

Katarzyna Kozłowicz<sup>1</sup>, Dariusz Góral<sup>2</sup>, Franciszek Kluza<sup>3</sup>, Marek Domin<sup>4</sup>, Kazimierz Zawiślak<sup>5</sup>,  
Tomasz Guz<sup>6</sup>  
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

## Uwarunkowania intermodalnych rozwiązań transportu chłodniczego żywności

### Wstęp

Transport jest jednym z ważniejszych elementów procesu technologicznego w działalności logistycznej. Nie sposób wyobrazić sobie wytworzenia jakiegokolwiek produktu bez operacji transportowych, począwszy od transportu surowców i półfabrykatów do zakładu przetwórczego, przez transport wewnątrzzakładowy, a skończywszy na transporcie gotowych wyrobów do klienta. Współczesne procesy transportowe charakteryzują się znaczną spójnością i będąc zintegrowane ze sobą, stanowią podstawę funkcjonowania krajowych i międzynarodowych łańcuchów dostaw. Warunki infrastruktury transportowej i logistycznej, szczególnie jeśli obejmuje to żywność schłodzoną i mrożoną muszą być dostosowane do charakteru przewożonego produktu. Dlatego też zgodnie z przyjętymi wytycznymi Międzynarodowego Instytutu Chłodziarstwa (International Institute of Refrigeration) każdy z podmiotów gospodarczych zajmujący się obrotem artykułami spożywczymi zobowiązany jest do zachowania odpowiednich warunków przechowywania i transportu oraz stałego ich monitoringu. Zachowanie łańcucha chłodniczego musi być zgodne z obowiązującymi w Polsce i krajach UE przepisami prawa żywnościowego. Uwarunkowania kształtowania jakości produktów żywnościowych określają ich miejsce w łańcuchu logistycznym i determinują organizację kontroli bądź stworzenia warunków jej zagwarantowania [9, 10, 16].

### Warunki transportu żywności

Transport chłodniczy jako ważne ogniwo całego łańcucha żywnościowego odgrywa istotną rolę w zachowaniu odpowiedniej jakości żywności od produkcji, przez procesy magazynowania i transportu (dystrybucji) do konsumenta. Większość produktów spożywczych cechuje niska trwałość, wynikająca ze znacznej zawartości wody, co sprzyja rozwojowi drobnoustrojów wywołujących ich psucie się. Konieczność zapewnienia odpowiednich warunków transportu żywności i bezpieczeństwa sanitarnego doprowadziła do zawarcia pod egidą Organizacji Narodów Zjednoczonych umowy o „Międzynarodowych przewozach szybko psujących się artykułów spożywczych i specjalnych środkach transportu do tych przewozów” (Agreement on the international carriage of perishable foodstuff and on the special equipment to be used for such carriage – ATP) zwanej w skrócie umową ATP [1], która została podpisana w Genewie w roku 1970. Umowa zawiera uwarunkowania zachowania jakości szybko psujących się artykułów żywnościowych w czasie ich przewozu, w szczególności w ramach handlu międzynarodowego [4, 12, 18].

<sup>1</sup> Dr hab. inż. K. Kozłowicz, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Chłodziarstwa i Energetyki Przemysłu Spożywczego

<sup>2</sup> Dr hab. inż. D. Góral, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Chłodziarstwa i Energetyki Przemysłu Spożywczego

<sup>3</sup> Prof. dr hab. inż. F. Kluza, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Chłodziarstwa i Energetyki Przemysłu Spożywczego

<sup>4</sup> Dr inż. M. Domin, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Chłodziarstwa i Energetyki Przemysłu Spożywczego

<sup>5</sup> Prof. dr hab. inż. K. Zawiślak, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych

<sup>6</sup> Dr inż. T. Guz, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych

Tabela 1. Zalecane warunki przewozu wybranych artykułów żywnościowych [8, 11]

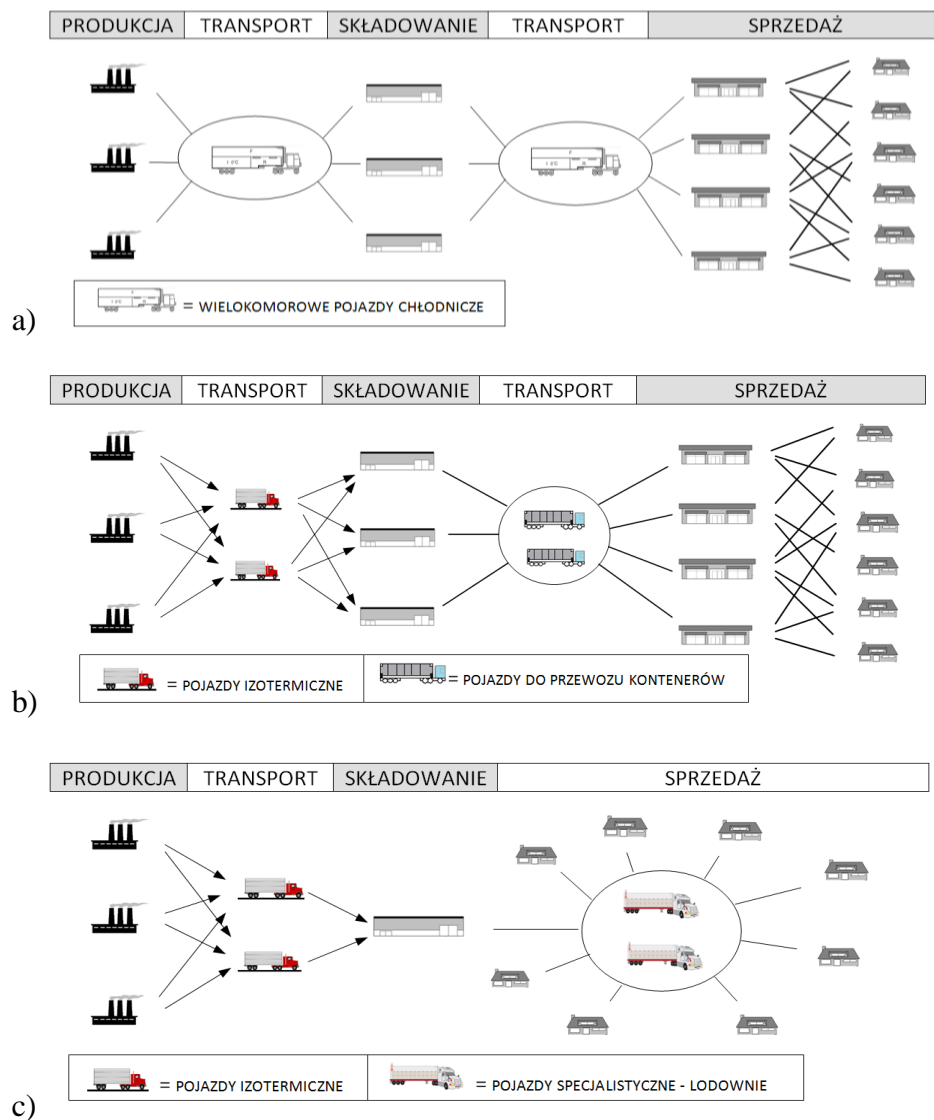
Artykuły żywnościowe	Temperatura przechowywania [°C]	Zakres zmiany temperatury [°C]	Wilgotność względna [%]	Zawartość ditlenku węgla [%]	Zawartość tlenu [%]	Rodzaj opakowania	Czas przewozu [dni]
<b>Produkty mrożone</b>							
Mięso	od -18 do -23	od -30 do -15	95	-	-	skrzynie	530-540
Ryby (filety)	-25	od -28 do -23	90	-	-	skrzynie	180-270
Lody	-29	od -30 do -15	90-95	-	-	kartony	210-240
Masło	-10	od -12 do -8	75-85	-	-	kartony	90-180
<b>Produkty chłodzone</b>							
Banany	13	12-15	85-95	0-5	0-11	kartony	14-21
Cytrusy	11	10,5-12	85-90	0-10	5-10	kartony	28-110
Jabłka	0	-0,5-1,5	90-95	2-16	0-5	kartony	30-180
Ogórki	8	7-9	85-90	-	-	kartony	10-14
Maliny	0	0-4	85-90	-	-	pojemniki	3-5
Ser	2	1-4	85	-	-	kartony	28-30

Regulacje prawne związane z produkcją i dystrybucją żywności mają zapewnić bezpieczeństwo zdrowotne konsumenta. Ustawa o bezpieczeństwie żywności i żywienia formułuje ogólne wytyczne w zakresie szczegółowych wymagań sanitarnych dotyczących środków transportu, w tym obejmujących czynności związane z załadunkiem, przeładunkiem lub wyładunkiem, mające na względzie różne rodzaje żywności i wymagania, które powinny być spełnione w czasie transportu, w celu zapewnienia właściwej zdrowotnej jakości żywności [2, 17]. Jakość i trwałość przewożonej schłodzonej żywności zależy przede wszystkim od warunków klimatycznych panujących w przestrzeni ładunkowej (kontenerze, nadwoziu, wagonie kolejowym, ładowni statku morskiego), rodzaju opakowań i sposobu ich rozmieszczenia, higienicznego stanu produktu i wnętrza środka transportu oraz czasu transportu (tab. 1) [8, 13, 15, 18].

### Wymagania stawiane kontenerom do transportu żywności

Najefektywniejszą formą transportu żywności jest transport kontenerowy. System kontenerowy pozwala na znaczące zmniejszenie zakresu uszkodzeń produktu oraz poprawia warunki klimatyczne transportu. Produkt podczas transportu znajduje się w stale kontrolowanej i monitorowanej temperaturze. W transporcie lądowym rozwój konteneryzacji jest regulowany umową AGTC (*Umowa o ważniejszych liniach międzynarodowych mających znaczenie dla transportu kombinowanego*).

Kontener stanowi podstawę efektywnego rozwoju transportu intermodalnego, czyli przewozu towarów z wykorzystaniem więcej niż jednego rodzaju środka transportowego. Umożliwia to przenoszenie całego ładunku wraz z kontenerem z jednego środka transportowego na inny. Taki transport intermodalny może rozwijać się dynamicznie. Jest to spowodowane przede wszystkim względami ekonomicznymi oraz ekologicznymi. Efektywność, a tym samym zainteresowanie transportem intermodalnym uzależniona jest od rytmiczności i czasu dostaw w łańcuchu. Podstawową rolę w tym względzie pełnią centra logistyczne i ośrodki dystrybucji towarów (rys. 1) [10, 14].



Rys. 1. Schemat sieci dystrybucyjnych z wykorzystaniem różnych typów pojazdów: a) wykorzystanie wielokomorowych pojazdów chłodniczych, b) wykorzystanie wielokomorowych pojazdów chłodniczych i przystosowanych do przewozu kontenerów, c) wykorzystanie pojazdów specjalistycznych wyposażonych w płyty eutektyczne [11]

Najbardziej rozpowszechnionymi kombinacjami transportu intermodalnego są [5]:

- transport samochodowo-kolejowy zwany *piggyback*,
- transport samochodowo-wodny zwany *fishyback*,
- transport samochodowo lotniczy zwany *birdyback*.

Najważniejszą cechą, odróżniającą kontenery chłodnicze od chłodniczych naczep samochodowych i samochodów chłodni jest możliwość wychładzania i domrażania produktów. Podstawą klasyfikacji kontenerów są wymiary zewnętrzne, wymiary wewnętrzne, maksymalna masa brutto oraz otwór drzwiowy kontenera [18].

Najczęściej stosowanymi kontenerami są kontenery izotermiczne oraz zbiornikowe. Kontenery izotermiczne podobnie jak nadwozia izotermiczne, zbudowane są z izolowanych ścian, drzwi, podłogi i dachu w celu ograniczenia wymiany ciepła pomiędzy wnętrzem kontenera a otoczeniem. W grupie kontenerów chłodniczych wyróżnia się [18]:

- kontenery z chłodziwem odnawialnym np. skroplonym gazem,
- kontenery chłodzone mechanicznie przy użyciu urządzeń sprężarkowych lub absorpcyjnych.

W europejskim transporcie drogowo-kolejowo-morskim obowiązują normy dotyczące wymiarów i masy kontenerów chłodniczych. Szerokość kontenerów ładunkowych zgodnie z normą PN-ISO 668:199 wynosi

2438 mm. Zgodnie z wymaganiami technologicznymi i technicznymi kontenery powinny być lekkie, wytrzymałe na warunki transportu, paroszczelne i wodoodporne oraz dobrze izolowane. Niezbędna jest także konstrukcja umożliwiająca przenoszenie kontenerów z ładunkami dźwigiem oraz ich układanie na wysokości do 6 jednostek. Do izolacji produkowanych kontenerów chłodniczych najczęściej stosuje się płyty termoizolacyjne typu „sandwicz”. Materiałami używanymi do budowy płyt termoizolacyjnymi są pianka poliuretanowa oraz styropian. Wykładzinę zewnętrzną zazwyczaj stanowi falowana blacha stalowa, a wewnętrzną blacha aluminiowa. Grubość izolacji dla kontenerów niskotemperaturowych wynosi 70-100 mm [6, 18].

### Metody doboru agregatów chłodniczych w kontenerach

O jakości żywności podczas procesu transportu decyduje właściwy dobór urządzeń chłodniczych. Zasadnicze kryterium doboru stanowi wydajność chłodnicza. Urządzenia chłodnicze powinny mieć na tyle dużą wydajność, aby w określonym czasie „odprowadzić” z przestrzeni ładunkowej ilość ciepła niezbędną dla utrzymania założonej temperatury transportu produktu. Do szybkich przewozów drogowych stosuje się kontenery izotermiczne. Przy większych odległościach transportu kontenery muszą być dodatkowo schładzane. Dlatego też kontenery wyposaża się w kompletne agregaty chłodnicze z własnym silnikiem spalinyowym lub elektrycznym. Całość jest zlokalizowana w przedniej ścianie kontenera i mieści się w jego znormalizowanych wymiarach. Napęd agregatu na morzu odbywa się za pomocą silnika elektrycznego podłączonego do sieci statku.

W praktyce można wyróżnić dwie metody doboru agregatów chłodniczych przeznaczonych do transportu żywności:

- wykorzystanie wytycznych producenta – w tym przypadku należy zwrócić szczególną uwagę na założenia (standardowe warunki transportu) przyjęte przy formułowaniu wytycznych,
- analityczne oszacowanie zapotrzebowania wydajności chłodniczej dla rzeczywistych warunków eksploatacji.

Pierwsza metoda wymaga znajomości objętości lub długości kontenera wewnątrz którego urządzenie chłodnicze będzie w stanie utrzymać wymaganą temperaturę. Dobór odpowiedniego agregatu chłodniczego przyjmuje się na podstawie danych podanych przez producenta, zawartych zwykle w odpowiednich tabelach. Należy jednak pamiętać, że wytyczne zawarte w katalogach producentów agregatów chłodniczych mają charakter orientacyjny i zostały sformułowane dla pewnych ustalonych warunków eksploatacji.

Dokładne obliczenie wydajności chłodniczej agregatu możliwe jest po uwzględnieniu bilansu strat ciepła podczas transportu ładunku. W obliczeniach należy uwzględnić strumień ciepła przenikającego przez izolację nadwozia, wpływ promieniowania słonecznego i strumień ciepła wydzielanego przez transportowany ładunek [2, 3, 7].

Moc urządzeń chłodniczych stosowanych w kontenerach wynika z bilansu cieplnego, który w uproszczeniu można wyrazić równaniem:

$$\dot{Q}_p = k \cdot A \cdot (T_z - T_w) \quad (1)$$

gdzie:

$\dot{Q}_p$  – strumień przenikającego ciepła (W),

$k$  – średni współczynnik przenikania ciepła przez ściany kontenera (W/m<sup>2</sup>K),

$A$  – powierzchnia ścian kontenera (m<sup>2</sup>),

$T_z$  – średnia temperatura powietrza na zewnątrz kontenera (°C),

$T_w$  – średnia temperatura powietrza wewnątrz kontenera (°C).

Dobierając moc urządzeń chłodniczych do kontenera należy ponadto uwzględnić promieniowanie cieplne. Jego strumień zależy od temperatury i rodzaju powierzchni. Wraz ze wzrostem powierzchni wpływ promieniowania staje się istotnym czynnikiem bilansu. Strumień ciepła promieniowania słonecznego zaabsorbowanego przez powierzchnię można wyznaczyć z równania:

$$\dot{Q}_s = a_1 A E_s \quad (2)$$

gdzie:

$a_1$  - zdolność absorpcyjna to wielkość charakteryzująca stopień pochłaniania promieniowania elektromagnetycznego przez ciało,

$A$  - powierzchnia ciała ( $m^2$ ),

$E_s$  - wielkość zastępcza definiująca jaką energię zaabsorbowałoby ciało doskonale czarne z promieniowania słonecznego przypadającego na jednostkę powierzchni.

Na wydajność chłodniczą wpływ ma także ilość ciepła wydzielanego przez przewożony produkt. Jest to szczególnie istotny parametr przy przewozie schłodzonych owoców i warzyw. Ciepło oddychania daje się w przybliżeniu wyliczyć ze wzoru:

$$Q_r = m q_r \quad (3)$$

gdzie:

$Q_r$  – ciepło wydzielane z przewożonego produktu (W)

$m$  – masa ładunku (kg)

$q_r$  – ciepło wydzielane podczas oddychania (W/kg)

Straty ciepła w kontenerze zależą od bardzo wielu czynników, z których część występuje tylko w specyficznych warunkach lub podczas transportu nietypowego. Ponadto, należy założyć, że załadunek schłodzonego lub zamrożonego towaru odbywa się do wcześniej wychłodzonej przestrzeni ładunkowej kontenera. Dobierając agregat chłodniczy należy uwzględnić poprawkę na konieczność odszraniania parownika.

### Podsumowanie

Łańcuch chłodniczy są to odpowiednie procedury zachowania niezmienności warunków w jakich muszą się znajdować chłodzone lub głęboko mrożone produkty żywnościowe. Oznacza to, że od momentu produkcji, poprzez transport i dystrybucję do momentu spożycia przez konsumenta, produkt mrożony powinien być przechowywany w odpowiedniej temperaturze. Nieprzestrzeganie wymaganych warunków w transporcie żywności może prowadzić do skrócenia dopuszczalnego okresu przechowywania, a więc obniżenia wartości handlowej, a nawet dyskwalifikację produktu. Zapewnienie odpowiednich warunków transportu żywności łatwo psującej się umożliwi wykorzystanie kontenerów w systemie intermodalnym. Główną zaletą tego systemu jest brak przeładunku produktu w trakcie transportu, co jest ważnym czynnikiem zmniejszającym zakres uszkodzeń produktu oraz zapewniającym ciągłość łańcucha chłodniczego. Wydajność i niezawodność transportu w kontrolowanej temperaturze pozwala przemysłowi spożywczemu skorzystać z globalnych zmian w konsumpcji żywności pod warunkiem spełnienia wszystkich uwarunkowań i prawnych regulacji dotyczących przewozu żywności łatwo psującej się.

### Streszczenie

W pracy scharakteryzowano uwarunkowania transportu intermodalnego żywności schłodzonej i głęboko mrożonej. Na bazie umowy ATP przedstawiono wymogi dotyczące przewozu żywności łatwo psującej się. Scharakteryzowano budowę kontenerów i opisano metodykę doboru agregatu chłodniczego. Przedstawiono wszystkie uwarunkowania i regulacje wymagane do spełnienia przez transport intermodalny przeznaczony do transportu żywności łatwo psującej się.

**Słowa kluczowe:** transport żywności, łańcuch chłodniczy, kontenery, transport intermodalny

## CONDITIONALITY OF INTERMODAL SOLUTIONS FOR REFRIGERATED FOOD TRANSPORT

### Abstract

This paper was characterized conditionality of chilled and deep-frozen food intermodal transport. On the basis of ATP Agreement specifies the requirements for the carriage of perishable foods. Next, there was characterized the construction of containers and describes the methods for the chosen of the refrigeration unit. In conclusion, the intermodal transport system allows a large extent ensure the continuity of the cold chain provided taking into account all the circumstances and legal regulations concerning the transport of perishable foods.

**Keywords:** transport of food, cold chain, containers, intermodal transport

## **Bibliografia**

- [1] Agreement on the international carriage of perishable foodstuff and on the special equipment to be used for such carriage (ATP), United Nations, Treaty Series, vol. 1028, Geneva, 1 September 1970 and its annexes as amended on 30 April 2007.
- [2] Bieńczak K., Rochata T., Stachowiak A., Zwierzycki W., Kaczmarek R.: Uwarunkowania technologiczne w transporcie chłodniczym wybranych produktów spożywczych. *Chłodnictwo*, 10, 1997, 28-34
- [3] Czapp M., Charun H.: Bilans cieplny pomieszczeń chłodni. Wyższa Szkoła Inżynierska, Koszalin 1995, 46-80
- [4] Gaziński B.: Technika chłodnicza dla praktyków. Przechowalnictwo i transport. Wyd. Systherm, Poznań 2003
- [5] Grzybowska K.: Podstawy logistyki. Difin, Warszawa 2009, 222-225
- [6] Góral D., Kluza F., Teleon M.: Wybrane zagadnienia zapewnienia technicznej jakości naczep i kontenerów do transportu żywności. *Technika Chłodnicza i Klimatyzacyjna*, 2004, 1, 20-26
- [7] Góral D., Kluza F., Kozłowicz K.: Bilans strat ciepła naczepy chłodniczej jako podstawa do prawidłowego doboru agregatu chłodniczego. *Acta Sci. Pol., Technica Agraria* 12(1-2) 2013, 21-30
- [8] Filina L.: Kontenery chłodnicze - transport towarów szybko psujących się. *Przemysł Spożywczy*, 9, 2009, 19-22
- [9] Kozłowicz K., Wolak S., Kluza F.: Transport żywności i jej jakość na tle uwarunkowań technologicznych i logistycznych. *Chłodnictwo* 2003, 5, 38-43
- [10] Kozłowicz K., Kluza F.: Uwarunkowania rozwoju procesów dystrybucyjnych żywności z uwzględnieniem roli chłodnictwa. *Chłodnictwo* 2009, 1-2, 48-53
- [11] Panozzo G., Minotto G., Barizza A.: Transport et distribution de produits alimentaires: situation actuelle et tendances futures. *International Journal of Refrigeration*, 1999, 22, 625-639
- [12] Piekarska J.: Transport żywności – kluczowe ogniwo łańcucha chłodniczego. *Gospodarka Mięsna*, 2012, 5, 18-22
- [13] Piekarska J., Kondratowicz J.: Wykorzystanie technologii chłodniczej w transporcie żywności. *Chłodnictwo*, 4, 2011, 44-47
- [14] Stajniak M.: Transport kombinowany – efektywnie i ekologicznie. *Logistyka* 3, 1998
- [15] Steindel M., Schnotale J.: Mrożona żywność i jej transport zgodnie z przepisami Unii Europejskiej w Samochodowy transport chłodniczy. Wyd. Euro-Media, Warszawa 2008,
- [16] Szymanowski W.: Zarządzanie łańcuchami dostaw żywności w Polsce. Difin, Warszawa 2008, 100-119
- [17] Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. o bezpieczeństwie żywności i żywienia. Dz.U. 2006 nr 171 poz. 1225
- [18] Zwierzyniecki W., Bieńczak K.: Pojazdy chłodnicze w transporcie żywności. Systherm, Poznań 2006