo wykazało stopniowy spadek śladu węglowego na początku roku, osiągając najniższy poziom w marcu, po czym nastąpił wzrost w listopadzie. Całoroczny trend wskazuje na zmienność CF, ale z tendencją do wzrostu pod koniec roku. Średnie przedsiębiorstwo charakteryzowało się stabilnym CF w ciągu roku, z niewielkimi wahaniami. Najwyższy poziom CF wystąpił w lipcu, a najniższy w grudniu. Duże przedsiębiorstwo, szczególnie ubojnia, miały najniższe wartości CF spośród wszystkich analizowanych zakładów. Ślad węglowy wahał się od 0,11 do 0,17 kg CO_{2eq}/kg w ciągu roku, co wskazuje na stabilne i niskie wartości. Przetwórnia posiadała nieco wyższy CF w porównaniu z ubojnią, z wartościami od 0,29 do 0,45 kg CO_{2eq}/kg. Najwyższy poziom CF osiągnięto w miesiącu październiku. Łączny ślad węglowy dużego przedsiębiorstwa stopniowo rósł w ciągu roku, od 0,46 kg CO_{2eq}/kg w styczniu, do 0,58 kg CO_{2eq}/kg w październiku, po czym nastąpił niewielki spadek w grudniu. Podsumowując, dane wskazują na sezonowe zmiany w emisjach, gdzie większe wahania występują głównie w mniejszych

przedsiębiorstwach, podczas gdy duże firmy, szczególnie ubojnie, utrzymują stabilniejszy i niższy ślad węglowy.



Rys. 35. Miesięczny ślad węglowy dla wszystkich analizowanych przedsiębiorstw w 2023 roku

9. Podsumowanie

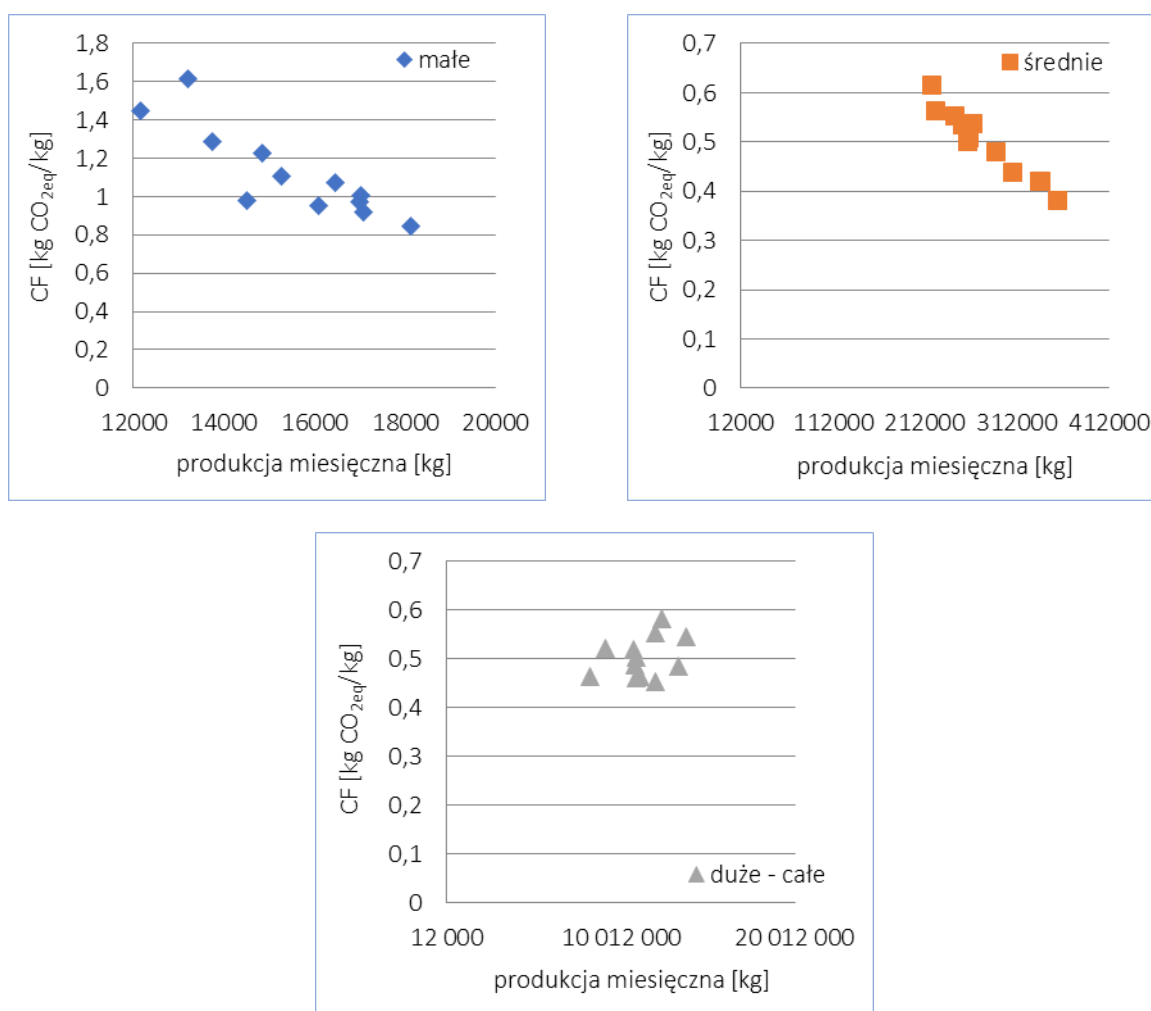
Produkcja żywności, zwłaszcza mięsa, w znaczącym stopniu przyczynia się do emisji gazów cieplarnianych, głównie metanu i dwutlenku węgla. Główne źródła emisji to hodowla zwierząt, transport, przetwórstwo oraz energia zużywana na różnych etapach produkcji. Badania skupiły się na analizie śladu węglowego w zakresie 1 i 2, zawężając zakres analizy do przetwórstwa i transportu.

Na podstawie porównania trzech zakładów (tabela 28) w zakresie wielkości produkcji, emisji gazów cieplarnianych (GHG) oraz śladu węglowego (CF) sformułowano następujące wnioski. Zakład 1 charakteryzuje się największą produkcją (135 313 kg), co jest zgodne z oczekiwaniami w stosunku do jego wielkości, natomiast Zakład 3 znacznie mniejszą wielkością produkcji (185 568 kg). Zakład 1 generuje największą emisję (20 992 579 kg CO_{2eq}), podczas gdy Zakład 3 ma stosunkowo niską emisję (203 689 kg CO_{2eq}). Oznacza to, że większa skala produkcji w Zakładzie 1 wiąże się z wyższymi emisjami, choć Zakład 3, mimo niskiej produkcji, emituje więcej CO₂ na jednostkę produkcji. Średni ślad węglowy w badanych zakładach, zależnie od technologii i wielkości zakładu, wynosił od 0,050 kg CO_{2eq}/kg do 1,098 kg CO_{2eq}/kg, co podkreśla potrzebę ujednocnienia standardów. Zakład 2 ma najniższy ślad węglowy na kilogram produkcji (0,04707 kg CO_{2eq}/kg), co świadczy o jego efektywności energetycznej. Natomiast Zakład 3 wykazuje najwyższy CF (0,10977

kg CO_{2eq}/kg), co sugeruje, że przy niskiej skali produkcji jest mniej wydajny w kontekście emisji GHG na jednostkę produktu (rys. 36). Zakład 2 charakteryzuje się najlepszym stosunkiem emisji GHG do produkcji, co oznacza, że jego procesy są bardziej ekologiczne i mniej szkodliwe dla środowiska w porównaniu do innych zakładów.

Tabela 28. Porównanie wielkości produkcji, emisji GHG i śladu węglowego dla wszystkich danych zakładów

Zakład	2023 rok		
	Wielkość produkcji	Emisja GHG	CF
	kg	kg CO _{2eq}	kg CO _{2eq} /kg
1	135 313 921,91	20 992 579,40	0,4978
2	721215,69	1 627 987,27	0,4707
3	185 568,06	203 689,4	1,0977



Rys. 36. Porównanie wpływu wielkości produkcji na ślad węglowy dla wszystkich badanych zakładów

Analiza śladu węglowego wykazała, że ulepszenie procesów produkcji, transportu oraz przechowywania może znacząco zmniejszyć emisję gazów cieplarnianych. Optymalizacja procesów przetwórczych, szczególnie w kontekście zużycia energii, może przyczynić się do redukcji śladu węglowego. Badania potwierdziły konieczność opracowania jednolitych standardów dla pomiaru śladu węglowego. Spójna metodologia umożliwi transparentne i porównywalne wyniki w skali krajowej i międzynarodowej, co jest niezbędne do skutecznej promocji produktów rolno-spożywczych o niskim wpływie na środowisko. Wprowadzenie działań mających na celu zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych przyczyni się nie tylko do ochrony środowiska, ale także do obniżenia kosztów operacyjnych zakładów przetwórczych, co może stanowić istotny argument na rzecz zrównoważonego rozwoju przemysłu. Kluczowym elementem redukcji śladu węglowego jest współpraca wszystkich podmiotów w łańcuchu dostaw – od producentów surowców po finalnych odbiorców. Zintegrowane podejście do ograniczania emisji będzie bardziej skuteczne i pozwoli na osiągnięcie celów klimatycznych na poziomie krajowym i unijnym. Wyniki badań mogą służyć jako podstawa do dalszych działań w kierunku gospodarki o obiegu zamkniętym, a także pomóc w promocji polskiej żywności, która w przyszłości może być znakowana śladem węglowym.



**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

magdalena.jedrzejewska@ibprs.pl