



**Monografia naukowa**

**VI Konferencja naukowa z cyklu  
„Logistyka dziś i jutro”**



# **PROCESY LOGISTYCZNE W PRZEMYŚLE**

**Przemysł 2023**

Państwowa Akademia Nauk Stosowanych w Przemysłu  
Instytut Nauk Technicznych

Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie  
Katedra Inżynierii Produkcji, Logistyki i Informatyki Stosowanej

# **PROCESY LOGISTYCZNE W PRZEMYŚLE**

**MONOGRAFIA**

pod redakcją  
Grzegorza Dzieniszewskiego  
Macieja Kubonia

Przemysł, 2023

Materiały z VI Konferencji Naukowej z cyklu „Logistyka dziś i jutro”  
Przemysł, 2023

Opracowanie redakcyjne:  
Prof. dr hab. inż. Maciej Kuboń

Recenzenci:  
Prof. dr hab. inż. Sławomir Kocira – UP Lublin  
Dr hab. inż. Andrzej Borusiewicz, prof. Uczelni – MANS w Łomży

Korekta i łamanie:  
Zbigniew Szpila

Projekt graficzny okładki i stron tytułowych:  
Zbigniew Szpila

Wszelkie prawa zastrzeżone.  
Rozpowszechnianie i kopiowanie całości lub części publikacji zabronione bez pisemnej  
zgody autorów

Druk i oprawa:  
NOVA SANDEC  
ul. Lwowska 143, 33-300 Nowy Sącz  
tel. +48 (18) 547 45 45  
e-mail: [biuro@novasandec.pl](mailto:biuro@novasandec.pl); <http://www.novasandec.pl>  
Ark. wyd. 16,25; ark. Druk. 14,5  
Nakład: 100 egz.

© Copyright by Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, Kraków 2023  
Wydanie I

**ISBN 978-83-64377-55-6**

**WIR**  
WYDAWNICTWO

Wydawnictwo „INŻYNIERIA ROLNICZA”  
ul. Balicka 116B  
30-149 Kraków  
<http://agriceng.ptir.org>; e-mail: [redakcja@ptir.org](mailto:redakcja@ptir.org)

## Spis treści

<b>Belcar J., Homa E., Gorzelany J.:</b> Logistyka procesu przyjęcia, suszenia i przechowywania ziarna kukurydzy w wybranej spółdzielni rolniczej .....	5
<b>Belcar J., Gorzelany J.:</b> Logistyka przyjęcia, procesu czyszczenia i odbioru ziarna jęczmienia browarnego na przykładzie magazynu zbożowego.....	15
<b>Dzieniszewski G., Jasiejko D., Kwaśniewski D., Sikora J.:</b> Analiza procesu transportu trzody chlewnej w aspekcie optymalizacji łańcucha logistycznego .....	25
<b>Dzieniszewski G., Giefert K., Sikora J., Kielbasa P.:</b> Ocena efektywności publicznego transportu zbiorowego .....	43
<b>Juściński S.:</b> Autonomiczne pojazdy ciężarowe jako innowacyjne wsparcie logistycznych łańcuchów dostaw .....	55
<b>Kaczmar I., Pudlak A.:</b> Algorytmy ewolucyjne ms Excel vs. Chat GPT w rozwiązywaniu problemu komiwojażera .....	85
<b>Kaczmar I., Pudlak A.:</b> Wybrane aspekty zarządzania gospodarką leśną na przykładzie Nadleśnictwa Bircza.....	99
<b>Kuźniar P., Zardzewiały M.:</b> Trendy w budowie układów napędowych samochodów ciężarowych nisko- i zeroemisyjnych .....	113
<b>Piekarski W., Juściński S., Piekarski D., Oźga J.:</b> Innowacyjne technologie w procesie dystrybucji towarów a poziom obsługi klienta .....	129
<b>Piekarski W., Juściński S., Piekarski D., Nestor Ł.:</b> Logistyczne aspekty funkcjonowania sklepu internetowego w czasie pandemii .....	151
<b>Pyza K., Kuboń M., Zając G., Maj G., Słowik T., Szyszlak-Bargłowiec J.:</b> Logistyka dostaw biomasy w obszarze transportu lądowego .....	173
<b>Serafin K., Kwaśniewski D., Kuboń M., Kowalczyk Z., Dzieniszewski G., Olech E.:</b> Analiza transportu krajowego i międzynarodowego w wybranej firmie.....	189
<b>Trzyniec K.:</b> IAI czyli sztuczna inteligencja w zakładach produkcyjnych .....	209
<b>Zapałowska A., Matłok N., Balawejder M., Wywrocki P.:</b> Metoda SERVQUAL w ocenie jakości usług logistycznych .....	215
<b>Zapałowska A., Matłok N., Balawejder M., Wywrocki P.:</b> Logistyczne aspekty produkcji i dystrybucji biomasy na cele energetyczne .....	225





# LOGISTYKA PROCESU PRZYJĘCIA, SUSZENIA I PRZECHOWYWANIA ZIARNA KUKURYDZY W WYBRANEJ SPÓŁDZIELNI ROLNICZEJ

Justyna Belcar<sup>1,2</sup>, Ewelina Homa<sup>1</sup>, Józef Gorzelany<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Zakład Inżynierii Produkcji Rolno-Spożywczej, Kolegium Nauk Przyrodniczych, Uniwersytet Rzeszowski, ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów

<sup>2</sup> Szkoła Doktorska Uniwersytetu Rzeszowskiego, ul. Rejtana 16C, 35-959 Rzeszów

## Wstęp

Kukurydza zaliczana jest do najważniejszych roślin uprawnych w Polsce i na świecie. Zbiory ziarna kukurydzy przeznaczone są głównie na cele konsumpcyjne dla ludzi i jako pasza dla zwierząt. Ważnym kierunkiem zagospodarowania ziarna kukurydzy jest produkcja biogazu i biopaliwa i stanowi stale rozwijającą się gałąź przemysłu. Kukurydza zwyczajna (*Zea mays*) jest zbożem z gatunku roślin jednorocznych z rodziny wiechlinowatych. Za kolebkę pochodzenia kukurydzy uważany jest Meksyk<sup>1</sup>. Najwięcej kukurydzy na świecie produkują Amerykanie, Chińczycy i Brazylijczycy<sup>2</sup>. Kukurydza jest najważniejszym ze zbóż pod względem produkcji, wyprzedzając ryż i pszenicę. Zbiory kukurydzy osiągają ponad 1 miliard ton, a obszar upraw w 2016 roku wynosił prawie 200 milionów hektarów<sup>3</sup>. Jej uprawy rozciągają się od terenów Kanady aż po Argentynę<sup>4</sup>. Roślina ta jest użytkowana poprzez wykorzystanie ziarna lub całej części nadziemnej rośliny, z której surowiec przeznaczony jest do produkcji kiszonki. Kukurydza jest coraz bardziej atrakcyjna z uwagi na wysoki potencjał produkcyjny i możliwość uprawiania monokulturowego<sup>5</sup>. Kukurydza zaliczana jest do najważniejszych jarych roślin uprawnych w Polsce, Europie i na świecie. W 2021 r. polscy rolnicy zebrali 7,5 mln ton ziarna kukurydzy, przez co Polska jest trzecim państwem kolejno po Francji i Rumunii z największym udziałem w produkcji kukurydzy na terytorium Unii

---

<sup>1</sup> Felczyński K.: Kukurydza, karczoch, kard. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne. 2016.

<sup>2</sup> Wysoczańska A.: [www.agropolska.pl/uprawa/kukurydza/zbiory-kukurydzy-w-polsce-byly-rekordowe,260.html](http://www.agropolska.pl/uprawa/kukurydza/zbiory-kukurydzy-w-polsce-byly-rekordowe,260.html). 2022.

<sup>3</sup> Serna-Saldivar O.: Corn. Chemistry and Technology. Third edition. Rozdziały: 1,15,16,22. 2019.

<sup>4</sup> Paliwal R.I., Granados G., Lafitte H.R, Violic A.D., Marathe J.P.: Tropical Maize: Improvement and Production. FAO, Rome. 2000.

<sup>5</sup> Wiśniowski P.: [kalendarzrolnikow.pl/8142/jak-uprawiac-kukurydze-w-naszyc-warunkach-klimatycznych](http://kalendarzrolnikow.pl/8142/jak-uprawiac-kukurydze-w-naszyc-warunkach-klimatycznych). (dostęp w dniu 05.09.2022). 2020.

Europejskiej. Udział polskich upraw kukurydzy stanowił 11% unijnej produkcji<sup>6</sup>. Zbiory kukurydzy w Polsce pokrywają całkowicie zapotrzebowanie rynku wewnętrznego, przez co nadmiar eksportowany jest za granicę. Eksport przekracza średnio ok. 1-1,4 mln ton ziarna kukurydzy, a w 2021 roku rekordowo wyniósł 1,9 mln ton. 89% eksportu trafia do krajów Unii Europejskiej. Najwięcej eksportowanego ziarna kukurydzy trafia do Niemiec, blisko 1,1 mln ton. Kukurydza stanowi podstawowe źródło skrobi i oleju jadalnego. Wykorzystywana jest do przygotowania potraw oraz jako surowiec podczas procesów produkcji żywności<sup>7</sup>.

Dojrzałość omlotowa jest zależna od wczesności odmiany i panujących warunków pogodowych. Zbiór kukurydzy dokonuje się w październiku i listopadzie<sup>8</sup>. Zbiór kombajnem można rozpocząć wtedy gdy ziarno zawiera około 32-35% wody, lecz ważne jest aby zbierane ziarno miało jak najniższą wilgotność. Zwlekanie ze zbiorem prowadzi do obniżenia zawartości wody w ziarnie, a w pierwszym miesiącu od pojawienia się czarnej plamki obserwowane są największe różnice. Ziarniaki o zbyt dużej wilgotności ulegają uszkodzeniom przy zbiorze kombajnem i wpływa to na pogorszenie jakości plonu. Duża wilgotność młóconego ziarna sprzyja występowaniu uszkodzeń<sup>9</sup>. Do zbierania kolb używane są kombajny zbieracze kolb. Przy wykorzystaniu kombajnu wyposażonego w roll-header, można zbierać jednocześnie kolby i ziarno, które przeznaczane są na cele spożywcze.

Transport odgrywa znaczącą rolę w logistyce produkcji ziarna kukurydzy ze względu na przewożenie surowca z miejsca zbioru do miejsca przeznaczenia, najczęściej do suszarni, gdzie zostanie poddana procesowi suszenia i magazynowania. W krajach bardziej rozwiniętych pod względem infrastruktury transportu kukurydza transportowana jest nie tylko pojazdami ciężkimi ale też koleją, barkami wodnymi lub statkami. Według danych Amerykańskiego Ministerstwa Rolnictwa z 2018 r. poprzez wykorzystanie kolei Meksyk importuje 80% amerykańskiego zboża, z czego tylko 20% statkami oceanicznymi. Ciężarówka stanowi najbardziej powszechną formę transportu kukurydzy na niedalekich odcinkach. W Brazylii 63% soi i kukurydzy jest przewożone środkami transportu ciężkiego<sup>10</sup>. W Polsce ziarno kukurydzy transportowane jest najczęściej luzem przy pomocy floty transportowej obejmującej ciągniki rolnicze z przyczepami oraz ciągniki siodłowe z naczepami, potocznie nazywane wywrotkami. Do transportu surowca z pola do magazynu przeznaczone są ciągniki z naczepami lub pojazdy transportujące kukurydżę poza gospodarstwo, które trafia do przetwórcy, magazynów i na handel. Ciągnik rolniczy jest najczęściej używanym pojazdem do transportu płodów rolnych odbywającego się wewnątrz gospodarstwa, coraz częściej można też zauważyć samochody ciężarowe. Do dalszego transportu kukurydzy służą środki transportowe przeznaczone do obsługi wysokotonażowych ładunków. Kukurydza luzem przewożona jest na przyczepie lub w naczepie, potocznie nazywana wywrotką o pojemności

---

<sup>6</sup> Molenda A.: [agronews.com.pl/artukul/polska-trzecim-producentem-kukurydzy-w-ue/](https://agronews.com.pl/artukul/polska-trzecim-producentem-kukurydzy-w-ue/). (dostęp w dniu 11.11.2022r.). 2022.

<sup>7</sup> Konieczny W.: [www.farmer.pl/produkcja-roslinna/zboza/co-stoi-za-sukcesem-kukurydzy-w-polsce,112810.html](https://www.farmer.pl/produkcja-roslinna/zboza/co-stoi-za-sukcesem-kukurydzy-w-polsce,112810.html) (dostęp w dniu 10.10.2022). 2021.

<sup>8</sup> Anonim. <https://agrohandel.com.pl/suszarnia-do-kukurydzy-zastosowanie-rodzaje/> (dostęp w dniu 15.10.2022)

<sup>9</sup> Rogowska A.: <https://www.ppr.pl/wiadomosci/optymalny-termin-zbioru-kukurydzy>. 2021.

<sup>10</sup> Meade B., Puricelli E., McBride W., Valdes C., Hoffman L., Foreman L., Dohman E.: Corn and soybean Production Costs and Export Competitiveness in Argentina, Brazil, and the United States. SDA Economic Information Bulletin 154. 2016.

od 40 m<sup>3</sup> do 76 m<sup>3</sup>. Kukurydza jest rozładowywana za pomocą klapo-drzwi lub klap w przycepcach. W przypadku naczepek, przenośnik podłogowy umożliwia rozładunek surowca przeżożonego w skrzyniach<sup>11</sup>.

Koszty produkcji kształtowane są głównie przez wysokie ceny suszenia ziarna. Podczas omłotu powinno zwracać się uwagę aby ziarno charakteryzowało się wilgotnością w przedziale 20-30%. Niższa wilgotność ziarna kukurydzy obniża koszty pracy suszarni<sup>12</sup>. Suszenie jednoetapowe jest najczęściej wybierane w polskich przedsiębiorstwach do suszenia kukurydzy. Praca suszarki wysokotemperaturowej, w której suszone jest ziarno kukurydzy, opiera się na początkowym suszeniu w temperaturze 80°C, zwiększając na końcu do 110°C. Wilgotność ziarna zostaje obniżona do 15%, a schładzanie surowca do temperatury 10°C wydłuża jego czas magazynowania. Schładzanie powinno odbywać się stopniowo aby nie doprowadzić do uszkodzeń ziarniaków, co skutkuje pogorszeniem jakości materiału. Mniej znana metoda dwuetapowa polega na wykorzystaniu temperatur niskich. Początkowy proces przebiega tak jak w wyżej wymienionym suszeniu jednoetapowym. Po osiągnięciu temperatury ziarna kukurydzy w przedziale 18-20°C następuje drugi etap. Powstałe ciepło w trakcie procesu jest magazynowane przez ziarno i wykorzystywane do dalszego suszenia, które odbywa się w chłodnicy. Schładzalnik z ziarnem kukurydzy zostaje wypełniony zimnym powietrzem i dochodzi do ogrzania ziarna wskutek czego wytworzona wilgoć przez ziarna jest odprowadzana poza miejsce magazynowania<sup>13</sup>.

## Material i metody badań

Ocena procesu logistycznego infrastruktury dostaw mokrego ziarna kukurydzy, ocena jakości surowca podczas przyjęcia, procesu suszenia i magazynowania już wysuszonego ziarna kukurydzy stanowiły przedmiot badań niniejszej pracy.

Każda dostawa mokrego ziarna kukurydzy w 19 dniach (październik 2022 roku) przyjęcia przez magazyn była poddawana szczegółowej kontroli. Dokonywano pomiarów masy dostarczonego ziarna, określono początkową wilgotność oraz wybrane parametry jakościowe ziarna. Kolejno surowiec wprowadzany był do suszarni i dosuszany do wilgotności 14%. Po osiągnięciu wymaganej wilgotności kierowano ziarno kukurydzy do silosów. Obniżenie poziomu wilgotności istotnie wpływa na warunki i długość czasu przechowywania suchego ziarna kukurydzy w silosach.

Magazyn przyjmujący dostawy mokrego ziarna kukurydzy umiejscowiony jest na Podkarpaciu i prowadzi działalność jako Spółdzielnia Rolnicza. Na terenie magazynu mieszczą się 3 silosy lejowe i 6 silosów płaskodennych, suszarnia daszkowa i czyszczalnia. Analiza jakości ziarna kukurydzy przeprowadzana jest we własnym laboratorium na terenie Spółdzielni. Spółdzielnia Rolnicza skupuje różne zboża, magazynuje je, czyści, suszy

---

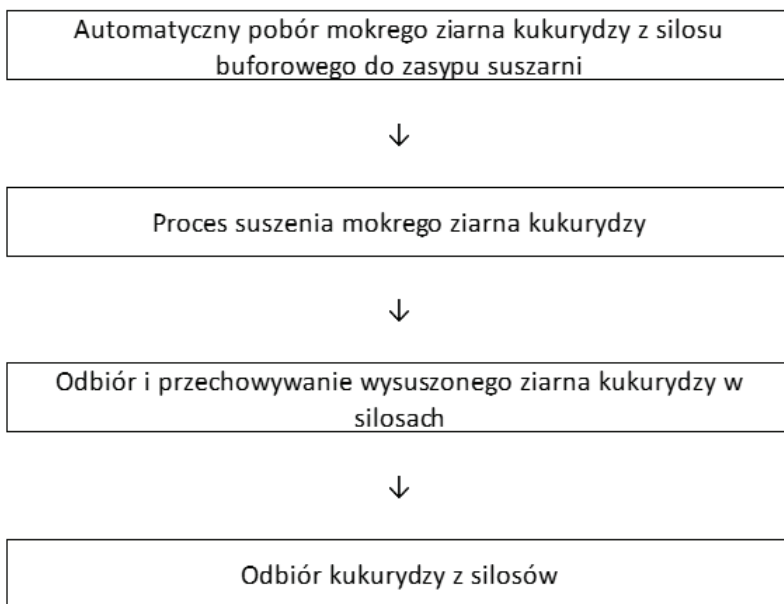
<sup>11</sup> Rodzeń A.: Transport żywności i transport płodów rolnych jako podstawowe działy gospodarki. *Acta Sci. Pol. Technica Agraria*. 17(1-2), 3–11. 2019.

<sup>12</sup> Dubas A.: *Technologia produkcji kukurydzy*. Wieś Jutra. ISBN: 83-89503-17-4. 2004.

<sup>13</sup> Rudzińska O.: <https://swiatrolnika.info/uprawy/inne-rosliny-uprawne/suszenie-kukurydzy-etapy.html> (dostęp w dniu 05.09.2022). 2020.

i redystrybuuje. Procesy są realizowane w oparciu o konkretne procesy technologiczne w zależności od rodzaju zbóż<sup>14</sup>.

### Logistyka suszenia ziarna kukurydzy



Rys.1. Proces suszenia ziarna kukurydzy

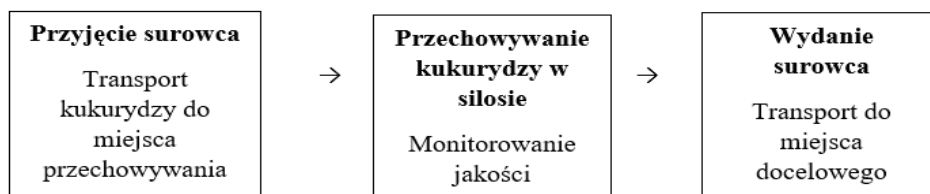
Ziarno przeznaczone do składowania musi być doczyszczzone i wysuszone. Długość czasu przechowywania ziarna kukurydzy zależy od poziomu wilgotności i temperatury. Im wyższa temperatura, tym krótszy okres składowania, przy temperaturze 21°C są to 3 dni, gdzie przy 24°C skrócony jest o jeden dzień. Długoterminowe przechowywanie można stosować wówczas gdy ziarno charakteryzuje się wilgotnością na poziomie 13-14%, można to osiągnąć podczas suszenia ciepłym powietrzem<sup>15</sup>. Używane silosy do magazynowania ziarna kukurydzy są zdolne pomieścić nawet do 15000 ton. Silosy z dnem płaskim są najczęściej używane do magazynowania ziarna kukurydzy. Posiadają urządzenia mechaniczne, które umożliwiają

---

<sup>14</sup> Belcar J., Gorzelany J.: Ocena wybranych parametrów jakościowych ziarna kukurydzy mokrej dostarczanej do Spółdzielni Rolników SAN w Głuchowie w latach 2015-2019. Postęp w Naukach Rolniczych i Produkcji Żywności. Wydawnictwo Uniwersytetu Rzeszowskiego, Rzeszów. 2020.

<sup>15</sup> Kierzek R., Bereś P., Mrówczyński M., Korbas M., Węgorok P., Sulewska H., Szulc P., Siódmiak J., Danielewicz J., Trzmiel K., Krawczyk K., Zamojska J., Prószyński G., Drzewiecki S.: Metodyka integrowanej ochrony kukurydzy dla producentów. Edycja 1. Wydawca: Instytut Ochrony Roślin - Państwowy Instytut Badawczy. ISBN: 978-83-89867-97-1. 2013.

rozładunek. Silos zasypywany jest materiałem od góry, a rozładunek odbywa się za pomocą przenośników wybierakowych, ślimaków wygarniających lub zasuw wysypowych. Płaskie dno silosu utrudnia całkowite rozładowanie surowca przez co stosowane są przenośniki ślimakowe i przenośniki podpodłogowe, których zadaniem jest przesuwanie ziarna kukurydzy na zewnątrz silosu. Silosy z dnem lejowym charakteryzują się prostszym rozładowaniem surowca dzięki zastosowaniu zasuwów<sup>16</sup>. Praktyki przechowywania kukurydzy stosowane są po to, aby zapobiegać pogorszeniu jakości całego ziarna, które wiąże się z kosztami strat suchej masy i obniżeniu jakości surowca wykorzystywanego do dalszego przetwarzania<sup>17</sup>.



Rys. 2. Proces przechowywania wysuszonego ziarna kukurydzy

### Analiza dostaw ziarna kukurydzy do magazynu

Badania obejmowały 467 dostaw mokrego ziarna kukurydzy na przestrzeni kolejnych 19 dni w październiku 2022 roku. Umożliwiło to przybliżenie wybranych danych dotyczących parametrów jakościowych i różnicy w masie ziarna mokrego i wysuszonego. Do magazynu Spółdzielni Rolniczej w tym czasie przetransportowano 6615,4 ton mokrego ziarna kukurydzy. Średnia waga dziennej dostawy do spółdzielni wynosiła 348,17 ton. Wilgotność mokrego ziarna kukurydzy dostarczonego pomiędzy 10 a 31 października wahała się pomiędzy 25,43% a 28,60%. Średnio dzienna wilgotność kukurydzy wyniosła 26,95% (tab. 1.). Zróżnicowana zawartość wody w ziarnie kukurydzy zależała od terminu zbioru i warunków atmosferycznych podczas zbiorów. Proces czyszczenia i suszenia został przeprowadzony na terenie magazynu zbożowego. Początkowa wilgotność została obniżona do wymaganych 14% wskutek prowadzenia procesu suszenia. Procesy termiczne zachodzące podczas suszenia mokrego ziarna kukurydzy spowodowały ubytek 1071 ton masy ziarna kukurydzy. Ostatecznie do silosów skierowano 5544,4 ton suchego ziarna kukurydzy (tab. 1). Ubytki magazynowe (0,35%) i ubytki występujące naturalnie (1%) oraz osuszka stanowią ubytki powstałe podczas procesu suszenia.

<sup>16</sup> Janowicz L.: <https://www.uprawakukurydzy.pl/index.php/maszyny/item/207-przechowywanie-ziarna-kukurydzy> (dostęp w dniu 27.07.2022). 2019.

<sup>17</sup> Serna-Saldivar O.: Corn. Chemistry and Technology. Third edition. Rozdziały: 1,15,16,22. 2019.

Tabela 1. Wykaz dostaw mokrego ziarna kukurydzy z wskazaniem ubytków wskutek suszenia i uzyskaną suchą masą ziarna kukurydzy

Kolejne dni dostaw ziarna kukurydzy	Ilość dostarczonej mokrej kukurydzy (kg)	Ubytki magazynowe (0,35%)	Ubytki od masy mokrej-biologiczne, naturalne (1%)	Ilość mokrej kukurydzy bez ubytków	Wilgotność początkowa (%)	Wilgotność początkowa - wilgotność końcowa (%)	Osuszka- ubytek wody (kg)	Ilość ubytków	Do wydania po suszeniu (kg)	PODSUMOWANIE ILOŚCI SUCHEJ KUKURYDZY (t)
1	79400	278	794	78 328	25,52	11,52	10371,72	11443,62	67956	67,96
2	47220	165	472	46 583	26,32	12,32	6596,515	7233,985	39986	39,97
3	90360	316	904	89 140	26,05	12,05	12346,42	13566,28	76794	76,79
4	60840	213	608	60 019	25,43	11,43	7885,21	8706,55	52133	52,13
5	248580	870	2 486	245 224	27,78	13,78	38841,25	42197,08	206383	206,34
6	41740	146	417	41 177	28,60	14,6	6910,081	7473,571	34266	34,27
7	456620	1 598	4 566	450 456	26,32	12,32	63788,66	69953,03	386667	386,67
8	432520	1 514	4 325	426 681	27,07	13,07	64100,23	69939,25	362581	362,58
9	341140	1 194	3 411	336 535	27,13	13,13	50789,65	55395,04	285745	285,74
10	353520	1 237	3 535	348 747	26,46	12,46	49947,05	54719,57	298800	298,8
11	464520	1 626	4 645	458 249	27,74	13,74	72371,74	78642,76	385877	385,88
12	558420	1 954	5 584	550 881	26,31	12,31	77946,54	85485,21	472935	472,93
13	713320	2 497	7 133	703 690	27,53	13,53	109436	119065,8	594254	594,25
14	207800	727	2 078	204 995	27,71	13,71	32304,34	35109,64	172690	172,69
15	405660	1 420	4 057	400 184	26,80	12,8	58877,59	64354	341306	341,31
16	451340	1 580	4 513	445 247	26,60	12,6	64484,04	70577,13	380763	380,77
17	594200	2 080	5 942	586 178	27,75	13,75	92643,12	100664,8	493535	493,53
18	440200	1 541	4 402	434 257	28,10	14,1	70379,63	76322,33	363878	363,88
19	628000	2 198	6 280	619 522	26,87	12,87	91646,53	100124,5	527875	527,88
<b>ŚREDNIA:</b>	<b>348179</b>			<b>ŚREDNIA:</b>	<b>26,95</b>				<b>SUMA:</b>	<b>5544,4</b>

Źródło: Obliczenia własne

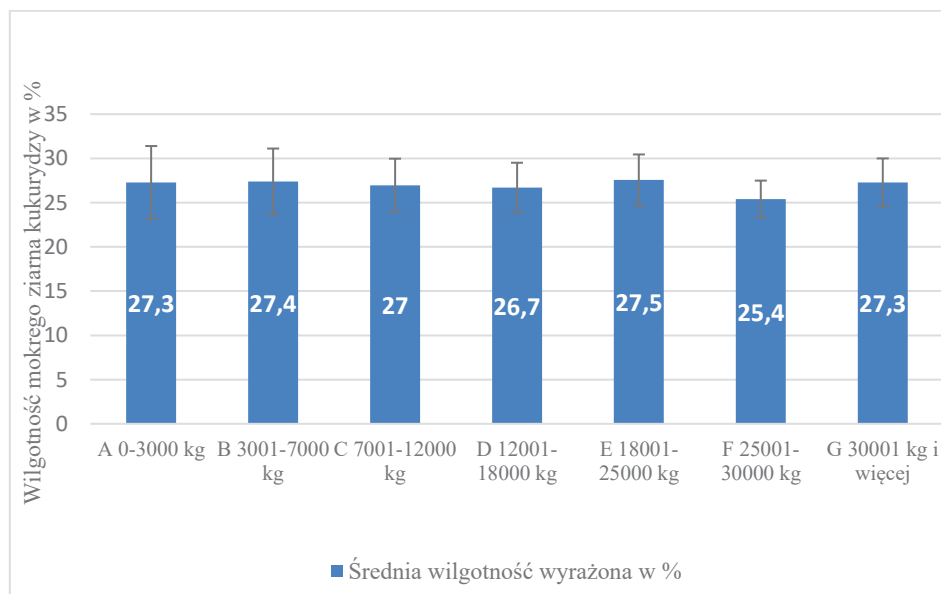
Dostarczane przez rolników mokre ziarno kukurydzy klasyfikowane było w czterech zakresach wilgotności. Pierwszy zakres wilgotności kształtował się na poziomie od 0 do 24% i znalazły się w nim 57 dostawy mokrego ziarna kukurydzy. Największy udział dostaw stanowiło ziarno kukurydzy w przedziale 24,1-28,0% (237 dostaw). Ziarno kukurydzy o wilgotności pomiędzy 28,1-30,0% klasyfikowano do 3 grupy, ilość dostaw wyniosła 106. Ostatnia, czwarta grupa, obejmowała ziarno kukurydzy o wilgotności większej niż 30%, a liczba dostaw wyniosła 67 (rys. 3.).





Rys. 3. Ilość dostaw mokrego ziarna kukurydzy o poszczególnych zakresach wilgotności

Źródło: Obliczenia własne



Rys. 4. Średnia wilgotność mokrego ziarna kukurydzy w ustalonych zakresach wielkości dostaw

Źródło: Obliczenia własne

W celu sprawdzenia znaczenia wielkości dostarczanych partii surowca przez dostawców na wilgotność ziarna mokrego kukurydzy w analizowanym okresie dostaw, podzielono je na przedziały: A – do 3000 kg, B - 3001-7000 kg, C - 7001-12000 kg, D - 12001-18000 kg, E - 18001-25000 kg, F - 25001- 30000 kg, G - powyżej 30000 kg. Najmniejsze dostawy do 3000 kg charakteryzowały się średnią wilgotnością na poziomie 27,3%. Takim samym poziomem wilgotności surowca odznaczały się dostawy ważące powyżej 3000 kg. Dostawy surowca o masie netto w przedziale od 3001 kg do 7000 kg zawierały średnio 27,4% wody w ziarnie kukurydzy. Dostawy ziarna kukurydzy o wadze od 7001 do 12000 kg charakteryzowały się wilgotnością na poziomie 27,0%. W partiach ziarna kukurydzy o wadze od 12001 do 18000 kg, zawartość wody wynosiła średnio 26,7%. Największa wilgotność występowała w ziarnie kukurydzy, której dostawy ważyły od 18001 do 25000 kg, a wilgotność wyniosła średnio 27,5%. Najmniejsza wilgotność ziarna kukurydzy została odnotowana w partiach o wadze 25001-30000 kg. Średnia zawartość wody w dostarczonym mokrym ziarnie kukurydzy wyniosła 25,4% (rys. 4).

## Podsumowanie

Na sprawne funkcjonowanie łańcucha logistycznego wpływają wszelkie niezbędne działania by surowiec pozyskany od producentów trafił wprost do konsumenta. Na te czynności składają się takie etapy jak: pozyskanie i transport surowca, suszenie i magazynowanie ziarna kukurydzy oraz transport do miejsca docelowego. Odbiór kukurydzy mokrej, proces suszenia i przechowywania suchego surowca jest podstawowym procesem logistycznym w spółdzielni rolniczej. Niższa wilgotność surowca powoduje niższe koszty procesu suszenia, a przez to zwiększa wydajność magazynu zbożowego i ułatwia procesy logistyczne na obiekcie. Sieć logistyczna obejmująca rolników, magazyn zbożowy i odbiorców surowca prowadzi do zoptymalizowania procesów rolno-spożywczych.

## Bibliografia

- Anonim. Pozyskano z: <https://agrohandel.com.pl/suszarnia-do-kukurydzy-zastosowanie-rodzaje/> (dostęp w dniu 15.10.2022).
- Belcar J., Gorzelany J.: Ocena wybranych parametrów jakościowych ziarna kukurydzy mokrej dostarczanej do Spółdzielni Rolników SAN w Głuchowie w latach 2015-2019. Postęp w Naukach Rolniczych i Produkcji Żywności. Wydawnictwo Uniwersytetu Rzeszowskiego, Rzeszów. 2020.
- Dubas A.: Technologia produkcji kukurydzy. Wieś Jutra. ISBN: 83-89503-17-4. 2004.
- Felczyński K.: Kukurydza, karczoch, kard. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne. 2016.
- Janowicz L.: Pozyskano z: <https://www.uprawakukurydzy.pl/index.php/maszyny/item/207-przechowywanie-ziarna-kukurydzy> (dostęp w dniu 27.07.2022). 2019.
- Kierzek R., Beres P., Mrówczyński M., Korbas M., Węgorzek P., Sulewska H., Szulc P., Siódmak J., Danielewicz J., Trzmiel K., Krawczyk K., Zamojska J., Prószyński G., Drzewiecki S.: Metodyka integrowanej ochrony kukurydzy dla producentów. Edycja 1. Wydawca: Instytut Ochrony Roślin - Państwowy Instytut Badawczy. ISBN: 978-83-89867-97-1. 2013.
- Konieczny W.: Pozyskano z: [www.farmer.pl/produkcja-roslinna/zboza/co-stoi-za-sukcesem-kukurydzy-w-polsce,112810.html](http://www.farmer.pl/produkcja-roslinna/zboza/co-stoi-za-sukcesem-kukurydzy-w-polsce,112810.html) (dostęp w dniu 10.10.2022). 2021.

- Meade B., Puricelli E., McBride W., Valdes C., Hoffman L., Foreman L, Dohlman E.: Corn and Soybean Production Costs and Export Competitiveness in Argentina, Brazil, and the United States. SDA Economic Information Bulletin 154. 2016.
- Molenda A. Pozyskano z: <https://agronews.com.pl/artykul/polska-trzecim-producentem-kukurydzy-w-ue/>. (dostęp w dniu 11.11.2022). 2022.
- Paliwal R.I., Granados G., Lafitte H.R, Violic A.D., Marathe J.P.: Tropical Maize: Improvement and Production. FAO, Rome. 2000.
- Rodzeń A.: Transport żywności i transport płodów rolnych jako podstawowe działy gospodarki. Acta Sci. Pol. Technica Agraria. 17(1-2), 3–11. 2018.
- Rogowska A.: <https://www.ppr.pl/wiadomosci/optymalny-termin-zbioru-kukurydzy>. (dostęp w dniu 11.11.2022). 2021.
- Rudzińska O.: Pozyskano z: <https://swiatrolnika.info/uprawy/inne-rosliny-uprawne/suszenie-kukurydzy-etapy.html> (dostęp w dniu 05.09.2022). 2020.
- Serna-Saldivar O.: Corn. Chemistry and Technology. Third edition. Rozdziały: 1,15,16,22. 2019.
- Wiśniowski P.: Pozyskano z: [kalendarzrolnikow.pl/8142/jak-uprawiac-kukurydze-w-naszach-warunkach-klimatycznych](http://kalendarzrolnikow.pl/8142/jak-uprawiac-kukurydze-w-naszach-warunkach-klimatycznych). (dostęp w dniu 05.09.2022). 2020.
- Wysoczańska A.: Pozyskano z: [www.agropolska.pl/uprawa/kukurydza/zbiory-kukurydzy-w-polsce-byly-rekordowe,260.html](http://www.agropolska.pl/uprawa/kukurydza/zbiory-kukurydzy-w-polsce-byly-rekordowe,260.html) (dostęp w dniu 11.11.2022). 2022.

*Adres do korespondencji: e-mail: justyna.belcar@op.pl  
ORCID: Józef Gorzelany 0000-0002-1028-097X  
ORCID: Justyna Belcar 0000-0002-2306-8716*



# LOGISTYKA PRZYJĘCIA, PROCESU CZYSZCZENIA I ODBIORU ZIARNA JĘCZMIENIA BROWARNEGO NA PRZYKŁADZIE MAGAZYNU ZBOŻOWEGO

Justyna Belcar<sup>1,2</sup>, Józef Gorzelany<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Zakład Inżynierii Produkcji Rolno-Spożywczej, Kolegium Nauk Przyrodniczych, Uniwersytet Rzeszowski, ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów

<sup>2</sup> Szkoła Doktorska, Uniwersytet Rzeszowski, ul. Rejtana 16C, 35-959 Rzeszów

## Wstęp

Jęczmień jary (*Hordeum vulgare* L.) stanowi coraz częściej alternatywę do uprawy zbóż (głównie pszenicy ozimej i kukurydzy). W zależności od uzyskanych parametrów technologicznych ziarna może znaleźć zastosowanie do produkcji kaszy, słodu lub wykorzystać na cele paszowe. Według Rocznika Statystycznego Rolnictwa<sup>1</sup> w roku 2010 wyprodukowano w Polsce 3 mln 397 tysięcy ton jęczmienia, w roku 2019 3 mln 374 tysięcy ton jęczmienia, a w 2021 roku 3 mln 018 tysięcy ton jęczmienia, z którego uzyskano 388,6 tysięcy ton słodu oraz 38,8 mln hektolitrow piwa. Udział zasiewów jęczmienia w województwie podkarpackim był stosunkowo niski, ale z roku na rok systematycznie wzrasta.

Słodownie i browary preferują jare formy jęczmienia ze względu na parametry jakościowe w tym wyższą ekstrakcyjność, gęstość ziarna i masę 1000 ziaren w stosunku do oziomych form<sup>2</sup>. Ziarno jęczmienia jarego jest na ogół dorodniejsze, równomierniej pobiera wodę i kiełkuje. Jednym z najważniejszych procesów produkcji piwa jest słodowanie ziarna i zacieranie słodu<sup>3,4</sup>. Od doboru odpowiedniego surowca i warunków przeprowadzenia powyższych procesów w dużej mierze zależy ekonomika produkcji oraz walory smakowo – zapachowe piwa i jego wysoka jakość. Podstawowymi wymaganiami jakościowymi dotyczącymi ziarna jęczmienia przeznaczonego na cele słodownicze i browarnicze są zawartość białka ogółem, która powinna kształtować się w przedziale 9,5 – 11,5% s.m. oraz wyrównanie

---

<sup>1</sup> GUS 2022. Rocznik Statystyczny Rolnictwa, s. 148, 285.

<sup>2</sup> Hłasko-Nasalska A., Załuski D., Dubis B.: Technological level and the yield of winter malting barley. Acta Sci. Pol. Agricultura, 11(1); 27-41, 2012.

<sup>3</sup> Yu W., Tao K., Gidley M., Fox G., Gilbert R.: Molecular brewing: Molecular structural effects involved in barley malting and mashing. Carbohydrate Polymers. 206; 583-592, 2019.

<sup>4</sup> Farzaneh V., Ghodsvali A., Bakhshabadi H., Zane Z., Carvalho I.: The impact of germination time on the some selected parameters through malting process. International Journal of Biological Macromolecules, 94; 663-668, 2017.

ziarna, które nie powinno być niższe niż 90%<sup>5,6</sup>. Wysoki udział zanieczyszczeń ogółem (w tym ziarno połamane, niewykształcone, nasiona chwastów czy części roślin) powodują obniżenie parametru wyrównanie ziarna, jednocześnie zwiększając koszty produkcyjne ze względu na wymagany proces doczyszczania ziarna.

Proces czyszczenia ziarna stosuje się w celu oddzielenia zanieczyszczeń (użytecznych i nieużytecznych) z materiału użytkowego jakim jest ziarno jęczmienia. W celu optymalnego prowadzenia procesu czyszczenia stosuje się zróżnicowane urządzenia, których wielkość i złożoność zależy od przeznaczenia poddawanego procesowi oczyszczania ziarna<sup>7</sup>. Ziarno jęczmienia przed procesem słodowania należy wstępnie oczyścić i poddać procesowi sortowania do czego służą m.in. wialnie, aspiratory czy czyszczalnie bębnowe (czyszczenie wstępne). Kolejnym procesem jest czyszczenie złożone, które pozwala na usunięcie zanieczyszczeń użytecznych (np. połówki ziarna czy ziarno niewykształcone) oraz zanieczyszczeń ferromagnetycznych. Następnie ziarno jest kierowane do moczenia i słodowania<sup>8</sup>.

Magazyn zbożowy to pewnego rodzaju przedsiębiorstwo rolnicze, w którym występuje złożoność systemu logistycznego składającego się najczęściej z czterech podsystemów (logistyka zaopatrzenia, produkcji, dystrybucji i utylizacji odpadów poprodukcyjnych), które współpracują ze sobą i wzajemnie się przenikają<sup>9,10</sup>. Złożoność ta wynika z sezonowości produkcji rolniczej, wielkości obrotów (sprzedaż zbóż prowadzona partiami) czy okresu przechowywania<sup>11,12</sup>. W magazynach zbożowych łańcuch logistyczny powinien obejmować nie tylko działalność strictly produkcyjną ale także współpracujących z nim rolników (klientów), przewoźników czy poszczególne jednostki obsługujące działalność magazynu<sup>13</sup>. W systemie zarządzania logistycznego musi znaleźć się optymalizacja dostaw surowcowych, sterowanie zapasami ale także organizacja sprzedaży czy zarządzanie flotą transportową. Poszczególne operacje logistyczne powinny być powiązane z odpowiednią infrastrukturą logistyczną, którą

---

<sup>5</sup> Belcar J., Matłok N., Gorzelany J.: Technological assessment of winter cultivar of common wheat (*Triticum aestivum* L.) and winter barley (*Hordeum vulgare* L.) for pale malt production. Acta Universitatis Cibiniensis. Series E: Food Technology, 1(24), 89-98, 2020.

<sup>6</sup> Gorzelany J., Belcar J., Matłok N.: Assessment of the quality of malt obtained from spring malting barley delivered to the SAN Farmer's Cooperative in 2018. Agricultural Engineering, 23(3), 51-60, 2019.

<sup>7</sup> Marks N.: Maszyny do czyszczenia i sortowania płodów rolnych. Skrypt Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie. Wydawnictwo UR, 2012.

<sup>8</sup> Łacny K., Janczar-Smuga M.: Postęp techniczny i technologiczny w produkcji słodu. Nauki Inżynierskie i Technologie, 4(11), 77-93, 2013.

<sup>9</sup> Kuziemska B., Pieniak-Lendzion K., Klej P.: Zastosowanie nowoczesnych rozwiązań logistycznych w rolnictwie. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach. Seria: Administracja i Zarządzanie, 109, 173-181, 2016.

<sup>10</sup> Kuboń M.: Poziom i wykorzystanie infrastruktury logistycznej w przedsiębiorstwach o różnym typie produkcji rolniczej. Logistyka, 3, 30-33, 2011.

<sup>11</sup> Kuziemska B., Pieniak-Lendzion K., Klej P.: Zastosowanie nowoczesnych rozwiązań logistycznych w rolnictwie. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach. Seria: Administracja i Zarządzanie. 109, 173-181, 2016.

<sup>12</sup> Rokicki T., Wicki L.: Transport i magazynowanie w rolnictwie jako element logistyki. Wieś Jutra, 1, 41-42, 2010.

<sup>13</sup> Kulińska E. Rut J.: Magazyn zbożowy w łańcuchu logistycznym. Logistyka, Nr. 2, Warszawa, 2010.

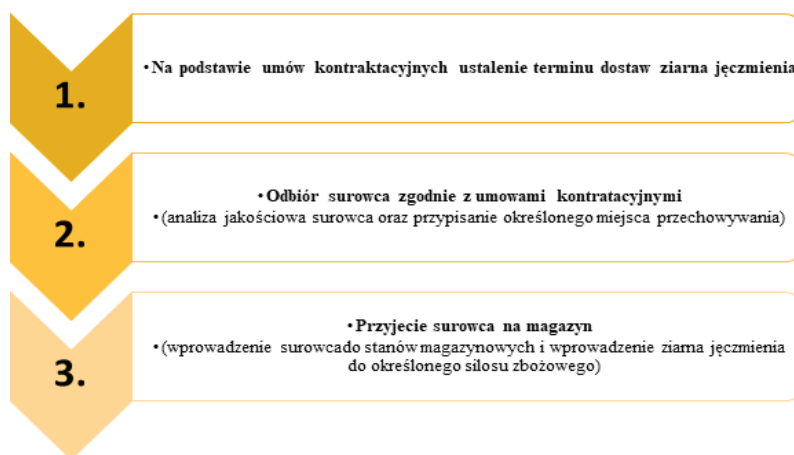
wykorzystuje się m.in. do sterowania procesami i operacjami logistycznymi takimi jak gromadzenie zapasów, kontrola oraz manipulowanie czasowo-przestrzenne<sup>14,15,16</sup>.

### Charakterystyka magazynu zbożowego

Omawiany magazyn zbożowy należy do spółdzielni rolniczej znajdującej się na terenie województwa podkarpackiego. Wyposażony jest w 3 silosy lejowe oraz 6 silosów płaskodennych o łącznej powierzchni 11 tysięcy ton, czyszczalnię i suszarnię daszkową wraz z całą infrastrukturą oraz własne laboratorium. Podstawowym zadaniem magazynu jest skup zboża, jego magazynowanie, konserwowanie oraz redystrybucja, które realizuje się na podstawie przypisanych w zależności od rodzaju zbóż procesów technologicznych.

### Logistyka dostaw ziarna jęczmienia browarnego

Logistyka przyjęcia ziarna jęczmienia browarnego obejmuje zamówienie nasion kwalifikowanego materiału siewnego wraz z ich rozdysponowaniem wśród rolników (najczęściej w miesiącu grudniu i styczniu), podpisanie umów kontraktacyjnych (najczęściej w miesiącu styczniu i lutym), dostawę określonej partii surowca na podstawie harmonogramu dowozu, ważenie, pobór próby, przeprowadzenie oceny jakościowej, wyładunek i transport wewnętrzny (najczęściej w miesiącu lipcu i sierpniu; rys. 1.).



Rys. 1. Schemat logistyki dostaw surowca do magazynu zbożowego

<sup>14</sup> Kuźmińska B., Pieniak-Lendzion K., Klej P.: Zastosowanie nowoczesnych rozwiązań logistycznych w rolnictwie. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach. Seria: Administracja i Zarządzanie, 109, 173-181, 2016.

<sup>15</sup> Kulińska E. Rut J.: Magazyn zbożowy w łańcuchu logistycznym. Logistyka. Nr. 2, Warszawa, 2010.

<sup>16</sup> Kuboń M.: Miejsce i rola infrastruktury logistycznej w funkcjonowaniu przedsiębiorstw rolniczych. Inżynieria Rolnicza, 9(97), 87-93, 2007.



Spółdzielnia rolnicza skupuje jęczmień browarny na podstawie umów kontraktacyjnych z rolnikami. Słodownie i browary przyjmujące ziarno jęczmienia browarnego wymagają jednolitości odmianowej całej partii ziarna dlatego Spółdzielnia zamawia i rozdysponuje kwalifikowany materiał siewny. Na podstawie m.in. ilości zakupionych nasion obliczana jest powierzchnia zasiewu oraz plon i ilość dostarczanego ziarna do magazynu zbożowego w miesiącu lipcu i sierpniu. Umowa kontraktacyjna i opracowanie dostaw surowcowych od poszczególnych klientów (rolników) wiąże się z opracowaniem pewnego rodzaju sieci logistycznej. Prowadzi to do optymalizacji współpracy pomiędzy podmiotem skupowym a poszczególnymi rolnikami, gdzie obie strony łańcucha logistycznego współdziałają ze sobą<sup>17</sup>. Logistyka dostaw w łańcuchu logistycznym wiąże się także z zarządzaniem ryzykiem, które należy oszacować i zminimalizować. Do tego celu wykorzystuje się wiedzę o rynku rolniczym i właściwości jego funkcjonowania<sup>18</sup>. Łańcuch dostaw pozwala na sprawny przepływ strumienia materiałowego w obrębie kooperujących ze sobą podmiotów, celem zapewnienia ciągłości produkcyjnej<sup>19</sup>. Aby zminimalizować ryzyko uzyskania surowca o obniżonych parametrach jakościowych w stosunku do ziarna z przeznaczeniem na cele browarnicze (ziarno paszowe lub konsumpcyjne) Spółdzielnia cyklicznie organizuje konferencje dla rolników obejmujące zasady uprawy jęczmienia z przeznaczeniem na słód, ponadto zabezpiecza powierzchnię magazynową na ziarno jęczmienia charakteryzujące się obniżonymi parametrami jakościowymi.

Magazyn zbożowy posiada własne laboratorium, w którym następuje ocena jakościowa dostarczonego surowca. Na podstawie analizy laboratoryjnej (zawartość białka ogółem, wyrównanie ziarna i udział zanieczyszczeń ogółem) przyjęty surowiec jest kierowany do jednego z trzech zbiorników buforowych o pojemności 300 ton każdy. Jeśli zawartość zanieczyszczeń ogółem mieści się w prawidłowym zakresie (0-3,0%) wówczas następuje zasyp jednego z silosów do osiągnięcia maksymalnego wypełnienia, natomiast jeśli surowiec jest zróżnicowany wtedy następuje rozdział na poszczególne silosy zgodnie z przyjętym zakresem udziału zanieczyszczeń ogółem ziarna jęczmienia browarnego (rys. 2.). Umożliwia to zoptymalizowanie procesu czyszczenia tak, aby uniknąć niepotrzebnych zwiększonych nakładów energetycznych. Optymalne działanie poszczególnych etapów procesu logistycznego pozwala na przepływ materiałów do zaopatrzenia i produkcji przy jednoczesnym maksymalnym obniżeniu kosztów bezpośrednich i pośrednich<sup>20</sup>.

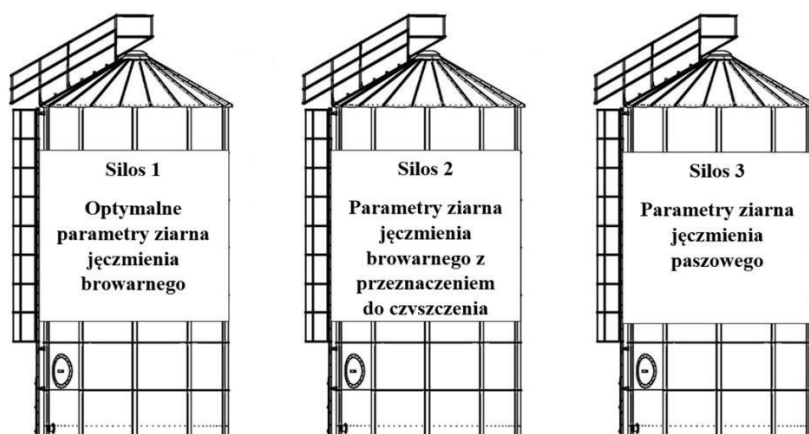
---

<sup>17</sup> Świerczek A.: Od łańcuchów dostaw do sieci dostaw. *Logistyka*, 1, 74-77, 2007.

<sup>18</sup> Kulińska E.: Zarządzanie ryzykiem w łańcuchu dostaw. *Logistyka*, 1, 18-21, 2007.

<sup>19</sup> Waściński T.: Procesy logistyczne w zarządzaniu łańcuchem dostaw. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach. Seria: Administracja i Zarządzanie*, 103, 25-38, 2014.

<sup>20</sup> Kuziemska B., Pieniak-Lendzion K., Klej P.: Zastosowanie nowoczesnych rozwiązań logistycznych w rolnictwie. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach. Seria: Administracja i Zarządzanie*, 109, 173-181, 2016.



Rys. 2. Miejsce składowania ziarna jęczmienia browarnego w zależności od jakości surowca

(Źródło: [www.michal-silosy.pl](http://www.michal-silosy.pl))

W roku 2022 do magazynu zbożowego dostarczono 1300 ton ziarna jęczmienia browarnego charakteryzującego się wysokimi parametrami jakościowymi (optymalne wartości wyrównania ziarna jęczmienia browarnego wynoszą minimum 90% oraz zawartość białka ogółem powinna kształtować się w przedziale 9,5–11,5% s.m.). Z partii dostarczonego jęczmienia prawie 700 ton cechowało się nieco podwyższonym udziałem zanieczyszczeń ogółem, a tylko 4,17% dostaw charakteryzowało się zawartością zanieczyszczeń ogółem powyżej 5,1% (tab. 1).

Tabela 1. Ilość oraz średnie parametry jakościowe dostarczonego ziarna jęczmienia browarnego w latach 2020 – 2022 do magazynu zbożowego

Rok	Ilość (t)	Wilgotność (%)	Zanieczyszczenia ogółem (%)	Zawartość białka ogółem (% s.m.)	Wyrównanie ziarna (%)
2022	577,17	13,36	0 – 3,0	11,08	92,88
	668,90	13,27	3,1 – 5,0	11,31	91,56
	54,16	13,24	> 5,1	11,51	86,71
<b>Ogółem</b>	<b>1300,23</b>	<b>13,30</b>	<b>3,54</b>	<b>11,23</b>	<b>91,76</b>
2021	1344,69	13,57	0 – 3,0	10,54	90,83
	688,54	13,84	3,1 – 5,0	10,78	90,05
	388,02	13,29	> 5,1	11,00	86,63
<b>Ogółem</b>	<b>2421,25</b>	<b>13,60</b>	<b>3,87</b>	<b>10,71</b>	<b>89,73</b>
2020	-	-	0 – 3,0	-	-
	22,36	14,05	3,1 – 5,0	11,05	87,95
	1270,32	13,40	> 5,1	11,71	67,48
<b>Ogółem</b>	<b>1292,68</b>	<b>13,41</b>	<b>12,15</b>	<b>11,70</b>	<b>67,76</b>

Źródło: Obliczenia własne

W roku 2021 dostarczona do magazynu zbożowego partia ziarna jęczmienia browarnego (ponad 2400 ton) cechowała się średnim poziomem zanieczyszczeń ogółem na poziomie prawie 4%, co wymagało zastosowania procesu czyszczenia dla ponad 1000 ton oraz wpłynęło na obniżenie średniego wyrównania dostarczonego ziarna (tab. 1). Rok 2020 był niekorzystnym sezonem wegetacyjnym dla jęczmienia uprawianego na cele słodownicze i browarnicze. Nie było żadnej dostawy jęczmienia, która spełniałaby wymagania jakościowe dotyczące udziału zanieczyszczeń ogółem, a przez to także znacząco obniżyło się wyrównanie ziarna (tab. 1). Dostarczona partia w całości została poddana procesowi czyszczenia.

### Logistyka procesu czyszczenia

Pierwszym etapem przy produkcji produktów zbożowych jest sortowanie surowca pod względem wielkości oraz udziału zanieczyszczeń. Ziarno zbóż przeznaczone dla przemysłu spożywczego musi być wyrównane pod względem wielkości (celne ziarno) oraz pozbawione ziaren niewykształconych i poślednich. Do tych celów najczęściej używa się czyszczalni pneumatyczno-sitowych<sup>21</sup>. Proces czyszczenia ziaren zbóż pozwala także poprawić jego jakość mikrobiologiczną (w tym usunięcie czynników mogących wywołać wtórne zakażenie mikrobiologiczne jak np. części roślin czy nasiona chwastów, które mogą być źródłem rozwijających się na ich powierzchni mikotoksyn grzybów np. z rodzaju *Fusarium spp.*, których metabolitem jest deoksynivalenol - DON). Ważna jest także czystość linii technologicznej obejmującej proces przyjęcia, czyszczenia i składowania zbóż<sup>22,23</sup>. Proces przyjęcia i czyszczenia ziarna zbóż powoduje przesuwanie się partii surowca wzdłuż linii technologicznej, co powoduje także powstawanie pyłów zbożowych, które należy na bieżąco usuwać odpylaczami, a także oczyszczać miejsca szczególnie narażone na samozapłon tj. silniki maszyn i urządzeń aby nie doszło do wybuchu i pożaru elewatora zbożowego<sup>24</sup>.

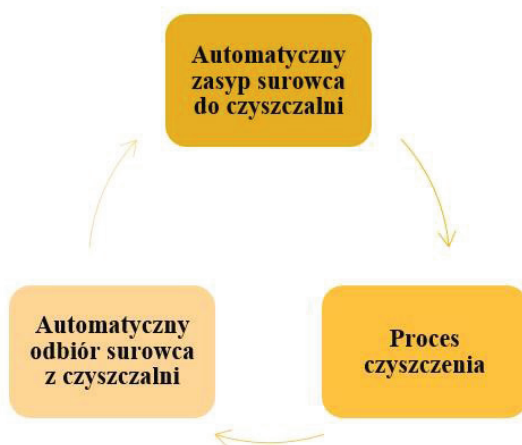
---

<sup>21</sup> Zawiślak K., Panasiewicz M., Grochowicz J., Sobczak P.: Założenia technologiczne do produkcji nowej generacji galanterii spożywczej. Inżynieria Rolnicza, 9,69, 413-418, 2005.

<sup>22</sup> Rzepiński W.: Zanieczyszczenia ziarna zbóż jako biomasa do produkcji energii w energetyce zawodowej. Problemy Inżynierii Rolniczej, 4, 101-109, 2010.

<sup>23</sup> Skupień-Wysocka K., Wójcik-Stopczyńska B.: Stan mikrobiologiczny wybranych przetworów zbożowych. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 492, 303-310, 2003.

<sup>24</sup> Sawicki T.: Zagrożenia pożarowe i wybuchowe w przemyśle zbożowo-młynarskim. Bezpieczeństwo Pracy, 11, 18-20, 2003.



Rys. 3. Schemat logistyki procesu czyszczenia jęczmienia browarnego

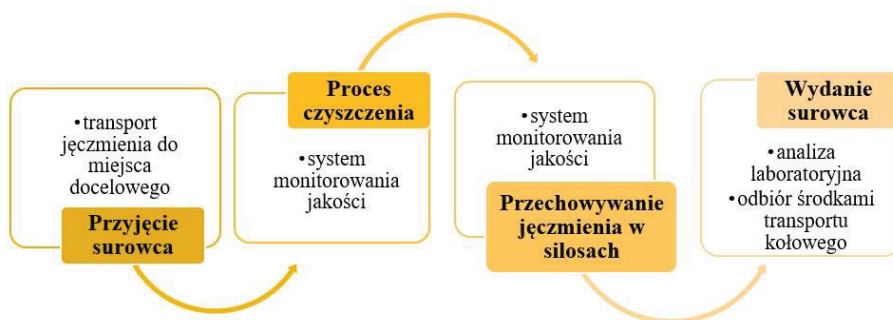
Proces czyszczenia ziarna jęczmienia rozpoczyna się od ustawień zasypu poddawanego czyszczeniu ziarna oraz miejsca odbioru wyczyszczonej partii surowca, które ustawia się na panelu sterowniczym. Proces czyszczenia prowadzony jest w sposób automatyczny; z silosu pobierana jest partia, która trafia na zestaw sit o odpowiedniej wielkości otworów, następuje odbiór zanieczyszczeń (lekkich - takich jak ości czy plewy; ciężkich - takich jak ziemia czy kamienie oraz pozostałych - takich jak połówki ziaren, ziarno nie wykształcone czy nasiona chwastów). Wyczyszczony materiał kierowany jest do silosu docelowego, w którym jest przechowywany przez określony czas. Całość procesu jest sterowana automatycznie.

### Logistyka procesu przechowywania i odbioru ziarna jęczmienia browarnego

Logistyczny schemat procesu przechowywania ziarna jęczmienia browarnego w magazynie zbożowym przedstawiono na rysunku 4. Proces zarządzania jakością na magazynie zbożowym, jest jednym z etapów zapewniających ciągłość logistycznego systemu. Zapewnienie jakości powinno odbywać się w łańcuchu logistycznym nie tylko w procesach wewnętrzzakładowych (przyjęcia, magazynowania i wydania określonej partii zboża) ale także pomiędzy producentami rolnymi i przewoźnikami. Przepływ towarów w strumieniu logistycznym magazynu wymaga aby procesy technologiczne na każdym etapie przepływu surowca posiadały ciągły nadzór. Zastosowanie nowoczesnego systemu logistycznego w obrocie zbożem zapewnia utrzymanie wysokiej jakości przechowywanego surowca oraz opłacalność działalności gospodarczej<sup>25</sup>. Jakość przechowywanego surowca w silosie jest codziennie kontrolowana poprzez monitorowanie temperatury i wilgotności w silosie tak, aby na wczesnym etapie wykryć ewentualne nieprawidłowości (np. wystąpienie szkodników magazynowych czy zagrzenie zboża). System zarządzania jakością na magazynie zbożowym

<sup>25</sup> Żuk J.: Koncepcja logistyki nowoczesnej technologii magazynowania i przetwórstwa zbóż. Przemysł Zbożowo-Młynarski, 9, 72-74, 2008.

jest opracowany na podstawie systemu HACCP oraz wewnętrznych norm przyjęcia i monitorowania przechowywanego zboża.



Rys. 4. Schemat logistyki procesu przechowywania i odbioru jęczmienia

Do magazynowania płodów rolnych najczęściej wykorzystuje się silosy i hale magazynowe, przed którymi stawia się wymagania dotyczące ich stosunkowo prostej i jednocześnie niezawodnej obsługi, oraz wyposażenia w urządzenia pozwalające na pomiar temperatury, wentylację, chłodzenie, oczyszczanie czy osuszanie materiału, aby zachować składowany surowiec w jak najwyższej jakości przez określony czas<sup>26</sup>. Do przechowywania kieruje się surowiec, którego wilgotność nie przekracza 14,0–14,5%. Taka wilgotność ziarna w połączeniu z utrzymaniem stosunkowo niskiej temperatury wewnątrz silosu (ok. 8°C) pozwala na przechowywanie surowca przez dłuższy czas bez obaw o straty jakościowe. Przechowywanie płodów rolnych przez określony czas wiąże się oczekiwaniem na lepszą koniunkturę cenową, przetrzymywanie surowca do określonych procesów produkcyjnych czy też zapewnienie ciągłości sprzedaży jest zasadniczym elementem działalności gospodarczej magazynów zbożowych.

Spółdzielnia rolnicza kooperuje z wiodącymi firmami zajmującymi się przetwórstwem ziarna jęczmienia browarnego (słodownie i browary). Surowiec sprzedawany jest partiami. Po podpisaniu umów sprzedaży następuje ustalenie zasad odbioru surowca tj. określeniu tygodniowego harmonogramu odbiorów. Logistyk pracujący na magazynie zbożowym wpisuje ustalony harmonogram wraz z otrzymanymi dziennymi awizacjami (danymi kierowców oraz numerami rejestracyjnymi samochodów, które przyjadą odebrać jęczmień) do komputerowego programu magazynowego. Proces załadunku jęczmienia browarnego jest w pełni zautomatyzowany obsługiwany z pulpitu sterowniczego przez operatora. Każdy środek transportu przed opuszczeniem magazynu jest dokładnie sprawdzany pod kątem jakości wydawanego surowca (analiza laboratoryjna). Po zwolnieniu danego samochodu przez laboratorium kierowca otrzymuje dokument wydaniowy, z którym udaje się do miejsca docelowego.

<sup>26</sup> Żuk J.: Koncepcja logistyki nowoczesnej technologii magazynowania i przetwórstwa zbóż. Przemysł Zbożowo-Młynarski, 9, 72-74, 2008.

Tabela 2. Tygodniowy harmonogram odbiorów jęczmienia browarnego w miesiącu wrześniu 2022

WRZESIEŃ 2022		
Data	Partia odebranego jęczmienia (t)	Liczba samochodów (szt./dzień)
15 IX 2022	80,97	3
16 IX 2022	158,16	6
19 IX 2022	52,12	2

Źródło: Obliczenia własne

W drugim tygodniu września 2022 roku zrealizowano kontrakt wydaniowy obejmujący 291,25 ton ziarna jęczmienia browarnego. W pierwszym dniu załadowano 3 samochody, w drugim dniu załadowano 6 samochodów, a w piątym dniu pozostałe 2 samochody. Sprawny transport płodów rolnych z miejsca załadunku do miejsca docelowego jest jednym z najważniejszych kosztów i procesów logistycznych związany jednocześnie z utrzymaniem wysokiej jakości przewożonego ładunku<sup>27</sup>. Koszty zewnętrznego przepływu surowcowo-towarowego zależą od terminu odbioru, wyboru przewoźnika, miejsca docelowego czy wyboru środka transportu<sup>28</sup>.

## Podsumowanie

Magazyn zbożowy znajduje się w centrum pewnego rodzaju sieci logistycznej obejmującej kooperujących z nim rolników (dostawców surowca) oraz zewnętrzne firmy przetwórcze (odbiorcy produktu finalnego). Automatyzacja procesów logistycznych z odpowiednio dobraną infrastrukturą logistyczną pozwala na zoptymalizowanie pracy magazynu zbożowego. Należy pamiętać, że tylko przy prawidłowym działaniu poszczególnych elementów ciągu logistycznego możliwe jest ograniczanie kosztów pracy przy jednoczesnym utrzymaniu jakości magazynowanego ziarna.

## Bibliografia

- Belcar J., Matłok N., Gorzelany J.: Technological assessment of winter cultivar of common wheat (*Triticum aestivum* L.) and winter barley (*Hordeum vulgare* L.) for pale malt production. Acta Universitatis Cibiniensis. Series E: Food Technology. 1(24), 89-98, 2020.
- Farzaneh V., Ghodsvali A., Bakhshabadi H., Zane Z., Carvalho I.: The impact of germination time on the some selected parameters through malting process. International Journal of Biological Macromolecules, 94, 663-668, 2017.

<sup>27</sup> Kuziemska B., Trębicka J., Pieniak-Lendzion K.: Logistyka transportu w rolnictwie. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach. Seria: Administracja i Zarządzanie, 109, 161-171, 2016.

<sup>28</sup> Kuboń M.: Poziom i wykorzystanie infrastruktury logistycznej w przedsiębiorstwach o różnym typie produkcji rolniczej. Logistyka, 3, 30-33, 2011.

- Gorzelański J., Belcar J., Matłok N.: Assessment of the quality of malt obtained from spring malting barley delivered to the SAN Farmer's Cooperative in 2018. *Agricultural Engineering*. 23(3), 51-60, 2019.
- GUS 2018. *Rocznik Statystyczny Rolnictwa*, s. 148, 285.
- Hłasko-Nasalska A., Zafuski D., Dubis B.: Technological level and the yield of winter malting barley. *Acta Sci. Pol. Agricultura*. 11(1), 27-41, 2012.
- Kuboń M.: Poziom i wykorzystanie infrastruktury logistycznej w przedsiębiorstwach o różnym typie produkcji rolniczej. *Logistyka*. 3, 30-33, 2011.
- Kuboń M.: Miejsce i rola infrastruktury logistycznej w funkcjonowaniu przedsiębiorstw rolniczych. *Inżynieria Rolnicza*. 9(97), 87-93, 2007.
- Kulińska E. Rut J.: Magazyn zbożowy w łańcuchu logistycznym. *Logistyka*. Nr. 2, Warszawa, 2010.
- Kulińska E.: Zarządzanie ryzykiem w łańcuchu dostaw. *Logistyka*. 1, 18-21, Warszawa, 2007.
- Kuziemska B., Pieniak-Lendzion K., Klej P.: Zastosowanie nowoczesnych rozwiązań logistycznych w rolnictwie. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach. Seria: Administracja i Zarządzanie*. 109, 173-181, 2016a.
- Kuziemska B., Trębicka J., Pieniak-Lendzion K.: Logistyka transportu w rolnictwie. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach. Seria: Administracja i Zarządzanie*. 109, 161-171, 2016b.
- Łacny K., Janczar-Smuga M.: Postęp techniczny i technologiczny w produkcji siodu. *Nauki Inżynierskie i Technologie*. 4(11), 77-93, 2013.
- Marks N.: *Maszyny do czyszczenia i sortowania płodów rolnych*. Skrypt Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Wydawnictwo UR, 2012.
- Rokicki T., Wicki L.: Transport i magazynowanie w rolnictwie jako element logistyki. *Więś Jutra*. 01, 41-42, 2010.
- Rzepiński W.: Zanieczyszczenia ziarna zbóż jako biomasa do produkcji energii w energetyce zawodowej. *Problemy Inżynierii Rolniczej*. 4, 101-109, 2010.
- Sawicki T.: Zagrożenia pożarowe i wybuchowe w przemyśle zbożowo-młynarskim. *Bezpieczeństwo Pracy*. 11, 18-20, 2003.
- Skupień-Wysocka K., Wójcik-Stopczyńska B.: Stan mikrobiologiczny wybranych przetworów zbożowych. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. 492, 303-310, 2003.
- Świerczek A.: Od łańcuchów dostaw do sieci dostaw. *Logistyka*. 1, 74-77, 2007.
- Waściński T.: Procesy logistyczne w zarządzaniu łańcuchem dostaw. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach. Seria: Administracja i Zarządzanie*. 103, 25-38, 2014.
- Yu W., Tao K., Gidley M., Fox G., Gilbert R.: Molecular brewing: Molecular structural effects involved in barley malting and mashing. *Carbohydrate Polymers*, 206, 583-592, 2019.
- Zawiślak K., Panasiewicz M., Grochowicz J., Sobczak P.: Założenia technologiczne do produkcji nowej generacji galanterii spożywczej. *Inżynieria Rolnicza*. 9, 69, 413-418, 2005.
- Żuk J.: Koncepcja logistyki nowoczesnej technologii magazynowania i przetwórstwa zbóż. *Przemysł Zbożowo-Młynarski*. 9, 72-74, 2008.

*Adres do korespondencji: e-mail: justyna.belcar@op.pl*

ORCID: Józef Gorzelański 0000-0002-1028-097X

ORCID: Justyna Belcar 0000-0002-2306-8716



# ANALIZA WARUNKÓW PRACY KIEROWCÓW W ASPEKcie PROCESÓW LOGISTYCZNYCH

Grzegorz Dzieniszewski<sup>1,2</sup>, Damian Jasiejko<sup>1</sup>, Dariusz Kwaśniewski<sup>3</sup>, Jakub Sikora<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instytut Nauk Technicznych, Państwowa Akademia Nauk Stosowanych w Przemysłu

<sup>2</sup> Wydział Mechaniczno-Technologiczny, Politechnika Rzeszowska

<sup>3</sup> Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

## Wstęp

W środowisku Transportu, Spedycji i Logistyki (TSL), skoncentrowanym na efektywności, konkurencyjności i minimalizacji kosztów, jakość procesów logistycznych odgrywa kluczową rolę w osiągnięciu sukcesu. Wraz z dynamicznym rozwojem technologii, zwiększonym zapotrzebowaniem na szybkość dostaw i skróceniem czasu reakcji na zmieniające się potrzeby rynku, efektywne zarządzanie czasem pracy kierowców oraz zapewnienie bezpieczeństwa transportu stają się istotnymi elementami skutecznej logistyki<sup>1</sup>.

W artykule omówiono dwa aspekty, które są kluczowe dla jakości procesów logistycznych: uwarunkowaniach pracy kierowców oraz wymagania koncepcji Just in Time. Warunki i czas pracy kierowców ma fundamentalne znaczenie dla terminowości dostaw, optymalizacji tras oraz zaspokojenia wymagań klientów<sup>2</sup>. Wprowadzenie zasad koncepcji Just in Time, czyli dostarczanie towarów dokładnie w momencie, gdy są potrzebne, wymaga precyzyjnego planowania i skoordynowania procesów logistycznych, uwzględniając czas pracy kierowców jako kluczowy czynnik<sup>3</sup>.

Analiza uwarunkowania pracy kierowców w kontekście koncepcji Just in Time, pozwala na zidentyfikowanie potencjalnych wyzwań, które mogą wpływać na jakość procesów logistycznych. Biorąc pod uwagę przepisy i regulacje dotyczące czasu pracy kierowców oraz przedstawiając najlepsze praktyki i rozwiązania, można przyczynić się do skutecznego zarządzania czasem pracy kierowców i zapewnieniu bezpieczeństwa transportu w kontekście koncepcji Just in Time.

---

<sup>1</sup> Andrzejczyk P., Fajfer P.: Branża TSL w przykładach i ćwiczeniach, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań, 2016.

<sup>2</sup> Rycak M.: Czas pracy kierowców. Zagadnienia prawne i praktyczne, Wolters Kluwer Polska, 2016

<sup>3</sup> Barcik R., Odlanicka-Poczobutt M.: Logistyka 4.0 - wybrane zastosowania, Wydawnictwo „Dom Organizatora”, Toruń, 2020.

Istotą podjęcia tematu, zarazem głównym celem niniejszych analiz, jest lepsze zrozumienie warunków pracy kierowców i jego wpływu na jakość procesów logistycznych w kontekście koncepcji Just in Time.

Praktyczne wskazówki dotyczące optymalnego zarządzania czasem pracy kierowców, przyczynią się do skutecznego i efektywnego realizowania procesów logistycznych, uwzględniając zarówno aspekty czasowe, jak i bezpieczeństwo transportu.

## **Metodyka badań**

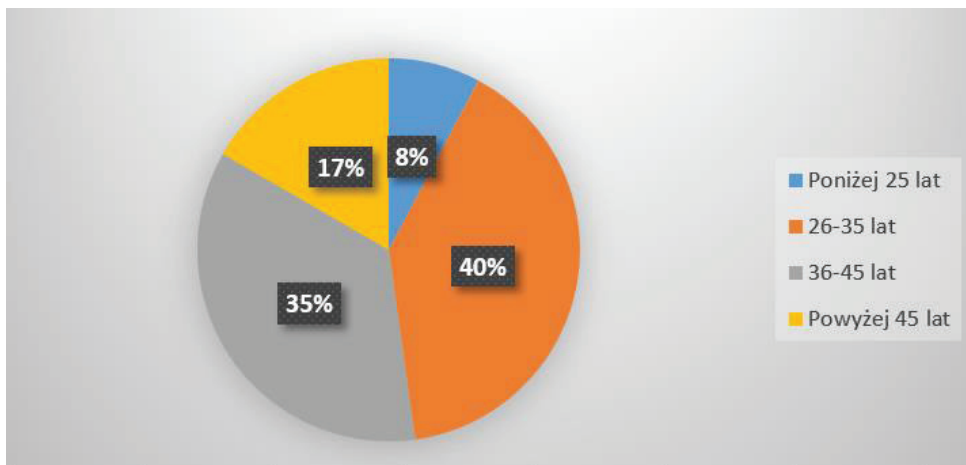
Metodyka badań dotyczących jakości procesów logistycznych w aspekcie uwarunkowań czasu pracy kierowców i bezpieczeństwa transportu obejmuje następujące kroki:

1. Badania ankietowe - przeprowadzenie ankiety wśród kierowców zawodowych, aby poznać ich opinie na temat zasad czasu pracy oraz przestrzegania tych zasad. Ankieta została przeprowadzona osobiście w formie wywiadów. W ankiecie zostały zadane pytania o ilość godzin jazdy, przerw i odpoczynków, odczuwane zmęczenie podczas jazdy, a także o przyczyny naruszania zasad czasu pracy.
2. Wybór wskaźników jakości - wskaźniki, które będą mierzyć jakość procesów logistycznych związanych z czasem pracy kierowców i bezpieczeństwem transportu. Przykładowe wskaźniki mogą obejmować liczbę godzin jazdy w ciągu dnia, liczbę wypadków drogowych, liczbę naruszeń przepisów dotyczących czasu pracy kierowców, itp.
3. Identyfikacja obszarów do poprawy - na podstawie analizy ankiety i danych dotyczących bezpieczeństwa, zidentyfikowane zostaną obszary, w których występują problemy lub możliwości poprawy.
4. Opracowanie działań naprawczych, które pomogą poprawić jakość procesów logistycznych związanych z czasem pracy kierowców i bezpieczeństwem transportu. Działania będą obejmować zmiany w harmonogramach, wdrożenie lepszych procedur zarządzania czasem pracy, szkolenia dla kierowców i wprowadzenie technologii wspierających bezpieczeństwo.

## **Wyniki badań ankietowych kierowców zawodowych**

Celem anonimowej ankiety było pozyskanie opinii kierowców zawodowych na temat warunków pracy, wyzwań i presji czasu w pracy kierowcy realizującego dostawę według koncepcji JiT.

Na rysunku 1 przedstawiono wyniki badań pierwszego pytania ankiety, które dotyczyło wieku kierowców.

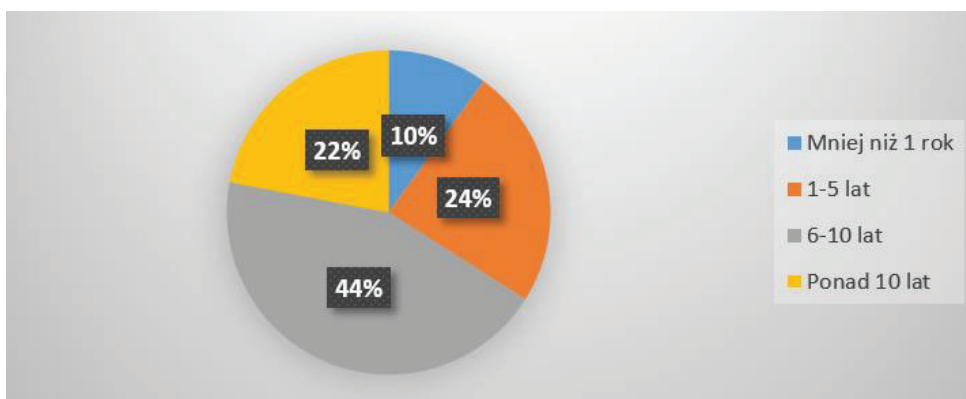


Rys. 1. Struktura wiekowa badanych kierowców zawodowych

Źródło: Opracowanie własne

Wyniki ankietowe pokazują zróżnicowanie wieku respondentów będących kierowcami zawodowymi. Największą grupę stanowią osoby w wieku od 26 do 35 lat, co wskazuje na to, że w branży transportowej jest wielu młodych pracowników, którzy podejmują tę profesję jako ścieżkę kariery. Warto zauważyć, że istnieje również znaczna liczba respondentów w wieku od 36 do 45 lat, co sugeruje, że wielu kierowców zawodowych utrzymuje się w tej branży przez dłuższy czas. Ponadto, grupa respondentów powyżej 45 lat stanowi 17% badanych, co oznacza, że istnieje pewna liczba doświadczonych kierowców, którzy pracują w tej profesji od dłuższego czasu i posiadają bogate doświadczenie.

Drugie pytanie dotyczyło stażu pracy kierowców zawodowych i brzmiało: „Ile lat pracujesz jako kierowca zawodowy?”. Wyniki przedstawiono na rysunku 2.

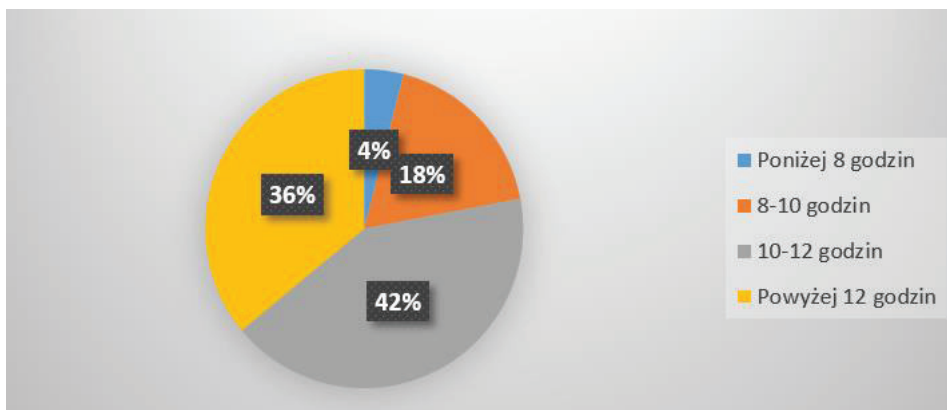


Rys. 2. Staż pracy jako kierowca zawodowy

Źródło: Opracowanie własne

Wyniki ankietowe pokazują różnorodność stażu pracy respondentów jako kierowców zawodowych. Większość badanych (66%) ma doświadczenie pracy jako kierowca zawodowy od 6 lat lub dłużej. To oznacza, że większość respondentów ma już pewne umiejętności i wiedzę związane z zawodem, co może wpływać na ich zachowanie na drodze i stosowanie przepisów drogowych.

W celu zbadania czasu trwania typowego dnia pracy kierowców zawodowych, zadano pytanie: „Jak długo trwa Twój typowy dzień pracy jako kierowca zawodowy?” (rys. 3).

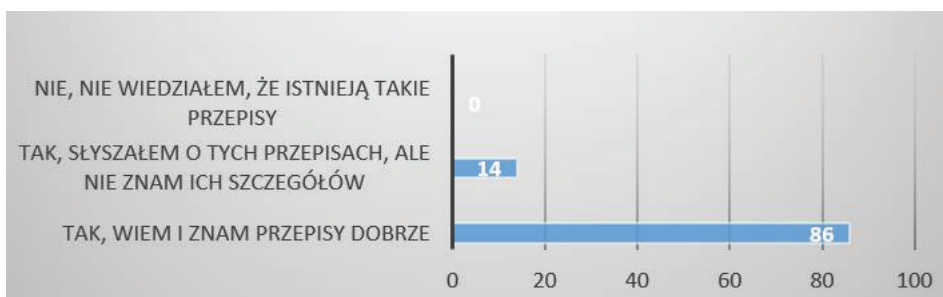


Rys. 3. Długość dnia pracy kierowcy

Źródło: Opracowanie własne

Wyniki ankietowe pokazują, że istnieje zróżnicowanie w czasie trwania typowych dni pracy kierowców zawodowych. Większość badanych (78%) raportuje, że ich typowe dni pracy trwają od 8 do 12 godzin lub więcej. To oznacza, że kierowcy zawodowi często są zaangażowani w długie godziny pracy, co może prowadzić do zmęczenia i wpływać na ich zdolność do skoncentrowanego i bezpiecznego prowadzenia pojazdu.

Pytanie dotyczące stopnia znajomości przepisów w zakresie czasu pracy i odpoczynku oraz wyniki badania prezentuje rysunek 4.

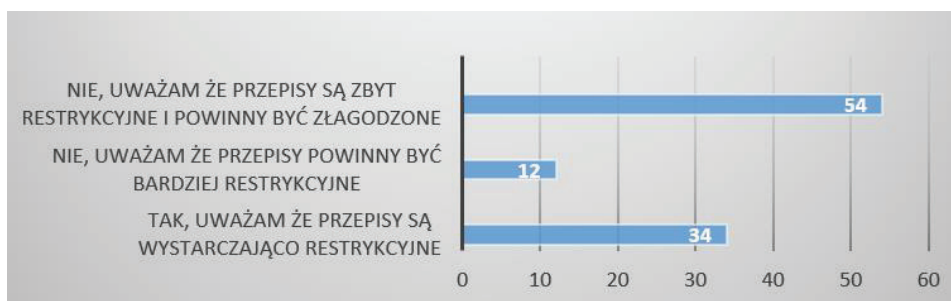


Rys. 4. Świadomość istnienia przepisów o czasie pracy kierowców

Źródło: Opracowanie własne

Wynik z przeprowadzonych badań - 86% respondentów ma gruntowną wiedzę o przepisach dotyczących czasu pracy kierowców, 14% respondentów przyznało, że słyszało o przepisach dotyczących czasu pracy i odpoczynku kierowców zawodowych, ale ma wiedzę fragmentaryczną w tym zakresie.

Zaprezentowane na rysunku 5 pytanie na temat restrykcyjności przepisów dotyczących czasu pracy kierowców zawodowych brzmiało: „Czy Twoim zdaniem przepisy dotyczące czasu pracy kierowców zawodowych są wystarczająco restrykcyjne?”

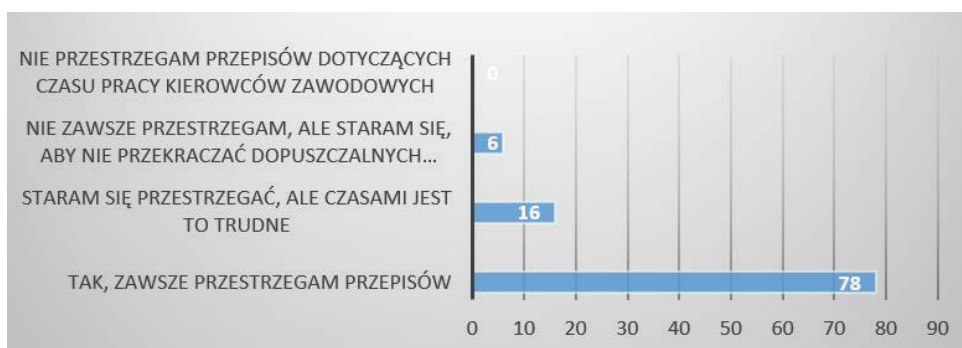


Rys. 5. Restrykcyjność przepisów

Źródło: Opracowanie własne

Wyniki ankietowe ukazują zróżnicowane opinie respondentów na temat restrykcyjności przepisów dotyczących czasu pracy kierowców zawodowych. Część respondentów uważa, że obecne przepisy są odpowiednio restrykcyjne, co przyczynia się do bezpieczeństwa na drodze. Jednak istnieje grupa respondentów, która uważa, że przepisy powinny być bardziej surowe, aby jeszcze bardziej ograniczyć ryzyko związane z czasem pracy kierowców.

Kolejne pytanie ankietowe (rys. 6) brzmiało: „Czy przestrzegasz przepisów dotyczących czasu pracy kierowców zawodowych?”

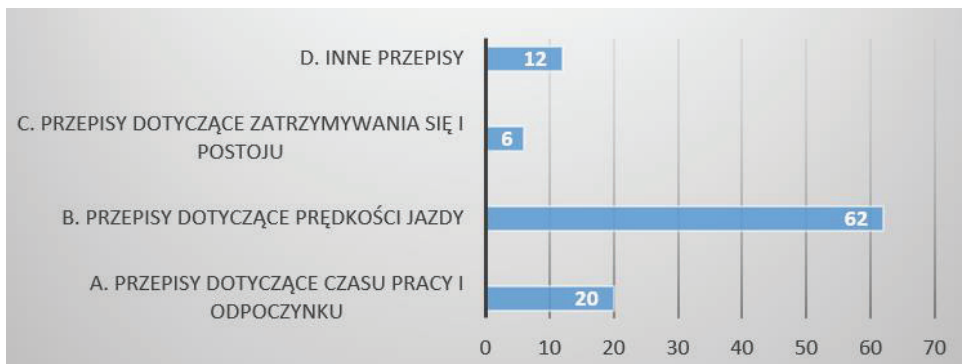


Rys. 6. Stopień przestrzegania przepisów

Źródło: Opracowanie własne

Z przeprowadzonego badania wynika, że zdecydowana większość -78% kierowców zawsze przestrzega przepisów, 16% ma z tym trudności, natomiast 6% ma tendencje do lekceważenia tych przepisów.

Respondenci mieli odpowiedzieć także na pytanie: „Który z przepisów dotyczących ruchu drogowego, Twoim zdaniem, jest najczęściej łamany przez kierowców zawodowych?” (rys. 7).

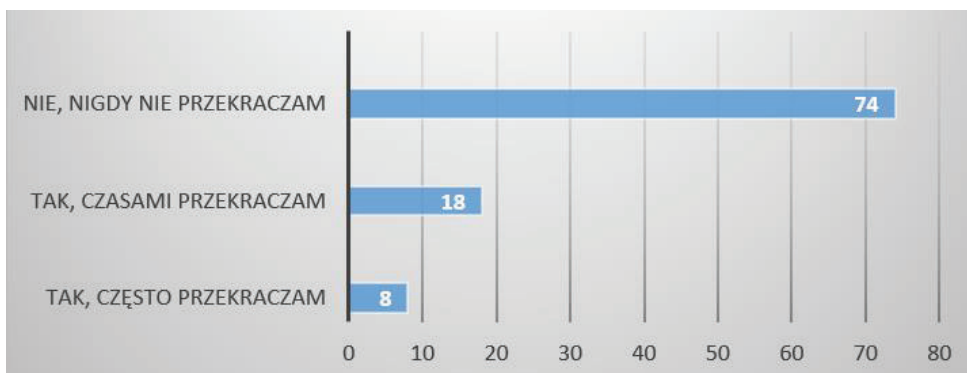


Rys. 7. Rodzaje najczęściej łamanych przepisów

Źródło: Opracowanie własne

Z przeprowadzonego badania wynika, że najczęściej łamane są przepisy dotyczące prędkości jazdy – 62% oraz przepisy dotyczące czasu pracy kierowców – 20%.

Pytanie, które dotyczyło częstotliwości przekraczania dozwolonego czasu jazdy w ciągu jednego dnia oraz wynik badania przedstawiono na rysunku 8.



Rys. 8. Przekraczanie dozwolonej prędkości

Źródło: Opracowanie własne

Z przeprowadzonego badania wynika, że zdecydowana większość – 74% kierowców nigdy nie przekracza dobowego czasu pracy. To pozytywny wynik, który świadczy o świadomości i odpowiedzialności tych kierowców.

Rysunek 9 przedstawia wyniki kolejnego pytania ankietowego, które brzmiało: „Czy zdarza Ci się prowadzić pojazd bez odpowiedniego wypoczynku lub po długiej pracy?”

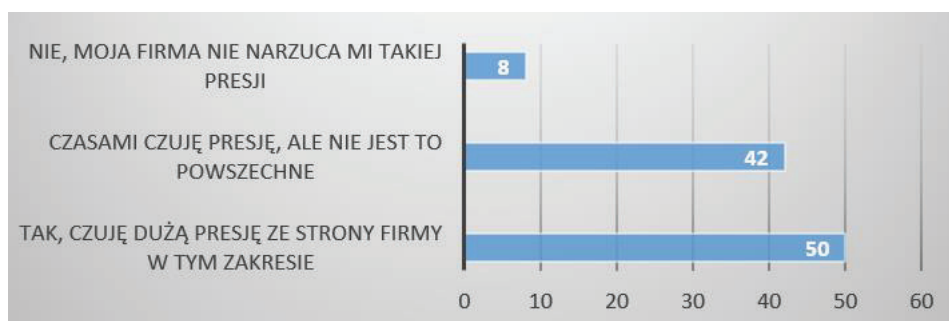


Rys. 9. Przestrzeganie zasad odpoczynku

Źródło: Opracowanie własne

Wyniki ankiety wskazują, że mimo świadomości konieczności odpowiedniego wypoczynku przed prowadzeniem pojazdu, nadal istnieje pewna grupa kierowców zawodowych, dla której prowadzenie pojazdu bez wystarczającego wypoczynku lub po długiej pracy jest częstym lub okazjonalnym zjawiskiem.

Celem kolejnego pytania (rys. 10) było zbadanie czy kierowcy zawodowi odczuwają presję ze strony swojej firmy w celu dostarczenia przesyłek w krótkim czasie i minimalizacji przerw między nimi.



Rys. 10. Presja ze strony firmy

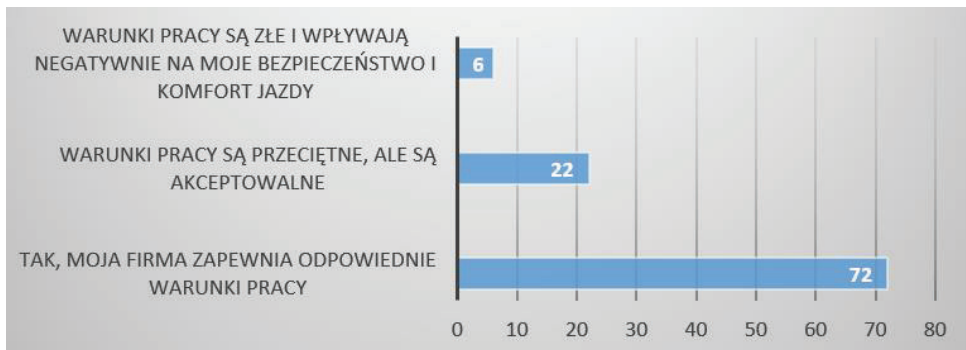
Źródło: Opracowanie własne

Bardzo istotne, że 50% respondentów stwierdziło, że odczuwa dużą presję ze strony firmy w tym zakresie. Sugeruje to, że połowa kierowców zawodowych jest narażona na wysokie



wymagania dotyczące szybkiego dostarczania przesyłek i minimalizacji czasu przerw. Taka presja może mieć negatywny wpływ na zdrowie, komfort jazdy i bezpieczeństwo kierowców. Z drugiej strony 42% respondentów odpowiedziało, że czasami czują presję ze strony firmy, ale nie jest to powszechne. Oznacza to, że część kierowców doświadcza okresowych wymagań dotyczących szybkiego dostarczania przesyłek, ale nie jest to ciągłe i nie dotyczy wszystkich zadań. Zaledwie 8% respondentów zgłosiło, że ich firma nie narzuca im takiej presji. To oznacza, że w przypadku tych kierowców firma daje im większą swobodę w realizacji zadań, nie stawiając dużej presji na szybkie dostarczanie przesyłek i minimalizację przerw.

W celu uzyskania opinii respondentów na temat warunków pracy jako kierowca zawodowego w swojej firmie, pytanie ankietowe brzmiało: „Czy Twoim zdaniem firma, dla której pracujesz, zapewnia odpowiednie warunki do pracy jako kierowca zawodowy?” (rys. 11).

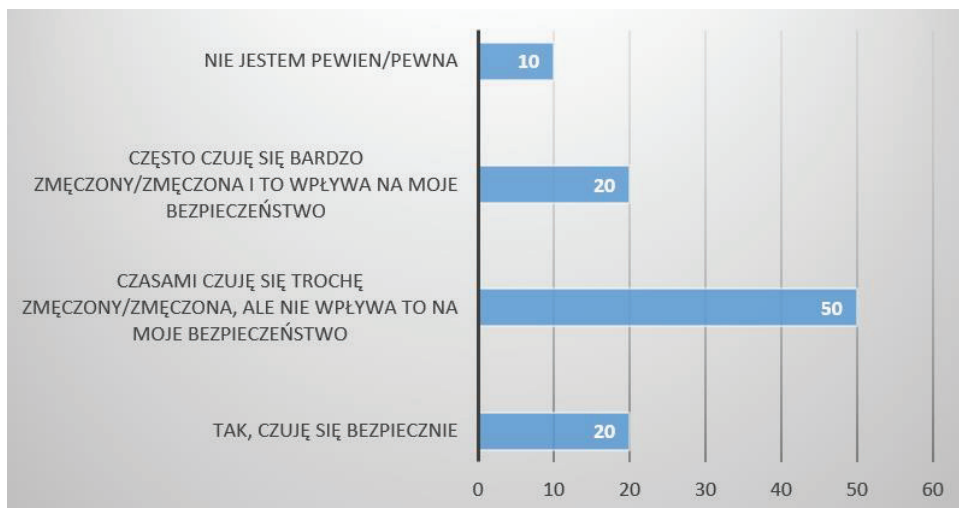


Rys. 11. Warunki pracy w firmie

Źródło: Opracowanie własne

Ciekawym wynikiem badań jest, że 72% respondentów stwierdziło, że ich firma zapewnia odpowiednie warunki pracy jako kierowcy zawodowego. To sugeruje, że większość respondentów jest zadowolona z warunków, w jakich pracują, i uważa, że firma spełnia ich oczekiwania. Odpowiednie warunki pracy mogą obejmować dostęp do odpowiedniego sprzętu i pojazdów, zapewnienie wystarczającego czasu odpoczynku i przestrzeganie przepisów dotyczących czasu pracy i odpoczynku. Niewiele, bo 22% respondentów uznało, że warunki pracy są przeciętne, ale akceptowalne. Może to sugerować, że pomimo pewnych niedoskonałości czy niedociągnięć, respondenci nadal są w stanie wykonywać swoją pracę jako kierowcy zawodowi i nie jest to znacząco negatywnie wpływa na ich komfort i bezpieczeństwo. Zaledwie 6% respondentów negatywnie oceniło warunki pracy w swojej firmie i stwierdziło, że są one złe i mają negatywny wpływ na ich bezpieczeństwo i komfort jazdy. Jest to istotne zmartwienie, ponieważ nieodpowiednie warunki pracy mogą prowadzić do zmęczenia, stresu i innych negatywnych skutków, które mogą zagrażać bezpieczeństwu zarówno kierowcy, jak i innych uczestników ruchu drogowego.

Wskaźnik poczucia bezpieczeństwa kierowców podczas prowadzenia pojazdu podczas długich godzin pracy, pokazuje rysunek 12.



Rys. 12. Bezpieczeństwo podczas długotrwałej jazdy

*Źródło: Opracowanie własne*

Analizując wyniki, można stwierdzić, że istnieje zróżnicowane poczucie bezpieczeństwa kierowców podczas prowadzenia pojazdu podczas długich godzin pracy, ponieważ 20% respondentów odczuwa poczucie bezpieczeństwa, co sugeruje, że są w stanie skutecznie zarządzać swoim zmęczeniem i utrzymywać koncentrację na odpowiednim poziomie, nawet podczas długich okresów pracy. Może to wynikać z ich umiejętności radzenia sobie ze zmęczeniem, skutecznego planowania przerw w czasie jazdy i świadomego podejścia do zachowania bezpieczeństwa.

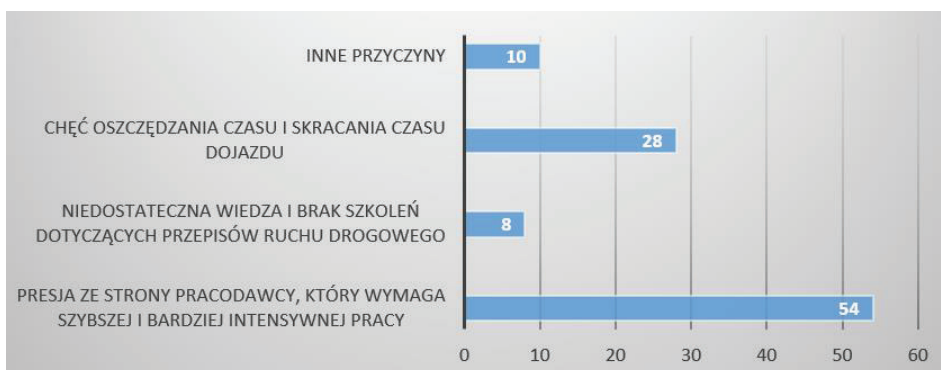
Natomiast 50% respondentów przyznało, że czasami czują się trochę zmęczeni, ale nie odczuwają wpływu tego zmęczenia na swoje bezpieczeństwo. To sugeruje, że mogą oni być w stanie radzić sobie z lekkim zmęczeniem i nadal utrzymywać odpowiedni poziom skupienia i reakcji za kierownicą. Ważne jest jednak, aby nadal monitorować i zarządzać swoim zmęczeniem, aby zapewnić bezpieczeństwo na drodze.

20% respondentów często odczuwa silne zmęczenie, które wpływa na ich bezpieczeństwo podczas prowadzenia pojazdu. To stanowi potencjalne zagrożenie dla bezpieczeństwa na drodze, ponieważ zmęczenie może prowadzić do obniżonej koncentracji, reakcji i zdolności do podejmowania właściwych decyzji. Tacy kierowcy powinni skoncentrować się na skutecznej strategii zarządzania zmęczeniem, w tym na odpowiednich przerwach i zapewnieniu sobie wystarczającego odpoczynku.

Warto zauważyć, że 10% respondentów nie jest pewnych, jak się czują podczas długich godzin pracy za kierownicą. Może to wskazywać na potrzebę większej samoświadomości i refleksji dotyczącej ich stanu i bezpieczeństwa podczas prowadzenia pojazdu w takich warunkach.

W celu zbadania głównej przyczyny łamania przepisów dotyczących ruchu drogowego przez kierowców zawodowych, zadano następujące pytanie: „Jaka Twoim zdaniem jest

główna przyczyna łamania przepisów dotyczących ruchu drogowego przez kierowców zawodowych?” Rysunek 13 przedstawia wynik badania na powyższe pytanie.



Rys. 13. Przyczyny łamania przepisów ruchu drogowego

Źródło: Opracowanie własne

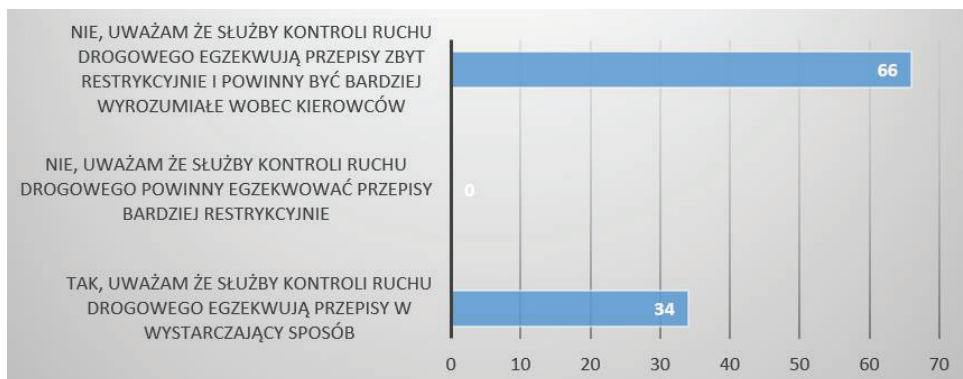
Patrząc na powyższe wyniki, można stwierdzić, że według większości respondentów (54%) główną przyczyną łamania przepisów dotyczących ruchu drogowego przez kierowców zawodowych jest presja ze strony pracodawcy, który wymaga szybszej i bardziej intensywnej pracy. Wskazuje to na istnienie nacisku na kierowców ze strony pracodawców, którzy mogą stawiać zbyt wysokie wymagania dotyczące czasu dostawy i efektywności pracy. Taka sytuacja może skłaniać kierowców do łamania przepisów w celu spełnienia tych oczekiwań.

Niedostateczna wiedza i brak szkoleń dotyczących przepisów ruchu drogowego zostały wskazane jako główna przyczyna przez 8% respondentów. To sugeruje, że część kierowców może nie być odpowiednio przeszkolona lub nie posiadać wystarczającej wiedzy na temat obowiązujących przepisów, co może prowadzić do ich nieświadomego łamania.

Chęć oszczędzania czasu i skracania czasu dojazdu zostały wskazane jako główna przyczyna przez 28% respondentów. Sugeruje to, że niektórzy kierowcy mogą być skłonni do naruszania przepisów w celu zaoszczędzenia czasu i dotarcia szybciej do celu.

Dodatkowo, 10% respondentów wskazało inne przyczyny łamania przepisów, które nie zostały precyzowane w pytaniu. Obejmuje to czynniki takie jak zmęczenie, stres, nieodpowiednie warunki pracy czy indywidualne decyzje kierowców, np. chęć szybszego powrotu do domu.

Stopień egzekwowania przepisów dotyczących czasu pracy kierowców zawodowych przez służby kontroli ruchu drogowego prezentuje rysunek 14.



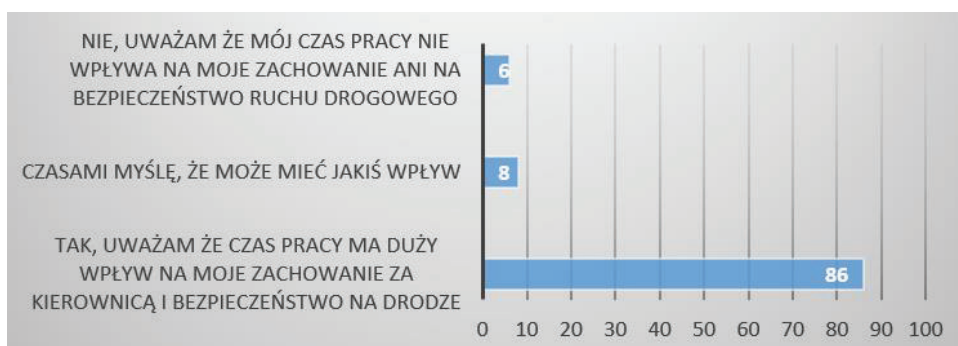
Rys. 14. Egzekwowanie przepisów czasu pracy kierowców przez służby kontroli

Źródło: Opracowanie własne

Analizując wyniki, można zauważyć, że większość respondentów (66%) uważa, że służby kontroli ruchu drogowego egzekwują przepisy dotyczące czasu pracy kierowców zawodowych zbyt restrykcyjnie i powinny być bardziej wyrozumiałe wobec kierowców. Sugeruje to, że respondenci mają pewne obawy co do sposobu, w jaki przepisy są egzekwowane i odczuwają potrzebę większej elastyczności w kontekście czasu pracy kierowców. Warto jednak zauważyć, że żadna osoba nie stwierdziła, że służby kontroli ruchu drogowego powinny egzekwować przepisy bardziej restrykcyjnie. Oznacza to, że brak jest osób, które uważają, że przepisy dotyczące czasu pracy kierowców są zbyt luźne lub niewystarczająco egzekwowane.

Natomiast 34% badanych uważa, że służby kontroli ruchu drogowego egzekwują przepisy w wystarczający sposób. Choć jest to mniejsza grupa, ich opinie są warte uwagi, sugerując, że istnieje grupa kierowców, która uważa, że służby kontrolujące przepisy dotyczące czasu pracy kierowców wykonują swoją pracę właściwie.

Poziom świadomości respondentów na temat wpływu czasu pracy na ich zachowanie za kierownicą oraz ogólnie na bezpieczeństwo ruchu drogowego, przedstawia rysunek 15.



Rys. 15. Wpływ kierującego pojazdem na bezpieczeństwo ruchu drogowego

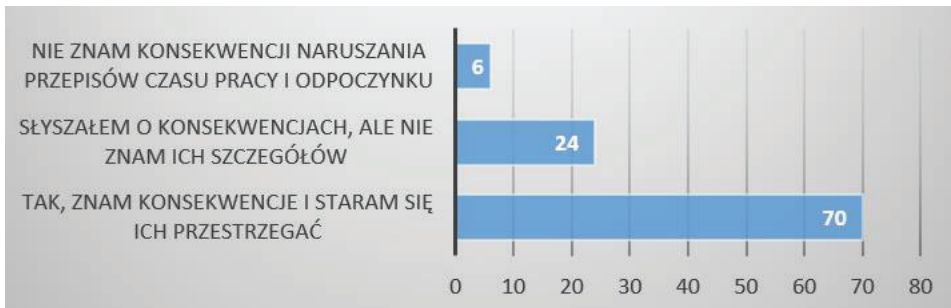
Źródło: Opracowanie własne

Analizując wyniki ankietowania, można zauważyć, że większość respondentów (86%) jest świadoma znacznego wpływu czasu pracy na ich zachowanie za kierownicą oraz na ogólne bezpieczeństwo ruchu drogowego. Wskazuje to na świadomość ryzyka związanego z długim czasem pracy, zmęczeniem i jego wpływem na zdolności kierowcy oraz na bezpieczeństwo na drodze. Badani zdają sobie sprawę, że nadmierny czas pracy może prowadzić do zmęczenia, stresu i obniżenia koncentracji, co z kolei może wpływać na bezpieczną jazdę.

Pomimo że mniejsza grupa respondentów (8%) nie jest przekonana o dużym wpływie czasu pracy na ich zachowanie, to uznają, że czasami może mieć on jakiś wpływ. To sugeruje, że istnieje pewna świadomość, że ekstremalne warunki pracy, nadgodziny i brak wystarczającego odpoczynku mogą wpływać na umiejętności kierowcy i w konsekwencji na bezpieczeństwo na drodze.

Niemniej jednak, 6% respondentów uważa, że ich czas pracy nie ma wpływu na ich zachowanie ani na bezpieczeństwo ruchu drogowego. Ta grupa może być mniej świadoma związku między czasem pracy a bezpieczeństwem na drodze lub nie zdaje sobie sprawy z potencjalnych zagrożeń związanych z nadmiernym pracowaniem bez odpowiedniego odpoczynku.

Rysunek 16 pokazuje poziom wiedzy respondentów na temat konsekwencji naruszania przepisów dotyczących czasu pracy i odpoczynku dla kierowców zawodowych.



Rys. 16. Konsekwencje naruszania przepisów czasu pracy i odpoczynku

Źródło: Opracowanie własne

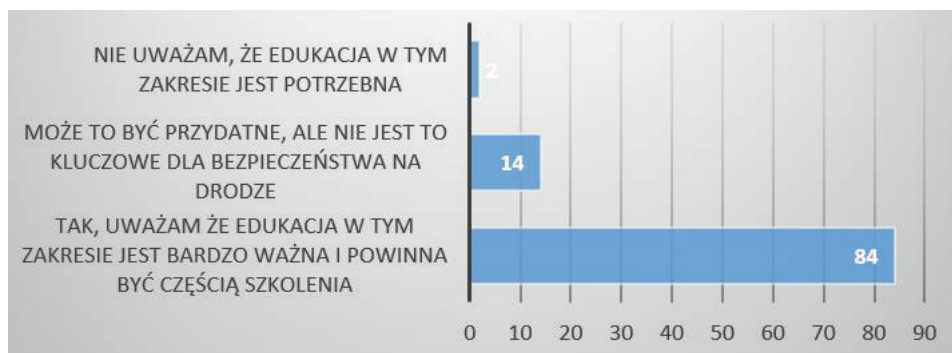
Analizując wyniki ankietowania, można zauważyć, że większość respondentów (70%) posiada świadomość konsekwencji naruszania przepisów dotyczących czasu pracy i odpoczynku dla kierowców zawodowych. Wskazuje to na ich zaangażowanie w przestrzeganie tych przepisów oraz znajomość powiązanych z nimi ryzyka.

Niemniej jednak, istnieje również grupa respondentów (24%), która słyszała o konsekwencjach, ale nie zna ich szczegółów. To sugeruje, że mają pewną wiedzę ogólną na ten temat, ale brakuje im dogłębnej znajomości szczegółów związanych z naruszeniem przepisów.

Najmniejszą grupę stanowią respondenci (6%), którzy przyznają, że nie znają konsekwencji naruszania przepisów dotyczących czasu pracy i odpoczynku. Oznacza to, że mają ograniczoną świadomość w tej dziedzinie i mogą nie zdawać sobie sprawy z ryzyka związanego z nieprzestrzeganiem tych przepisów.

Na podstawie tych wyników, wnioskujemy, że mimo że większość respondentów jest świadoma konsekwencji naruszania przepisów dotyczących czasu pracy i odpoczynku, istnieje nadal potrzeba edukacji i informowania o szczegółach tych konsekwencji.

Opinię i wynik badania na temat konieczności uwzględnienia edukacji dotyczącej czasu pracy, odpoczynku oraz wpływu zmęczenia na bezpieczeństwo ruchu drogowego w szkoleniach dla kierowców zawodowych pokazuje rysunek 17.



Rys. 17. Wpływ edukacji dotycząca czasu pracy i odpoczynku na bezpieczeństwo

*Źródło: Opracowanie własne*

Analizując wyniki ankietowania, można zauważyć, że większość badanych kierowców zawodowych (84%) jest przekonana o konieczności uwzględnienia edukacji dotyczącej czasu pracy, odpoczynku oraz wpływu zmęczenia na bezpieczeństwo ruchu drogowego w szkoleniach. Wskazuje to na świadomość związanych z tym zagadnieniami ryzyka i ich wpływu na bezpieczeństwo na drodze.

Ponadto, 14% respondentów, chociaż nie uważa tej edukacji za kluczową, zgadza się, że może ona być przydatna. To sugeruje, że istnieje świadomość wpływu zmęczenia na zdolności kierowcy i rozumienie, że wiedza w tym zakresie może przyczynić się do poprawy bezpieczeństwa na drodze.

Jednak warto zauważyć, że 2% respondentów uważa, że edukacja w tym zakresie nie jest potrzebna. Choć jest to niewielki odsetek, nie można zignorować tej opinii. W przypadku takiej grupy osób istnieje prawdopodobieństwo braku świadomości lub zrozumienia związku między czasem pracy, odpoczynku a bezpieczeństwem ruchu drogowego.

## Dyskusja

Jakość procesów logistycznych w aspekcie uwarunkowań czasu pracy kierowców i bezpieczeństwa transportu wymaga holistycznego podejścia<sup>4</sup>.

Uwzględnienie tych czynników, planowanie efektywnych tras, optymalizacja harmonogramów, monitorowanie czasu pracy, szkolenie kierowców oraz analiza danych są kluczowe dla zapewnienia wysokiej jakości i bezpieczeństwa w działalności logistycznej.

<sup>4</sup> Witkowski J.: Zarządzanie łańcuchem dostaw, PWE Warszawa, 2003.



Czas pracy kierowców zawodowych a zasady Just-in-Time (JiT) to dwa różne aspekty w obszarze logistyki i transportu.

Czas pracy kierowców zawodowych odnosi się do przepisów i regulacji dotyczących maksymalnego czasu, jaki kierowca może spędzić za kierownicą w określonym okresie, a także wymogów dotyczących okresów odpoczynku<sup>5</sup>.

Ma to na celu zapewnienie bezpieczeństwa na drodze poprzez minimalizację zmęczenia kierowcy<sup>6</sup>. Przepisy te określają m.in. maksymalny czas jazdy, minimalne przerwy oraz maksymalny tygodniowy czas pracy. Ich celem jest zapobieganie przekraczaniu limitów czasu jazdy, co może prowadzić do zmęczenia kierowcy i zwiększać ryzyko wypadków drogowych<sup>7</sup>. Przestrzeganie tych przepisów jest istotne dla zapewnienia bezpiecznego i odpowiedzialnego prowadzenia działalności transportowej.

Zasady Just-in-Time (JiT) natomiast odnoszą się do strategii zarządzania zapasami i organizacji procesów produkcyjnych. W ramach JiT, towary są produkowane lub dostarczane dokładnie wtedy, gdy są potrzebne, minimalizując tym samym ilość przechowywanych zapasów. Celem jest zmniejszenie kosztów związanych z magazynowaniem, poprawa efektywności produkcji i skrócenie czasu realizacji zamówień<sup>8</sup>.

W przypadku JiT, czas dostawy jest kluczowy, ponieważ towary muszą być dostarczane na czas, aby zapewnić ciągłość produkcji. Opóźnienia w dostawach mogą prowadzić do zakłóceń w procesach produkcyjnych i braku gotowych produktów<sup>9</sup>.

Czas pracy kierowców zawodowych ma kluczowe znaczenie dla zapewnienia bezpieczeństwa na drodze ze względu na wpływ zmęczenia na umiejętności kierowcy i reakcje podczas jazdy.<sup>10</sup> Przepisy dotyczące czasu pracy kierowców zostały opracowane w celu minimalizacji ryzyka wypadków drogowych związanych z przemęczeniem.

Aspekty, które podkreślają znaczenie czasu pracy kierowców zawodowych dla bezpieczeństwa na drodze:

1. Ograniczenie zmęczenia: Długie godziny pracy za kierownicą bez odpowiednich przerw mogą prowadzić do zmęczenia kierowcy. Zmęczony kierowca może mieć obniżoną zdolność skupienia uwagi, spowolnione reakcje, pogorszoną ocenę sytuacji na drodze i zwiększone ryzyko błędów. Przestrzeganie przepisów dotyczących czasu pracy pomaga zapobiegać przekraczaniu limitów i minimalizować zmęczenie kierowcy, co przekłada się na większe bezpieczeństwo na drodze.

---

<sup>5</sup> Jamroz K., Smolarek L.: Analiza wpływu zmęczenia kierowców na ryzyko na drogach krajowych, *Drogownictwo*, 4, 2012.

<sup>6</sup> Łuczak A., Żużewicz K.: Zmęczenie kierowców a bezpieczeństwo pracy, *Bezpieczeństwo pracy: nauka i praktyka*, 4, 2006.

<sup>7</sup> Wicher J.: *Bezpieczeństwo samochodów i ruchu drogowego*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności WKŁ, 2012.

<sup>8</sup> Żurawek L.: *Zarządzanie zapasami z zastosowaniem koncepcji Just in Time*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach, nr 103, Siedlce, 2014.

<sup>9</sup> Nowakowski T.: *Niezawodność systemów logistycznych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2011.

<sup>10</sup> Bąk J., Bąk – Gajda D.: *Psychologiczne czynniki bezpieczeństwa ruchu drogowego, Eksploatacja i Niezawodność*, 2008.

2. Okresy odpoczynku: Przepisy dotyczące czasu pracy kierowców zawierają wymagania dotyczące okresów odpoczynku. Odpowiednie regeneracyjne przerwy są niezwykle ważne dla zapewnienia wypoczynku kierowcy, umożliwiają mu regenerację sił i przywrócenie pełnej koncentracji podczas jazdy. Przestrzeganie wymogów dotyczących okresów odpoczynku przyczynia się do utrzymania wysokiego poziomu czujności i ogranicza ryzyko popełnienia błędów spowodowanych zmęczeniem.

Zasady Just-in-Time (JiT) natomiast koncentrują się na zoptymalizowaniu procesów produkcyjnych i redukcji kosztów magazynowania. Chociaż JiT nie jest bezpośrednio związane z bezpieczeństwem na drodze, ma kluczowe znaczenie dla efektywności i terminowości dostaw.

Oto kilka aspektów, które podkreślają znaczenie zasad JiT dla efektywności i terminowości dostaw:

1. Minimalizacja zapasów: Zasady JiT dążą do minimalizacji zapasów poprzez produkcję lub dostarczenie towarów w odpowiedniej ilości i czasie, dokładnie wtedy, gdy są potrzebne. Ograniczenie zapasów zmniejsza koszty magazynowania, minimalizuje ryzyko przestarzałości towarów i ogranicza potrzebę przestrzeni magazynowej. Skoncentrowanie się na terminowej dostawie pomaga uniknąć nadmiarowych zapasów, które mogą prowadzić do nieefektywności i dodatkowych kosztów.
2. Efektywność produkcji: JiT zakłada płynny przepływ materiałów i komponentów w procesie produkcyjnym, eliminując marnotrawstwo i ograniczając przestoje. Produkty są wytwarzane w odpowiednich ilościach i sekwencji, aby pasowały do bieżącego popytu. Dzięki temu proces produkcyjny jest bardziej efektywny, co prowadzi do zwiększenia wydajności i redukcji kosztów<sup>11</sup>.

Ważne jest, aby firmy transportowe uwzględniały zarówno przepisy dotyczące czasu pracy kierowców zawodowych, jak i wymagania zasad JiT. Zapewnienie bezpieczeństwa na drodze poprzez przestrzeganie regulacji czasu pracy kierowców jest niezbędne dla minimalizacji ryzyka wypadków spowodowanych przez zmęczenie. Jednocześnie, dostarczanie towarów na czas zgodnie z zasadami JiT przyczynia się do efektywności, terminowości dostaw i redukcji kosztów w całym łańcuchu dostaw. Integracja tych dwóch aspektów pozwala firmom transportowym osiągnąć równowagę między bezpieczeństwem a efektywnością, co jest kluczowe dla sukcesu w branży transportowej.

## Wnioski

Pogodzenie czasu pracy kierowców zawodowych z zasadą Just-in-Time może być wyzwaniem, ale istnieją pewne strategie, które mogą pomóc w osiągnięciu równowagi między tymi dwoma aspektami.

---

<sup>11</sup> Szymonik A.: Logistyka i zarządzanie łańcuchem dostaw, Difin, Warszawa, 2010.



Rozwiązaniem może być:

1. Planowanie harmonogramu dostaw: Ważne jest staranne planowanie harmonogramu dostaw, uwzględniającego zarówno czas pracy kierowców, jak i wymagania Just in Time. Przy tworzeniu harmonogramu należy uwzględnić czas potrzebny na transport, przerwy i okresy odpoczynku kierowców, aby zapewnić, że są w stanie dotrzymać terminów dostaw. Wymaga to starannego planowania tras i uwzględnienia ewentualnych opóźnień lub czynników, które mogą wpływać na czas dostawy.
2. Efektywne zarządzanie czasem pracy: Firma transportowa powinna skoncentrować się na efektywnym zarządzaniu czasem pracy kierowców. Warto inwestować w systemy monitorowania czasu pracy, które umożliwiają śledzenie i zarządzanie godzinami pracy kierowców w czasie rzeczywistym. Dzięki temu można lepiej kontrolować czas pracy i zapewnić, że kierowcy nie przekraczają limitów czasu prowadzenia pojazdu.
3. Optymalizacja trasy: Aby zoptymalizować czas pracy kierowców i spełnić wymagania Just-in-Time, warto zainwestować w technologie i oprogramowanie do optymalizacji tras. Takie narzędzia pomagają znaleźć najkrótsze i najbardziej efektywne trasy, unikając zatorów drogowych i opóźnień. Optymalizacja trasy może pomóc zmniejszyć czas podróży i zwiększyć wydajność dostaw.
4. Współpraca z dostawcami i odbiorcami: Ważne jest, aby nawiązać silną współpracę z dostawcami i odbiorcami w celu zrozumienia ich potrzeb i terminów. Komunikacja i współpraca z innymi stronami łańcucha dostaw mogą pomóc w ustaleniu optymalnych harmonogramów dostaw i znalezieniu rozwiązań, które uwzględniają zarówno czas pracy kierowców, jak i wymagania Just-in-Time.
5. Szkolenie kierowców: Warto zapewnić kierowcom odpowiednie szkolenie z zakresu zarządzania czasem pracy, technik redukcji zmęczenia i bezpiecznej jazdy. Dobrze przeszkoleni kierowcy są bardziej świadomi znaczenia bezpieczeństwa i odpowiedniego zarządzania czasem pracy, co przekłada się na lepszą równowagę między czasem pracy a efektywnością dostaw.

Zarówno czas pracy kierowców, jak i zasady Just-in-Time mają swoje unikalne znaczenie i wpływ na działalność firm transportowych. Dlatego ważne jest, aby uwzględnić oba te aspekty i znaleźć rozwiązania, które zapewnią zarówno bezpieczeństwo na drodze, jak i efektywność w dostawach.

## Bibliografia

- Andrzejczyk P., Fajfer P.: Branża TSL w przykładach i ćwiczeniach, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań, 2016.
- Barcik R., Odlanicka-Poczobutt M.: Logistyka 4.0 - wybrane zastosowania, Wydawnictwo „Dom Organizatora”, Toruń, 2020.
- Bąk J., Bąk-Gajda D.: Psychologiczne czynniki bezpieczeństwa ruchu drogowego, Eksploatacja i Niezawodność, 2008.
- Jamroz K., Smolarek L.: Analiza wpływu zmęczenia kierowców na ryzyko na drogach krajowych, Drogownictwo 4, 2012.

- Łuczak A., Żużewicz K.: Zmęczenie kierowców a bezpieczeństwo pracy, *Bezpieczeństwo pracy: nauka i praktyka* 4, 2006.
- Nowakowski T.: Niezawodność systemów logistycznych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2011.
- Rycak M.: Czas pracy kierowców. Zagadnienia prawne i praktyczne, Wolters Kluwer Polska, 2016.
- Szymonik A.: Logistyka i zarządzanie łańcuchem dostaw, Difin, Warszawa, 2010.
- Wicher J.: Bezpieczeństwo samochodów i ruchu drogowego, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, WKŁ, 2012.
- Witkowski J.: Zarządzanie łańcuchem dostaw, PWE, Warszawa, 2003.
- Żurawek L.: Zarządzanie zapasami z zastosowaniem koncepcji Just in Time, *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach*, nr 103, Siedlce, 2014.

*Adres do korespondencji: g.dzieniszewski@pansp.pl*  
ORCID: Grzegorz Dzieniszewski 0000-0002-2712-1131  
ORCID: Dariusz Kwaśniewski 0000-0002-1873-1456  
ORCID: Jakub Sikora 0000-0002-6215-6065



# OCENA EFEKTYWNOŚCI PUBLICZNEGO TRANSPORTU ZBIOROWEGO

Grzegorz Dzieniszewski<sup>1,2</sup>, Krzysztof Giefert<sup>1</sup>, Jakub Sikora<sup>3</sup>, Paweł Kielbasa<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instytut Nauk Technicznych, Państwowa Akademia Nauk Stosowanych w Przemysłu

<sup>2</sup> Wydział Mechaniczno-Technologiczny, Politechnika Rzeszowska

<sup>3</sup> Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

## Wstęp

Transport publiczny jest niezwykle ważnym elementem funkcjonowania miast i regionów, umożliwiającym przemieszczanie się dużej liczby ludzi w sposób ekonomiczny, wygodny i bezpieczny. Dynamiczny i szybki rozwój motoryzacji oraz postęp technologiczny sprzyjają rozwojowi gospodarczemu, zwiększa dostępność miejsc pracy i usług oraz zmniejsza koszty związane z prywatnym transportem<sup>1</sup>.

Niestety transport publiczny nie zawsze zaspokaja potrzeby wszystkich mieszkańców. Problem zaczyna się, gdy pasażerowie komunikacji miejskiej mają coraz większe oczekiwania co do jakości odbioru tej usługi<sup>2</sup>.

Jednym z głównych wyzwań związanych z transportem publicznym jest jego efektywność i dostępność. Aby przyciągnąć pasażerów, transport publiczny musi być wygodny, szybki i tani<sup>3</sup>. Dlatego ważne jest, aby sieć transportu publicznego była dobrze zaprojektowana, a systemy transportowe były integrowane, umożliwiając łatwe przesiadki między różnymi środkami transportu. Ważne jest również, aby transport publiczny był bezpieczny dla pasażerów i kierowców. W tym celu należy stosować odpowiednie procedury bezpieczeństwa, takie jak monitoring, szkolenia dla kierowców oraz regularne kontrole techniczne pojazdów.

Dodatkowo, aby transport publiczny był skuteczny, ważna jest jego dostępność dla wszystkich grup społecznych, w tym osób o różnym statusie ekonomicznym i niepełnosprawnych. Należy pamiętać, aby systemy transportu publicznego były projektowane z myślą o potrzebach wszystkich użytkowników.

---

<sup>1</sup> Mendyk E.: *Ekonomika transportu*, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Logistyki, Poznań, 2009.

<sup>2</sup> Szoltysek J.: *Podstawy Logistyki Miejskiej*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice, 2009.

<sup>3</sup> Kot S.: *Wpływ ekologicznego systemu transportu miejskiego na jakość życia w polskich miastach na przykładzie inicjatywy Civitas*, Studia miejskiej. Tom 10, Wydawnictwo Uniwersytetu Opolskiego, Opole, 2013.

W kontekście zrównoważonego rozwoju, transport publiczny odgrywa kluczową rolę w ograniczaniu emisji gazów cieplarnianych i poprawie jakości powietrza.

Nowe przepisy prawne, rozporządzenia nakładane przez Unię Europejską na kraje wspólnoty odnośnie do pojazdów zeroemisyjnych po 2035 roku mogą spowodować wzrost popytu na usługi transportowe zwłaszcza w biedniejszych regionach, w których nie będzie ludzi stać na samochody bezemisyjne – elektryczne. Dla tych ludzi transport publiczny będzie jedynym transportem, z którego będą mogli skorzystać.

Celem niniejszego opracowania jest analiza obciążenia komunikacji miejskiej w Przemyślu wraz z punktualnością przyjazdów środków transportu oraz częstotliwością kursów na dwóch liniach autobusowych, linia nr 2 oraz linia nr 12.

Metodyka polega na pomiarach stopnia wypełnienia środków transportu komunikacji miejskiej w Przemyślu oraz zestawienia otrzymanych wskaźników z parametrami jakościowymi komunikacji zbiorowej.

Do analizy i oceny zostało wykorzystane liczenie manualne liczby pasażerów w autobusie na podstawie obserwacji wraz ze sprawdzeniem punktualności przyjazdu autobusu na każdy przystanek zgodnie z rozkładem jazdy. Dodatkowo analizie została poddana częstotliwość kursów w zadanych odstępach czasowych.

### **Kierunki optymalizacji transportu publicznego**

Popyt na usługi komunikacyjne w Polsce zależy od wielu czynników, takich jak gęstość zaludnienia, poziom urbanizacji, dostępność alternatywnych środków transportu, ceny biletów oraz jakość usług transportowych. W większych miastach, takich jak Warszawa, Kraków czy Wrocław, popyt na transport publiczny jest zazwyczaj wysoki, ponieważ wiele osób korzysta z tego środka transportu na dojazd do pracy, szkoły czy na zakupy<sup>4</sup>.

W przypadku miasta Przemyśla, popyt na usługi komunikacyjne jest zależny od wielu czynników, takich jak pora dnia, liczba miejsc pracy i szkół, dostępność alternatywnych środków transportu czy popularność turystyczna miasta zwłaszcza w okresie wakacyjnym.

Istnieje wiele sposobów na optymalizację funkcjonowania komunikacji miejskiej autobusów<sup>5</sup>. Zwiększenie częstotliwości kursów jest jednym z najważniejszych elementów ulepszenia komunikacji miejskiej autobusów jest zwiększenie częstotliwości kursów w godzinach szczytu i poza nimi. Dzięki temu pasażerowie będą mieli większą elastyczność w wyborze godzin podróży i będą mogli uniknąć długich oczekiwania na przystanku. Rozbudowa sieci tras (tak by obejmowała jak najwięcej obszarów miasta) może zwiększyć skuteczność komunikacji miejskiej autobusów. Dzięki temu mieszkańcy będą mieli łatwiejszy dostęp do transportu publicznego, a podróże będą bardziej wygodne i szybkie. Wprowadzenie nowych technologii takich jak inteligentne systemy zarządzania ruchem czy elektroniczne bilety, może znacznie ulepszyć komunikację miejską autobusów. Dzięki nim pasażerowie będą mieli łatwiejszy dostęp do informacji o kursach i mogą uniknąć kolejek na przystankach. Poprawa jakości pojazdów poprzez wymianę starszych, mniej wydajnych autobusów na nowe, bardziej ekologiczne pojazdy, wyposażone w klimatyzację, bezpieczne

---

<sup>4</sup> Wyszomirski O.: Gospodarowanie w komunikacji miejskiej, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, 2002.

<sup>5</sup> Wyszomirski O.: Transport Miejski. Ekonomia i organizacja, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, 2008.

siedzenia czy bezprzewodowy Internet, może znacznie zwiększyć atrakcyjność transportu publicznego i zachęcić mieszkańców do korzystania z niego. Wprowadzenie priorytetowego pasa autobusowego na ulicach miasta może znacznie przyspieszyć czas przemieszczania się autobusów, co przekłada się na krótsze czasy podróży i większą skuteczność transportu publicznego<sup>6</sup>.

Istotnym elementem poprawy jakości usługi transportu zbiorowego jest optymalny rozkład jazdy, który może być prezentowany w różnych formatach, takich jak papierowe ulotki, wyświetlacze na przystankach, strony internetowe lub aplikacje mobilne. Dzięki temu pasażerowie mają łatwy dostęp do informacji na temat planowanych kursów i mogą dopasować swoje podróże do godzin odjazdów i przyjazdów<sup>7</sup>.

### **Charakterystyka MZK Przemysł**

Miejski Zakład Komunikacji w Przemysłu (MZK) jest przedsiębiorstwem komunikacyjnym, które zajmuje się organizacją i obsługą transportu publicznego na 17 liniach realizowanego terenie miasta Przemysłu oraz okolicznych miejscowościach (Ostrów, Prałkowce, Kuńkowce, Łętownia, Ujkowice, Buszkowice, Buszkowiczki, Hureczko, Krówniki, Łuczyce znajdujące się w drugiej strefie taryfowej oraz Rożubowice, Bełwin, Wapowce znajdujące się w trzeciej strefie taryfowej).

Do zadań MZK należą m.in.:

- kierowanie ruchem autobusowym na terenie miasta i okolic,
- organizacja i planowanie rozkładów jazdy i autobusów,
- zakup i utrzymanie taboru i autobusowego,
- prowadzenie biletomatu i sprzedaż biletów komunikacyjnych,
- prowadzenie serwisu informacyjnego dla pasażerów.

Zakres kompetencji MZK Przemysł Sp. z o.o. jako operatora publicznego transportu zbiorowego:

- Od 1 lipca 2013 roku na podstawie Ustawy z dnia 16 grudnia 2010 o publicznym transporcie zbiorowym (Dz.U.2015.1440 z późn. zm.) oraz umowy zawartej pomiędzy Gminą Miejską Przemysł, a MZK Sp. z o.o. w Przemysłu, komunikacja miejska w Przemysłu funkcjonuje z podziałem na kompetencje Organizatora i Operatora.
- Zadaniem MZK Sp. z o.o. w Przemysłu będącego Operatorem jest świadczenie usług przewozowych zgodnie z obowiązującym rozkładem jazdy na terenie Miasta Przemysłu oraz na terenie Gminy Przemysł, Gminy Krasiczyn i Gminy Żurawica.
- Lokalizacja przystanków, utrzymywanie stanu technicznego wiat przystankowych, słupków drogowych oraz chodników, sprzątanie i odśnieżanie przystanków (Spółka nie jest właścicielem ani zarządzającym przystankami).
- Dokonywanie zmian w rozkładach jazdy, tj.: zwiększanie częstotliwości kursowania autobusów, tworzenie nowych linii komunikacyjnych, dokonywanie zmian godzin odjazdów oraz trasy przejazdu linii autobusowych (Spółka jest wyłącznie Operatorem tj. wykonawcą publicznego transportu zbiorowego).

---

<sup>6</sup> Meyer B.: Potrzeby komunikacyjne mieszkańców aglomeracji miejskich, ZNUS, 2000.

<sup>7</sup> Piekarski W., Maj G.: Transport drogowy, Tom 1, Towarzystwo Wydawnictw Naukowych Libropolis, 2017.

- Ustalanie cen biletów.

Dodatkowo Miejski Zakład Komunikacji Miejskiej w Przemysłu prowadzi stację paliw znajdującą się na ul. Lwowskiej 9 w Przemysłu.

### **Analiza obciążenia środków transportu publicznego**

Wiarygodne informacje o liczbie pasażerów oraz obciążeniu sieci transportowej mają istotne znaczenie w uzyskaniu maksymalnej wydajności i optymalnego obciążenia środków komunikacji w transporcie publicznym. Wszystkie przedsiębiorstwa transportowe stają przed wyzwaniem, jakim z pewnością jest planowanie oferty transportu publicznego. Planowanie to powinno odbywać się zgodnie z zapotrzebowaniem klientów i przy uwzględnieniu wszystkich ograniczeń. Ważnym czynnikiem jest w tym przypadku wydajność oferowanych usług transportowych.

Przedsiębiorstwa transportowe stają przed wyzwaniem, jakim jest planowanie oferty transportu publicznego. Powinno się ono odbywać zgodnie z zapotrzebowaniem klientów i z uwzględnieniem wszystkich ograniczeń. Głównymi korzyściami płynącymi z określenia liczby pasażerów korzystających z usług w danym przedsiębiorstwie transportowym są: rozpoznanie tendencji oraz skutków działań optymalizacyjnych, możliwości analizy zebranych danych, np. dla danej linii czy okresu w rozkładzie jazdy, a także możliwość przejrzystej prezentacji analiz i raportów

Optymalne natężenie w autobusach zależy od wielu czynników, takich jak koszty paliwa, pojemność środka transportu, koszty utrzymania pojazdu, ilość i długość tras, liczba pasażerów, czas podróży, liczba przystanków a także cena biletów. W praktyce, opłacalne natężenie jest zwykle ustalane przez operatorów transportu publicznego na podstawie analizy kosztów i prognoz popytu.

W przypadku publicznego transportu autobusowego, zwykle opłacalne jest znalezienie równowagi między kosztami operacyjnymi a wpływami z biletów. Wysokie natężenie może prowadzić do większych kosztów paliwa, większego zużycia części i bardziej intensywnego harmonogramu konserwacji, ale może również zwiększyć wpływy z biletów w skali dnia, co może mieć wpływ na opłacalność usługi. Jednakże, aby zapewnić komfortową podróż, zazwyczaj zaleca się, aby autobus był wypełniony w około 60-70% swojej pojemności. Warto jednak zauważyć, że ze względu na różne wytyczne sanitarno-epidemiologiczne, w czasach pandemii COVID-19, zalecenia dotyczące maksymalnej liczby pasażerów w autobusach spowodowały, że autobusy jeździły prawie puste – co odbiło się na kondycji finansowej MZK Sp. z o.o. w Przemysłu.

### **Metody badania natężenia liczny pasażerów w autobusach**

Istnieje kilka sposobów na sprawdzenie natężenia liczby pasażerów w autobusach:

- Liczniki pasażerów - wiele nowoczesnych autobusów jest wyposażonych w specjalne urządzenia, które liczą ilość wsiadających i wysiadających pasażerów. Te dane są następnie przesyłane do centrum dyspozytorskiego.
- Inspektorzy - w niektórych miastach inspektorzy zajmujący się kontrolą biletów mogą również zbierać informacje o liczbie pasażerów w autobusach.

- Systemy GPS - niektóre systemy GPS wykorzystywane w autobusach pozwalają na śledzenie ich pozycji i prędkości. Na podstawie tych informacji można oszacować natężenie ruchu i liczbę pasażerów.
- Manualne liczenie - w przypadku braku innych narzędzi można wykonać manualny pomiar liczby pasażerów w autobusie, np. poprzez przeprowadzenie badania ankietowego lub obserwacji.

Warto zaznaczyć, że niektóre z tych metod mogą być bardziej dokładne niż inne, ale wszystkie są w stanie dostarczyć przybliżone informacje na temat natężenia liczby pasażerów w autobusie.<sup>8</sup> Badanie za pomocą manualnego liczenia pasażerów przeprowadzono w każdy poniedziałek we wrześniu oraz październiku 2022 roku na dwóch liniach autobusowych nr 2 oraz nr 12.

Współczynnik wypełnienia środka transportu obliczono z poniższej zależności.

$$P = \frac{L_o}{L_p \cdot L_w}$$

gdzie:

- P – wypełnienia środka transportu,
- $L_o$  – łączna liczba pasażerów w autobusie na jednym kursie,
- $L_p$  – liczba przystanków na jednym kursie,
- $L_w$  – maksymalna dozwolona liczba pasażerów w autobusie.

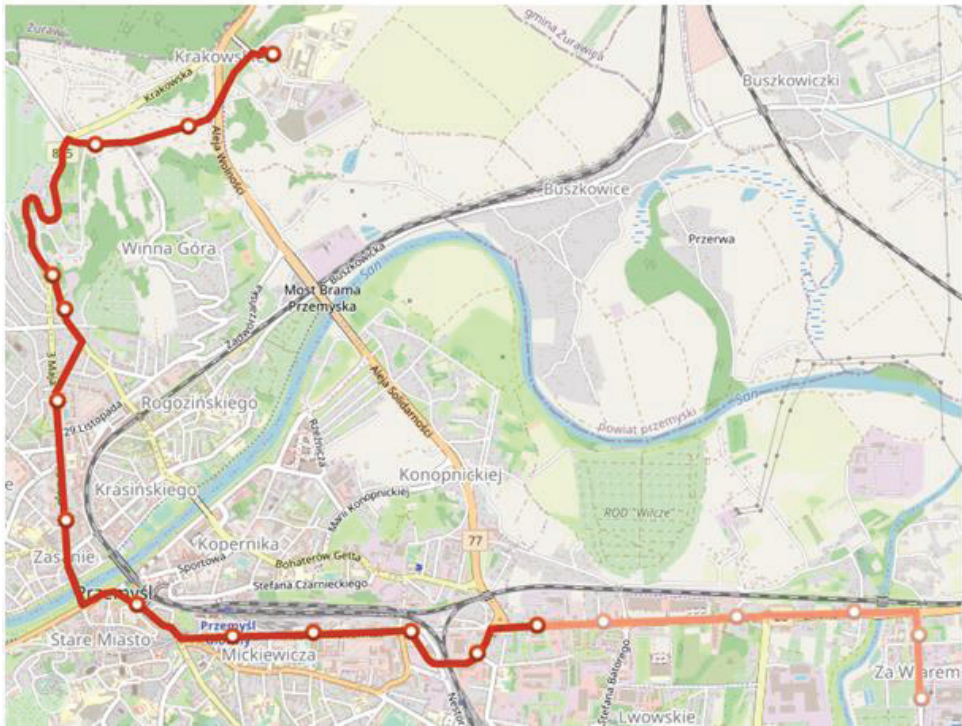
## **Badania linii nr 2**

Na rysunku 1 przedstawiona została trasa linii nr 2.

---

<sup>8</sup> Urban W.: Ocena metod pomiaru jakości usług, Problemy jakości nr 4, Warszawa, 2008.





Rys. 1. Trasa linii nr 2

Źródło: (MZK Przemysł – rozkład linii nr 2)

### Średnie natężenie w autobusach

W celu obliczenia średniego współczynnika wypełnienia autobusu należało obliczyć współczynnik na każdym kursie, dodać wyniki z każdego kursu i podzielić przez liczbę kursów, korzystając z następującego wzoru.

$$\bar{\xi}_p = \frac{S}{L}$$

gdzie:

- S – suma współczynników wypełniania autobusu,
- L – liczba kursów.

Obliczenie średniego natężenia dla **linii nr 2**

$$\bar{\xi}_p = \frac{13,01}{29} = 0,4487 \approx 0,45$$

Średnie natężenie dla linii nr 2 wynosi 0,45.

Obliczenie średniego natężenia dla **linii nr 12**

$$\bar{S}p = \frac{6,8668}{19} = 0,3614 \approx 0,36$$

Średnie natężenie dla linii nr 12 wynosi 0,36.

### **Analiza jakości usług komunikacyjnych**

Punktualność odjazdów w komunikacji zbiorowej jest bardzo ważnym czynnikiem dla jakości usługi, zadowolenia pasażerów i efektywności systemu transportowego. Oznacza to, że pojazdy powinny opuszczać przystanki zgodnie z rozkładem jazdy, co zapewni dokładność i niezawodność systemu. W praktyce jednak, punktualność odjazdów w komunikacji zbiorowej może być na różnym poziomie i zaburzona przez różne czynniki takie jak kongestia, wypadki, problemy techniczne lub zbyt duża liczba pasażerów mogą wpłynąć na opóźnienia lub przedłużenie czasu przejazdu. Dlatego operatorzy transportu publicznego zwykle stosują różne strategie zarządzania ruchem, aby minimalizować opóźnienia i zapewnić jak najlepszą jakość usług dla pasażerów<sup>9</sup>.

W większych miastach w celu zwiększenia punktualności odjazdów i skrócenia czasu podróży pasażerów, stosuje się tzw. buspasy. Jest to specjalny pas ruchu dla autobusów oraz dla służb mundurowych lub ratunkowych w celu szybszego przejechania dystansu. Zgodnie z ustawą o elektromobilności, od 22 lutego 2018 roku mogą również z buspasów korzystać samochody z napędem elektrycznym. W niektórych miastach z buspasów mogą korzystać kierowcy, którzy przewożą minimum dwóch pasażerów oraz kierowcy taksówek i motocykli.

Punktualność odjazdów jest kluczowa dla zapewnienia wygodnego i skutecznego transportu publicznego. Operatorzy transportu publicznego powinni stale monitorować swój system i podejmować działania, które pomogą zminimalizować opóźnienia i zapewnić jak najlepszą jakość usług dla pasażerów.

Miernikiem punktualności jest odsetek kursów mieszczących się w granicach założonej tolerancji w rozkładach jazdy.

Formułą do wyznaczenia punktualności jest poniższa zależność

$$T = \frac{Lp}{Lw} \cdot 100\%$$

gdzie:

- T – punktualność,
- Lw – liczba wszystkich kursów,
- Lp – liczba kursów prawidłowych (czyli mieszczących się w granicach zadanej tolerancji).

---

<sup>9</sup> Bujak K.: Znaczenie i uwarunkowanie kontroli jakości usług przewozowych prowadzonej przez Zarząd Komunikacji Miejskiej w Gdyni, Transport miejski i regionalny nr 4, Warszawa, 2014.

### Obliczenie jakości punktualności kursów dla linii nr 2

$L_w = 387$

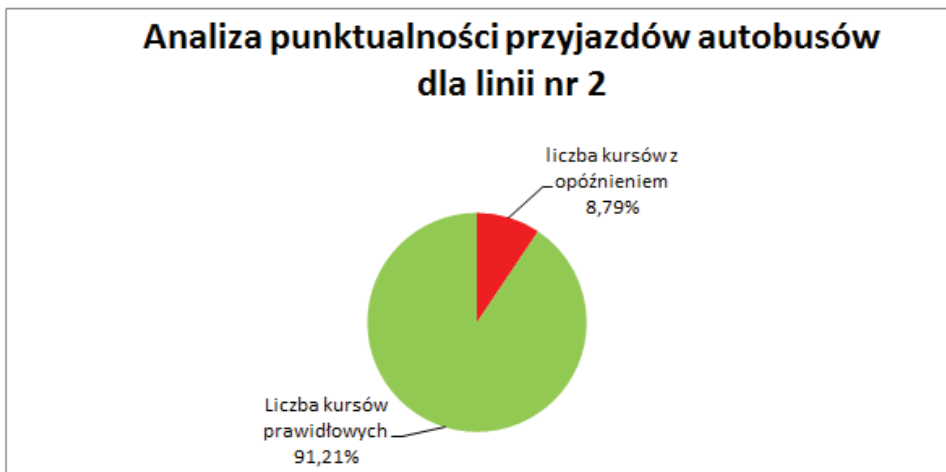
$L_p = 353$

$$T = \frac{353}{387} = 0,9121 \cdot 100\% = 91,21\%$$

Jakość przewozów pasażerskich na linii nr 2 wynosi 0,91.

Na 29 kursach, łączna ilość odjazdów wynosi 387. Punktualnie autobus z przystanku odjeżdżał 353 razy, opóźniony z przystanku odjeżdżał 34 razy.

Analiza punktualności przyjazdów autobusów linii nr 2 została przedstawiona na rysunku 2.



Rys. 2. Procentowy rozkład punktualności przyjazdów autobusów linii nr 2

*Źródło: Opracowanie własne*

### Obliczenie jakości punktualności kursów dla linii nr 12

$L_w = 424$

$L_p = 397$

$$T = \frac{397}{424} = 0,9363 \cdot 100\% = 93,63\%$$

Jakość przewozów pasażerskich na linii nr 12 wynosi prawie 0,94.

Dla linii nr 12 jakość przewozów pasażerskich jest na lepszym poziomie niż na pierwszej badanej linii.

Analiza punktualności przyjazdów autobusów linii nr 12 została przedstawiona na rysunku 3.



Rys. 3. Procentowy rozkład punktualności przyjazdów autobusów linii nr 12

*Źródło: Opracowanie własne*

### Analiza częstotliwości kursów

Częstotliwość kursów autobusów w mieście zależy od wielu czynników, takich jak godziny szczytu, pory dnia, dni tygodnia oraz liczby pasażerów korzystających z danej trasy. Zazwyczaj w większych miastach autobusy kursują z częstotliwością co kilka minut w godzinach szczytu, a w godzinach poza szczytem i w weekendy z mniejszą częstotliwością, na przykład co kilkanaście minut lub nawet co pół godziny. W mniejszych miastach, gdzie ruch jest mniejszy, autobusy mogą kursować rzadziej, na przykład co pół godziny lub godzinę. Częstotliwość kursów autobusów zależy także od konkretnej trasy, jej popularności oraz dostępności alternatywnych środków transportu<sup>10</sup>.

Częstotliwość kursów autobusów można analizować na kilka sposobów, w zależności od dostępnych źródeł informacji:

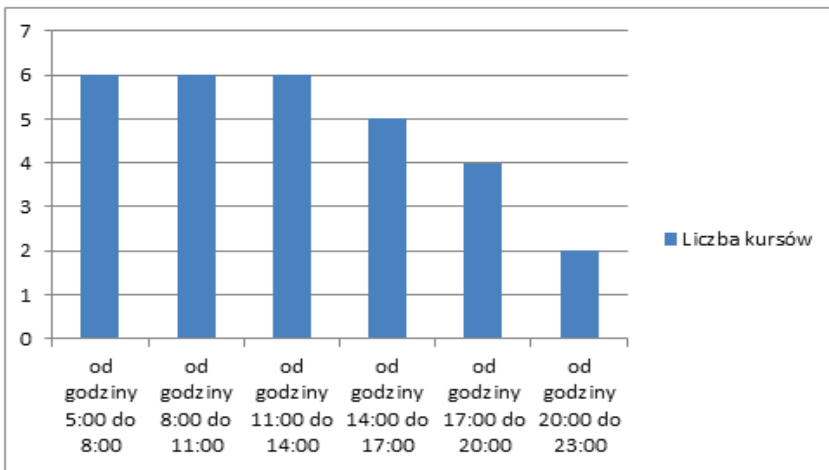
- Rozkłady jazdy – częstotliwość kursów autobusów znajduje się w rozkładach jazdy, które można uzyskać w punktach informacyjnych, na przystankach autobusowych, w Internecie (na stronach przewoźników lub w wyszukiwarkach rozkładów jazdy), a także w aplikacjach mobilnych do transportu publicznego.
- Strona internetowa przewoźnika – większość przewoźników udostępnia na swoich stronach internetowych informacje o częstotliwości kursów swoich autobusów.
- Aplikacje mobilne – wiele aplikacji mobilnych do transportu publicznego, takich jak Google Maps, jakDojade, umożliwia sprawdzenie częstotliwości kursów autobusów na danym obszarze.

<sup>10</sup> Wolniak R.: Jakość usług przewozowych, Problem Jakości, Warszawa, 2014.

- Informacje na przystankach – na przystankach autobusowych można znaleźć tablice informacyjne z informacją o częstotliwości kursów autobusów na danej linii.

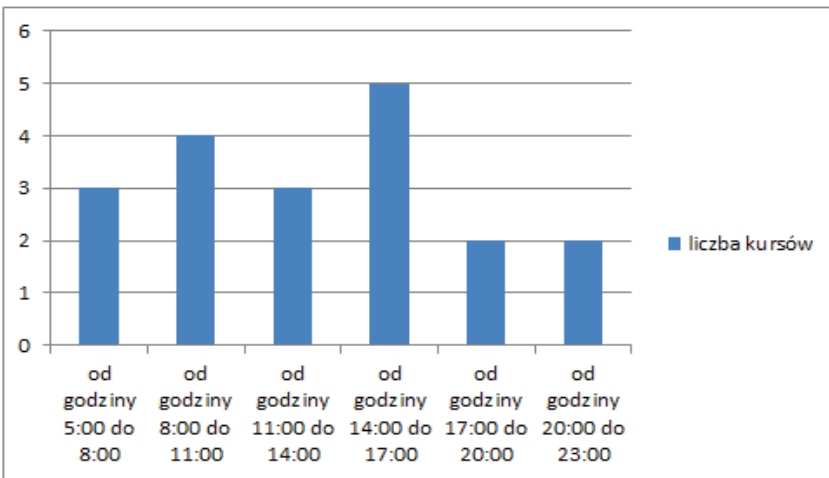
Warto jednak pamiętać, że częstotliwość kursów autobusów może ulec zmianie z powodu okoliczności losowych, takich jak awarie, remonty dróg czy zmiany organizacji ruchu, dlatego warto regularnie sprawdzać aktualne rozkłady jazdy i informacje o ewentualnych zmianach.

Częstotliwość kursów linii nr 2 i 12 przedstawiona jest na rysunku 4 i rysunku 5.



Rys. 4. Częstotliwość kursów autobusów linii nr 2

Źródło: Opracowanie własne



Rys. 5. Częstotliwość kursów autobusów linii nr 12

Źródło: Opracowanie własne

Z analizy przedstawianych danych dotyczących częstotliwości kursów wynika, że dla linii nr 2 częstotliwość jest mało zróżnicowana. Wyraźna regresja występuje po godzinie 14.00. Natomiast częstotliwość dla linii nr 12 jest dopasowana do natężenia potoków pasażerskich pojawiających się w określonych godzinach.

## Wnioski

Obliczone wskaźniki wykorzystania potencjału transportowego wskazują, że na linii nr 2 wskaźnik wynosi 0,45 natomiast na drugiej badanej linii 12 wskaźnik potencjału transportowego jest mniejszy o 25% i wynosił 0,36. Przyczyną mniejszego wykorzystania środków transportu na drugiej linii może mieć wpływ brak w miejscu docelowym większych zakładów pracy, urzędów, placówek medycznych oraz innych miejsc użyteczności publicznej. Większa liczba pasażerów z wykorzystaniem środka transportu zbiorowego powyżej 0,5 jest od godziny 13:00 do 17:00. Przyczyną większej liczby pasażerów w autobusach są kończące się na terenie Przemysłu lekcje w szkołach, zajęcia dodatkowe dla dzieci i młodzieży, którzy w tych godzinach są głównymi pasażerami.

Jakość przewozów pasażerskich na linii nr 2 wynosi 0,91. Na linii nr 12 jakość przewozów pasażerskich jest na lepszym poziomie niż na pierwszej badanej linii i wynosi prawie 0,94. Operator transportu publicznego przed ułożeniem rozkładu jazdy musiał przeprowadzić wiele badań w celu ułożenia rozkładu jazdy z tak wysokim wynikiem. Podczas układania rozkładu jazdy musiał uwzględnić natężenie ruchu ulic w godzinach szczytu, liczbę pasażerów w autobusie oraz wysiadających i wsiadających do autobusu. Wprowadzając udogodnienia dla autobusów jakimi są Buspasy wskaźnik jakości przewozów pasażerskich osiągnąłby większy wynik.

Częstotliwość kursów mierzona w odstępach czasowych – 3 godzinnych była badana od godziny 5:00 do godziny 23:00 i jest odpowiednia do natężenia potoków pasażerskich. Na linii nr 2 największa liczba kursów była od godziny 5:00 do godziny 14:00 i wynosiła 6 kursów na 3 godziny. W późniejszych godzinach częstotliwość kursów stopniowo spadała. W drugiej badanej linii nr 12 największa częstotliwość kursów była od godziny 14:00 do godziny 17:00. Najmniejsza częstotliwość kursów była od godziny 17:00 do ostatniego kursu.

Na podstawie przeprowadzonej analizy obciążenia linii autobusowych można wyznaczyć, które trasy są najbardziej opłacalne lub nieopłacalne dla przewoźnika, na których przystankach jest najwięcej/najmniej pasażerów. Wnioski te mogą posłużyć do wprowadzenia zmian w organizacji ruchu, takich jak zmiana trasy, rozkładu jazdy lub wprowadzenie dodatkowych linii autobusowych wraz z budową nowych przystanków.

## Bibliografia

- Bujak K.: Znaczenie i uwarunkowanie kontroli jakości usług przewozowych prowadzonej przez Zarząd Komunikacji Miejskiej w Gdyni, Transport miejski i regionalny nr 4, Warszawa, 2014.
- Kot S.: Wpływ ekologicznego systemu transportu miejskiego na jakość życia w polskich miastach na przykładzie inicjatywy Civitas, Studia miejskie Tom 10, Wydawnictwo Uniwersytetu Opolskiego, Opole, 20013.
- Mendyk E.: Ekonomika transportu, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Logistyki, Poznań, 2009.
- Meyer B.: Potrzeby komunikacyjne mieszkańców aglomeracji miejskich, ZNUS, 2000.
- Piekarski W., Maj G.: Transport drogowy, Tom 1, Towarzystwo Wydawnictw Naukowych Libropolis, 2017.
- Szołtysek J.: Podstawy Logistyki Miejskiej, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice, 2009.
- Urban W.: Ocena metod pomiaru jakości usług, Problemy jakości nr 4, Warszawa, 2008.
- Wolniak R.: Jakość usług przewozowych, Problem Jakości, Warszawa, 2014.
- Wyszomirski O.: Gospodarowanie w komunikacji miejskiej, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, 2002.
- Wyszomirski O.: Transport Miejski. Ekonomika i organizacja, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, 2008.

*Adres do korespondencji: g.dzieniszewski@pansp.pl*

ORCID: Grzegorz Dzieniszewski 0000-0002-2712-1131

ORCID: Jakub Sikora 0000-0002-6215-6065

ORCID: Paweł Kielbasa 0000-0003-0249-8626

# AUTONOMICZNE POJAZDY CIĘŻAROWE JAKO INNOWACYJNE WSPARCIE LOGISTYCZNYCH ŁAŃCUCHÓW DOSTAW

Sławomir Juściński<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Zakład Logistyki i Zarządzania Przedsiębiorstwem, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

## Wstęp

Rynek transportowy, który jest odpowiedzialny za przemieszczanie dóbr, to złożona działalność usługowa o dynamicznym i przestrzennym charakterze. Branża świadcząca usługi transportowe odpowiada za realizację działań kluczowych dla funkcjonowania łańcuchów logistycznych. Transport zapewnia ciągłość przepływu strumienia dostaw surowców, materiałów i produktów gotowych pomiędzy wytwórcą i/lub sprzedawcą, a odbiorcą, którym może być klient instytucjonalny lub indywidualny<sup>1,2,3,4,5</sup>. Usługi Transport-Spedycja-Logistyka (TSL) stanowią niezbędny element funkcjonowania rynku, stąd bezpośrednie przełożenie ich wielkości, struktury i poziomu technicznego na dynamikę rozwoju całej gospodarki narodowej. O wysokiej pozycji współczesnej branży transportowej w krajowej gospodarce świadczy fakt, że generuje około 10% PKB<sup>6,7</sup>. Obsługa transportowa dostaw na magazyny już od lat wspierana jest inteligentną rezerwacją za pomocą systemów informatycznych, a użytkowane programy wykorzystują strumienie danych w czasie rzeczywistym. Precyzyjne informacje o terminach realizacji zleceń i niezawodność czasowa dostaw, to gwarancja mi-

---

<sup>1</sup> Gołębska E., Gołębski M.: Transport w logistyce, CeDeWu Sp. z o.o., ISBN: 978-83-8102-343-6, Warszawa, 2020.

<sup>2</sup> Cieśla M., Hat-Garnarcz G., Opasiak T., Nowakowski P.: Logistyka w łańcuchach dostaw, Wybrane zagadnienia, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, ISBN: 978-83-7880-422-2, Gliwice, 2017.

<sup>3</sup> Kuriata A., Kordel Z.: Logistyka i transport. Teoria oraz praktyczne zastosowania, Wyd. CeDeWu Sp. z o.o., ISBN: 978-83-8102-286-6, Warszawa, 2019.

<sup>4</sup> Łapko A., Wagner N.: Logistyka dystrybucji, Trendy - Wyzwania - Przykłady, Wyd. CeDeWu Sp. z o.o., ISBN: 978-83-8102-516-4, Warszawa, 2021.

<sup>5</sup> Wasiaś M., Jacyna-Gołda I.: Transport drogowy w łańcuchach dostaw. Wyznaczanie kosztów, Wydawnictwo Naukowe PWN S.A., ISBN: 978-83-01-18487-2, Warszawa, 2016.

<sup>6</sup> Rydzkowski W. (red.): Współczesna polityka transportowa, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne S.A., ISBN: 978-83-208-2282-3, Warszawa, 2017.

<sup>7</sup> Banaszyk P., Kauf S., Szołtysek J.: Logistyka jako czynnik dobrostanu, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne S.A., ISBN: 978-83-208-2462-9, Warszawa, 2021.



nimalnych okresów oczekiwania i precyzyjny poziom współpracy przy załadunku i rozładunku towarów. Dostawy do magazynów przemysłowych, a następnie do centrów logistycznych i sklepów podlegają także wszystkim wymaganiom wolnego rynku<sup>8,9,10</sup>. Presja na wydajność procesów transportowych, zarówno rodzajową, jak i czasową oraz ich efektywność ekonomiczną jest konfrontowana na przestrzeni minionych dwóch dekad XXI wieku z bardzo silnym poziomem konkurencji, zarówno na rynkach krajowych, jak i międzynarodowych<sup>11,12</sup>. W Polsce na przestrzeni ostatnich lat transport z wykorzystaniem pojazdów ciężarowych realizuje większość pracy przewozowej. Należy podkreślić, że w kraju dostawy ładunków samochodami stanowią ponad 80% całego rynku przewozów, na terenie UE-28 po drogach przemieszczanych jest 72% ładunków, a w USA 68%. Realizacja usług transportowych odbywa się w ramach istniejącego popytu i podaży, które z jednej strony mają zmienny poziom, ale z drugiej charakter masowy<sup>13,14,15,16</sup>. Transport realizowany jest w odniesieniu do bardzo zróżnicowanej struktury ładunków od drobnicy przewożonej na paletach, przez zlecenia cało pojazdowe i kontenery aż po ładunki nienormatywne<sup>17,18</sup>.

Kwestie ekonomiczne w działalności transportowej są obszarem, dla którego kluczowe jest sprawne zarządzanie. Obszar kontroli menadżerskiej jest permanentnie poddawany modyfikacjom w poszukiwaniu najbardziej nowoczesnych systemów dedykowanych do kierowania flotą pojazdów. Struktura generowanych kosztów w transporcie jest bardzo rozbudowana i obejmuje szereg kategorii wymagających bieżących nakładów finansowych, zarówno o charakterze stałym, jak i zmiennym, a dochód stanowią tylko płatności za wykonane zle-

---

<sup>8</sup> Tundys B., Rzczycki A., Drobiazgiewicz J.: Decyzje strategiczne w łańcuchach dostaw, Wydawnictwo edu-Libri, ISBN: 978-83-65648-53-2, Kraków-Legionowo, 2018.

<sup>9</sup> Wiszniewska M.: Przewóz ładunków, Organizacja i nadzorowanie transportu, Planowanie realizacji procesów transportowych, Difin S.A., Warszawa, 2014.

<sup>10</sup> Mindur L. (red.), Technologie transportowe, Wydawca: Instytut Technologii Eksploatacji, Warszawa-Radom, 2014.

<sup>11</sup> Śliwczyński B., Koliński A.: Organizacja i monitorowanie procesów dystrybucji, Instytut Logistyki i Magazynowania, ISBN: 978-83-63186-64-7, Poznań, 2013.

<sup>12</sup> Rosa G., Jedliński M., Chraćol-Barczyl U., (red.): Marketing usług logistycznych, Wyd. C.H. Beck, ISBN: 978-83-255-9093-2, Warszawa, 2017.

<sup>13</sup> Kordel Z. (red.): Polski transport samochodowy ładunków, Wyd. CeDeWu Sp. z o.o., ISBN: 978-83-8102-283-5, Warszawa, 2019.

<sup>14</sup> Kordel Z., Kuriata A.: Logistyka i transport w ujęciu systemowym, CeDeWu Sp. z o.o., ISBN: 978-83-8102-138-8, Warszawa, 2018.

<sup>15</sup> Neider J.: Transport międzynarodowy, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne S.A., ISBN: 978-83-208-2191-8, Warszawa, 2015.

<sup>16</sup> Załoga E. (red.) Europejska przestrzeń transportu. Wyzwania rynkowe, Zeszyty Naukowe nr 741. Problemy Transportu i Logistyki nr 18, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, ISBN: ISSN 1640-6818, Szczecin, 2012.

<sup>17</sup> Juściński S.: Logistyka Transportu Ładunków Nienormatywnych, Monografia naukowa, ISBN 978-83-63761-77-6, Towarzystwo Wydawnictw Naukowych Libropolis, Lublin, 2016.

<sup>18</sup> Prochowski L., Żuchowski A.: Technika transportu ładunków, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności sp. z o.o., ISBN: 978-83-206-1977-5, Warszawa, 2016.

czenia usługowe. Szczególną pozycją o dużej dynamice wzrostu są świadczenia dla kierowców, czyli wynagrodzenia. Dla pracodawcy oznacza, to płace brutto, obejmujące ubezpieczenia społeczne oraz inne składniki wynikające z tytułu zatrudnienia<sup>19,20,21,22</sup>.

Nieustanny rozwój systemów transportowych obejmuje zarówno infrastrukturę, jak też środki transportu. Nowoczesne połączenia drogowe to warunek kluczowy dla wydajnych systemów logistycznych. Budowa sieci dróg zgodnie z programem Trans-European Transport Networks (TEN-T) jest przykładem długofalowych działań, które mają zapewnić docelowo pełną integrację transportową na terytorium całej Unii Europejskiej<sup>23,24,25,26,27</sup>.

### **Czynniki mające wpływ na rozwój systemów transportu autonomicznego**

Multimodalna sieć transportowa o wysokich parametrach technicznych i użytkowych była pierwszym etapem w procesie wdrażania innowacyjnych rozwiązań w transporcie ładunków. Eksploatacja pojazdów wyposażonych w nowoczesne jednostki napędowe oraz szeregi systemów elektronicznych, pozwalających optymalizować ich użytkowanie, stanowiła punkt wyjścia do prac nad kolejnymi generacjami pojazdów. Stanowiło to początek drogi do opracowania i poddania testom rynkowym takich rozwiązań, które były klasyfikowane, jako posiadające cechy autonomiczne. Działania w zakresie rozwoju technicznego takich pojazdów ciężarowych producenci wiodących marek na świecie od lat realizują poprzez równoległe prace nad różnymi koncepcjami zasilania: z klasycznym napędem spalinowym, alternatywnymi rodzajami paliw, a w tym wykorzystujące wodór lub z napędem elektrycznym. Innowacje wymuszają coraz bardziej wymagające normy emisji spalin, które już obecnie są technicznie trudne do spełnienia i bardzo kosztowne. Obowiązuje globalny trend do wdrażania technologii ekologicznych, czyli pozwalających osiągnąć, jak najniższy poziom emisji

---

<sup>19</sup> Lewicki W.: Podstawy ekonomiki transportu i logistyki. Ekonomiczne, organizacyjne, techniczne determinanty rozwoju transportu intermodalnego i centrów logistycznych w Polsce, Wydawnictwo Naukowe Sophia, ISBN: 978-83-65929-64-8, Katowice, 2018.

<sup>20</sup> Rucińska D. (red.): Rynek usług transportowych w Polsce, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne S.A., ISBN: 978-83-208-2201-4, Warszawa, 2015.

<sup>21</sup> Strandhagen, J.O., Vallandingham, L.R., Frapagane, G. et al. Logistics 4.0 and emerging sustainable business models, *Advances in Manufacturing*, 5, s. 359–369, <https://doi.org/10.1007/s40436-017-0198-1>, 2017.

<sup>22</sup> Wasilewski M.: Tańsza flota ciągników, *Logistics manager*, Nr 1, luty-kwiecień, str. 86-89, 2018.

<sup>23</sup> Biała Księga, Plan utworzenia jednolitego europejskiego obszaru transportu – dążenie do osiągnięcia konkurencyjnego i zasobooszczędnego systemu transportu, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/COM:2011:0144:FIN:PL:PDF>

<sup>24</sup> Regulation (EU) No 1315/2013 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2013 on Union guidelines for the development of the trans-European transport network and repealing Decision No 661/2010/EU Text with EEA relevance, *OJ L 348*, 20.12.2013, p. 1–128.

<sup>25</sup> Wojewódzka-Król K., Rolbiecki R.: Infrastruktura transportu. Europa, Polska – teoria i praktyka, Wydawnictwo Naukowe PWN S.A., ISBN: 978-83-01-19690-5, Warszawa, 2018.

<sup>26</sup> Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) NR 1072/2009 z dnia 21 października 2009 r. dotyczące wspólnych zasad dostępu do rynku międzynarodowych przewozów drogowych.

<sup>27</sup> Burnewicz J.: Wizja struktury transportu oraz rozwoju sieci transportowych do roku 2033 ze szczególnym uwzględnieniem docelowej struktury modelowej transportu. Uniwersytet Gdański, Gdańsk, 2007.

zanieczyszczeń w ramach idei tzw. czystego transportu. Wprowadzenie autonomicznych jednostek na drogi to także wymierny efekt ekologiczny w postaci redukcji zużycia paliwa i tym samym emisji CO<sub>2</sub><sup>28,29,30,31,32</sup>

Najbardziej rewolucyjny kierunek zmian w transporcie ciężarowym, czyli włączenie do eksploatacji pierwszych pojazdów autonomicznych był możliwy dzięki wdrożeniu i rozwojowi kolejnych generacji rozwiązań telematycznych. Nastąpiła bowiem integracja technologii telekomunikacyjnych, informatycznych oraz elementów automatycznego sterowania do obsługi systemów fizycznych w transporcie. Kroki milowe to unowocześnianie m.in. Internetu, telefonii komórkowej i nawigacji satelitarnej<sup>33,34,35,36</sup>. Kontrola, sterowanie i zarządzanie ruchem pojazdów wymaga dostępu do Inteligentnych Systemów Transportowych, które obejmują m.in.: systemy pozycjonowania (GPS), urządzenia do monitorowania ruchu (sensory, detektory i wideo detektory), systemy automatycznej lokalizacji, urządzenia do pomiarów i monitorowania zmian pogody, systemy sterujące online oraz systemy komunikacji<sup>37,38</sup>. Kluczowym dla ruchu pojazdów autonomicznych było wprowadzenie systemów teledetekcji w postaci LIDAR (ang. *Light Detection and Ranging*). Celem działania LIDAR-u jest pomiaru odległości poprzez oświetlenie celu promieniem laserowym oraz rejestrację jego odbicia za pomocą czujników. Umożliwia on tworzenie trójwymiarowych modeli obiektów na drodze i ich prędkości (np. pojazdów i/lub ludzi) oraz do obliczania odległości pojazdu od krawędzi i osi jezdni. Dzięki temu automatyczne systemy kontroli trakcji nadzorują w czasie rzeczywistym kurs jazdy, zapewniając bezpieczeństwo autonomicznych pojazdów oraz innych uczestników ruchu na drodze<sup>39</sup>. Nawigacja satelitarna (ang. *Global Navigation Satellite System*) to konstelacja satelitów, które zapewniają transmisję sygnałów radiowych

---

<sup>28</sup> Sosnowski J., Nowakowski Ł.: Systemy elektroniczne w transporcie drogowym, Wydawnictwo Difin S.A., ISBN: 978-83-8085-557-1, Warszawa, 2018.

<sup>29</sup> Wojewódzka-Król K. (red.): Innowacje w transporcie. Zrównoważony rozwój. Integracja gałęzi transportu. Sztuczna inteligencja, Wydawnictwo Naukowe PWN S.A., ISBN: 978-83-01-21503-3, Warszawa, 2021.

<sup>30</sup> Wojewódzka-Król K., Załoga E. (red.): Transport. Nowe wyzwania, Wydawnictwo Naukowe PWN S.A., ISBN: 978-83-01-18462-9, Warszawa, 2016.

<sup>31</sup> Wojewódzka-Król K., Załoga E. (red.): Transport. Tendencje zmian, Wydawnictwo Naukowe PWN S.A., ISBN: 978-83-01-22033-4, Warszawa, 2022.

<sup>32</sup> Załoga E., Liberacki B. (red.): Innowacje w transporcie. Korzyści dla użytkownika, Zeszyty Naukowe nr 603 Ekonomiczne Problemy Usług nr 59, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, ISBN: ISSN 1640-6818, Szczecin, 2010.

<sup>33</sup> Juściński, S.: Analiza systemów kompleksowego zarządzania logistycznego flotą pojazdów. [w]: Dzieniszewski G., Kuboń M. (red.) Mechatronika i Telematyka w Logistyce, ISBN 978-83-64377-440, Wyd. Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, s. 81-97, 2019.

<sup>34</sup> Bukala B.: Rzeczywistość rozszerzona jako technologia wspierająca telematykę w logistyce, Logistyka Nr 3, str. 249-254, 2012.

<sup>35</sup> Mikulski J.: Infrastruktura telematyczna w logistyce, Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, Nr 3, 2013.

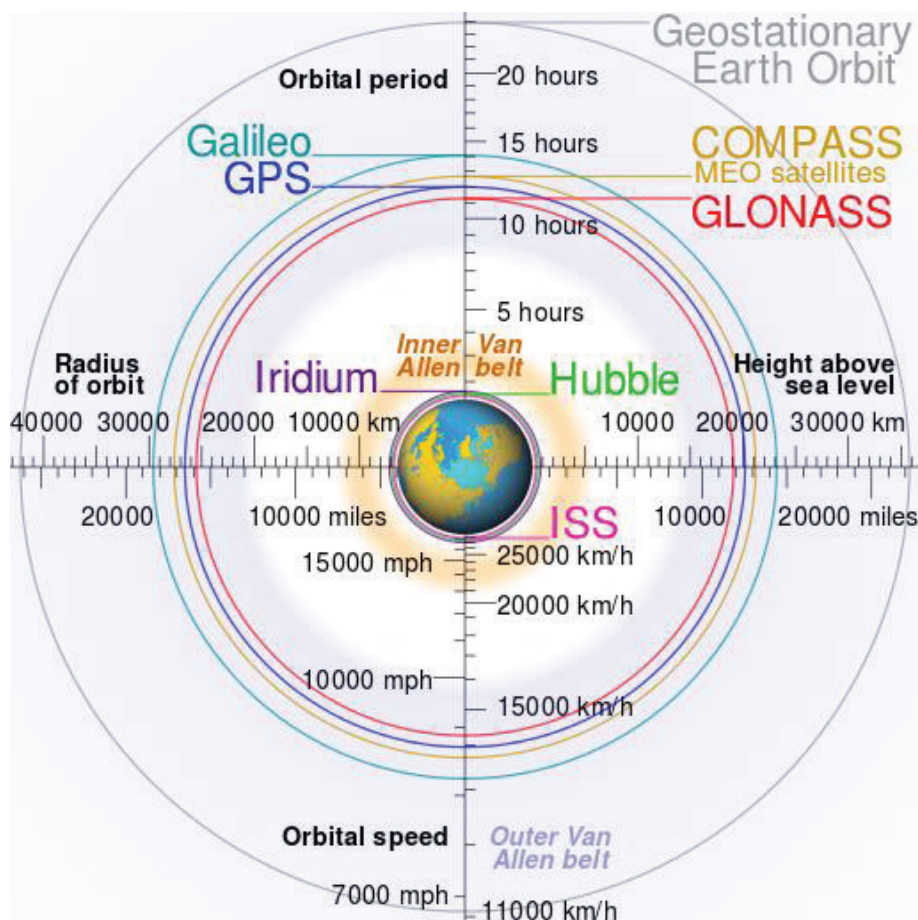
<sup>36</sup> Mikulski J.: Telematyka – przyszłość transportu i logistyki, Logistyka, Nr 2, s. 36–37, 2010.

<sup>37</sup> Nowacki G. (red.): Telematyka transportu drogowego, Wyd. Instytut Transportu Samochodowego, ISBN 978-83-60965-68-9, Warszawa, 2008.

<sup>38</sup> Neumann T.: Wykorzystanie systemów telematyki na przykładzie wybranych przedsiębiorstw transportu drogowego, Autobusy, Nr 12, str. 605-612, 2017.

<sup>39</sup> <https://www.politykabezpieczenstwa.pl/pl/a/czym-jest-lidar-i-do-czego-sluzy>

z kosmosu i dokładny czas z zegarów atomowych oraz naziemne centra operacyjne, które dostarczają precyzyjne dane, pozycjonujące wybrany obiekt (rys. 1).



Rys. 1. Porównanie orbit satelitów obsługujących nawigację satelitarną

Źródło: [https://img.joemonster.org/images/vad/img\\_37299/de4ea73d9c96bad00f4c689f3d88607c.png](https://img.joemonster.org/images/vad/img_37299/de4ea73d9c96bad00f4c689f3d88607c.png)

Podstawowy system nawigacji satelitarnej tworzą (rys. 1)<sup>40</sup>:

- Amerykański GPS (ang. *Global Positioning System*),
- Rosyjski GLONASS (*GLObalnaja NAWigacionnaja Sputnikowaja Sistiema*),
- Chiński BDS (ang. *BeiDou Navigation Satellite System*),
- Europejski Galileo.

<sup>40</sup> Kuska K.: System GPS. Rodzaje, historia, opis działania i przyszłość (<https://geex.x-kom.pl/wiadomosci/system-gps/>) (dostęp 29.09.2023)

Systemy telematyczne pozwalają już obecnie korzystać ze środków transportu, które posiadają zautomatyzowane opcje kontroli ruchu. W samolotach, pociągach i statkach automatyczne systemy sterowania są oferowane, jako standardowe wyposażenie. Z uwagi na bardzo wysoki udział w pracy przewozowej najważniejszy jest jednak dla globalnej gospodarki rozwój autonomicznych pojazdów w transporcie drogowym ładunków. Należy podkreślić, że obecnie tylko na drogach Unii Europejskiej porusza się 1 200 000 pojazdów ciężarowych<sup>41,42,43</sup>.

### Czynniki determinujące rozwój systemów transportu autonomicznego

Problemem, który przyspieszył prace nad autonomicznymi pojazdami ciężarowymi jest rosnący systematycznie niedobór kierowców (rys. 2). Szacunkowe dane potwierdzają, że na rynku logistycznym Europy brakuje około 400 000 kierowców. Państwa z najwyższym niedoborem to: Polska, Wielka Brytania, Niemcy i Francja. W Wielkiej Brytanii do powstania luki kadrowej przyczynił się zarówno Brexit, jak też pandemia Covid-19, które spowodowały masowy odpływ pracowników z zagranicy. W Polsce istniejące niedobory zawodowych kierowców na poziomie 37% ogółu zatrudnionych w branży były uzupełniane przez pracowników z Ukrainy i Białorusi. Jednak ich masowe wyjazdy w momencie wybuchu wojny w 2021 r. spowodował bardzo duże problemy w krajowych firmach transportowych. Międzynarodowa Unia Transportu Drogowego (ang. *International Road Transport Union*) podkreśla, że jest to tendencja o charakterze wzrostowym, ponieważ w Europie kierowcy mający mniej niż 25 lat stanowią zaledwie 7% pracowników zatrudnionych w tej branży, a w Polsce, gdzie deficyt jest najwyższy stanowią tylko 11%. Należy podkreślić, że sektor transportowy ma kluczowy problem wynikający ze starzejącej się kadry. Jednym z systemowych rozwiązań na terenie Europy jest propozycja obniżenia wieku wymaganego do uzyskania prawa jazdy kategorii, które uprawniają do prowadzenia pojazdów ciężarowych dla osób mających ukończone 18 lat<sup>44</sup>. Brak kierowców zawodowych to również problem globalny. W 2022 r. w USA było ponad 100 000 wakatów w firmach transportowych zgodnie z danymi potwierdzonymi przez Amerykańskie Stowarzyszenie Transportu Ciężarowego (ang. *American Trucking Association*). Analogiczne problemy występują w Australii i na Bliskim Wschodzie, a w Chinach szacunkowe oceny wskazują na brak aż 4 mln kierowców. Praca kierowcy nie jest postrzegana przez młodych ludzi, jako atrakcyjna z uwagi na trudne warunki jej świadczenia, permanentne zmęczenie podczas jazdy, nieregularne godziny pracy, zbyt niskie wynagrodzenie, złe warunki do snu i odpoczynku. Stąd działania proponowane przez UE, a polegające na budowie np. systemu strzeżonych parkingów dla pojazdów ciężarowych z nowoczesną infrastrukturą do wypoczynku kierowców. Braki kadrowe firmy próbują ni-

<sup>41</sup> Śmieszek M., Dobrzański P., Dobrzańska M.: 4/2015. Zastosowanie nowoczesnych technologii informacyjnych w transporcie, Instytut Logistyki i Magazynowania, (4), Poznań, 2015.

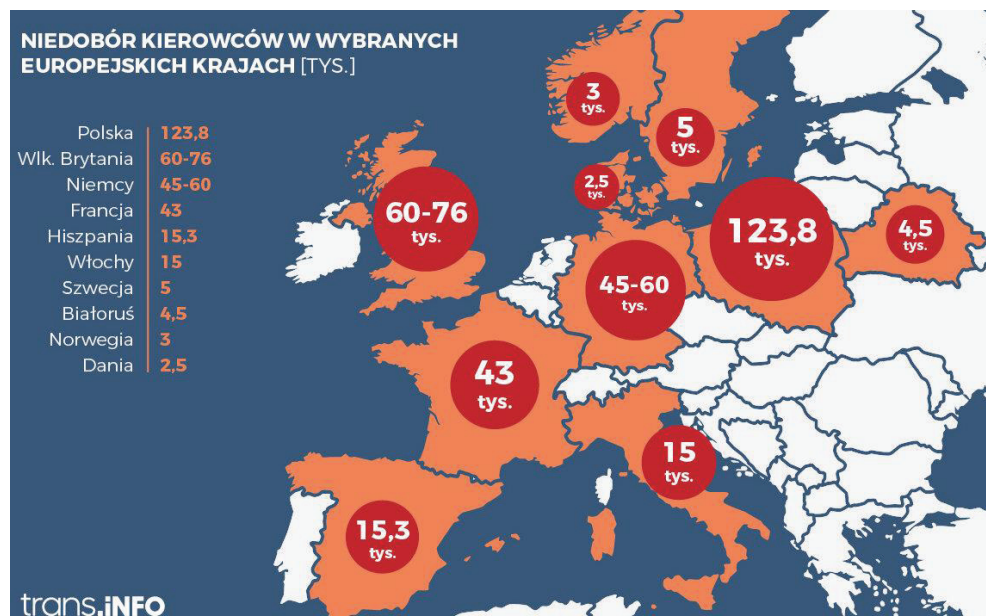
<sup>42</sup> Juściński S.: Wykorzystanie systemów nawigacji satelitarnej w transporcie drogowym, [w:] Aktualne Problemy Transportu, ISBN 978-83-60184-97-4, Wyd. Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, Kraków, str. 63-76, 2017.

<sup>43</sup> Wyrwich-Płotka S.: Wirtualna praca w łańcuchu dostaw, Wyd. Difin S.A., ISBN: 978-83-8085-649-3, Warszawa, 2018.

<sup>44</sup> <https://paneco.eu/pl/aktualne-dane-liczbowe-dotyczace-rynku-logistycznego-w-europie/>



welować poprzez działania doraźne, czyli między innymi wzrost płac, wprowadzanie systemów premii i bonusów, ale to powoduje ogólny wzrost kosztów prowadzenia firmy i jest powodem systematycznego podwyższania ceny usług<sup>45</sup>.



Rys. 2. Niedobór kierowców zawodowych w wybranych krajach na terenie Europy

Źródło: <https://paneco.eu/wp-content/webp-express/webp-images/uploads/2021/12/map-raport.png.webp>

Światowe Forum Ekonomiczne (ang. *World Economic Forum*) w 2022 r. oszacowało wartość globalnej branży logistycznej na blisko 10 bln USD, co stanowiło 12% światowego PKB. Drogowy transport ciężarowy ma udział w kosztach logistycznych na poziomie 43%, czyli pochłania 4,1 bln USD, a koszty pozostałych środków transportu to 1,7 bln USD. Samochody ciężarowe odgrywają obecnie dominującą rolę w generowaniu kosztów transportu lądowego zarówno w Europie, USA, jak i w Chinach. Samochody ciężarowe, jako zestawy ciągnik i naczepa, pokonują we wszystkich państwach na świecie największe dystanse na autostradach i drogach szybkiego ruchu. Ciężarówki po europejskich drogach rocznie przejeżdżają około 300 mld km. Dlatego takie zestawy stanowią punkt odniesienia w procesie komercjalizacji poszczególnych modeli w kategorii transportu autonomicznego<sup>46,47</sup>.

Rentowność taboru ciężarowego obsługiwanego przez kierowców radykalnie obniżają przepisy o dozwolonym czasie pracy. Kierowca zawodowy może pracować przez 9 godzin dziennie z przerwą na odpoczynek. Taki stan prawny wydłuża czas transportu, co ma wpływ na funkcjonowanie łańcuchów dostaw w wielu branżach. Badania realizowane na terenie

<sup>45</sup> <https://trans.info/pl/niedobor-kierowcow-plaga-w-europie-polska-ma-najwiekszy-problem-252467>

<sup>46</sup> <https://www.weforum.org/reports?year=2022#filter>

<sup>47</sup> <https://forsal.pl/transport/artykuly/8165039,autonomiczne-ciezarowki-wyjeczdzaja-na-drogi.html>

Europy potwierdziły, że samochody ciężarowe są eksploatowane czynnie tylko przez 29% doby, natomiast pojazdy autonomiczne teoretycznie mogą być w ciągłym ruchu, co oznacza w praktyce rynkowej realny czas efektywnej pracy na poziomie nawet trzykrotnie wyższym<sup>48</sup>.

### Klasyfikacja pojazdów w transporcie autonomicznym

Czwarta rewolucja przemysłowa to koncepcja ogłoszona w 2013 r., która zakłada powszechną informatyzację oraz cyfryzację procesów przemysłowych, logistycznych i usługowych. Na drodze do jej wdrożenia konieczna jest integracja automatyzacji oraz systemów przetwarzania i wymiany danych zarówno w usługach, jak i procesach wytwórczych. Częścią tego działania jest Logistyka 4.0 promująca model szerokiej współpracy pomiędzy sferą magazynową, produkcyjną, spedycyjną oraz transportową. Stąd powstanie idei Transportu 4.0, jako naturalnego etapu w trwającej od lat rewolucji przemysłowej i powszechnym procesie wdrażania idei Logistyki 4.0<sup>49</sup>. Działanie te są systemowo ukierunkowane na osiąganie maksymalnej efektywności przy równoczesnej redukcji globalnej sumy kosztów w usługach transportowych. Optymalną drogą do osiągnięcia tak założonych celów jest kompleksowe wprowadzenie do transportu automatyzacji oraz autonomizacji. Osiągnięcie tego etapu rozwoju to kolejno ograniczenie, a docelowo całkowite wyeliminowanie udziału człowieka w czynnościach związanych z prowadzeniem pojazdu<sup>50,51</sup>.

W opracowanie i budowę pierwszych prototypów pojazdów autonomicznych w latach 80. XX wieku były zaangażowane uniwersytety techniczne, koncerny motoryzacyjne i firmy badawcze. Po niemal dwóch dekadach doświadczeń samochody osobowe w wersji terenowej przerobione na autonomiczne, zostały poddane testom w ramach DARPA Grand Challenge. Wyścig ten był sponsorowany przez Agencję Zaawansowanych Projektów Badawczych Departamentu Obrony (DARPA) (ang. *Defense Advanced Research Projects Agency*). DARPA, to amerykańska agencja rządowa, która finansuje i nadzoruje rozwój technologii wojskowych, a działa w strukturach Departamentu Obrony USA<sup>52</sup>. Należy podkreślić, że na zlecenie Departamentu Obrony w 1967 r. DARPA rozpoczęła projekt budowy zdecentralizowanej sieci komputerowej, pod nazwą ARPANET (ang. *Advanced Research Projects Agency Network*). Uruchomienie tej sieci w 1969 r. w Uniwersytecie Kalifornijskim w Los Angeles (UCLA), uznawane jest za początek rozwoju współczesnego Internetu. Budowa pojazdów autonomicznych, czyli poruszających się bez kierowców, włączona została do prac w ramach

---

<sup>48</sup> <https://truckfocus.pl/nawosci/66715/transport-4-0-i-autonomiczne-ciezarowki-blizej-niz-myslisz>

<sup>49</sup> Juściński S.: Platformy internetowe, jako system wspomaganie informatycznego w branży transport-spedycja-logistyka, [w:] Dzienniszewski G., Kuboń M., Tomaszewska-Górecka W. (red.) Systemy wspomaganie komputerowego w transporcie i logistyce, Wydawnictwo Inżynieria Rolnicza, s. 125-154, 2021.

<sup>50</sup> Strandhagen, J.O., Vallandingham, L.R., Fragapane, G. et al. Logistics 4.0 and emerging sustainable business models, *Advances in Manufacturing*, 5, s. 359–369, <https://doi.org/10.1007/s40436-017-0198-1>, 2017.

<sup>51</sup> Klóska R. (red.): Infrastruktura transportowa i cyfrowa jako czynnik regionalnego i lokalnego rozwoju gospodarczego, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, ISBN: 978-83-7972-412-3, Szczecin, 2020.

<sup>52</sup> [https://pl.wikipedia.org/wiki/Defense\\_Advanced\\_Research\\_Projects\\_Agency](https://pl.wikipedia.org/wiki/Defense_Advanced_Research_Projects_Agency)

projektu Systemów Bojowych Przyszłości (FCS) (ang. *Future Combat Systems*). Kongres Stanów Zjednoczonych zdecydował, aby DARPA przyznawała nagrody pieniężne w latach 2004, 2005 i 2007 dla twórców zwycięskich pojazdów autonomicznych w wyścigu Grand Challenge<sup>53</sup>. Kolejne trzy edycje zawodów odbyły się na dystansie odpowiednio: 142 mil na terenie pustynnym, 132 mil przez równiny, dna suchych jezior oraz przełęcze górskie i tunele, 60 mil przez teren symulujący obszar miejski, na którym odbywał się ruch innych samochodów autonomicznych i kierowanych przez ludzi z przestrzeganiem przepisów ruchu drogowego. Doświadczenia zebrane podczas tych zawodów, a następnie innych podobnego typu wyścigów były kamieniami milowymi w rozwoju samochodów autonomicznych. Pomimo, że w poszczególnych zawodach pojazdy autonomiczne funkcjonowały w warunkach istotnie uproszczonych w stosunku do rzeczywistych warunków drogowych, to pozwalały testować systemy sterowania i kontroli oraz najtrudniejsze zagadnienie zachowania bezpieczeństwa innych uczestników we wspólnej przestrzeni<sup>54, 55</sup>.

Dla systemów kontrolowanych i sterowanych przez jednostkę centralną w samochodzie (komputer pokładowy) kierowca stanowił początkowo zewnętrzny system bezpieczeństwa w sytuacjach drogowych, mających charakter incydentów nie opisanych w procedurach. Po wprowadzeniu zaawansowanych systemów uczących się w procesie eksploatacji pojazdu nawet tego typu poziom zabezpieczeń stopniowo był i jest nadal ograniczany. Zakończone sukcesem na poszczególnych etapach doświadczenia prowadzone na pojazdach testowych, umożliwiały przeniesienie rozwiązań w zakresie autonomizacji w pierwszej kolejności na modele pojazdów seryjnie wytwarzanych, a kolejnym etapem były konstrukcje prototypów o odmiennej stylistyce nadwozia. Dla pierwszych poziomów w klasyfikacji pojazdów autonomicznych charakterystyczne było to, że ciężarówka posiadała jeszcze tradycyjną kabinę dla kierowcy, z uwagi na jego obecność i fakultatywne uczestnictwo w procesie kierowania i/lub kontroli. Natomiast modele dla najwyższego poziomu nie mają kabiny kierowcy, ponieważ człowiek został wykluczony nawet z procesu nadzoru ciężarówki. Biura badawczo-rozwojowe wiodących koncernów motoryzacyjnych na świecie założyły wyeliminowanie człowieka w systemie zabezpieczeń, czyniąc tym samym obecność kierowcy w kabinie zbędną nawet w rzeczywistym ruchu drogowym<sup>56</sup>.

Amerykańskie stowarzyszenie SAE International opracowało klasyfikację wyróżniającą sześć poziomów, które opisują w jakim zakresie udział kierowcy jest wymagany dla prowadzenia pojazdu.

Autonomia obejmuje kolejno<sup>57</sup>:

- Poziom 0 - pojazd musi być prowadzony przez kierowcę, ale posiada szereg systemów wspomagających jazdę np. ESP, ABS, tempomat.

<sup>53</sup> [https://pl.wikipedia.org/wiki/DARPA\\_Grand\\_Challenge](https://pl.wikipedia.org/wiki/DARPA_Grand_Challenge)

<sup>54</sup> Buehler, M., Iagnemma, K., Singh, S. (Eds.): *The 2005 DARPA grand challenge: the great robot race*, Vol. 36 Springer Tracts in Advanced Robotics, Springer Berlin Heidelberg, ISBN 9783540734291, 2007.

<sup>55</sup> Buehler, M., Iagnemma, K., Singh, S. (Eds.). (2009). *The DARPA urban challenge: autonomous vehicles in city traffic*, Vol. 56, Tracts in Advanced Robotics, Springer Berlin Heidelberg, ISBN 9783642039911, 2009.

<sup>56</sup> Choromański W., Grabarek I., Kozłowski M., Czerepicki A., Marczuk K.: *Pojazdy autonomiczne i systemy transportu autonomicznego*, PWN S.A., ISBN: 978-83-01-21102-8, Warszawa, 2020.

<sup>57</sup> [https://pl.wikipedia.org/wiki/Samochód\\_autonomiczny](https://pl.wikipedia.org/wiki/Samochód_autonomiczny)



- Poziom 1 - niezbędny udział kierowcy, pokładowe układy wspomagające korzystają z informacji o warunkach jazdy i zapewniają np. utrzymywanie stałej odległości od poprzedzającego pojazdu.
- Poziom 2 - częściowa automatyzacja pojazdu (tzw. pojazd półautonomiczny), który kontroluje kierunek jazdy, utrzymuje pojazd na wybranym pasie ruchu (funkcja kierowania), odpowiada za przyspieszenie i hamowanie stosownie do zmiennych warunków, kontroluje odległość od poprzedzających pojazdów w wybranych warunkach np. jazdy po autostradzie.
- Poziom 3 - pojazd w określonych, stabilnych warunkach np. na autostradzie może poruszać się w pełni automatycznie bez udziału człowieka dzięki systemom pokładowym, ale w warunkach skomplikowanych manewrów wymagane jest przejęcie czynności kierowania przez osobę obecną w kabinie.
- Poziom 4 - poziom automatyzacji umożliwia eksploatację pojazdu w każdych warunkach oraz jest przystosowany do zastępowania kierowcy również w sytuacjach awaryjnych w przypadku, gdy nie podejmie on działań korygujących. Umożliwia autonomiczne kierowanie w czasie manewrów w trudnych warunkach np. na terenie miasta. Pojazd jest nadal wyposażony w urządzenia do ręcznego kierowania, gdyby osoba w kabinie podjęła decyzję o przejęciu jego prowadzenia.
- Poziom 5 - pojazd w pełni autonomiczny, który nie potrzebuje kontroli kierowcy niezależnie od warunków drogowych i pogodowych, a ponadto nie ma kabiny i urządzeń umożliwiających przejęcie i realizację ręcznego kierowania.

W pojazdach ciężarowych z poziomu 1. i poziomu 2. kierowca obecny w kabinie musi stale monitorować otoczenie na drodze i być przygotowany w każdej chwili do przejęcia pełnej kontroli. Dla poziomu 3. kierowca nie musi obserwować otoczenia, a od poziomu 4. teoretycznie nie ma potrzeby także kontroli ruchu pojazdu.

Wprowadzenie na rynek pojazdów autonomicznych rozpoczęto od modeli osobowych. Należy podkreślić, że możliwość aplikacji tego typu rozwiązania do ruchu na drogach publicznych wymagała stosownych działań legislacyjnych. W 2013 r. w czterech stanach USA: Nevada, Floryda, Kalifornia i Michigan było już uchwalone prawo zezwalające na poruszanie się samochodów autonomicznych po drogach publicznych<sup>58</sup>. W Polsce definicja pojazdu autonomicznego i warunki wykorzystania dróg publicznych podczas testów badawczych nad pojazdami autonomicznymi zostały wprowadzone Ustawą z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz.U. z 2023 r. poz. 875).










### **Autonomiczne ciężarówki w kopalniach**

Wiodące koncerny motoryzacyjne już od kilku lat testują i eksploatują z powodzeniem w wybranych warunkach rzeczywistych: na terenie kopalni, w portach morskich lub na autostradach modele ciężarówek, które odpowiadają wymaganiom poziomu 4. dla pojazdów autonomicznych. Obszarem o szczególnie korzystnych warunkach dla takich rozwiązań są bardzo rozległe tereny kopalni odkrywkowych. Na wydzielonych obszarach, gdzie można

---

<sup>58</sup> [https://pl.wikipedia.org/wiki/Samochód\\_autonomiczny](https://pl.wikipedia.org/wiki/Samochód_autonomiczny)

wykluczyć obecność osób i w pełni kontrolować zredukowaną liczbę innych pojazdów, wprowadzenie transportu autonomicznego wykazuje najwyższą dynamikę wzrostu (rys. 3).

Country	Number of Autonomous Trucks
 Australia	575
 Canada	143
 Chile	18
 Brazil	14
 China	12
 Russia	7
 Norway	6
 USA	5
 Ukraine	3

Numbers as of May 2021

Source: GlobalData

Rys. 3. Liczba aktywnych autonomicznych pojazdów transportowych w kopalniach na świecie w roku 2021

Źródło: <https://www.mining-technology.com/features/australia-leads-the-way-in-autonomous-truck-use/?cf-view>

Australia oraz Kanada od początku plasują się na czele państw pod względem ilości użytkowanych ciężarówek autonomicznych. Największa ich ilość pracuje w kopalniach rudy żelaza i węgla w Queensland w Australii Zachodniej. Rynek ciężkich autonomicznych pojazdów transportowych dla górnictwa obsługiwany jest praktycznie przez dwa koncerny Caterpillar i Komatsu, których modele w 2021 r. stanowiły 86,5% rynku. W tych modelach komputer pokładowy zastępuje pracę kierowcy. Odczyty danych z systemu nawigacji ciężarówki pozwalają wyznaczyć najlepszą trasę z punktu załadunku do miejsca zrzutu urobku rudy. Każde miejsce zrzutu podlega rejestracji i kolejna trasa jest precyzyjnie korygowana w zakresie przesunięcia miejsca docelowego rozładunku. Algorytmy planowania tras mają za zadanie łączyć maksymalną wydajność z jednoczesną realizacją wyznaczonych na dany dzień zadań załadunkowych. Pokładowy system bezpieczeństwa czuwa, aby tor jazdy nie kolidował z jakąkolwiek przeszkodą, optymalizując prędkość i położenie wobec obiektów stałych i ruchomych.

Nowy model Caterpillar 794 AC, zaprezentowano w 2021 r. na targach górniczych MINExpo International w USA. Został on wyposażony m.in. w funkcję *Cat MineStar Command for holding*, umożliwiającą całkowicie autonomiczną obsługę pojazdów górniczych, sprawną interakcję z innym sprzętem oraz integrację funkcjonalną z procesami i systemami wydobywczymi na terenie kopalni (rys. 4). Grupa Caterpillar Resource Industries, posiadająca już 500 autonomicznych pojazdów ciężarowych, działających na trzech kontynentach potwierdziła, że autonomia doprowadziła do poprawy bezpieczeństwa i podniesienia o 30% wydajności w porównaniu z transportem obsługiwany przez kierowców<sup>59</sup>.

<sup>59</sup> <https://www.caterpillar.com/en/news/caterpillarNews/2022/500-autonomous-trucks.html>



Rys. 4. Autonomiczna ciężarówka firmy Caterpillar model Cat 793F o ładowności 430 ton i silnikiem o mocy 2600 KM podczas pracy w kopalni odkrywkowej

*Źródło: <https://www.oemoffhighway.com/electronics/smart-systems/automated-systems/press-release/21722799/caterpillar-inc-caterpillar-debuts-autonomous-794-ac-mining-truck-at-minexpo>*

Kolejnym wyzwaniem, którego rozwiązania pojęli się w 2016 r. inżynierowie koncernu Volvo było wprowadzenie pojazdów autonomicznych do transportu urobku poprzez system podziemnych chodników w kopalniach. Problem w tym przypadku była znacznie mniejsza przestrzeń o skomplikowanej konfiguracji oraz obecność górników i innego sprzętu wydobywczego. Autonomiczny model Volvo FMX został opracowany w ramach wspólnego projektu badawczego z firmą Saab (rys. 5). Testy przeprowadzono w kopalni Boliden na terenie Szwecji podczas normalnych prac wydobywczych na poziomie 1300 metrów pod ziemią. W projekcie założono docelowo eksploatację czterech ciężarówek Volvo FMX<sup>60</sup>.

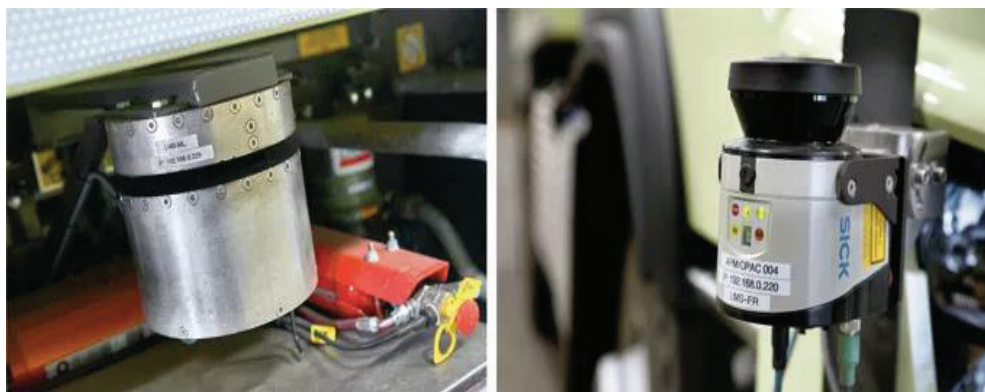
---

<sup>60</sup> <https://samochody-specjalne.pl/2016/09/29/autonomiczne-volvo-fmx-wyrusza-pod-ziemie/>



Rys. 5. Ciężarówka firmy Volvo FMX 540 podczas testów w 2016 r. w kopalni Boliden w Szwecji

Źródło: [https://samochody-specjalne.pl/wp-content/uploads/2016/09/xAutonomiczne-Volvo-FMX-3-s.jpg.pagespeed.ic.k58\\_C2EWXf.webp](https://samochody-specjalne.pl/wp-content/uploads/2016/09/xAutonomiczne-Volvo-FMX-3-s.jpg.pagespeed.ic.k58_C2EWXf.webp)



Rys. 6. Ciężarówka firmy Volvo FMX 540 do analizy otoczenia wykorzystuje technologię LIDAR

Źródło: <https://samochody-specjalne.pl/2016/09/29/autonomiczne-volvo-fmx-wyrusza-pod-ziemie/2/>

Kontrolę trąkci w Volvo FMX zrealizowano poprzez analizę i przetwarzanie danych, obejmujących bieżące położenie ciężarówki oraz konfigurację przeszkód statycznych i ruchomych. Ustalanie prędkości jazdy, a także sekwencji przyspieszania i hamowania dla pojazdu, tworzone jest z uwzględnieniem zmiennych parametrów otoczenia oraz prognozowanej trasy wykrytych obiektów ruchomych. Przemieszczanie się po chodnikach kopalni to zarówno brak obstrzeżeń prawnych, które dotyczą ruchu pojazdów na drogach publicznych,

ale też brak dostępu do nawigacji GPS, będącej podstawowym systemem pozycjonowania ruchu pojazdu na drogach. Mapowanie otoczenia w zakresie 360° zostało zrealizowane dzięki wykorzystaniu technologii LIDAR (ang. *Light Detection And Ranging*). System impulsów laserowych służy w tym urządzeniu do detekcji optycznej i generowania sygnałów o zmianie w otoczeniu poprzez sekwencję porównywania obrazów w funkcji czasu (rys. 6)<sup>61</sup>.

### Autonomiczne ciężarówki na drogach publicznych

Freightliner Inspiration Truck w 2015 r., jako pierwszy licencjonowany autonomiczny samochód ciężarowy, dopuszczony został do użytku komercyjnego. Władze stanu Nevada w USA wyraziły zgodę na eksploatację modelu Freightliner Inspiration na drogach publicznych, co było kamieniem milowym w rozwoju tego segmentu transportu ciężarowego<sup>62</sup>. Specjalne zezwolenie wydane przez Departament Pojazdów Silnikowych stanu Nevada wymagało, aby pojazd autonomiczny przejechał co najmniej 16 000 mil podczas testów w określonych warunkach. Ponadto koncern przekazał komplet informacji na temat systemów bezpieczeństwa w pojeździe i programu szkolenia kierowców. Ciężarówki Freightliner Inspiration, które działają autonomicznie, są nadal nadzorowane przez kierowców przebywających w kabinie po to, aby rozwijać systemy bezpieczeństwa w warunkach drogowych (rys. 7). System *Highway Pilot* to innowacyjne połączenie technologii kamer i radarów z modulem odpowiedzialnym za utrzymanie stabilności pasa ruchu oraz kontrolę prędkości i hamowania tak, aby wykluczyć sytuacje kolizyjne. W kabinie wszystkie informacje o ruchu pojazdu wizualizowane są na elektronicznej desce rozdzielczej. Radar zamontowany w środkowej części przedniego zderzaka ciężarówki w sposób ciągły skanuje drogę. Radar dalekiego zasięgu na dystansie 250 metrów skanuje fragment przestrzeni o szerokości 18° w celu identyfikacji pojazdów na drodze. Radar krótkiego zasięgu na dystansie 70 metrów skanuje fragment przestrzeni o szerokości 130° w celu kontroli obiektów mijanych. Ponadto przestrzeń przed pojazdem jest kontrolowana przez kamerę stereoskopową zamontowaną za przednią szybą ciężarówki. Obejmuje ona dystans 100 metrów i obszar 45° w poziomie i 27° w pionie. Autonomiczne prowadzenie po pasie jest realizowane poprzez połączenie wizualnego rozpoznania oznaczeń na drodze (pasa ruchu) i sprzężenie z przekładnią kierowniczą poprzez system *Highway Pilot*. Wyposażenie w tempomat adaptacyjny i moduł kontroli odległości umożliwia ciężarówce Freightliner Inspiration autonomiczną kontrolę odległości i prędkości w pełnym zakresie ruchu<sup>63</sup>.

---

<sup>61</sup> <https://samochody-specjalne.pl/2016/09/29/autonomiczne-volvo-fmx-wyrusza-pod-ziemie/2/>

<sup>62</sup> <https://plus.dzienniklodzki.pl/nadludzka-perspektywa-transportu-czyli-nadchodzi-czas-autonomicznych-pojazdow/ar/c3-14284687>

<sup>63</sup> <https://www.freightliner.com/why-freightliner/industry-leading-results/introducing-the-freightliner-inspiration-truc>





Rys. 7. Freightliner Inspiration Truck to pierwszy licencjonowany autonomiczny samochód ciężarowy do użytku komercyjnego

Źródło: <https://freightliner.blob.core.windows.net/media/truck/long-haul/inspirationtruck-674x449.jpg>

Firma technologiczna TuSimple z siedzibą w San Diego w Kalifornii została założona w 2015 r. Działając, jako międzynarodowy startup, TuSimple nawiązała współpracę z działem samochodów ciężarowych Volkswagen AG, The Traton Group i firmą Navistar w celu wsparcia finansowego swoich projektów. Obecnie jest liderem w komercjalizacji autonomicznych pojazdów na poziomie 4. w branży transportu ciężarowego na długich dystansach. Autonomiczne ciężarówki TuSimple na początkowym etapie były testowane przez amerykańską firmę United States Postal Service, która świadczy usługi pocztowe na obszarze wszystkich 50 stanów w USA. Testy na trasie Tucson w Arizonie do Dallas w Teksasie pojazdy TuSimple wykonywały autonomicznie, ale z kierowcą w kabinie w celu zapewnienia bezpieczeństwa. Doskonalenie systemów sterowania wymagało dopracowania ich w zakresie zgodności z obowiązującymi lokalnymi przepisami ruchu drogowego, które są różne w poszczególnych stanach w USA<sup>64,65,66</sup>.

<sup>64</sup> <https://www.tusimple.com/>

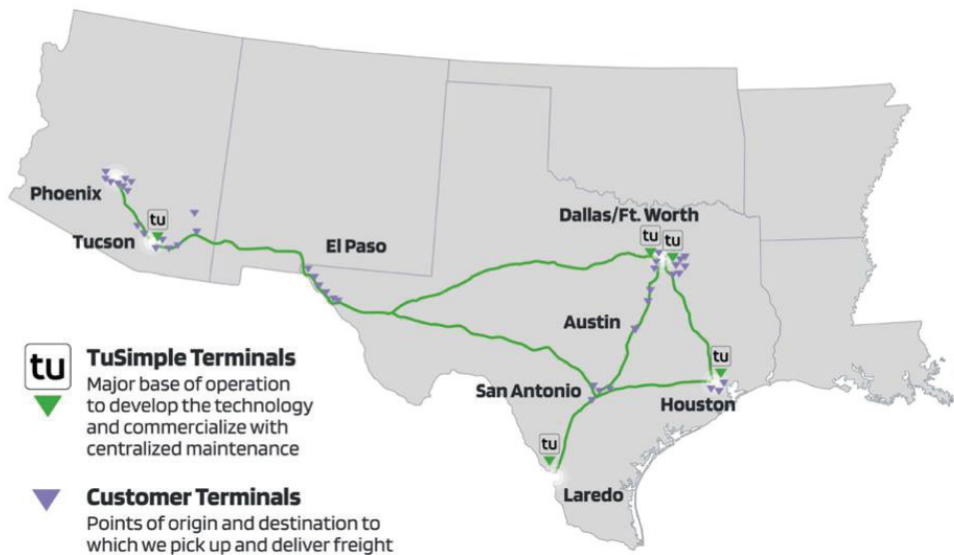
<sup>65</sup> <https://www.dobreprogramy.pl/autonomiczne-ciezarowki-w-usa-trwaja-testy-dostarczenia-przesylek,6628573705590913a>

<sup>66</sup> <https://news.navistar.com/2020-07-15-Navistar-and-TuSimple-Partner-to-Bring-Autonomous-Trucks-to-Market-Navistar-Invests-in-Autonomous-Trucking-Company>



Rys. 8. Autonomiczny ciągnik siodłowy z naczepą firmy TuSimple na drogach USA

Źródło: [https://filecache.mediaroom.com/mr5mr\\_navistar\\_mr5/181005/tusimple-truck.jpg](https://filecache.mediaroom.com/mr5mr_navistar_mr5/181005/tusimple-truck.jpg)



Rys. 9. Firma TuSimple testuje autonomiczne zestawy w sieci dróg na południu USA

Źródło: <https://www.trains.com/wp-content/uploads/2022/05/Screen-Shot-2022-05-04-at-10.13.57-AM.png>

Dnia 22 grudnia 2021 r. TuSimple przeszła do historii motoryzacji, jako pierwsza na świecie firma, która zrealizowała transport całkowicie autonomicznym pojazdem ciężarowym. Trasa ciężarówki przebiegała po otwartych drogach publicznych bez kierowcy na pokładzie, a sam pojazd w pełni kontrolował transport, wchodząc w naturalną interakcję z innymi uczestnikami ruchu. Autorski program *TuSimple Driver Out* nadzorował autonomiczną ciężarówkę na ulicach i autostradach, zapewniając bezpieczne przejazdy przez sygnalizacje świetlne, wjazdy i zjazdy z pasa awaryjnego, a także zmiany pasa na autostradach w warunkach rzeczywistego ruchu innych pojazdów<sup>67</sup>.

### Autonomiczne ciężarówki z napędem elektrycznym

Innowacyjnym rozwiązaniem w zakresie systemów transportowych są autonomiczne ciężarówki z napędem elektrycznym. W 2018 r. na targach Freight in the City Expo zaprezentowano model elektrycznego ciągnika Vera koncernu Volvo Trucks. Stanowi on przykład autonomicznego ciągnika siodłowego, który ma być w przyszłości konkurencyjnym rozwiązaniem dla tradycyjnych przewozów na krótkich dystansach (rys. 10)<sup>68</sup>.



Rys. 10. Autonomiczny elektryczny pojazd Volvo Trucks Vera wystawiony na targach Freight in the City Expo

Źródło: <https://motortransport.co.uk/blog/2019/11/12/sponsored-volvo-trucks-autonomous-vehicle-excites-visitors-at-freight-in-the-city-expo/>

<sup>67</sup> <https://www.tusimple.com/>

<sup>68</sup> <https://motortransport.co.uk/blog/2019/11/12/sponsored-volvo-trucks-autonomous-vehicle-excites-visitors-at-freight-in-the-city-expo/>



Autonomiczny pojazd Vera Volvo Trucks, zaprojektowany do wykonywania regularnych i powtarzalnych zadań, jest sterowany za pośrednictwem jednostki centralnej. Pojazd na autonomicznym poziomie 5. nie posiada kabiny kierowcy oraz systemów do alternatywnego sterowania manualnego. Komputer monitoruje wszystkie parametry użytkowe pojazdu, lokalizację i przebieg trasy oraz bieżące obciążenie i poziom naładowania akumulatora. Pierwszym praktycznym wyzwaniem rynkowym realizowanym od 2019 r. przez ciągniki siodłowe Volvo Vera na drogach publicznych na obszarze przemysłowym były transporty kontenerów morskich (rys. 11)<sup>69</sup>.



Rys. 11. Model elektrycznego ciągnika Vera wyprodukowany przez koncern Volvo Trucks, realizujący przewozy kontenerów

Źródło: <https://www.slashgear.com/volvos-autonomous-trucks-just-picked-up-their-first-real-world-job-14580448>

Firma DFDS ze Szwecji, która świadczy usługi promowe i transportowe w Europie i Turcji, wdrożyła autonomiczne ciężarówki Volvo Vera do transportu towarów z jednego ze swoich centrów logistycznych w Göteborgu do portu APM Terminals. Międzynarodowy dostawca usług portowych i rozwiązań w zakresie terminali kontenerowych APM Terminals obsługuje sieć 76 portów na całym świecie. APM Terminals jest częścią AP Moller – Maersk, globalnej firmy zajmującej się logistyką kontenerową na terenie 130 krajów. System trans-

---

<sup>69</sup> <https://www.slashgear.com/volvos-autonomous-trucks-just-picked-up-their-first-real-world-job-1458044>

portu kontenerów realizuje jednocześnie kilka ciężarówek Vera, których ruch jest monitorowany przez wieżę kontrolną. Prędkość modelu Vera została ograniczona do 40 km/h, a przebieg trasy zaprojektowany, jako powtarzalny tor pomiędzy centrum logistycznym i portem<sup>70</sup>.

Elektryczne ciężarówki nie emitują spalin oraz są cichsze w eksploatacji, a to jest priorytetem dla Unii Europejskiej. Rozwój handlu światowego wymaga sprawnego przemieszczania strumienia towarów, a szczególnym problemem jest obsługa węzłów w tej sieci logistycznej, którymi są porty morskie. Obecnie 95% handlu towarami na duże odległości wykorzystuje kontenery. Współczesne kontenerowce zabierające na pokład jednorazowo ponad 23 000 jednostek TEU wymagają sprawnego obsługi przy nabrzeżach portowych w czasie załadunku i rozładunku. Przestrzeń pomiędzy placami składowymi a miejscem załadunku z wykorzystaniem suwnic wymaga transportu drogowego. Innowacyjne rozwiązania w obsłudze tej strefy to autonomiczne ciągniki terminalowe<sup>71,72,73</sup>.

Q-Truck to pierwszy na świecie elektryczny, inteligentny ciągnik terminalowy, który został przystosowany do jazdy autonomicznej. Pojazd wyprodukowany został przez chińską firmę Szanghaj Westwell Technology Co., Ltd pod marką Qomolo. Q-Truck dedykowany jest do usług transportowych w obszarach zamkniętych takich, jak porty morskie, parki logistyczne, hale i tereny fabryk lub wydzielone odcinki dróg półpublicznych na terenach przemysłowych. Terminal kontenerowy w Khalifa Port został, jako pierwszy na bliskim wschodzie, wyposażony w system sześciu autonomicznych ciężarówek portowych Q-Trucks<sup>74</sup>. Autonomiczna ciężarówka Qomolo wyposażona jest w akumulator LPF o pojemności 282 kWh, który zapewnia zasięg do 200 km lub 44 godziny ciągłej pracy oraz możliwość przemieszczania do 80 ton ładunku. Konstrukcja systemu zasilania zapewnia jego wymianę w czasie krótszym niż 5 minut lub szybkie ładowanie przez dwa porty w czasie 1,5 godziny. Ciężarówka wyposażona jest w zdalny system sensoryczny, monitorujący ruch drogowy w zakresie 360°. Zintegrowany systemem prowadzenia pojazdu, który zapewnia dokładność do 2 cm, dodatkowo korzysta z bazy danych, zawierającej procedury kontroli i planowania<sup>75</sup>. Firma Hutchison Ports po raz pierwszy rozpoczęła użytkowanie ciężarówek Q-Trucks w terminalu tajlandzkiego portu Laem Chabang w 2020 r. Piętnaście ciężarówek działało tam w trybie mieszanym z innymi pojazdami obsługując transport kontenerów. Po udanych testach autonomiczne ciągniki terminalowe trafiły również do pierwszego portu na terenie Europy. Hutchison Ports, która jest właścicielem i zarządcą portu w Felixstowe w Wielkiej Brytanii, po testach wdrożyła pierwsze ciągniki do regularnej pracy w terminalu i zamówiła kolejnych 100 jednostek. Q-Trucks korzystają z cyfrowej mapy do nawigacji po porcie, a

---

<sup>70</sup> <https://www.dfds.com/en/about/insights/newsletters/volvo-presents-autonomous-transport-solution-with-dfds>

<sup>71</sup> Juściński S.: Aplikacja systemów informatycznych klasy TMS w obsłudze przesyłek kontenerowych w transporcie morskim, [w:] Dzieniszewski G., Kuboń M., Tomaszewska-Górecka W.: (red.), Wydawnictwo Inżynieria Rolnicza, str. 97-124, 2021.

<sup>72</sup> Kaliszewski A., Dąbrowski J., Klimek H.: Konkurencyjność portów morskich. Teoria i praktyka, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, ISBN: 978-83-8206-381-3, Gdańsk, 2021.

<sup>73</sup> Kotowska I., Mańkowska M., Pluciński M.: Planowanie rozwoju portów morskich. Aspekty teoretyczne i praktyczne, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, ISBN: 978-83-7972-235-8, Szczecin, 2019.

<sup>74</sup> <https://erobocze.pl/czytaj-wszystkie/item/2532-autonomiczne-ciezarowki-w-porcie-khalifa>

<sup>75</sup> <https://en.westwell-lab.com/qomolo.html>

dane z mapy są porównywane z odczytami z pokładowej nawigacji GPS. Pozycja ciągników jest nadzorowana w czasie rzeczywistym, dzięki czemu wykonują operacje transportowe w ruchu mieszanym z innymi jednostkami na terenie terminalu kontenerowego (rys. 12)<sup>76</sup>.



Rys. 12. Autonomiczne ciągniki terminalowe użytkowane w porcie we Felixstowe w Wielkiej Brytanii

Źródło: <https://www.slashgear.com/volvos-autonomous-trucks-just-picked-up-their-first-real-world-job-14580448>

Einride AB to założona w 2016 r. w Szwecji firma zajmująca się technologią transportu towarowego w zakresie elektrycznych komercyjnych pojazdów ciężarowych<sup>77</sup>. W 2017 r. wprowadziła na rynek autonomiczną ciężarówkę elektryczną (AET), (ang. *Autonomous Electric Transport*), określaną, jako Einride. Była to ciężarówka bez kabiny dla kierowcy, dla której firma rozpoczęła testy na drogach publicznych w Szwecji w 2019 r. Firma Einride otrzymała w 2022 r. zgodę Krajowej Administracji Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego (NHTSA) (ang. *National Highway Traffic Safety Administration*) na eksploatację swoich autonomicznych ciężarówek na drogach publicznych w USA. Pojazdy będą przemieszczać się bez kierowcy na pokładzie, nadzorowane przez pilota w sposób zdalny podczas rzeczywistego ruchu na drogach publicznych (rys. 13)<sup>78</sup>.

<sup>76</sup> <https://trans.info/autonomous-trucks-felixstowe-346819>

<sup>77</sup> <https://www.einride.tech/autonomous>

<sup>78</sup> <https://electrek.co/2022/06/23/einride-autonomous-electric-trucks-us>



Rys. 13. Ciężarowy pojazd autonomiczny z napędem elektrycznym (AET) firmy Einride

Źródło: <https://electrek.co/2022/06/23/einride-autonomous-electric-trucks-us/>

Autonomiczne ciężarówki podczas ruchu na drogach publicznych mogą korzystać z rozwiązań, które są niedostępnych dla tradycyjnych pojazdów. *Truck platooning*, to poruszanie się pojazdów ciężarowych w zwartych kolumnach. Na drogach szybkiego ruchu dzięki temu, że następuje połączenie systemów pokładowych wszystkich pojazdów w jedną sieć, zaczynają one być sterowane, jako jeden wirtualny obiekt. Możliwe jest zredukowanie odstępów pomiędzy kolejnymi ciężarówkami nawet do 8 – 10 metrów. Są to istotne różnice w długości zajmowanego pasa ruchu w porównaniu do pojazdów tradycyjnych dla których Kodeks Drogowy wymaga zachowania odległości 50 metrów już w przypadku jazdy z prędkością 50 km/h. Redukcja odległości pozwala wykorzystać również powstające w przypadku kolumny korzystne warunki aerodynamiczne dla kolejnych pojazdów. Następuje redukcja spalania paliwa o około 5% w przypadku pierwszej ciężarówki i aż o 7-10% w przypadku pozostałych. Przy tak małych odległościach dla dużych prędkości wszystkie manewry, a przede wszystkim hamowanie, wykonywane są automatycznie z opóźnieniem na poziomie 0,03 sekundy. Szybkość i niezawodność wykonania tych działań jest zatem pięć razy krótsza od sekwencji w obsłudze manualnej, realizowanej przez człowieka. Przede wszystkim wykluczony został czas reakcji kierowcy i percepcja czynności manualnych, a sprawność systemów we wszystkich pojazdach jest na bieżąco kontrolowana (rys. 14)<sup>79,80</sup>.

<sup>79</sup> <https://www.forbes.pl/innogy/inteligentne-miasto/platooning-jeden-kierowca-prowadzi-cztery-ciężarowki/h2cf9gf>

<sup>80</sup> Martínez-Díaz M., Al-Haddad Ch., Soriguera F, Antoniou C.: Platooning of connected automated vehicles on freeways: a bird's eye view, *Transportation Research Procedia*, Volume 58, 479-486, <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.11.064>, 2021.





Rys. 14. Pojazdy autonomiczne firmy DAF w konwoju drogowym podczas testów na drogach w Wielkiej Brytanii

Źródło: <https://www.microlise.com/wp-content/uploads/2020/11/DAF-UK-Platoon-Motion-Blog-960x560.webp>

Testy w zakresie konwojów, w których uczestniczą pojazdy na różnym poziomie autonomicznym, prowadzone są od kilku lat na terenie Europy<sup>81</sup>. European Truck Platooning Challenge powstał z inicjatywy Holandii, która już w 2016 r. wprowadziła przepisy dopuszczające do ruchu po drogach publicznych autonomiczne pojazdy<sup>82</sup>. Wszyscy najwięksi producenci samochodów ciężarowych: MAN, DAF, Iveco, Mercedes, Scania i Volvo realizują praktyczne działania w zakresie doskonalenia systemów, dzięki którym ich modele autonomiczne będą mogły poruszać się po drogach publicznych. Istnieje już nawet w literaturze akronim nowej generacji pojazdów autonomicznych poruszających się w konwoju CAV (ang. *Connected and Autonomous Vehicles*). Europejskie Stowarzyszenie Producentów Samochodów (fran. *Association des Constructeurs Européens d'Automobiles*) podjęło działania mające na celu wprowadzenie platooning-u ciężarówek na europejskich autostradach z możliwością przekraczania granic państwowych. Niezbędne są jeszcze w tym zakresie szerokie działania organizacyjne, techniczne i legislacyjne<sup>83,84,85,86</sup>.

<sup>81</sup> <https://www.shell.pl/klienci-biznesowi/karta-paliwowa/blog/platooning-co-warto-wiedziec.html>

<sup>82</sup> <https://tsl-biznes.pl/newsy/platooning/>

<sup>83</sup> <https://tsl-biznes.pl/newsy/platooning/>

<sup>84</sup> Martínez-Díaz M., Al-Haddad Ch., Soriguera F, Antoniou C.: Platooning of connected automated vehicles on freeways: a bird's eye view, *Transportation Research Procedia*, Volume 58, 479-486, <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.11.064>, 2021.

<sup>85</sup> <https://www.freightlink.pl/knowledge/artykuły/truck-platooning-jako-szansa-na-zmianę-srodowiska-transportu>

<sup>86</sup> <https://www.microlise.com/blog/autonomous-vehicles/>

## Technologia komunikacyjna V2X

Technologia V2X (ang. *vehicle-to-everything*) oznacza kompleksową, realizowaną w czasie rzeczywistym wymianę informacji między danym pojazdem, a wieloma innymi obiektami i systemami, do których będą się zaliczać: pozostałe pojazdy na drodze, elementy infrastruktury drogowej, osoby na drogach i w bezpośrednim sąsiedztwie dróg, urządzenia elektroniczne oraz sieć Internet. Tak szeroka i aktualizowana baza danych będzie służyła podwyższeniu poziomu bezpieczeństwa, a także realizacji przewozów szybko, ekologicznie i przy niższych kosztach. Rozwijana koncepcja Internetu rzeczy IoT (ang. *Internet of Things*) promuje autonomiczną wymianę danych oraz gromadzenie ich i przetwarzanie przez obiekty bez udziału człowieka. Technologia V2X zakłada, że pojazdy będą jednymi z przedmiotów w Internecie rzeczy, czyli wspiera ich autonomizację w stopniowym dążeniu do poziomu, który systemowo wyklucza kierowcę z procesu ich prowadzenia. W technologii V2X pojazdy do wymiany informacji będą użytkować sieci WLAN oraz sieci telefonii komórkowej<sup>87,88</sup>.

Technologia V2X jest rozwijana równolegle w obszarach<sup>89</sup>:

- V2V (ang. *vehicle-to-vehicle*) to bezprzewodowa komunikacja między systemami zarządzającymi pojazdami.
- V2I (ang. *vehicle-to-infrastructure*) to wymiana danych pomiędzy przemieszczającym się pojazdem a elementami infrastruktury, czyli np.: sygnalizacją świetlną, kamerami lub oznakowaniem na bramownicach z bieżącym przekazem o wypadkach, zatorach, pracach remontowych lub wolnych miejscach na parkingu.
- V2N (ang. *vehicle-to-network*) to szeroki przekaz informacyjny o zdarzeniach na większym obszarze za pośrednictwem Internetu, co jest istotne przy optymalizacji trasy przejazdu.
- V2P (ang. *vehicle-to-pedestrian*) to komunikacja prewencyjna z pieszymi i rowerzystami, mająca za zadanie redukcję poziomu zagrożeń na drogach poprzez wysłanie sygnału do urządzeń elektronicznych typu smartwatch lub opaska fitness.
- V2D (ang. *vehicle-to-device*) to komunikacja pojazdu z innymi rodzajami urządzeń elektronicznych i współdziałanie z coraz większą ilością powstających programów i aplikacji.
- V2G (ang. *vehicle-to-grid*) – to połączenie pojazdów elektrycznych klasy BEV, PHEV z siecią elektryczną w celu racjonalnego gospodarowania energią gromadzoną w pojazdach.

Technologia V2X ułatwiająca masową autonomizację pojazdów w transporcie w istotny sposób będzie zmieniać funkcjonowanie w przyszłości ruchu drogowego.

Do istotnych zalet należy zaliczyć<sup>90</sup>:

- poprawę bezpieczeństwa na drogach poprzez redukcję zagrożeń,
- komfortu jazdy i warunków pracy,
- nawigację wzbogaconą o monitoring trasy w czasie rzeczywistym,

<sup>87</sup> <https://mubi.pl/poradniki/technologia-v2x/>

<sup>88</sup> <https://www.autoweek.com/news/technology/a36190311/v2x-technology/>

<sup>89</sup> <https://en.wikipedia.org/wiki/Vehicle-to-everything>

<sup>90</sup> <https://mubi.pl/poradniki/technologia-v2x/>

- ekologię poprzez redukcję spalania w wyniku optymalizacji trasy,
- redukcję czasu i kosztów transportu.

Technologia V2X, to również potencjalne zagrożenia<sup>91</sup>:

- ograniczenie prywatności poprzez ciągłe zbieranie i przetwarzanie informacji,
- cyberprzestępczość za pośrednictwem sieci w postaci ataków hakerskich, jako złośliwe oprogramowanie blokujące dostęp lub wręcz przejmującego kierowanie pojazdem;
- konieczna rozbudowa kosztownej infrastruktury drogowej,
- odpowiednia przepustowość kanałów komunikacji bezprzewodowej,
- zmiany legislacyjne w zakresie zapewnienia ochrony prawnej obywateli w aspekcie danych wrażliwych (prywatności),
- przeciążenie informacjami i koniecznością ich selekcji.

## Podsumowanie

Globalny rynek drogowego transportu ciężarowego, którego wartość szacowana jest na 4,1 bln USD, stanął wobec wyzwań, które obejmują zwiększenie bezpieczeństwa, redukcję emisji gazów cieplarnianych, obniżenie kosztów oraz szeroką optymalizację w zakresie zarządzania spedycyjno-logistycznego flotą pojazdów. Wzrastający deficyt kierowców zawodowych na wszystkich rynkach krajowych, wzmocnił trend w zakresie szerokiego wprowadzenia do przewozu ładunków pojazdów autonomicznych. Należy podkreślić, że wszyscy najwięksi producenci samochodów ciężarowych: MAN, DAF, Iveco, Mercedes, Scania i Volvo eksploatują już na obszarach wydzielonych, a nawet w rzeczywistych warunkach drogowych autonomiczne ciężarówki poziomu 4. Kolejne prace testowe obejmują wykorzystanie pojazdów poziomu 5., czyli bez obecności kierowcy w kabinie.

Firmy transportowe, które wykazują duże zainteresowanie wprowadzeniem do swoich flot autonomicznych ciężarówek muszą jednak brać pod uwagę opinię klientów, dla których realizują usługi przewozowe. Społeczeństwo nie podziela entuzjazmu dla technologii wykluczających nadzór osobowy nad ruchem pojazdów. Obawy wynikają ze sceptycznej oceny niezawodności systemów sterujących oraz ich pełnej kontroli nad ruchem pojazdu w dynamicznie zmiennym otoczeniu. Badania przeprowadzone przez American Automobile Association wykazały, że aż 70% ludzi obawia się pojazdów autonomicznych na drogach publicznych, a to oznacza brak akceptacji, a w przyszłości nawet sprzeciw dla powszechnego ich wykorzystania. Przeciwnicy w pełni autonomicznych pojazdów ciężarowych uzasadniają taką postawę istnieniem licznych zagrożeń. Wszystkie systemy informatyczne, które są obecnie użytkowane, pomimo zaawansowanych zabezpieczeń, podlegają kolejnym próbom włamań. Celem hakerów lub terrorystów może być przechwycenie lub zakłócenie sygnału sterującego, a to poważny problem dla ciężarówki będącej w ruchu i całego otoczenia na danym odcinku drogowym. Możliwy jest także scenariusz przejęcia kontroli nad komputerowym systemem sterującym pojazdu w celu zainfekowania go złośliwym oprogramowaniem. Ransomware (połączenie słów ang. *ransom* „okup” i *software* „oprogramowanie”), które blokują lub nawet szyfrują dostęp do plików w systemie mogą służyć do wymuszenia okupu od firmy

---

<sup>91</sup> <https://mubi.pl/poradniki/technologie-v2x/>

transportowej za przywrócenie stanu pierwotnego. Problemem znacznie bardziej niebezpiecznym jest przejęcie sterowania z zamiarem działań terrorystycznych. Obecnie wdrażany standard sieci 5G nie posiada odpowiednich zabezpieczeń przed zagrożeniami, które będą towarzyszyć upowszechnianiu się Internetu Rzeczy (IoT). Sieci 5G oferują bardzo dużą szybkość przesyłania informacji, niskie opóźnienia i stabilność działania. Technologia 5G, jako sieć mobilna może jednak istotnie rozszerzyć pole potencjalnych ataków, skierowanych na inteligentne samochody, domy czy docelowo miasta. Najważniejsza będzie ochrona przed atakami typu DDoS, czyli Rozproszona Odmowa Dostępu do Usługi (ang. *Distributed Denial of Service*), które stanowią broń uderzająca w cyberbezpieczeństwo<sup>92,93,94</sup>.

Kolejny problem przy eksploatacji pojazdów autonomicznych wskazują firmy ubezpieczeniowe. W przypadku kolizji rolą firmy ubezpieczeniowej jest m. in. ustalenie odpowiedzialności. W 2019 r. Parlament Europejski zatwierdził ogólne przepisy bezpieczeństwa (ang. *General Safety Regulations*), które m.in. wprowadzają dla nowo homologowanych pojazdów na rynek europejski obowiązek posiadania tzw. czarnych skrzynek. Są to rejestratory danych zderzeniowych, obejmujące dokładne informacje o czasie i kolejności działań podjętych w fazie przed incydem na drodze. Informacje służą do ustalenia przez ubezpieczyciela, czy i w jakim zakresie odpowiedzialność ponosi kierowca, czy pojazd. Odpowiedzialność może być przeniesiona także na nieprawidłowo opracowane oprogramowanie pojazdu autonomicznego, błędy w jego działaniu lub na systemy zewnętrzne, które przesłały błędne informacje sterujące w ramach technologii V2X. Stanowi to obszar potencjalnych konfliktów, trudnych do rozstrzygnięcia bez niezbędnej specjalistycznej wiedzy, która dopiero musi zostać opracowana<sup>95</sup>.

Należy podkreślić, że przyszłość tego segmentu rynku w aspekcie już dostępnych oraz testowanych rozwiązań konstrukcyjnych i informatycznych, ma ogromny potencjał aplikacyjny. Postęp ukierunkowany na ideę Transportu 4.0 w zgodnej opinii ekspertów jest zjawiskiem rynkowym, które będzie nadal rozwijane i udoskonalane. W rozwój autonomicznych pojazdów ciężarowych w skali globalnej zostały zainwestowane już dziesiątki miliardów dolarów.

Interesariuszami tego szerokiego projektu były i są różne grupy:

- producenci samochodów ciężarowych: MAN, DAF, Iveco, Mercedes, Scania i Volvo;
- firmy kurierskie UPS, Fedex, DHL i DB Schenker;
- giganci światowego handlu e-commerce Amazon i Alibaba,
- firmy technologiczne Uber i Tesla,
- liczna grupa startup-ów obsługujących rynek systemów informatycznych.

Obecny etap rozwoju, który potwierdził słuszność opracowanych rozwiązań musi być jednak nadal testowany. Optymalną drogą rozwoju dla segmentu autonomicznych pojazdów ciężarowych jest sprawdzanie z udziałem kierowców różnych warunkach rzeczywistych

---

<sup>92</sup> <https://www.benchmark.pl/aktualnosci/sieci-5g-a-bezpieczenstwo-internetu-rzeczy.html>

<sup>93</sup> <https://pl.wikipedia.org/wiki/Ransomware>

<sup>94</sup> <https://www.ovhcloud.com/pl/security/anti-ddos/ddos-definition/>

<sup>95</sup> <https://logistyka.rp.pl/innowacje-w-logistyce/art17106451-kto-odpowie-za-szkody-autonomicznych-aut>



i doskonalenie oraz wykrywanie błędów lub luk w oprogramowaniu na drodze do pełnej autonomii. Etapem rozwoju są również konwoje prowadzone przez pierwszy pojazd nadzorowany przez kierowcę. Koszty całkowite budowy ciężarowych pojazdów autonomicznych nadal są bardzo wysokie. Rynek firm transportowych nie zaakceptuje ceny znacznie wyższej od kosztów zakupu nowego tradycyjnego pojazdu ciężarowego. Stąd dążenie do masowego wytwarzania tych pojazdów, aby uzyskać redukcję kosztów zakupu szczególnie drogich specjalistycznych systemów optycznych, kontrolnych i sterujących. Za słuszną metodę w procesie wdrażania należy uznać założenie, że całkowicie autonomicznie ciężarówki będą eksploatowane tylko na autostradach lub drogach szybkiego ruchu, a następnie wprowadzane na teren zajezdni (ang. *truck stop*). Tam ładunek na naczepie będzie przejmowany przez tradycyjny zestaw z kierowcą i dostarczany na miejsce docelowe, a zestaw autonomiczny będzie oczekiwał na ładunek powrotny. Ten model działania dedykowany jest do obszarów o nowoczesnej i rozległej infrastrukturze, takiej jak np. południowo-zachodnie stany w USA. W dłuższej perspektywie należy oczekiwać, że nastąpi konsolidacja branży transportowej. Obecnie 84% firm transportowych na świecie dysponuje statystycznie flotą nie więcej niż sześciu pojazdów, a to przy presji ekonomicznej spowoduje przejęcia, upadłości lub konsolidację, aby możliwe było konkurowanie poprzez powszechne użytkowanie pojazdów autonomicznych<sup>96</sup>.

## Bibliografia

- Banaszyk P., Kauf S., Szołtysek J.: Logistyka jako czynnik dobrostanu, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne S.A., ISBN: 978-83-208-2462-9, Warszawa, 2021.
- Biała Księga, Plan utworzenia jednolitego europejskiego obszaru transportu – dążenie do osiągnięcia konkurencyjnego i zasobooszczędnego systemu transportu, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/COM:2011:0144:FIN:PL:PDF>
- Buehler, M., Iagnemma, K., Singh, S. (Eds.): The 2005 DARPA grand challenge: the great robot race, Vol. 36 Springer Tracts in Advanced Robotics, Springer Berlin Heidelberg, ISBN 9783540734291, 2007.
- Buehler, M., Iagnemma, K., Singh, S. (Eds.). The DARPA urban challenge: autonomous vehicles in city traffic, Vol. 56, Tracts in Advanced Robotics, Springer Berlin Heidelberg, ISBN 9783642039911, 2009.
- Bukała B.: Rzeczywistość rozszerzona jako technologia wspierająca telematykę w logistyce, Logistyka Nr 3, str. 249-254, 2012.
- Burnewicz J.: Wizja struktury transportu oraz rozwoju sieci transportowych do roku 2033 ze szczególnym uwzględnieniem docelowej struktury modelowej transportu. Uniwersytet Gdański, Gdańsk, 2007.
- Choromański W., Grabarek I., Kozłowski M., Czerepicki A., Marczuk K.: Pojazdy autonomiczne i systemy transportu autonomicznego, Wydawnictwo Naukowe PWN S.A., ISBN: 978-83-01-21102-8, Warszawa, 2020.
- Cieśla M., Hat-Garnarcz G., Opasiak T., Nowakowski P.: Logistyka w łańcuchach dostaw, Wybrane zagadnienia, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, ISBN: 978-83-7880-422-2, Gliwice, 2017.
- Gołębska E., Gołębski M.: Transport w logistyce, CeDeWu Sp. z o.o., ISBN: 978-83-8102-343-6, Warszawa, 2020.

---

<sup>96</sup> <https://forsal.pl/transport/artykuly/8165039,autonomiczne-ciezarowki-wyjezdzaja-na-drogi.html>

- Juściński S.: Aplikacja systemów informatycznych klasy TMS w obsłudze przesyłek kontenerowych w transporcie morskim, [w:] *Dzieniszewski G., Kuboń M., Tomaszewska-Górecka W. (red.), Wydawnictwo Inżynieria Rolnicza, str. 97-124, 2021.*
- Juściński S.: *Logistyka Transportu Ładunków Nienormatywnych, Monografia naukowa, ISBN 978-83-63761-77-6, Towarzystwo Wydawnictw Naukowych Libropolis, Lublin 2016.*
- Juściński S.: Wykorzystanie systemów nawigacji satelitarnej w transporcie drogowym, [w:] *Aktualne Problemy Transportu, ISBN 978-83-60184-97-4, Wyd. Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, Kraków, str. 63-76, 2017.*
- Juściński, S.: Analiza systemów kompleksowego zarządzania logistycznego flotą pojazdów. [w:] *Dzieniszewski G., Kuboń M. (red.) Mechatronika i Telematyka w Logistyce, ISBN 978-83-64377-440, Wyd. Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, s. 81-97, 2019.*
- Juściński S.: Platformy internetowe jako system wspomagania informatycznego w branży transport-spedycja-logistyka, [w:] *Dzieniszewski G., Kuboń M., Tomaszewska-Górecka W. (red.) Systemy wspomagania komputerowego w transporcie i logistyce, Wydawnictwo Inżynieria Rolnicza, s. 125-154, 2021.*
- Kaliszewski A., Dąbrowski J., Klimek H.: *Konkurencyjność portów morskich. Teoria i praktyka, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, ISBN: 978-83-8206-381-3, Gdańsk, 2021.*
- Klóska R. (red.): *Infrastruktura transportowa i cyfrowa jako czynnik regionalnego i lokalnego rozwoju gospodarczego, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, ISBN: 978-83-7972-412-3, Szczecin, 2020.*
- Kordel Z. (red.): *Polski transport samochodowy ładunków, Wyd. CeDeWu Sp. z o.o., ISBN: 978-83-8102-283-5, Warszawa, 2019.*
- Kordel Z., Kuriata A.: *Logistyka i transport w ujęciu systemowym, CeDeWu Sp. z o.o., ISBN: 978-83-8102-138-8, Warszawa, 2018.*
- Kotowska I., Mańkowska M., Pluciński M.: *Planowanie rozwoju portów morskich. Aspekty teoretyczne i praktyczne, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, ISBN: 978-83-7972-235-8, Szczecin, 2019.*
- Kuriata A., Kordel Z.: *Logistyka i transport. Teoria oraz praktyczne zastosowania, Wyd. CeDeWu Sp. z o.o., ISBN: 978-83-8102-286-6, Warszawa, 2019.*
- Kuska K.: *System GPS. Rodzaje, historia, opis działania i przyszłość (<https://geex.x-kom.pl/wiadomosci/system-gps/>) (dostęp 29.09.2023)*
- Lewicki W.: *Podstawy ekonomiki transportu i logistyki. Ekonomiczne, organizacyjne, techniczne determinanty rozwoju transportu intermodalnego i centrów logistycznych w Polsce, Wydawnictwo Naukowe Sophia, ISBN: 978-83-65929-64-8, Katowice, 2018.*
- Łapko A., Wagner N.: *Logistyka dystrybucji, Trendy - Wyzwania – Przykłady, Wyd. CeDeWu Sp. z o.o., ISBN: 978-83-8102-516-4, Warszawa, 2021.*
- Martínez-Díaz M., Al-Haddad Ch., Soriguera F, Antoniou C.: *Platooning of connected automated vehicles on freeways: a bird's eye view, Transportation Research Procedia, Volume 58, 479-486, <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.11.064>, 2021.*
- Mikulski J.: *Infrastruktura telematyczna w logistyce, Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, Nr 3, 2013.*
- Mikulski J.: *Telematyka – przyszłość transportu i logistyki, Logistyka, Nr 2, s. 36–37, 2010.*
- Mindur L. (red.), *Technologie transportowe, Wydawca: Instytut Technologii Eksploatacji, Warszawa-Radom, 2014.*
- Neider J.: *Transport międzynarodowy, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne S.A., ISBN: 978-83-208-2191-8, Warszawa, 2015.*
- Neumann T.: *Wykorzystanie systemów telematyki na przykładzie wybranych przedsiębiorstw transportu drogowego, Autobusy, Nr 12, str. 605-612, 2017.*
- Nowacki G. (red.): *Telematyka transportu drogowego, Wyd. Instytut Transportu Samochodowego, ISBN 978-83-60965-68-9, Warszawa, 2008.*

- Prochowski L., Żuchowski A.: Technika transportu ładunków, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności sp. z o.o., ISBN: 978-83-206-1977-5, Warszawa, 2016.
- Regulation (EU) No 1315/2013 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2013 on Union guidelines for the development of the trans-European transport network and repealing Decision No 661/2010/EU Text with EEA relevance, OJ L 348, 20.12.2013, p. 1-128.
- Rosa G., Jedliński M., Chraćol-Barczyk U., (red.): Marketing usług logistycznych, Wyd. C.H. Beck, ISBN: 978-83-255-9093-2, Warszawa, 2017.
- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) NR 1072 z dnia 21 października 2009 r. dotyczące wspólnych zasad dostępu do rynku międzynarodowych przewozów drogowych, 2009.
- Rucińska D. (red.): Rynek usług transportowych w Polsce, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne S.A., ISBN: 978-83-208-2201-4, Warszawa, 2015.
- Rydzkowski W. (red.): Współczesna polityka transportowa, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne S.A., ISBN: 978-83-208-2282-3, Warszawa, 2017.
- Sosnowski J., Nowakowski Ł.: Systemy elektroniczne w transporcie drogowym, Wydawnictwo Difin S.A., ISBN: 978-83-8085-557-1, Warszawa, 2018.
- Strandhagen, J.O., Vallandingham, L.R., Fragapane, G. et al. Logistics 4.0 and emerging sustainable business models, *Advances in Manufacturing*, 5, s. 359–369, <https://doi.org/10.1007/s40436-017-0198-1>, 2017.
- Śliwczynski B., Koliński A.: Organizacja i monitorowanie procesów dystrybucji, Instytut Logistyki i Magazynowania, ISBN: 978-83-63186-64-7, Poznań, 2013.
- Śmieszek M., Dobrzański P., Dobrzańska M.: Zastosowanie nowoczesnych technologii informacyjnych w transporcie, Instytut Logistyki i Magazynowania, (4), Poznań, 2015.
- Strandhagen, J.O., Vallandingham, L.R., Fragapane, G. et al. Logistics 4.0 and emerging sustainable business models, *Advances in Manufacturing*, 5, s. 359-369, <https://doi.org/10.1007/s40436-017-0198-1>, 2017.
- Tundys B., Rzczycki A., Drobiazgiwicz J.: Decyzje strategiczne w łańcuchach dostaw, Wydawnictwo edu-Libri, ISBN: 978-83-65648-53-2, Kraków-Legionowo, 2018.
- Wasiak M., Jacyna-Golda I.: Transport drogowy w łańcuchach dostaw. Wyznaczanie kosztów, Wydawnictwo Naukowe PWN S.A., ISBN: 978-83-01-18487-2, Warszawa, 2016.
- Wasilewski M.: Tańsza flota ciągników, *Logistics manager*, Nr 1, luty-kwiecień, str. 86-89, 2018.
- Wisniewska M.: Przewóz ładunków, Organizacja i nadzorowanie transportu, Planowanie realizacji procesów transportowych, Difin S.A., Warszawa 2014.
- Wojewódzka-Król K. (red.): Innowacje w transporcie. Zrównoważony rozwój. Integracja gałęzi transportu. Sztuczna inteligencja, Wydawnictwo Naukowe PWN S.A., ISBN: 978-83-01-21503-3, Warszawa, 2021.
- Wojewódzka-Król K., Rolbiecki R.: Infrastruktura transportu. Europa, Polska – teoria i praktyka, Wydawnictwo Naukowe PWN S.A., ISBN: 978-83-01-19690-5, Warszawa, 2018.
- Wojewódzka-Król K., Załoga E. (red.): Transport. Nowe wyzwania, Wydawnictwo Naukowe PWN S.A., ISBN: 978-83-01-18462-9, Warszawa, 2016.
- Wojewódzka-Król K., Załoga E. (red.): Transport. Tendencje zmian, Wydawnictwo Naukowe PWN S.A., ISBN: 978-83-01-22033-4, Warszawa, 2022.
- Wyrwich-Płotka S.: Wirtualna praca w łańcuchu dostaw, Wyd. Difin S.A., ISBN: 978-83-8085-649-3, Warszawa, 2018.
- Załoga E.: (red.) Europejska przestrzeń transportu. Wyzwania rynkowe, *Zeszyty Naukowe nr 741. Problemy Transportu i Logistyki nr 18*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, ISBN: ISSN 1640-6818, Szczecin, 2012.
- [https://img.joemonster.org/images/vad/img\\_37299/de4ea73d9c96bad00f4c689f3d88607c.png](https://img.joemonster.org/images/vad/img_37299/de4ea73d9c96bad00f4c689f3d88607c.png)
- <https://www.politykabezpieczenstwa.pl/pl/a/czym-jest-lidar-i-do-czego-sluzyl>
- <https://trans.info/pl/obnizenie-minimalnego-wieku-kierowcy-zawodowego-ofni-363959>
- <https://paneco.eu/pl/aktualne-dane-liczbowe-dotyczace-rynku-logistycznego-w-europie/>
- <https://trans.info/pl/niedobor-kierowcow-plaga-w-europie-polska-ma-najwiekszy-problem-252467>

<https://www.weforum.org/reports?year=2022#filter>  
<https://forsal.pl/transport/artykuly/8165039,autonomiczne-ciezarowki-wyjezdza-na-drogi.html>  
<https://truckfocus.pl/nawosci/66715/transport-4-0-i-autonomiczne-ciezarowki-blizej-niz-myslisz>  
[https://pl.wikipedia.org/wiki/Samochód\\_autonomiczny](https://pl.wikipedia.org/wiki/Samochód_autonomiczny)  
[https://pl.wikipedia.org/wiki/DARPA\\_Grand\\_Challenge](https://pl.wikipedia.org/wiki/DARPA_Grand_Challenge)  
[https://pl.wikipedia.org/wiki/Defense\\_Advanced\\_Research\\_Projects\\_Agency](https://pl.wikipedia.org/wiki/Defense_Advanced_Research_Projects_Agency)  
<https://www.trains.com/trn/news-reviews/news-wire/union-pacific-and-tusimple-delay-launch-of-autonomous-truck-service/>  
[https://filecache.mediaroom.com/mr5mr\\_navistar\\_mr5/181005/tusimple-truck.jpg](https://filecache.mediaroom.com/mr5mr_navistar_mr5/181005/tusimple-truck.jpg)  
<https://electrek.co/2022/06/23/einride-autonomous-electric-trucks-us/>  
<https://www.mining-technology.com/features/australia-leads-the-way-in-autonomous-truck-use/?cf-view>  
<https://www.oemoffhighway.com/electronics/smart-systems/automated-systems/press-release/21722799/caterpillar-inc-caterpillar-debuts-autonomous-794-ac-mining-truck-at-minexpo>  
<https://www.caterpillar.com/en/news/caterpillarNews/2022/500-autonomous-trucks.html>  
<https://samochody-specjalne.pl/2016/09/29/autonomiczne-volvo-fmx-wyrusza-pod-ziemie/2/>  
<https://www.freightliner.com/why-freightliner/industry-leading-results/introducing-the-freightliner-inspiration-truck/>  
<https://www.dobreprogramy.pl/autonomiczne-ciezarowki-w-usa-trwaja-testy-dostarczania-przesylek,6628573705590913a>  
<https://news.navistar.com/2020-07-15-Navistar-and-TuSimple-Partner-to-Bring-Autonomous-Trucks-to-Market-Navistar-Invests-in-Autonomous-Trucking-Company>  
<https://www.tusimple.com/>  
<https://www.slashgear.com/volvos-autonomous-trucks-just-picked-up-their-first-real-world-job-1458044>  
<https://motortransport.co.uk/blog/2019/11/12/sponsored-volvo-trucks-autonomous-vehicle-excites-visitors-at-freight-in-the-city-expo/>  
<https://trans.info/autonomous-trucks-felixstowe-346819>  
<https://en.westwell-lab.com/qomolo.html>  
<https://electrek.co/2022/06/23/einride-autonomous-electric-trucks-us/>  
<https://www.einride.tech/autonomous>  
<https://www.forbes.pl/innogy/inteligentne-miasto/platooning-jeden-kierowca-prowadzi-cztery-ciezarowki/h2cf9gf>  
<https://www.microlise.com/blog/autonomous-vehicles/>  
<https://mubi.pl/poradniki/technologie-v2x/>  
<https://www.autoweek.com/news/technology/a36190311/v2x-technology/>  
<https://en.wikipedia.org/wiki/Vehicle-to-everything>  
<https://mubi.pl/poradniki/technologie-v2x/>  
<https://www.benchmark.pl/aktualnosci/sieci-5g-a-bezpieczenstwo-internetu-rzeczy.html>  
<https://www.ovhcloud.com/pl/security/anti-ddos/ddos-definition/>  
<https://logistyka.rp.pl/innowacje-w-logistyce/art17106451-kto-odpowie-za-szkody-autonomicznych-aut>

*Adres do korespondencji: e-mail: [slawomir.juscinski@up.lublin.pl](mailto:slawomir.juscinski@up.lublin.pl)*

*ORCID: Sławomir Juściński 0000-0002-2692-9083*



# ALGORYTMY EWOLUCYJNE MS EXCEL VS. CHAT GPT W ROZWIĄZYWANIU PROBLEMU KOMIWOJAZERA

Ireneusz Kaczmar<sup>1</sup>, Agata Pudlak<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instytut Nauk Technicznych, Państwowa Akademia Nauk Stosowanych w Przemysłu

## Wstęp

Problem podróżującego sprzedawcy (*ang. Traveling Salesman Problem, TSP*) od lat skupia uwagę matematyków i informatyków właśnie dlatego, że jest bardzo łatwy do opisanego a bardzo trudny do rozwiązania. Problem ten można sformułować następująco: jeżeli podróżujący komiwojazer chce odwiedzić dokładnie raz każde z listy  $n$  miast (gdzie koszt podróży z miasta  $i$  do miasta  $j$  wynosi  $c_{ij}$ ), a następnie wrócić do miasta macierzystego to jaka jest najmniej kosztowna trasa, którą może pokonać podróżujący komiwojazer?

Problem komiwojazera (TSP) ma ogromne znaczenie zarówno dla praktyki i nauki, ponieważ reprezentuje większą klasę problemów znanych jako problemy optymalizacji kombinatorycznej. Problem TSP należy do klasy tzw. problemów NP-trudnych. Konkretnie mówiąc, jeśli uda się znaleźć wydajny (czyli działający w czasie wielomianowym) algorytm rozwiązujący problem komiwojazera, to można by znaleźć wydajne algorytmy do rozwiązywania wszystkich innych problemów w klasie NP-trudnych. Do dziś jednak nikt nie znalazł algorytmu działającego w czasie wielomianowym dla problemu TSP. Czy to oznacza, że niemożliwe jest rozwiązanie dużych instancji takich problemów? Wręcz przeciwnie, obecnie wiele praktycznych problemów optymalizacyjnych za pomocą metod numerycznych dających rozwiązania suboptymalne bliskie optymalności.

W literaturze<sup>1,2</sup> można odnaleźć wiele opracowań dotyczących optymalizacji tras. Rozwiązywanie tego typu zagadnień logistycznych odnajdujemy w obszarze badań operacyjnych. Stosowane różne rozwiązania optymalizacyjne dotyczące nie tylko minimalizacji czasu lub kosztów. Inne popularne zagadnienia z tego obszaru dotyczą alokacji środków produkcji, gdzie celem jest optymalny podział surowców, zdolności produkcyjnej i czasu pracy między różnymi produktami w celu maksymalizacji zysku. Zagadnienia transportowe, gdzie celem jest minimalizacja kosztów przewozu towarów między dostawcami i odbiorcami z uwzględnieniem punktów przeładunkowych. Problem komiwojazera, gdzie celem jest znalezienie najkrótszej drogi łączącej klientów odwiedzanych przez komiwojazera czy zarządzanie zapasami surowców, które obejmuje gospodarke zapasami i minimalizację kosztów

---

<sup>1</sup> Handzel, Z., Gajer, M.: Zastosowanie algorytmu genetycznego z operatorem inwersji genów w celu poszukiwania rozwiązania problemu komiwojazera, 2013.

<sup>2</sup> Widuch, J.: Algorytmy optymalizacji tras przejazdu pojazdów. *Studia Informatica*, 32(4A), 83-111, 2011.

związanych z przechowywaniem zapasów. Zagadnienia wymiany mające na celu ustalenie optymalnego momentu wymiany pracującego środka trwałego na nowy w przedsiębiorstwie, wyważenie pomiędzy kosztami eksploatacji i amortyzacji (kryterium optymalizacji: minimalizacja kosztów działalności firmy). Problemy przydziału zadań do wykonania w taki sposób, aby osiągnąć np. najkrótszy łączny czas wykonania zadania (kryterium optymalizacji: minimalizacja czasu realizacji przedsięwzięć przy posiadanych środkach). Ogólnie rzecz biorąc, wymienione zagadnienia dotyczą procesu podejmowania decyzji w organizacjach, szczególnie w kontekście optymalizacji logistycznych zagadnień, a wspomaganie komputerowe może być szczególnie przydatne w wielu wymienionych wyżej przypadkach.

## Metodyka i cel pracy

Celem pracy jest przedstawienie ogólnego sformułowania problemu komiwojażera. A dalej zaprezentowanie przydatności do rozwiązywania optymalizacji tras algorytmów genetycznych dostępnych w Solver w porównaniu z nowym narzędziem jakim jest sztuczna inteligencja, zaimplementowana w modelach GPT na zasadzie analizy porównawczej i uzyskanych wyników.

Solver to narzędzie dostępne w arkuszu kalkulacyjnym MS Excel, które umożliwia rozwiązywanie problemów optymalizacyjnych i wyszukiwanie najlepszych rozwiązań w zadanym zbiorze ograniczeń. Jest to przydatne narzędzie w analizie operacyjnej i podejmowaniu decyzji biznesowych. Ważnym etapem dla uzyskania prawidłowego wyniku jest zdefiniowania funkcji celu (FC). Głównym celem Solvera jest maksymalizacja lub minimalizacja wartości komórki wynikowej (takiej jak zysk, koszt lub inne kryterium), przy jednoczesnym spełnieniu zestawu ograniczeń.

Zgodnie literaturą<sup>3</sup> w dodatku Solver można rozwiązywać różnego rodzaju problemy optymalizacyjne, takie jak problemy liniowe, nieliniowe, dyskretne i inne. Przykłady obejmują optymalizację produkcji, zarządzanie zapasami, planowanie tras, alokację zasobów, a nawet rozwiązywanie równań nieliniowych. Komórki zmiennych decyzyjnych reprezentują zmienne decyzyjne, czyli te wartości, które chcemy zoptymalizować. Kryterium optymalizacji to zdefiniowana komórka arkusza, której wartość chcemy maksymalizować lub minimalizować. To może być na przykład zysk, koszt lub inna wartość, która jest wynikiem naszych działań. Solver wymaga zdefiniowania ograniczeń, które muszą być spełnione w procesie optymalizacji. Mogą to być ograniczenia równości lub nierówności, które dotyczą zmiennych decyzyjnych. Funkcja celu jest matematycznym opisem tego, co chcemy zoptymalizować. Ta funkcja jest wyrażeniem matematycznym opisującym związek między zmiennymi decyzyjnymi a kryterium optymalizacji.

Dodatek Solver umożliwia analizowanie problemów optymalizacji typu: liniowego, nieliniowego, całkowitoliczbowego i binarnego. Należy podkreślić, że narzędzie to jest stale rozwijane, liczba zmiennych decyzyjnych nie powinna przekraczać 200. Użytkownik ma możliwość wskazania właściwej metody rozwiązania problemu optymalizacyjnego:

---

<sup>3</sup> Baj-Rogowska, A.: Planowanie tras z wykorzystaniem narzędzia Solver, jako zadanie logistyczne w małej firmie. Optymalizacja systemów i procesów logistycznych, 169-178, 2013.



- metody LP Simpleks służącej do rozwiązywania problemów optymalizacji o charakterze liniowym (komórka celu i komórki ograniczeń są tworzone przez dodawanie wyrażen typu;
- metody nieliniowej GRG komórka celu i/lub niektóre komórki ograniczeń zawierają funkcje nieliniowe i są wyliczane przy użyciu takich operacji jak np. mnożenie, dzielenie, potęgowanie komórek zmiennych czy stosowanie funkcji wykładniczych i trygonometrycznych;
- metody ewolucyjnej komórka celu i/lub niektóre komórki ograniczeń zawierają funkcje niegładkie odwołujące się do komórek zmiennych.

Po rozwiązaniu problemu, Solver generuje raport, który zawiera wyniki optymalizacji, w tym optymalne wartości zmiennych decyzyjnych, wartość funkcji celu oraz informacje na temat ograniczeń. Pozwala także na przeprowadzenie analizy scenariuszy, która polega na badaniu, jak zmieniają się wyniki, gdy zmieniają się pewne parametry lub ograniczenia.

Drugie testowane narzędzie to ogólnie dostępna sztuczna inteligencja (AI), która budzi wiele kontrowersji, posiada zwolenników i przeciwników, według których może zagrozić ludzkości. Na temat Chat GPT nie powstało zbyt wiele opracowań, ponieważ model sztucznej inteligencji GPT-3 został oficjalnie zaprezentowany przez OpenAI w czerwcu 2020 roku. Jest to jedna z najnowszych iteracji rodziny modeli GPT. Od tego czasu technologia GPT-3 znalazła zastosowanie w wielu dziedzinach, takich jak chatboty, generowanie treści, tłumaczenia maszynowe i wiele innych. Warto zaznaczyć, że od czasu ostatniego treningu AI we wrześniu 2021 roku mogły pojawić się nowe wersje lub ulepszenia technologii GPT. Model GPT (*Generative Pre-trained Transformer*) to rodzina modeli językowych opartych na sztucznej inteligencji, które zostały stworzone przez OpenAI. Serie GPT są przykładem tzw. sieci neuronowych przetwarzających język naturalny (NLP) i znacznie przewyższają poprzednie osiągnięcia w dziedzinie generowania tekstu i zrozumienia mowy ludzkiej. Główne cechy ludzkie jakie uzyskuje AI zrealizowane zostały poprzez trenowane na ogromnych zbiorach danych tekstowych ze źródeł internetowych. Podczas tego procesu sieć uczy się języka naturalnego, zrozumienia kontekstu, gramatyki oraz semantyki tekstu. To pozwala modelowi na generowanie tekstu i rozumienie języka naturalnego. Modele GPT opierają się na architekturze transformatora, która jest rodzajem sieci neuronowej przetwarzającej sekwencje danych. Transformator jest znany z wysokiej wydajności w zadaniach związanych z przetwarzaniem tekstu. GPT może generować i rozumieć tekst na podstawie wprowadzonego mu tekstu początkowego lub pytania. Jest to przydatne w przypadku tworzenia treści, tłumaczenia, podpowiadania treści lub odpowiadania na pytania. Dzięki treningowi na ogromnych zbiorach danych modele GPT są w stanie rozpoznawać wzorce w tekście. Mogą identyfikować kluczowe informacje i podawać odpowiedzi oparte na tych wzorcach<sup>4</sup>.

Modele GPT znajdują zastosowanie w wielu dziedzinach, takich jak chatboty, generowanie treści, tłumaczenia maszynowe, analiza sentymentu, podpowiadanie tekstu, przetwarzanie języka naturalnego i wiele innych. Wywołują także duże kontrowersje, zwłaszcza związane z możliwością generowania fałszywych informacji lub treści szkodliwych dla człowieka, a nawet mogących zagrozić ludzkości, chociażby poprzez zastępowania ludzi maszynami i oprogramowaniem. Dlatego ważne jest, aby stosować je z odpowiednią ostrożnością i nadzorem.

---

<sup>4</sup> Beerbaum, D. O.: Generative Artificial Intelligence (GAI) with Chat GPT for Accounting a business case. Available at SSRN 4385651, 2023.

Niemniej jednak należy uznać, że modele GPT są znaczącym osiągnięciem w dziedzinie przetwarzania języka naturalnego i znajdują szerokie zastosowanie w wielu dziedzinach, poprawiając interakcje człowiek-maszyna oraz ułatwiając analizę i generowanie treści tekstowych.

## Sformułowanie problemu

Znalezienie odpowiedniego modelu matematycznego i sformułowanie problemu w sposób zrozumiały jest kluczem do znalezienia prawidłowego rozwiązania. W przypadku problemu podróżującego komiwojażera, struktura matematyczna tras jest grafem, w którym każde miasto jest oznaczone punktem (węzłem), a narysowane linie łączące każde dwa węzły to trasa do pokonania. Za każdą linią kryje się odległość, koszt lub czas przejazdu w zależności jaki parametr chcemy optymalizować. Jeśli sprzedawca może dostać się z każdego miasta do każdego do każdego innego miasta, wówczas graf jest kompletny. Podróż w obie strony między miastami odpowiada pewnemu podzbiorowi linii i w teorii grafów nazywana jest trasą lub cyklem Hamiltona. Długość trasy jest sumą długości linii w podróży okrężnej.

W zależności od tego czy kierunek krawędzi jest oznaczony, rozróżnia się symetryczny i asymetryczny problem komiwojażera. Symetryczny problem komiwojażera (STSP) polega na tym, że dla dowolnych miast A i B odległość z A do B jest taka sama jak z B do A. W asymetrycznym problemie komiwojażera (ATSP) odległości w obie strony z miasta A i B te mogą być różne. Aby sformułować asymetryczny ATSP dla ( $n$ ) miast, należy wprowadzić zmienne zero-jedynkowe<sup>5</sup> postaci:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{jeżeli krawędź } i \rightarrow j \text{ należy do trasy} \\ 0 & \text{jeżeli krawędź nie należy do trasy} \end{cases}$$

Biorąc pod uwagę fakt, że każdy węzeł grafu musi mieć dokładnie jedną krawędź skierowaną do niego i jedną skierowaną od niego, otrzymujemy klasyczny problem przydziału. Takie sformułowanie problemu dopuszczałoby istnienie dodatkowych pod-tras, czyli rozłącznych pętli. Z tego powodu poprawne sformułowanie asymetrycznego problemu komiwojażera musi usunąć te pętle, przez dodanie ograniczeń eliminujących<sup>6</sup>.

$$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min$$

oraz

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \text{ dla } i = 1, \dots, n$$

<sup>5</sup> Dantzig, G.B., Fulkerson, D.R., and Johnson, S.M.: "Solution of a Large-scale Traveling Salesman Problem," Operations Research 2, 393–410, 1954.

<sup>6</sup> Balas, E. "The Prize Collecting Traveling Salesman Problem and its Applications," in Gutin, G. and A.P. Punnen, eds., The Traveling Salesman Problem and its Variations, Kluwer, The Netherlands, 663-696, 2002.

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \text{ dla } j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{j \in K} \sum_{i \in K} x_{ij} \leq |K| - 1 \text{ dla każdego } K \in \{1, \dots, n\}$$

gdzie:  $K$  jest niepustym zbiorem miast  $1, \dots, n$  a koszt  $c_{ij}$  może różnić się od kosztu  $c_{ji}$  w zależności od kierunku podróżowania między tymi samymi miastami.

Aby sformułować symetryczny problem komiwojażera należy zauważyć, że kierunek jest nieistotny, więc koszt podróży między miastami  $A$  i  $B$  (czas)  $c_{ij} = c_{ji}$ . Ponieważ kierunek nie ma teraz znaczenia, można rozważyć graf, w którym istnieje tylko jeden łuk (nieukierunkowany) między każdymi dwoma węzłami. Zatem niech  $x_j \in \{0, 1\}$  będzie zmienną decyzyjną, gdzie  $j$  przebiega przez wszystkie krawędzie  $E$  grafu nieskierowanego, a  $c_j$  jest kosztem podróży przez tę krawędź. Aby znaleźć trasę w tym grafie, należy wybrać taki podzbiór krawędzi, aby każdy węzeł był zawarty w dokładnie dwóch z wybranych krawędzi. Problem zgodnie z literaturą<sup>7</sup> może być zatem sformułowany jako:

$$1/2 \sum_{j=1}^n \sum_{k \in J(j)} c_k x_k \rightarrow \min$$

oraz

$$\sum_{k \in J(j)} x_k = 2 \text{ dla } j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{j \in E(K)} x_{ij} \leq |K| - 1 \text{ dla } k \in 1, \dots, n$$

$$x_j = 0 \text{ lub } 1 \text{ dla wszystkich } j \in E$$

gdzie:  $J(j)$  jest zbiorem wszystkich nieskierowanych krawędzi połączonych z węzłem  $j$ , a  $E(K)$  jest podzbiorem wszystkich nieskierowanych krawędzi łączących miasta w dowolnym właściwym, niepustym podzbiórze  $K$  wszystkich miast.

Podsumowując problem komiwojażera związany jest z tzw. cyklem Hamiltona w grafie, tzn. takim cyklem, w którym każdy z wierzchołków danego grafu wystąpi dokładnie jeden raz. Komiwojażer musi odwiedzić  $n$  lokalizacji i ostatecznie wrócić do punktu, z którego wyruszył pokonując jak najkrótszą drogę. Znalezienie właściwego cyklu Hamiltona jest zadaniem trudnym obliczeniowo, ponieważ w grafie pełnym składającym się z 10 wierzchołków, liczba cykli Hamiltona wynosi  $9!$ , czyli 362 880 permutacji. Dla symetrycznego problemu komiwojażera, gdzie  $c_{ij} = c_{ji}$ ,  $\forall i, j$  z  $n$  miastami istnieje  $\frac{(n-1)!}{2}$  możliwych rozwiązań tras. Dla niesymetrycznego TSP z  $n$  miastami istnieje  $(n-1)!$  możliwych rozwiązań tras.

<sup>7</sup> Hoffman, K. L., Padberg, M., & Rinaldi, G.: Traveling salesman problem. Encyclopedia of operations research and management science, 1, 1573-1578, 2013.

W analizowanym dalej przypadku rozpatrywany będzie symetryczny problem komiwożera, ponieważ w praktyce odległości między miastami w obydwie strony pozostają niezmienne.

### Rozwiązanie z użyciem optymalizatora Solver

Rozpatrywany będzie symetryczny Problem Komiwożera (*Symmetric Traveling Salesman Problem - STSP*), zakłada, że odległości między miastami są symetryczne, co oznacza, że odległość z miasta A do miasta B jest taka sama jak odległość z miasta B do miasta A. W celu rozwiązania zagadnienia długość trasy oznaczmy:  $d_{ij}$  jako odległość między miastem  $i$  a miastem  $j$ . Długość trasy  $L$  w problemie komiwożera można obliczyć dla danej permutacji miast  $\pi$  (kolejność ich odwiedzania) jako:

$$L(\pi) = \sum_{i=1}^{n-1} d_{\pi(i),\pi(i+1)} + d_{\pi(n),\pi} \quad (1)$$

gdzie:

- $n$  – liczba miast;
- $\pi(1)$  i  $\pi(n)$  – początkowe i końcowe miasto trasy.

Cel optymalizacji to znalezienie najlepszej permutacji  $\pi$ , która minimalizuje całkowitą długość trasy  $L: \min L(\pi)$ .

Narzędzie Solver umożliwia analizowanie problemów optymalizacji typu: liniowego, nieliniowego, całkowitoliczbowego i binarnego. Użytkownik ma możliwość wskazania właściwej metody rozwiązania problemu optymalizacyjnego. Może wybrać z spośród następujących metod<sup>8</sup>:

- LP Simpleks służącej do rozwiązywania problemów optymalizacji o charakterze liniowym (komórka celu i komórki ograniczeń są tworzone przez dodawanie wyrażeń typu [komórka zmiennej]\*[stała]);
- nieliniowej GRG – komórka celu i/lub niektóre komórki ograniczeń zawierają funkcje nieliniowe i są wyliczane przy użyciu takich operacji jak np. mnożenie, dzielenie, potęgowanie komórek zmiennych czy stosowanie funkcji wykładniczych i trygonometrycznych;
- ewolucyjnej gdzie komórka celu lub niektóre komórki ograniczeń zawierają funkcje nieliniowe odwołujące się do komórek zmiennych.

Implementacja przykładu liczbowego została zrealizowana w arkuszu kalkulacyjnym Excel, optymalizacja funkcji celu przeprowadzona będzie za pomocą optymalizatora Solver (rys. 1). Rozpatrywany jest symetryczny problem komiwożera dla którego liczba możliwych rozwiązań wynosi  $\frac{1}{2}(n-1)!$ .

---

<sup>8</sup> Binek Z., Informatyka w zarządzaniu, Vizja Press & IT, Warszawa, 2007.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	Indeks	Warszawa Kraków	Lublin	Katowice Radom	Kielce	Rzeszów	Rybnik	Elbląg	Płock	Wałbrzych Gorzów	Włocławe	Chorzów	Koszalin				
2	Odstęłość	0	253	153	259	93	153	254	293	239	365	394	140	258	388		
3	Warszawa	0	228	69	172	103	148	100	457	277	441	294	75	526			
4	Kraków	253	0	228	0	273	100	142	312	387	443	528	275	540			
5	Lublin	153	228	0	273	100	142	141	312	387	443	528	275	540			
6	Katowice	259	69	273	0	197	133	214	39	434	259	380	266	6	478		
7	Radom	93	172	100	197	0	70	163	235	328	162	348	431	199	198	456	
8	Kielce	153	103	142	133	70	0	134	171	375	197	306	424	225	134	476	
9	Rzeszów	254	148	141	214	163	134	0	247	491	322	414	557	355	219	609	
10	Rybnik	239	100	312	39	235	171	247	0	455	284	177	372	287	37	483	
11	Elbląg	239	457	387	434	328	375	491	455	0	180	432	318	169	430	210	
12	Płock	95	277	244	259	162	197	322	284	180	0	308	302	45	255	297	
13	Wałbrzych	365	271	443	202	348	306	414	177	432	308	0	230	284	196	381	
14	Gorzów_w	394	441	528	380	431	424	557	372	318	302	230	0	258	373	174	
15	Włocławek	140	294	286	266	199	225	355	287	169	45	284	258	0	262	257	
16	Chorzów	258	75	275	6	198	134	219	37	430	255	196	373	262	0	472	
17	Koszalin	388	526	540	478	456	476	609	483	210	297	381	174	257	472	0	
18																	
19	Indeks nie- optymalny	5	11	3	12	7	15	6	13	2	9	4	10	14	1	8	
20	Indeks optymalny	10	13	9	15	12	11	8	14	4	2	6	7	3	5	1	
21	Odstęłość	45	169	210	174	230	177	37	6	69	103	134	141	100	93	0	
22																	
23																MAX	5729
24																MIN	1688

Rys. 1. Szablon przykładu rozwiązania w arkuszu kalkulacyjnym Excel

Źródło: <https://www.najlepszetrasy.com/tabele-odleglosci-miedzy-miastami/pl/>

Aby Solver mógł dokonać optymalizacji trasy przejazdu kierowcy należy w komórkach B21:P21 wprowadzić funkcję INDEKS. Przykład składni tej funkcji dla komórki B21 wygląda następująco  $B21=INDEKS(\$B\$3:\$P\$17;B20;C20)$ , następnie powielamy formułę na cały wiersz. Aby ją wykonać, Excel z tabeli tablicy odległości wartość komórki wyznaczonej z przecięcia podanego numeru wiersza i numeru kolumny, czyli innymi słowy odczyta z tabeli wartość odległości między wskazanymi miastami<sup>9</sup>.

Pozostałe ustawienia Solvera pokazano na rys. 2, wybrana metoda rozwiązania to algorytm ewolucyjny. Idea algorytmów genetycznych (ewolucyjnych) opiera się na teorii ewolucji Darwina. W praktyce oznacza to, że algorytmy te bazują na statystycznej zbieżności rozwiązań podlegających losowym modyfikacjom. Pojawiające się w literaturze coraz bardziej wyspecjalizowane mechanizmy ewolucyjne powodują, że metody te stanowią silniejszą konkurencję dla dotychczas stosowanych metod optymalizacji. Pozostałe parametry Solvera pozostawiamy jako domyślne. Funkcja celu obliczana jest w komórkach P23 i P24, gdzie widać minimalną i maksymalną możliwą trasę przy odwiedzeniu wszystkich 15 miast na mapie<sup>10</sup>.

Wybór przez użytkownika algorytmu optymalizacji pozwala skrócić obliczenia, jest przydatny gdy model w arkuszu jest bardzo złożony, a obliczenia mogłyby zająć wiele czasu. Wskazanie właściwej metody w oknie programu znacznie przyspiesza proces rozwiązywania zadania. Po określeniu komórki celu, komórek zmiennych i warunków ograniczających można rozpocząć rozwiązywanie problemu. Solver wyszuka wszystkie rozwiązania dopuszczalne i wybierze najlepsze z nich, czyli rozwiązanie optymalne. Na podstawie danych internetowych ([www.najlepszetrasy.com/tabele-odleglosci-miedzy-miastami/pl](http://www.najlepszetrasy.com/tabele-odleglosci-miedzy-miastami/pl)) zaprojektowania szablon rozwiązania w arkuszu kalkulacyjnym (rys. 1). W macierzy przedstawiono szacunkowe odległości dla 15 wybranych miast, którym nadano indeksy liczbowe od 1 do 15 dla kolejnych miast. Warszawa posiada indeks 1, Kraków 2, Lublin 3 itd. Przypisanie indeksów liczbowych do miast będzie wykorzystane do obliczenia długości trasy przejazdu. W optymalnej permutacji całkowita droga będzie najkrótsza, a indeksy liczbowe będą wskazywały kolejność odwiedzanych miast. W dolnej części rysunku 1 można zaobserwować indeks optymalnej i nieoptymalnej drogi dla komiwojażera. Kolejność liczb została ustalona z wykorzystaniem arkusza kalkulacyjnego. Wiersze indeksów stanowią komórki zmienne i są wartościami poszukiwanymi w taki sposób, aby uzyskać jak najkrótszą całkowitą długość trasy. MS Excel wyliczy ją automatycznie za pomocą wprowadzonej funkcji SUMY(B19:P19) dla wartości maksymalnej i (B20:P20) dla wartości minimalnej i wyświetli odpowiednio w komórkach P23 i P24. Wartości komórek P23 i P24 odpowiadają całkowitej długości trasy maksymalnej lub minimalnej, są jednocześnie komórkami funkcji celu. Ustawienia parametrów optymalizatora Solver pokazano na rysunku 2.

---

<sup>9</sup> Sołtysik M., Zarządzanie logistyczne, AE Katowice, Katowice, 2003.

<sup>10</sup> Winston Wayne L., Microsoft Excel 2010 Analiza i modelowanie danych biznesowych, APN Promise, Warszawa, 2011.

Parametry dodatku Solver

Ustaw cel:

Na:  Maks  Min  Wartość:

Przez zmienianie komórek zmiennych:

Podlegających ograniczeniom:

Ustaw wartości nieujemne dla zmiennych bez ograniczeń

Wybierz metodę rozwiązywania:

Metoda rozwiązywania  
 W przypadku gładkich nieliniowych problemów dodatku Solver wybierz aparat nieliniowy GRG. Dla liniowych problemów dodatku Solver wybierz aparat LP simpleks, natomiast w przypadku problemów, które nie są gładkie, wybierz aparat ewolucyjny.

$$\frac{1}{2} \sum_{j=1}^n \sum_{k \in J(j)} c_k x_k \rightarrow \min$$

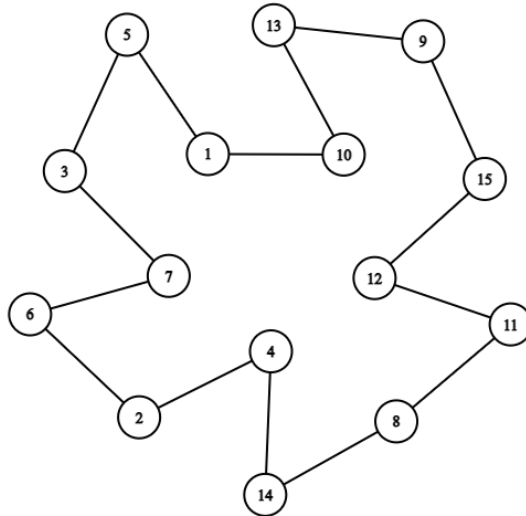
$$\sum_{k \in J(j)} x_k = 2 \text{ dla } j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{j \in B(k)} x_{ij} \leq |K| - 1 \text{ dla } k \in 1, \dots, n$$

$$L(\pi) = \sum_{i=1}^{n-1} d_{\pi(i), \pi(i+1)} + d_{\pi(n), \pi(1)}$$

Warunek ograniczający rozwiązanie, każda wartość z indeksu wystąpi tylko jeden raz bez powtórzeń.

Rys. 2. Parametry optymalizatora



Rys. 3. Propozycja trasy optymalnej obliczona przez MS Excel

Źródło: opracowania własne

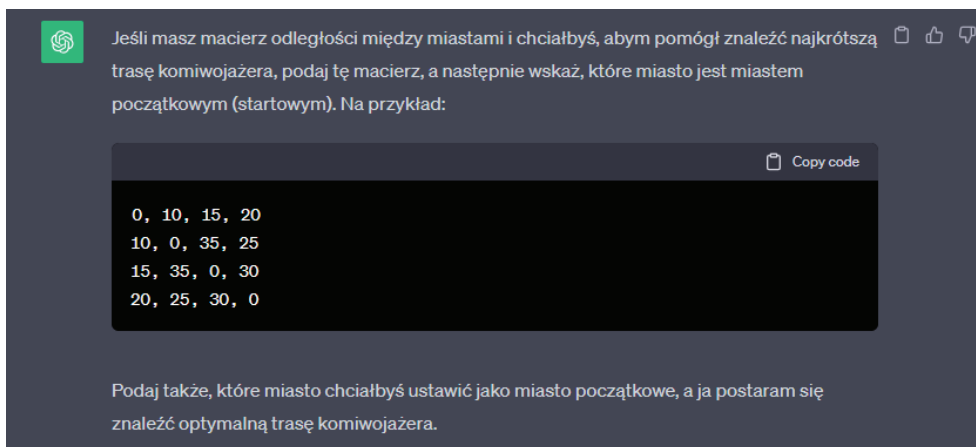


Można zauważyć (rys. 2) że z listy rozwijanej wybrana została metoda ewolucyjna, najlepsza dla tego typu problemów. Ograniczenie czasowe ustawiono na 10 s. bez poprawy znalezienia kolejnego lepszego rozwiązania.

W wyniku obliczeń uzyskano minimalną długość trasy **wynoszącą 1688 km**. Natomiast, maksymalna trasa bez optymalizacji mogłaby wynosić aż 5729 km. Aby zinterpretować w jakiej kolejności odwiedzać miasta należy poruszać się w pętli obliczonych wartości indeksów oznaczających miasta. Można rozpocząć trasę od na przykład indeksu z liczbą 10 dalej 13, 9, ..., itd. Jeżeli kierowca rozpocznie jazdę od liczby 1 dalej będzie 5, 3, 7, ...itd. Kierowca może rozpocząć jazdę od dowolnej liczby w grafie i poruszać się w jedną lub drugą stronę jak pokazano na rysunku 3.

### Chat GPT w rozwiązywaniu problemu komiwojażera

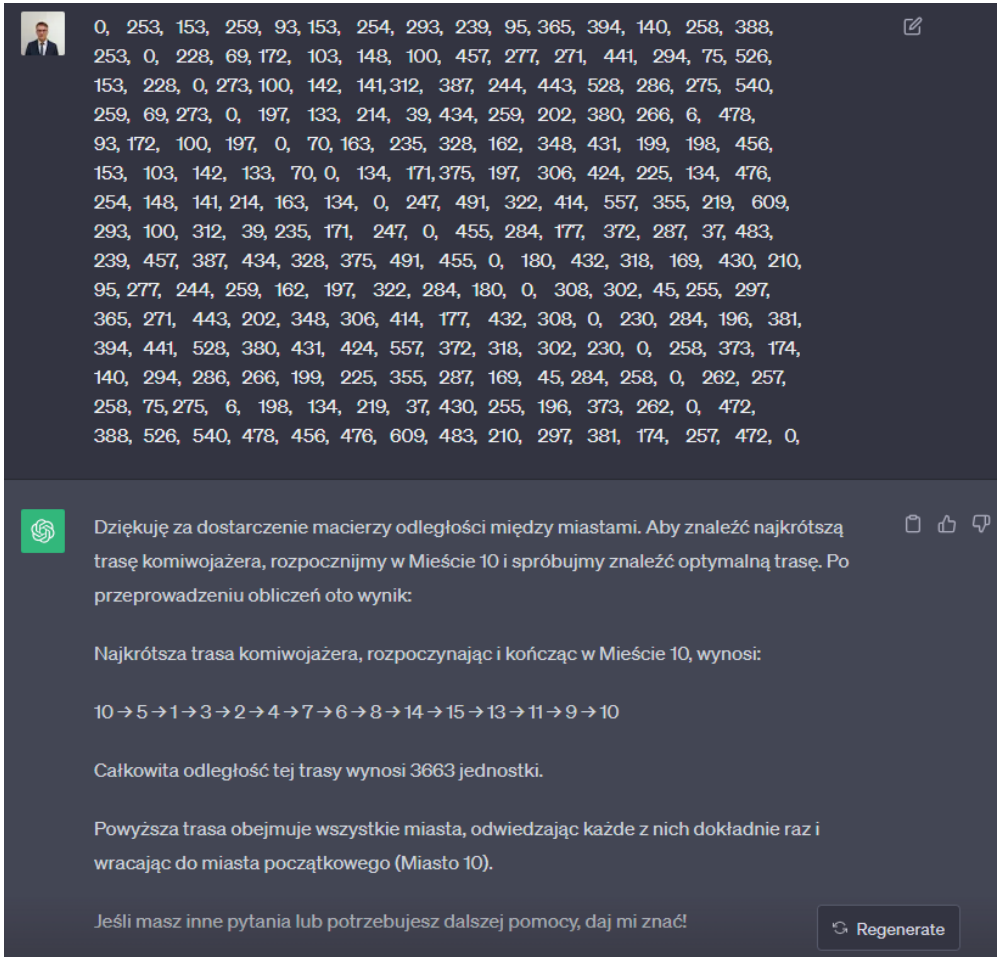
Drugim testowanym narzędziem był ogólnodostępny, bezpłatny model językowy oparty na sztucznej inteligencji (AI), Chat GPT ver. 3.5. Po wprowadzeniu kilku pytań testowych model AI zweryfikował format macierzy z danymi liczbowymi jakie może przyjąć (rys. 4). Następnie zadano kilka pytań dotyczących metod optymalizacji tras oraz zagadnienia komiwojażera. Domyślnie sztuczna inteligencja generowała kody źródłowe służące jako metody numeryczne w różnych językach programowania dla rozwiązywania problemów optymalizacyjnych.



Rysunek 4. Propozycja trasy optymalnej obliczona przez MS Excel

Do modelu językowego GPT wprowadzono dane jako standardowy format tablicy rozdzielonej przecinakami. Liczby rozdzielone przecinkami to odległości między miastami, takie same jak z wcześniej użyte w testowanym na algorytmach ewolucyjnych arkusza kalkulacyjnym (rys. 1). Kompletność macierzy z danymi i potwierdzenie ich przyjęcia zostało potwierdzone komunikatem (rys. 5). W pierwszym podejściu do optymalizacji sztuczna inteligencja od razu obliczyła najkrótszą według niej trasę i podała kolejność odwiedzanych miast. W pierwszym podejściu AI oszacowała całkowitą długość trasy na 3663 km. Trasa

była dużo dłuższa niż w przypadku obliczeń w arkuszu Excel. Wynik okazał się nieoptymalny, a rozbieżność między wcześniej testowanym optymalizatorem Solver opartym na algorytmach genetycznych była na tyle duża, że wykonano drugie podejście.



0, 253, 153, 259, 93, 153, 254, 293, 239, 95, 365, 394, 140, 258, 388, 253, 0, 228, 69, 172, 103, 148, 100, 457, 277, 271, 441, 294, 75, 526, 153, 228, 0, 273, 100, 142, 141, 312, 387, 244, 443, 528, 286, 275, 540, 259, 69, 273, 0, 197, 133, 214, 39, 434, 259, 202, 380, 266, 6, 478, 93, 172, 100, 197, 0, 70, 163, 235, 328, 162, 348, 431, 199, 198, 456, 153, 103, 142, 133, 70, 0, 134, 171, 375, 197, 306, 424, 225, 134, 476, 254, 148, 141, 214, 163, 134, 0, 247, 491, 322, 414, 557, 355, 219, 609, 293, 100, 312, 39, 235, 171, 247, 0, 455, 284, 177, 372, 287, 37, 483, 239, 457, 387, 434, 328, 375, 491, 455, 0, 180, 432, 318, 169, 430, 210, 95, 277, 244, 259, 162, 197, 322, 284, 180, 0, 308, 302, 45, 255, 297, 365, 271, 443, 202, 348, 306, 414, 177, 432, 308, 0, 230, 284, 196, 381, 394, 441, 528, 380, 431, 424, 557, 372, 318, 302, 230, 0, 258, 373, 174, 140, 294, 286, 266, 199, 225, 355, 287, 169, 45, 284, 258, 0, 262, 257, 258, 75, 275, 6, 198, 134, 219, 37, 430, 255, 196, 373, 262, 0, 472, 388, 526, 540, 478, 456, 476, 609, 483, 210, 297, 381, 174, 257, 472, 0,

Dziękuję za dostarczenie macierzy odległości między miastami. Aby znaleźć najkrótszą trasę komiwojażera, rozpoczynamy w Mieście 10 i spróbujemy znaleźć optymalną trasę. Po przeprowadzeniu obliczeń oto wynik:

Najkrótsza trasa komiwojażera, rozpoczynając i kończąc w Mieście 10, wynosi:

10 → 5 → 1 → 3 → 2 → 4 → 7 → 6 → 8 → 14 → 15 → 13 → 11 → 9 → 10

Całkowita odległość tej trasy wynosi 3663 jednostki.

Powyższa trasa obejmuje wszystkie miasta, odwiedzając każde z nich dokładnie raz i wracając do miasta początkowego (Miasto 10).

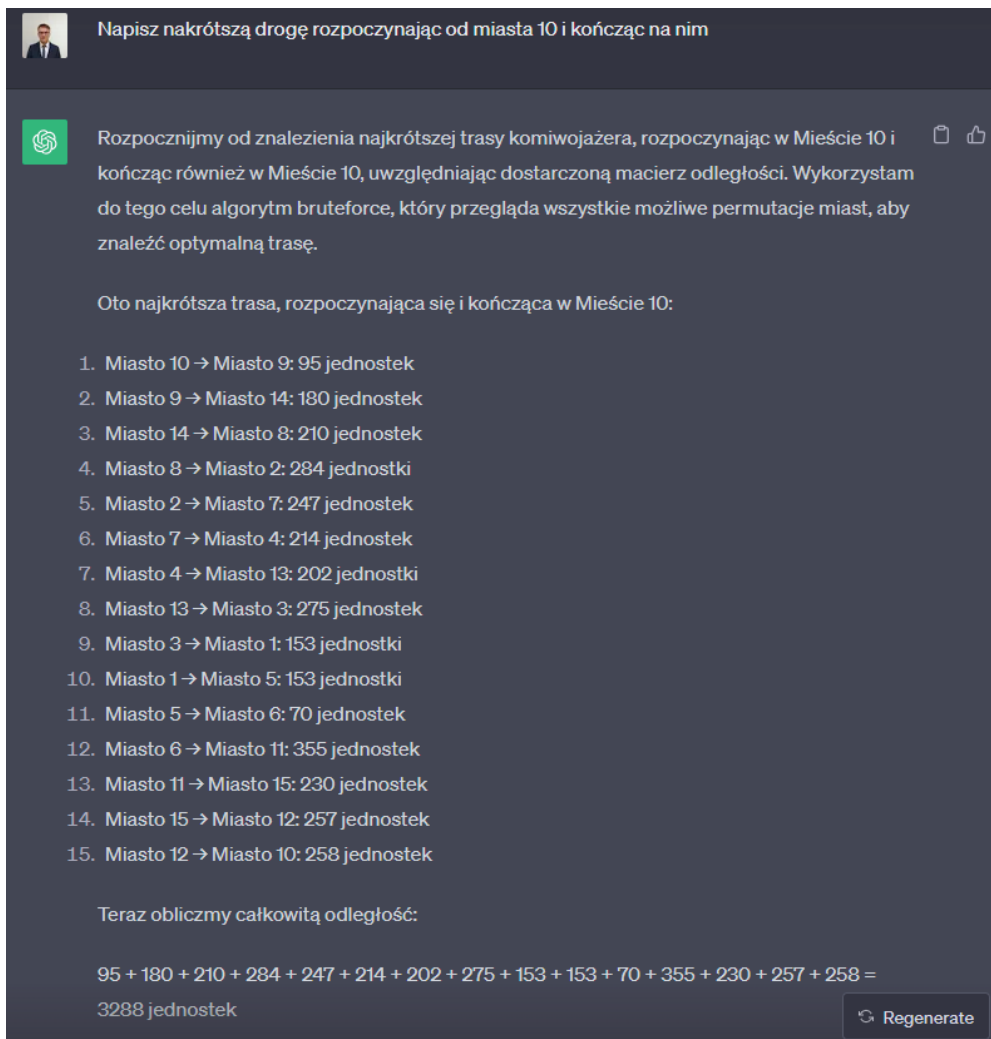
Jeśli masz inne pytania lub potrzebujesz dalszej pomocy, daj mi znać!

Regenerate

Rys. 5. Obliczenie trasy optymalnej - pierwsze podejście

W drugim podejściu (rys. 6) model językowy AI również udzielił bardzo niedokładnej odpowiedzi. Według modelu GPT najkrótsza trasa wynosiła 3288 jednostek. Mimo potwierdzenia kompletności wczytanych danych z macierzy, model GPT nie był w stanie prawidłowo odpowiadać na zapytania dotyczące jednostkowych odległości między miastami. Dla zapytań o pojedyncze odległości pomiędzy miastami albo o wskazanie liczby na przecięciu określonego wiersza i kolumny chat GPT udzielał nieprawidłowych odpowiedzi, już przy macierzy kwadratowej o wymiarze 15x15. W przypadku małej macierzy 5x5 sztuczna inte-

ligencja wskazywała prawidłowe odległości między miastami. Należy pamiętać, że testowano bezpłatną wersję GPT 3.5 która posiada pewne ograniczenia, jednak mimo wszystko rozbieżności między MS Excel Solver były bardzo duże, a macierz 15x15 nie powinna stanowić problemu, ponieważ na wcześniejsze zapytanie: jak duże macierze możesz analizować, padła odpowiedź: 512x512. Podsumowując wyniki dostarczane przez GPT w badanej wersji były nieakceptowalne.



Napisz najkrótszą drogę rozpoczynając od miasta 10 i kończąc na nim

Rozpocznijmy od znalezienia najkrótszej trasy komiwojażera, rozpoczynając w Mieście 10 i kończąc również w Mieście 10, uwzględniając dostarczoną macierz odległości. Wykorzystam do tego celu algorytm brute force, który przegląda wszystkie możliwe permutacje miast, aby znaleźć optymalną trasę.

Oto najkrótsza trasa, rozpoczynająca się i kończąca w Mieście 10:

1. Miasto 10 → Miasto 9: 95 jednostek
2. Miasto 9 → Miasto 14: 180 jednostek
3. Miasto 14 → Miasto 8: 210 jednostek
4. Miasto 8 → Miasto 2: 284 jednostki
5. Miasto 2 → Miasto 7: 247 jednostek
6. Miasto 7 → Miasto 4: 214 jednostek
7. Miasto 4 → Miasto 13: 202 jednostki
8. Miasto 13 → Miasto 3: 275 jednostek
9. Miasto 3 → Miasto 1: 153 jednostki
10. Miasto 1 → Miasto 5: 153 jednostki
11. Miasto 5 → Miasto 6: 70 jednostek
12. Miasto 6 → Miasto 11: 355 jednostek
13. Miasto 11 → Miasto 15: 230 jednostek
14. Miasto 15 → Miasto 12: 257 jednostek
15. Miasto 12 → Miasto 10: 258 jednostek

Teraz obliczmy całkowitą odległość:

$$95 + 180 + 210 + 284 + 247 + 214 + 202 + 275 + 153 + 153 + 70 + 355 + 230 + 257 + 258 =$$

3288 jednostek

Regenerate

Rys. 6. Obliczenie trasy optymalnej - drugie podejście

Źródło: opracowania własne

Jak wynika z prowadzonej konwersacji z chatem (rys. 6.) mimo, iż model językowy „rozumiał problem”, który dotyczył rozwiązania zagadnienia komiwojażera, jednak na podstawie uzyskanych wyników obliczeń można stwierdzić, że do tego zadania okazał się zupełnie nieprzydatny w testowanej bezpłatnej wersji. Proponowane sekwencje odwiedzania miast zarówno w pierwszym jak i w drugim podejściu okazały się bardzo nieoptymalne (losowe) i nieużyteczne dla zarządzających transportem w realnym przedsiębiorstwie. Po przeprowadzeniu kolejnych zapytań wynik nie ulegał poprawie i był podobny, a odległość całkowita dla podanych sekwencji miast często była błędna.

W ramach testów wykonano jeszcze kilka podejść, ale ponowne zapytania skutkowały również błędnymi odpowiedziami ze strony AI.

## Podsumowanie

Zastosowanie narzędzi informatycznych w planowaniu tras odgrywa kluczową rolę w efektywnym zarządzaniu logistyką i transportem. Dzięki zaawansowanym technologiom informatycznym można tworzyć optymalne trasy dla pojazdów, co przekłada się na oszczędność czasu, pieniędzy i zasobów. Systemy informacyjne oraz aplikacje oparte na danych geograficznych (GIS, GPS) pozwalają na uwzględnienie wielu czynników, takich jak ruch drogowy, ograniczenia czasu pracy kierowców czy priorytety dostaw. W rezultacie firmy transportowe, dostawcy oraz przedsiębiorstwa logistyczne mogą zoptymalizować swoje operacje, zwiększając efektywność i satysfakcję klientów. Ponadto, narzędzia informatyczne umożliwiają monitorowanie i aktualizację tras w czasie rzeczywistym, co pomaga w radzeniu sobie z niespodziewanymi problemami i dostosowywaniu planów do zmieniających się warunków. Wnioskiem jest, że zastosowanie technologii informatycznych, które nie są oparte na bieżącej analizie online danych geograficznych w planowaniu tras jest nieefektywne, ponieważ warunki na drodze mogą zmieniać się bardzo dynamicznie. Kluczowe dla poprawy wydajności i konkurencyjności w dziedzinie logistyki i transportu jest stałe monitorowanie ruchu, które umożliwiają współczesne aplikacje oparte na realnych mapach i danych rzeczywistych online i tu jest duże pole do zastosowania AI.

Z przeprowadzonej analizy porównawczej optymalizatora Solver zaimplementowanego w arkuszu kalkulacyjnym z modelem GPT 3.5 opartym na sztucznej inteligencji wynika, że w testowanej wersji chat GPT zupełnie nie nadaje się do rozwiązywania tego typu zadań. AI oblicza nieoptymalne (przypadkowe) trasy i błędnie interpretuje dane z macierzy odległości, mimo potwierżeń o kompletności wczytanych danych. W związku z tym, że testowano bezpłatną wersję GPT, nie można bezwarunkowo przyjąć tezy, że algorytmy tego narzędzia nie radzą sobie problemem optymalizacji tras. W wersjach płatnych GPT z zastosowaniem interpreterów kodu i z dostępem do wizualizacji danych, problemy optymalizacyjne nie powinny być problemem.

W przypadku arkusza kalkulacyjnego i optymalizatora Solver, algorytmy ewolucyjne bardzo dobrze radzą sobie z postawionym problemem i szybko udzielają odpowiedzi suboptymalnej, zbliżonej do optymalnej. Odgraniczenie optymalizatora zostało ustawione na 10 sekund bez poprawy wyniku i w tym czasie uzyskano zadowalające wyniki. W ramach kolejnych testów zwiększania czasu do 20 sekund (bez poprawy wyniku), stwierdzono, że

dalsze zwiększanie czasu na odpowiedź nie przynosi znacznej poprawy wyniku, a tylko wydłuża obliczenia.

## Bibliografia

- Baj-Rogowska, A.: Planowanie tras z wykorzystaniem narzędzia Solver, jako zadanie logistyczne w małej firmie. Optymalizacja systemów i procesów logistycznych, 169-178, 2013.
- Balas, E.: "The Prize Collecting Traveling Salesman Problem and its Applications," in Guttin G. and A.P. Punnen., The Traveling Salesman Problem and its Variations, Kluwer, The Netherlands, 663-696, 2002.
- Beerbaum, D. O.: Generative Artificial Intelligence (GAI) with Chat GPT for Accounting a business case. Available at SSRN 4385651, 2023.
- Binek Z., Informatyka w zarządzaniu, Vizja Press & IT, Warszawa, 2007.
- Dantzig, G.B., Fulkerson, D.R., and Johnson, S.M.: "Solution of a Large-scale Traveling Salesman Problem," Operations Research 2, 393-410, 1954.
- Handzel, Z., Gajer, M.: Zastosowanie algorytmu genetycznego z operatorem inwersji genów w celu poszukiwania rozwiązania problemu komiwojażera, 2013.
- Hoffman, K. L., Padberg, M., & Rinaldi, G.: Traveling salesman problem. Encyclopedia of operations research and management science, 1, 1573-1578, 2013.
- Sołtysik M., Zarządzanie logistyczne, AE Katowice, Katowice, 2003.
- Widuch, J.: Algorytmy optymalizacji tras przejazdu pojazdów. Studia Informatica, 32(4A), 83-111, 2011.
- Winston Wayne L., Microsoft Excel 2010 Analiza i modelowanie danych biznesowych, APN Promise, Warszawa, 2011.

*Adres do korespondencji: i.kaczmar@pansp.pl*  
ORCID: Ireneusz Kaczmar 0000-0002-5394-1168  
ORCID: Agata Pudlak 0009-0009-5105-1354

# WYBRANE ASPEKTY ZARZĄDZANIA GOSPODARKĄ LEŚNĄ NA PRZYKŁADZIE NADLEŚNICTWA BIRCZA

Ireneusz Kaczmar<sup>1</sup>, Agata Pudlak<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instytut Nauk Technicznych, Państwowa Akademia Nauk Stosowanych w Przemysłu

## Wstęp

Potencjał produkcyjny każdego województwa jest uzależniony od stopnia i kierunku wykorzystania zasobów leśnych, a także rozwojem ogólnym społeczeństwa. Im wyższy jest poziom techniki produkcyjnej, tym bardziej uporządkowany jest proces zmian i przekształceń organizacyjnych w sferze pozyskania i dostaw drewna do odbiorcy. Indywidualne rozwiązania techniczno-organizacyjne zapewniają rytmiczne funkcjonowanie wielu dziedzin życia gospodarczego kraju.

Gospodarka leśna jest kompleksowym procesem zarządzania lasami w sposób zrównoważony, który ma na celu wykorzystanie ich zasobów przy zachowaniu ochrony środowiska. Gospodarka leśna obejmuje aspekty ekonomiczne, jak i ekologiczne, a także społeczne.

Kluczowym elementem zarządzania zapasami leśnymi jest równowaga między pozyskaniem drewna, a odnawianiem drzewostanów. Gałęziami gospodarki leśnej jest łowiectwo, ochrona runa leśnego i roślin leczniczych, a także ochrona wody, gleby i powietrza.

Centralne planowanie i systematyczne działania monitorujące eksploatację zasobów leśnych, przyczyniają się do rozwoju procesu zagospodarowania lasu, a tym samym pozytywnie wpływają na stan środowiska naturalnego. Na przykładzie Państwowego Gospodarstwa Leśnego w Nadleśnictwie Bircza, przeanalizowany zostanie proces planowania, zagospodarowania wraz z prawnymi wytycznymi, tworząc łańcuch logistyczny w gospodarce leśnej<sup>1</sup>.

## Przegląd wiedzy w zakresie zarządzania gospodarką leśną w Polsce

Ustawa o Lasach z dnia 28 września 1991 roku podaje definicję gospodarki leśnej jako „działalność leśną w zakresie urządzania, ochrony i zagospodarowania lasu, utrzymania i powiększania zasobów i upraw leśnych, gospodarowania zwierzyną, pozyskiwania – z wyjątkiem skupu – drewna, żywicy, choinek, karpiny, kory, igliwia, zwierzyny oraz płodów runa

---

<sup>1</sup> Holeksa, J., Mirek, Z.: Wielofunkcyjna gospodarka leśna – mit czy rzeczywistość. W: Wielofunkcyjna gospodarka leśna wobec oczekiwań przemysłu drzewnego i ochrony przyrody. Materiały, 119, 2019.

leśnego, a także sprzedaż tych produktów oraz realizację pozaprodukcyjnych funkcji lasu” (Art. 6 ust. 1 pkt. 1 ustawy o lasach).

Gospodarka leśna jest częścią gospodarki narodowej i obejmuje użytkowanie lasów na 76,9% powierzchni leśnej w Polsce należących do zarządu instytucji państwowej Państwowe Gospodarstwo Leśne Lasy Państwowe.

Gospodarkę leśną prowadzi się według następujących zasad:

- powszechnej ochrony lasów,
- trwałości utrzymania lasów,
- ciągłości i zrównoważonego wykorzystania wszystkich funkcji lasów,
- powiększania zasobów leśnych.

Według stanu w dniu 31 grudnia 2021 r., powierzchnia gruntów leśnych wynosiła 9467,5 tys. ha, w tym lasy zajmowały obszar 9264,7 tys. ha i stanowiły 29,6% powierzchni kraju. W 2021 r. wykonano odnowienia lasów na powierzchni 65,8 tys. ha, zaś zalesienia objęły obszar 0,6 tys. ha. Od wielu lat powierzchnia lasów w kraju ulega systematycznemu zwiększaniu. W 2021r., w stosunku do roku poprzedniego, odnotowano wzrost (o 6,5%) pozyskania drewna ogółem do poziomu 42244,2 tys.m<sup>3</sup>, w tym grubizny (o 6,9%) do 40691,6 tys. m<sup>3</sup>.<sup>2</sup>

Tabela 1. Powierzchnia gruntów leśnych (stan na 31 grudnia 2021 r.)

Wyszczególnienie	Rok 2020	Rok 2021
Ogółem w tys. ha	9464,2	9467,5
Lasy	9260,3	9264,7
Publiczne	7474,6	7478,8
- w tym w zarządzie Lasów Państwowych	7121,4	7125,1
Prywatne	1785,7	1785,9
Grunty związane z gospodarką leśną	203,9	202,9
Lesistość w (%)	29,6	29,6
Powierzchnia lasów na 1 mieszkańca w ha	0,242	0,243

*Źródło: GUS, Rocznik statystyczny leśnictwa, Warszawa 2021r.*

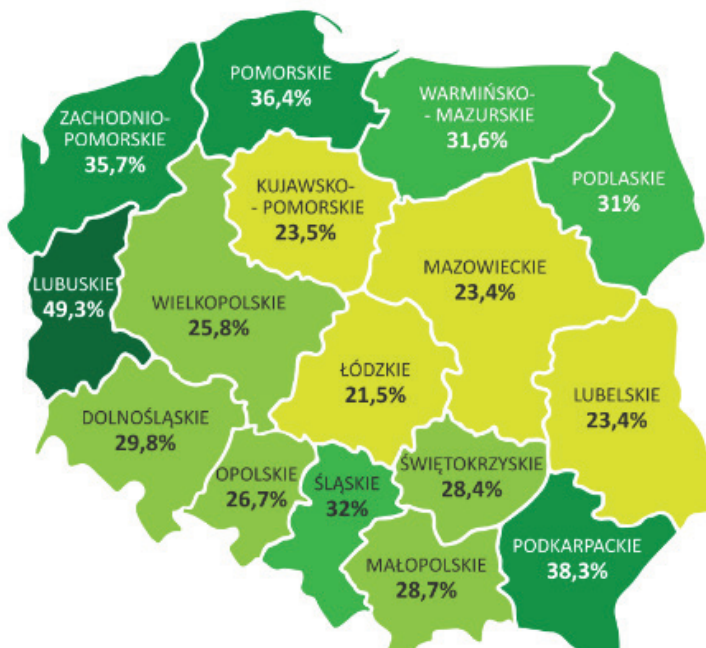
<sup>2</sup> Plan urządzenia lasu ogólny opis lasów nadleśnictwa Bircza na lata 2017 – 2026, Regionalna Dyrekcja Lasów Państwowych w Krośnie, Przemyśl, 2017r.



Tabela 2. Powierzchnia gruntów leśnych i lesistość według województw w 2020 r. (stan w dniu 31 grudnia)

WOJEWÓDZTWA VOIVODSHIPS	Powierzchnia gruntów leśnych Forest land										Lesistość Forest cover					
	ogółem grand total	lasy forests									grunty związane z gospodarką leśną land connected with silviculture	w % powierzchni lądowej in % of land area	lokata position			
		razem total	lasy publiczne public forests						lasy prywatne private forests	własność gmin gmina owned				w % in %		
			razem total	w tym of which			własność Skarbu Państwa owned of the State Treasury	w tym w zarządzie of which managed by							Lasów Państwowych the State Forests	parków narodowych national parks
				razem total	w tym w zarządzie of which managed by											
					Lasów Państwowych the State Forests	parków narodowych national parks										
w tys. ha in thousand ha																
<b>P O L S K A</b> .....	<b>9464,2</b>	<b>9260,3</b>	<b>7474,6</b>	<b>7369,4</b>	<b>7121,4</b>	<b>183,5</b>	<b>84,0</b>	<b>1785,7</b>	<b>203,9</b>	<b>30,9</b>	<b>29,6</b>	.				
<b>P O L A N D</b>																
Dolnośląskie .....	611,8	595,6	573,5	566,4	552,0	10,0	7,1	22,1	16,2	31,0	29,9	8				
Kujawsko-pomorskie ...	432,2	422,2	372,6	369,0	367,7	—	3,6	49,7	10,0	24,7	23,5	13				
Lubelskie .....	596,0	587,4	346,3	344,9	328,9	12,2	1,4	241,1	8,6	23,9	23,4	15				
Lubuskie .....	710,3	690,0	676,8	674,8	668,3	4,6	2,0	13,1	20,4	51,7	49,3	1				
Łódzkie .....	397,5	390,2	256,5	249,6	247,0	0,1	3,3	133,7	7,3	22,0	21,4	16				
Małopolskie .....	439,3	434,5	245,2	227,2	199,2	24,9	11,7	189,3	4,8	29,4	28,6	9				
Mazowieckie .....	845,3	833,3	458,5	455,6	420,3	26,9	2,4	374,8	12,0	24,1	23,4	14				
Opolskie .....	257,9	251,0	238,0	234,1	232,9	—	1,5	13,0	6,9	27,8	26,7	11				
Podkarpackie .....	691,8	682,1	560,8	533,0	489,1	40,9	27,7	121,3	9,7	39,2	38,2	2				
Podlaskie .....	634,8	624,9	419,0	417,3	381,5	33,0	1,5	205,8	10,0	31,9	31,0	7				
Pomorskie .....	685,0	667,2	590,0	586,7	573,2	9,9	3,3	77,1	17,8	39,0	36,4	3				
Śląskie .....	405,8	395,8	316,7	313,0	306,0	—	3,6	79,1	10,0	33,4	32,1	5				
Świętokrzyskie .....	338,0	331,3	236,4	234,9	225,2	7,1	1,2	94,9	6,7	29,1	28,3	10				
Warmińsko-mazurskie	787,1	766,9	703,3	699,6	694,2	—	3,4	63,5	20,2	34,5	31,7	6				
Wielkopolskie .....	788,8	769,0	684,7	671,8	662,6	5,1	5,7	84,3	19,8	26,8	25,8	12				
Zachodniopomorskie ...	842,6	819,1	796,3	791,5	773,4	8,9	4,5	22,8	23,5	38,8	35,8	4				

Źródło: GUS, Rocznik statystyczny leśnictwa, Warszawa 2021r.



Rys. 1. Mapa lasistości w Polsce

Źródło: Źródło Eduexpert Sp. z o.o., CC BY-SA 3.0

### Charakterystyka badanego nadleśnictwa

Nadleśnictwo Bircza jest Nadleśnictwem trzy obrębowym. Administracyjnie podlega Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Krośnie. Obszar Nadleśnictwa graniczy z następującymi jednostkami LP:

- od północy z Nadleśnictwem Krasieczyn,
- od południowego zachodu z Nadleśnictwem Brzozów,
- od południa z Nadleśnictwem Ustrzyki,
- od północnego zachodu z Nadleśnictwem Kańczuga,
- od zachodu z Nadleśnictwem Dynów.

Od wschodu Nadleśnictwo graniczy z Ukrainą. Zasięg terytorialny Nadleśnictwa Bircza i obrębów leśnych zestawiono w tabeli zamieszczonej poniżej.<sup>3</sup>

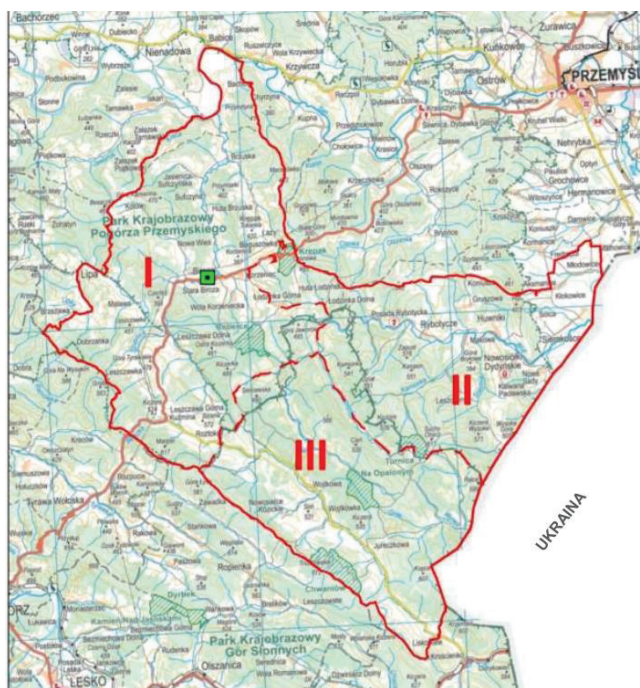
<sup>3</sup> Plan urządzenia lasu ogólny opis lasów nadleśnictwa Bircza na lata 2017-2026, Regionalna Dyrekcja Lasów Państwowych w Krośnie, Przemyśl, 2017r.

Tabela 3. Terytorium Nadleśnictwa Bircza i obrębów leśnych

Obręb leśny	Kod SILP	Grunty:	
		PGL LP	Zasięg terytorialny
		powierzchnia	
		ha	km <sup>2</sup>
Bircza	04-02-1	10942,48	203,89
Nowe Sady	04-02-2	8663,14	151,49
Wojtkowa	04-02-3	10205,23	148,11
<b>Nadleśnictwo Bircza</b>	<b>04-02-</b>	<b>29810,85</b>	<b>503,49</b>

Źródło: Regionalna Dyrekcja Lasów Państwowych w Krośnie

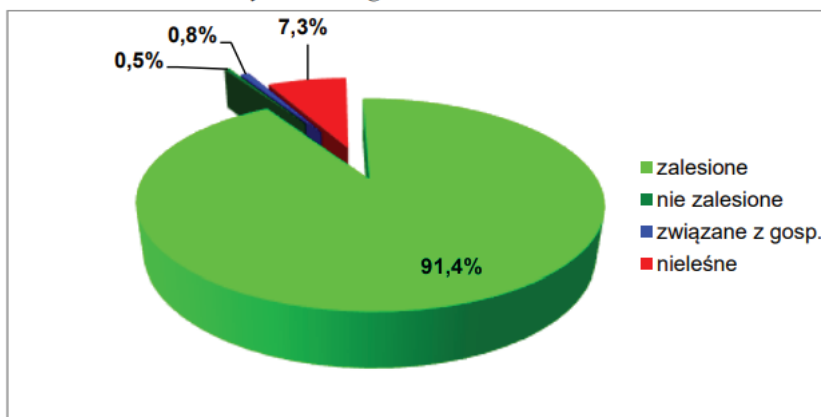
Nadleśnictwo położone jest w południowo-wschodniej części województwa podkarpackiego, w powiatach bieszczadzkiem i przemyskim. Obejmuje gminy i części gmin: Ustrzyki Dolne (obszar wiejski), Bircza, Fredropol, Krasiczyn i Krzywcz. Nadleśnictwo Bircza składa się z 21 leśnictw.



Rys. 2. Mapa terytorialnego zasięgu działania Nadleśnictwa Bircza

Źródło: Regionalna Dyrekcja Lasów Państwowych w Krośnie

Numerem I na rysunku 2 przedstawiono obszar obrębu leśnego Bircza. Numerem II obręb Nowe Sady, natomiast numerem III obręb leśny Wojtkowa.



Rys. 3. Struktura użytkowania gruntów w Nadleśnictwie Bircza

*Źródło: Regionalna Dyrekcja Lasów Państwowych w Krośnie*

Na gruntach w zarządzie Nadleśnictwa Bircza dominującą formą użytkowania są lasy – zajmują 92,70% powierzchni wszystkich gruntów. Pozostałą część terenu zajmują grunty nieleśne (7,30%), spośród których największy udział mają użytki rolne 4,93%.<sup>4</sup>

### Wybrane zagadnienia dotyczące technologii pozyskiwania drewna

Istnieją dwa kierunki dotyczące organizacji i techniki pozyskiwania wyróbki sortymentów drzewnych w badanym nadleśnictwie. Pierwszy z nich zakłada, że całkowita wyróbka sortymentów powinna odbywać się w lesie na powierzchni cięć (metoda sortymentowa) lub w przejściowej składnicy przyrzębowej. Drugi zaś kierunek zakłada ograniczenie prac w lesie w zasadzie tylko do ścinki i okrzesań, przenosząc wszelkie pozostałe prace na składnice organizowane przy zakładach produkcyjnych (metoda drewna długiego).<sup>5</sup> Stosowane w praktyce metody pozyskiwania drewna zależą od warunków gospodarczych i stosowanych procesów technologicznych w transporcie i na składnicach przyrzębowych.

Na podstawie skandynawskich i amerykańskich opracowań można wyodrębnić pięć systemów technologicznych pozyskiwania drewna:

1. System drewna krótkiego, (short wood system -SWS lub cut to length - CTL), - drewno zrywa się forwarderami i wywozi samochodami z przyczepami o łącznej ładowności dochodzącej do 70 m<sup>3</sup>)

<sup>4</sup> Plan urządzenia lasu ogólny opis lasów nadleśnictwa Bircza na lata 2017 – 2026, Regionalna Dyrekcja Lasów Państwowych w Krośnie, Przemysł, 2017r.


<sup>5</sup> Kubiak M.: Transport leśny. Wydawnictwo: Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego, 1990.

2. System drewna długiego, (tree lenght system TLS, lub lenghtwood system - LWS),- drewno zrywa się skiderami i wywozi pojazdami dłuźycowymi
3. System całego drzewa (fulltree system - FTS) - drewno zrywane jest klembankami i wywożone pojazdami o dużej ładowności;
4. System części drzewa (tree parts system - TPS)
5. System drewna sypkiego (friablewood system – FWS) - po zrywce drewno rozdrabniane jest na szlakach gospodarczych i wywożone zestawami samochodowymi o podwyższonych burtach lub w kontenerach.<sup>6</sup>



**System drewna krótkiego** jest dokonywany przy pniu, na miejscu ścinki za pomocą maszyn wielooperacyjnych. W systemie tym spotyka się z reguły punkty załadowcze, w których umieszczane są elementy gotowe, lub przyrębowe składnice przeładunkowe, gdzie dokonuje się przeładunku drewna ze środków zrywkowych na tabor wywozowy. W punkcie końcowym tego systemu jest składnica docelowa zakładu przemysłu drzewnego lub przykolejowa składnica spedycyjna.

W tym procesie stosowane są maszyny wielooperacyjne ścinkowo – zrywkowe, okrzesujące, okrzesująco – przyrzynające i korujące lub ścinkowo – okrzesująco – przyrzynająco – zrywkowe. Oto kilka przykładów maszyn wykorzystywanych w procesie zrywki drewna.

Tabela 3. Przykładowe maszyny użytkowane w procesie pozyskiwania drewna

Lp.	Nazwa wybranej maszyny	Charakterystyka techniczna	Charakterystyka eksploatacyjna	Rysunek poglądowy
1.	Forwarder Timberjack 1010	Masa: 11 000 kg; Ładowność: 11 000kg; Długość: 9020mm; Szerokość: (opony 600mm) 2680mm; Uciąg: 14t; V max: 34 km/h; Moc silnika 82kw (ok. 111km); Żuraw: Loglift F60; Moment udźwigu: 72kNm; Maksymalny wysięg: 10.2m.	Pokonywanie stoków o nachylenie do 35%; Dobre właściwości terenowe; Nie jest przystosowany do jazdy po utwardzonych podłożach; Długość przewożonego drewna 5-6m;	

<sup>6</sup> Staff A. Einige aktuelle Holzertesysteme. XII Internationale Symposium fur Forstnutzung. Norwegen, 1984.

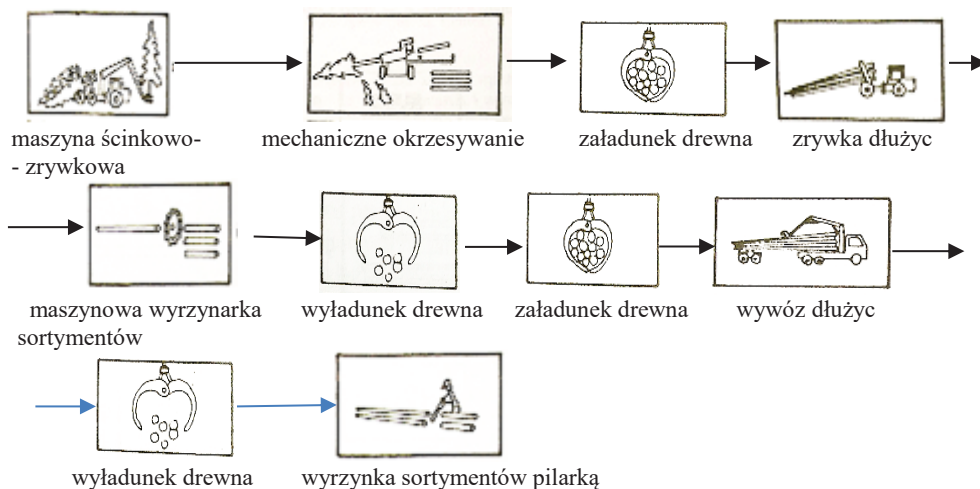
Lp.	Nazwa wybranej maszyny	Charakterystyka techniczna	Charakterystyka eksploatacyjna	Rysunek poglądowy
2.	Harvester Timberjack 1270B	<p>Masa: 15 900kg;  Długość: 7070mm;  Szerokość: 2860mm;  Wysokość (do dachu) 3643 mm;  Prześwit 624mm;  Silnik: 6-cylindrowy, poj. 7,6l;  Moc max: 52kW/1800 obr/min  Vmax: 25km/h  <b>Żuraw:</b>  Maksymalny wyciąg: 10.3m;  Moment udźwigu brutto 168kNm;  Kąt obrotu kolumny 195°  Max średnica ścinki 560mm;  Siła posuwu 24kN;  Średnica okrzywania 350mm;  Ciśnienie układu hydraulicznego 24MPa.</p>	<p>Wyciąg żurawia jest podyktowany przede wszystkim wielkością ścinanych drzew;  Nowoczesna technologia: korzystanie z map numerycznych, baz danych, GPS-u, Internetu, poczty elektronicznej.  Przez zastosowaną technologię: wysoka wydajność</p>	
3.	Skider LKT 81 TURBO	<p>Masa: 7 150kg;  Vmax: 27km/h;  Silnik wysokoprężny ZETOR 72kW;  Wyciągarka dwubębnowa ze swobodnym odwijaniem liny;  Uciąg na linie: 70kN;  Średnica liny: 14mm;  Długość liny: 77m;</p>	<p>Możliwość zrywki całych drzew, strzał lub dłużyc w cięciach rębnych;  Sterowanie radiowe wyciągarki (skracanie czasu dociągnięcia ładunku)</p>	

Lp.	Nazwa wybranej maszyny	Charakterystyka techniczna	Charakterystyka eksploatacyjna	Rysunek poglądowy
4.	Skider LKT 90A	Masa: 8 100kg; Długość: 6180mm; Szerokość: 2450mm; Wysokość 3130mm; Silnik: ZETOR 8004.018; Moc: 77 kW; Vmax: 27km/h Wciągarka dwubębnowa	Przeznaczony do zrywki drewna już podzielonego na sortyment i ułożonego wzdłuż szlaku zrywkowego.	

Źródło: Opracowanie własne

**System drewna długiego** polega na pozyskiwaniu drzew w całych długościach, a okrzesywania dokonuje się przy pniu, na w miejscu ścinki. Zrywka okrzyszanych kłód do składnicy przyrzębowej odbywa się za pomocą ciągników przegubowych typu Skider lub Klembank, gdzie następuje wyróbka sortymentów, lub okrzyszane drewno zrywa się do przyrzębowej składnicy przeładunkowej, skąd wywozi się je na manipulacyjną składnicę docelową.

Drewno wywozi się w całych długościach, po wstępnej manipulacji do centralnych składnic manipulacyjno – spedycyjnych – organizowanych przy bocznicach kolejowych lub zakładach przemysłu drzewnego. Jednym z wariantów technologicznych **systemu drewna długiego** jest *ścinka drzew maszyną ścinkowo – zrywkową*, który przedstawia poniższy schemat:



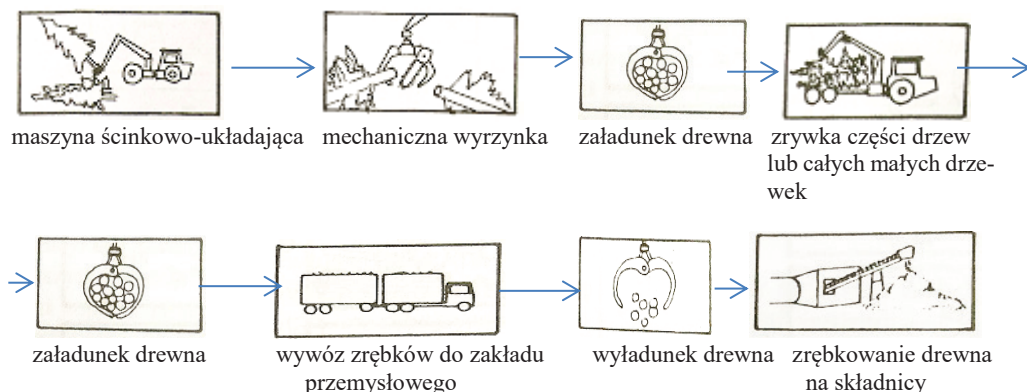
Rys. 4. Piktogramy przedstawiające operacje w procesie logistycznym dla systemu drewna długiego

Źródło: opracowanie własne



**System części drzewa** jest technologią, w której nie dokonuje się okrzesywania, tylko odcina się wierzchołek w miejscu średnicy równej 5 cm. Okrzesywanie i wyróbka sortymentów odbywają się na centralnych składnicach manipulacyjno-spedycyjnych lub w zakładach przemysłowych, które dysponują specjalistycznymi maszynami do korowania, płukania i dzielenia na zrębki dla przemysłu płytowego i papierniczo-celulozowego.<sup>7</sup>

Wywóz całych drzew lub ich części jest najważniejszą operacją technologiczną w całym łańcuchu logistycznych systemów transportu drewna z lasu do odbiorcy. Dlatego też dobór pojazdów i przyczep o odpowiednich ładownościach należy przeprowadzać w racjonalny sposób. Ten wariant technologiczny - **system części drzewa** może być dokonywany za pomocą *maszyn ścinkowo – układających*, a przedstawiony jest na poniższym schemacie:



Rys. 5. Piktogramy przedstawiające operacje w procesie logistycznym dla systemu części drzewa

Źródło: Opracowanie własne

**System całego drzewa** dotyczy pozyskania drzew z koronami, a wszystkie operacje oprócz ścinki i zrywki odbywają się na składnicach. W tym systemie wprowadzono trzy warianty pozyskania drewna całego w cięciach trzebieżowych, stosowanych w większych gospodarstwach leśnych. Całe drzewa dostarczane są na składnice przemysłu drzewnego, gdzie dokonuje się okrzesywania, korowania i pozyskuje wyrzynki na sortymenty tartaczne. Cały materiał gałęziowy, łącznie z zieloną masą i korą wykorzystuje się jako zrębki energetyczne.<sup>8</sup> System całego drzewa w cięciach rębnych jest stosowany w trudnych warunkach terenowych, przy silnym ugałęzieniu drzew i przy niewielkich odległościach wywozu drzew z koronami. (rzadko stosowany).

**System drewna sypkiego** (zrębków) jest stosowany w gospodarstwach leśnych, w których pozyskuje się drewno małowymiarowe w ramach czyszczeń i trzebieży wczesnych oraz z gałęzi z cięć rębnych. Dzięki zastosowaniu specjalistycznych maszyn można pozyskiwać

<sup>7</sup> Kubiak M.: Transport leśny. Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego, 1990.

<sup>8</sup> Kubiak M., Transport leśny. Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego, 1990.

masę zrębków na szlaku zrywkowym, składnicy śródleśnej, w składnicy manipulacyjno- spedycyjnej lub po dowiezieniu - w zakładach przemysłowych. W zależności od rodzaju maszyn i miejsca pozyskania zrębków można w tym systemie wyróżnić cztery warianty technologiczne.<sup>9</sup>

Po przedstawieniu różnych systemów pozyskania drewna i dostaw tego surowca wyłania się łańcuch logistyczny oparty na następujących grupach poszczególnych ogniw:

- a) Leśnicy,
- b) Operatorzy transportu
- c) Przetwórcy drewna.

W Nadleśnictwie Bircza – jednostce organizacyjnej Lasów Państwowych podległej Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Krośnie pozyskuje się drewno w dwóch pierwszych systemach technologicznych: systemie drewna krótkiego i systemie drewna długiego. Stąd też piktogramami przedstawiono proces logistyczny dla tych dwóch systemów. Dodać należy, że wszystkie operacje i czynności występujące w procesach pozyskania i zrywki, łącznie z pierwszymi ogniwami w łańcuchu logistycznym są realizowane przez firmy zewnętrzne, wyłaniane do przeprowadzania tych prac w ramach przetargów publicznych bez użycia maszyn wielooperacyjnych.

Już od 2013 roku wszyscy członkowie łańcucha dostaw drewna i papieru mają obowiązek przestrzegać zobowiązań prawnych dotyczących pozyskania drewna, zarówno pochodzącego z Unii Europejskiej, jak i spoza Unii, które wykorzystywane jest później do produkcji materiałów budowlanych.

Wprowadzono obowiązujące systemy certyfikacji, takie jak:

1. Program Zatwierdzania Systemów Certyfikacji Leśnej – PEFC ma za zadanie kontrolować lasy poprzez zatrudnianie niezależnych ekspertów oraz
2. Forest Stewardship Council – FSC, to system, który ma na celu ocenę kondycji lasów

Są to coraz bardziej szanowane certyfikaty, które cieszą się uznaniem zarówno u indywidualnych klientów, ale również w szeroko pojętym sektorze publicznym.

Dzięki ich stosowaniu możliwy jest monitoring wszystkich działań przeprowadzanych na terenie lasów. Eksperti kontrolują również cały cykl produkcyjny, od pozyskania drewna, kończąc na produkcji końcowym. Usługodawcy branży logistycznej mają obowiązek znać oraz przestrzegać wszystkich międzynarodowych przepisów związanych z łańcuchem dostaw drewna jak i papieru.<sup>10</sup>

W Nadleśnictwie Bircza – Lasy Państwowe RDLP w Krośnie obowiązuje system PEFC, a firmy zewnętrzne biorące udział w kolejnych ogniwach łańcucha logistycznego transportu drewna posiadają stosowne certyfikaty, odpowiadające potrzebom klientów – odbiorców drewna.

W dobie szczególnej dbałości o środowisko naturalne, certyfikacja łańcucha dostaw drewna, możliwość wykazania się dowodem pochodzenia i uzyskania go z poszanowaniem praw lokalnych społeczności są dodatkowym atutem dla firm biorących udział w łańcuchu logistycznym produkcji i transportu drewna.

---

<sup>9</sup> Kubiak M., Transport leśny. Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego, 1990.

<sup>10</sup> TECH automatyka, Wiadomości/październik 23, 1983.

## Identyfikacja operacji logistycznych w procesie pozyskania drewna

Proces zrywki drewna to kluczowa część przemysłu leśnego, która polega na wycince drzew i ich przygotowaniu do transportu. Badane nadleśnictwo nie dysponuje sprzętem ani zasobami ludzkimi do wykonywania prac zrywkowych. Nadleśnictwo jest podstawową, samodzielną jednostką organizacyjną Lasów Państwowych działającą na podstawie ustawy o lasach, posiada swoje zadania i nadzoruje proces pozyskiwania drewna.

Podstawowym dokumentem w dziedzinie polityki zagospodarowania przestrzennego na omawianym terenie jest „Plan zagospodarowania przestrzennego województwa podkarpackiego”.

Ogólnym celem polityki przestrzennej województwa, ustalonym w obowiązującym Planie Zagospodarowania Przestrzennego Województwa Podkarpackiego jest sterowanie rozwojem przestrzennym, podejmowanie działań oraz określenie i realizacja zadań publicznych o znaczeniu ponadlokalnym, które w efekcie przyniosą między innymi korzystniejsze warunki dla zrównoważonego rozwoju województwa, przełożenie priorytetów określonych w Strategii rozwoju województwa do układów przestrzennych, efektywniejsze wykorzystanie istniejącego stanu zainwestowania terenu. W Planie uwzględnione są ustalenia m.in. w zakresie: ochrony i racjonalnego wykorzystania zasobów środowiska i dziedzictwa kulturowego, infrastruktury technicznej. Wskazane są tereny objęte ochroną na podstawie ustawy o ochronie przyrody.<sup>11</sup>

Identyfikacja operacji w tym procesie jest istotna, aby zapewnić efektywność i bezpieczeństwo pracy leśników oraz minimalizację wpływu na środowisko naturalne. W związku z przeprowadzoną analizą literatury<sup>12</sup> w wywiadem bezpośrednim w nadleśnictwie, wyodrębniono najważniejsze operacje w procesie zrywki drewna:

1. Rozpoznanie terenu, polegające na zrozumieniu ukształtowania terenu istniejących ograniczeń i możliwości pozyskania drewna. Działania mogą obejmować badanie topografii, identyfikację gatunków drzew oraz ocenę warunków glebowych i dojazdowych.
2. Wybór drzew do wycięcia. Na podstawie analizy terenu i celów ekonomicznych wybór konkretnych drzew do wycięcia. Wybór ten może uwzględniać wiek drzew, ich zdrowie, gatunek i inne czynniki.
3. Wybór wykonawcy. Obejmuje proces przeprowadzenia przetargu publicznego mającego na celu wyłonienie wykonawcy zrywki drewna.
4. Zrywka drzewa. To etap, w którym wybrane drzewa są wycinane. Wykorzystywane są różne narzędzia i maszyny, takie jak piły łańcuchowe lub harwestery. Bezpieczeństwo pracowników jest priorytetem, dlatego wykwalifikowani leśnicy przestrzegają odpowiednich procedur.
5. Przygotowanie drewna. Po wycięciu drzewa następuje proces przygotowania drewna do transportu. W zależności od dalszego przeznaczenia drewno może być dzielone na odpowiednią długość, okrzesywane oraz sortowane pod względem jakości.
6. Transport drewna. Drewno może być transportowane różnymi środkami, w tym kolejkami linowymi, traktorami, pojazdami ciężkimi z kłonicami, dźwigami lub może

---

<sup>11</sup> Plan urządzenia lasu ogólny opis lasów nadleśnictwa Bircza na lata 2017 – 2026, Regionalna Dyrekcja Lasów Państwowych w Krośnie, Przemyśl, 2017r.

<sup>12</sup> Dudek, T., & Sosnowski, J.: Ocena środowiskooszczędności wybranych technologii zrywki drewna w lasach górskich. Sylwan, 155(06), 413-420, 2011.

- być spławiane i holowane. Operacje transportowe obejmują załadunek drewna, jego przewóz do punktu docelowego i rozładunek.
7. Zabezpieczenie przed szkodnikami i chorobami. W niektórych przypadkach drewno może być poddane zabiegom ochronnym, aby zapobiec rozprzestrzenianiu się grzybów i owadów.
  8. Rekultywacja terenu. Po zakończeniu zrywki drewna należy zadbać o rekultywację terenu. To proces przywracania naturalnych warunków przyrodniczych, np. przez zalesianie, sadzenie nowych drzew lub przywracanie innych ekosystemów.
  9. Monitorowanie środowiska. Cały proces zrywki drewna powinien być ściśle monitorowany pod kątem wpływu na środowisko. To obejmuje kontrolowanie erozji, ochronę cieków wodnych i zachowanie różnorodności biologicznej.
  10. Zgodność z przepisami i procedurami. Operacje zrywki drewna muszą być zgodne z lokalnymi, krajowymi i międzynarodowymi przepisami dotyczącymi ochrony środowiska, bezpieczeństwa pracy i zrównoważonego gospodarowania lasami.
  11. Monitorowanie danych i dokumentacja. Wszystkie operacje związane ze zrywką drewna wymagają prowadzenia dokładnej dokumentacji, która może być używana do śledzenia ilości wyciętego drewna, zarządzania zasobami leśnymi i spełniania wymogów prawnych.

## Podsumowanie

Celem pracy był przegląd wiedzy w zakresie prowadzenia gospodarki leśnej w Polsce, a także analiza i identyfikacja operacji logistycznych w procesie zrywki drewna na przykładzie Państwowego Gospodarstwa Leśnego Lasy Państwowe Nadleśnictwo Bircza. Analiza dotyczyła stosowanych w Nadleśnictwie dwóch systemów zrywki drewna krótkiego i drewna długiego, w wyniku której zidentyfikowano wszystkie operacje technologiczne przedstawione za pomocą piktogramów.

Obecnie nadleśnictwo koordynuje realizację polityki centralnej państwa w zakresie gospodarki leśnej. Kolejność wykonywania operacji technologicznych z użyciem specjalistycznych maszyn i urządzeń jest projektowana zgodnie z procesem wyrobki, a wykonywana przez firmy zewnętrzne, wyłaniane w przetargach publicznych, pozwala na oszczędności dla Nadleśnictwa w kosztach związanych z ich obsługą.

Istotnym elementem przedstawionej pracy jest identyfikacja operacji logistycznych w procesie pozyskiwania drewna. Pozyskiwanie i zrywka drewna jest procesem, który łączy dwie strony zlecającego i wykonawcę. Wyróżnić można w nim aspekty ekonomiczne, ekologiczne i społeczne, dlatego też ważne jest, aby był to proces prowadzony z uwzględnieniem zasad bezpieczeństwa i zrównoważonego wykorzystania zasobów leśnych przy maksymalnej ochronie środowiska naturalnego.

## Bibliografia

- Dudek, T., Sosnowski, J.: Ocena środowiskooszczędności wybranych technologii zrywki drewna w lasach górskich. Sylwan, 155(06), 413-420, 2011.
- Holeksa, J., Mirek, Z.: Wielofunkcyjna gospodarka leśna – mit czy rzeczywistość. W: Wielofunkcyjna gospodarka leśna wobec oczekiwań przemysłu drzewnego i ochrony przyrody. Materiały, 119, 2019.
- Kubiak M.: Transport leśny, Wyd. AR Poznań, 1990.
- Laurow Z.: Pozyskiwanie drewna. Wyd. SGGW, Warszawa, 1999.
- Plan urządzenia lasu ogólny opis lasów nadleśnictwa Bircza na lata 2017 – 2026, Regionalna Dyrekcja Lasów Państwowych w Krośnie, Przemysł, 2017r. Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej, Oddział w Przemysłu.
- Rocznik Statystyczny Leśnictwa, Warszawa 2021.
- Staff A. Einige aktuelle Holzertesysteme. XII Internationale Symposium für Forstnutzung. Norwegen, 1984.
- TECH automatyka, Wiadomości/październik 23,1983.
- <http://www.techautomatyka.pl/lancuch-dostaw-drewno/>
- <https://bircza.krosno.lasy.gov.pl/documents/149119/42653030/Og%C3%B3lny+opis+las%C3%B3w+Nadle%C5%9Bnictwa+Bircza+2017-2026/61bef383-6168-ce1d-7b0d-815932543377>
- [https://stat.gov.pl/files/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosc/5515/13/4/1/rocznik\\_statystyczny\\_lesnictwa\\_2021.pdf](https://stat.gov.pl/files/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosc/5515/13/4/1/rocznik_statystyczny_lesnictwa_2021.pdf)

*Adres do korespondencji: i.kaczmar@pansp.pl*  
ORCID: Ireneusz Kaczmar 0000-0002-5394-1168  
ORCID: Agata Pudlak 0009-0009-5105-1354

# TRENDY W BUDOWIE UKŁADÓW NAPĘDOWYCH SAMOCHODÓW CIĘŻAROWYCH NISKO- I ZEROEMISYJNYCH

Piotr Kuźniar<sup>1</sup>, Miłosz Zardzewiały<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Zakład Inżynierii Produkcji Rolno-Spożywczej, Uniwersytet Rzeszowski

## Wstęp

Według założeń Europejskiego Zielonego Ładu (EZŁ), dzięki inteligentnemu, konkurencyjnemu, bezpiecznemu, dostępnemu i przystępnemu cenowo systemowi transportu, emisje gazów cieplarnianych powinny zmniejszyć się o 90% do 2050 r. Obecnie blisko 30% całkowitej emisji CO<sub>2</sub> w UE pochodzi z sektora transportu, z czego 72% - z transportu drogowego. Transport jest jedynym sektorem, w którym emisje gazów cieplarnianych są nadal wyższe niż w 1990r<sup>1</sup>. Mimo że pojazdy ciężarowe stanowią niespełna 3% ogólnego parku samochodów odpowiadają aż za 19,4 % emisji CO<sub>2</sub> pochodzących z transportu w UE<sup>2</sup>. W Strategii na rzecz zrównoważonej i inteligentnej mobilności EZŁ określono łącznie 82 inicjatywy w 10 kluczowych obszarach działania (inicjatywy przewodnie). Są to m.in.<sup>3</sup>:

- upowszechnienie pojazdów bezemisyjnych, paliw odnawialnych i niskoemisyjnych oraz związanej z nimi infrastruktury,
- tworzenie bezemisyjnych lotnisk i portów,
- bardziej zrównoważona i zdrowsza mobilność między miastami i w miastach,
- ekologizacja transportu kolejowego,
- ustalenie opłat za emisję gazów cieplarnianych i zapewnianie lepszych zachęt dla użytkowników.

Według prognoz Międzynarodowej Agencji Energetycznej (IEA) flota elektrycznych samochodów ciężarowych (eHDV- *eHeavy-Duty Vehicles*) w Europie wzrośnie ponad 140-krotnie z ok. 3,6 tys. szt. w 2022 r. do nawet 520 tys. szt. w roku 2030. Kluczową rolę w elektryfikacji sektora transportu ciężkiego odegra Polska, która jest odpowiedzialna za prawie 20% przewozów w UE i posiada największą liczbę zarejestrowanych ciężarówek

---

<sup>1</sup> Lech J., Boratyńska-Karpiej E., Engel P.: Dekarbonizacja transportu - cel na 2050 rok. Biuletyn Informacyjny CUPT, 4, 2022.

<sup>2</sup> Mróz A.: Polska musi przyspieszyć elektryfikację transportu ciężkiego. 11.09.2023 <https://moto.rp.pl/na-prad/art39101151-polska-musi-przyspieszyc-elektryfikacje-transportu-ciezkiego>

<sup>3</sup> Polska Izba Przemysłu Chemicznego: Niskoemisyjny transport: jedyne słuszne rozwiązanie czy kolejny chwilowy trend?, Polski Przemysł - portal przemysłowy, 14.05.2021. <https://polskiprzemysl.com.pl/transport-i-logistyka/niskoemisyjny-transport/>

w Europie (ponad 1,2 mln sztuk). Jest to również ważny sektor gospodarki, gdyż odpowiada za niemal 6% PKB i zapewnia zatrudnienie dla ok. 0,7 miliona osób, stanowiąc wg liczebności trzecią, grupę zawodową w sektorze usług (po handlu i edukacji)<sup>4</sup>.

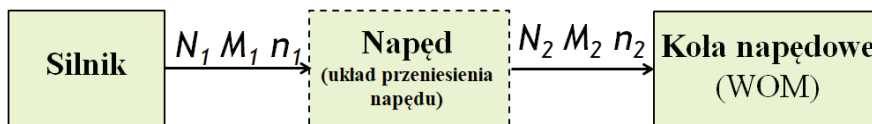
Parlament i kraje UE w październiku 2022 roku osiągnęły porozumienie w sprawie ostatecznego kształtu przepisów dotyczących zakazu sprzedaży nowych samochodów spalinowych osobowych i dostawczych od 2035 r. Porozumienie to zostało zatwierdzone przez Parlament w lutym 2023 r., a przez Radę (UE) w marcu 2023 roku i weszło w życie w kwietniu 2023 roku<sup>5</sup>. Oznacza to, że od 2035 r. samochody te muszą mieć zerową emisję CO<sub>2</sub>. Warunek ten będą spełniać jedynie pojazdy elektryczne i pojazdy spalinowe zasilane syntetycznymi e-paliwami lub wodorem. W przypadku samochodów ciężarowych propozycja UE zakłada, że producenci ciężarówek musieliby zmniejszyć w 2030 r. średnią emisję CO<sub>2</sub> z nowych pojazdów o 45 % w porównaniu z poziomami z lat 2019/2020. Takie rozwiązanie może oznaczać, że ciężarówki z silnikiem wysokoprężnym będą jeździć po drogach UE nawet w 2050 roku<sup>6</sup>.

Celem niniejszego opracowania jest prezentacja współczesnych rozwiązań w budowie układów napędowych samochodów ciężarowych ze szczególnym podkreśleniem pojazdów spełniających kryterium nisko- i zeroemisyjności.

## Rodzaje układów napędowych

Pod pojęciem napęd<sup>7</sup> (układ przeniesienia napędu) rozumie się urządzenia służące do przekazywania energii ruchu (energii mechanicznej) z miejsca jej wytworzenia (silnik) do urządzenia zużywającego energię (np. koła napędowe, WOM) (rys. 1). Natomiast układ napędowy można zdefiniować następująco:

*Układ napędowy = jednostka napędowa (silnik) + układ przeniesienia napędu + element napędzany.*



Rys. 1. Schemat blokowy układu napędowego pojazdu samochodowego:  $N_1$  – moc wejściowa (doprowadzona do napędu),  $N_2$  – moc wyjściowa (otrzymana z napędu),  $M_1$  – moment obrotowy wejściowy,  $M_2$  – moment obrotowy wyjściowy,  $n_1$  – prędkość obrotowa wejściowa,  $n_2$  – prędkość obrotowa wyjściowa

*Źródło: (opracowanie własne na podstawie Szydelski, 1999)*

<sup>4</sup> Mróz A.: Polska musi przyspieszyć elektryfikację transportu ciężkiego. 11.09.2023 <https://moto.rp.pl/na-prad/art39101151-polska-musi-przyspieszyc-elektryfikacje-transportu-ciezkiego>

<sup>5</sup> Unijny zakaz sprzedaży nowych samochodów spalinowych od 2035 r. - co to oznacza? <https://www.europarl.europa.eu/news/pl/headlines/economy/20221019STO44572/unijny-zakaz-sprzedazy-nowych-samochodow-spalinowych-od-2035-r-co-to-oznacza>.

<sup>6</sup> Zakaz sprzedaży spalinowych ciężarówek w UE. Kiedy wejdzie w życie? 15.02.2023. <https://moto.infor.pl/logistyka/transport/5674453,zakaz-sprzedazy-spalinowych-ciezarowek.html>.

<sup>7</sup> Szydelski Z.: Pojazdy samochodowe. Napęd i sterowanie hydrauliczne. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa, s. 13, 1999.



Jedną z ważniejszych cech napędu jest jego sprawność  $\eta$  definiowana jako stosunek mocy wyjściowej  $N_2$  i mocy wejściowej  $N_1$ :

$$\eta = \frac{N_2}{N_1} = \frac{N_1 - N_t}{N_1}$$

gdzie:

$N_1$  – moc doprowadzona do napędu,

$N_2$  – moc otrzymana z napędu,

$N_t$  – moc tracona w napędzie.

Współcześnie wyróżnia się cztery główne rodzaje układów napędowych stosowanych w pojazdach samochodowych<sup>8,9</sup>:

1. Spalinowy (mechaniczny) - ICE (*Internal Combustion Engines*) - obecnie najbardziej rozpowszechniony rodzaj napędu. Jednostką napędową jest silnik spalinowy o spalaniu wewnętrznym zasilany benzyną, olejem napędowym, biopaliwem czy gazem. Układ przeniesienia napędu składa się z mechanicznych zespołów napędowych - sprzęgło, skrzynia biegów, przekładnia główna, mechanizm różnicowy i in.,
2. Hydrostatyczny (hybrydowy spalinowo-hydrauliczny) - HHV (*Hydraulic Hybrid Vehicles*) - posiada silnik spalinowy i zespoły hydromechaniczne (pompa hydrostatyczna, zawory, akumulator hydrauliczny i silniki hydrostatyczne), które pod wpływem ciśnienia pompowanego oleju wytwarzają moment obrotowy.
3. Hybrydowy spalinowo-elektryczny - posiada dwa źródła energii; silnik spalinowy i silnik elektryczny:
  - HEV (*Hybrid Electric Vehicle*). Wyróżniane są hybrydy równoległe, gdzie silnik spalinowy oraz elektryczny uzupełniają się dla zapewnienia większej mocy lub ekonomiki jazdy oraz szeregowo, gdzie mały silnik spalinowy generuje energię, która doładowuje akumulator dla silnika elektrycznego,
  - PHEV (*Plug-In Hybrid Electric Vehicle*) - napęd hybrydowy, gdzie baterie mogą być doładowane z zewnętrznego źródła zasilania poprzez przyłączenie do stacji ładowania,
4. Elektryczny – EV (*Electric Vehicle*) jednostką napędową jest silnik elektryczny występujący w połączeniu z innymi zespołami napędowymi (mechanicznymi) lub silniki elektryczne bezpośrednio napędzające koła samochodu:
  - z ogniwem paliwowym - FCEV (*Fuel Cell Electric Vehicle*) - źródłem energii elektrycznej są ogniwa paliwowe wykorzystujące np. wodór. Opcjonalnie występuje z dodatkowym silnikiem spalinowym dla zwiększenia zasięgu (REEV - *Range Extended Electric Vehicle*).
  - baterijny - BEV (*Battery Electric Vehicle*) - jego napęd realizowany jest wyłącznie przez silnik elektryczny zasilany z akumulatora elektrycznego. Pojazd ten musi być

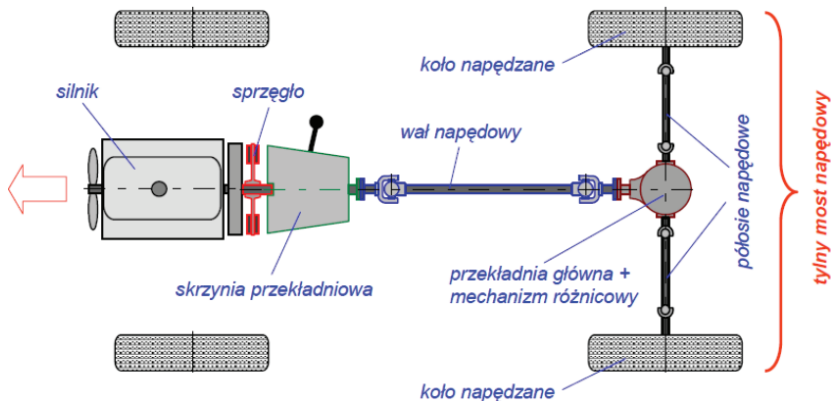
<sup>8</sup> Różycki A., Wojtyński M.: Ekologiczne kierunki rozwoju konstrukcji pojazdów samochodowych, TTS Technika Transportu Szynowego, Tom R. 22, nr 12, 2093-2096, 2015.

<sup>9</sup> Drożdż W., Kuczowski R.: Wpływ rozwoju pojazdów elektrycznych na warunki pracy sieci Operatorów Systemu Dystrybucyjnego w Polsce [W]: Elektromobilność w rozwoju miast, PWN, Warszawa, 62-63, 2018.

zasilony poprzez podłączenie do stacji ładowania, a czas uzupełnienia energii jest uzależniony od technologii ogniw oraz typu ładowarki.

### Spalinowy (mechaniczny) układ napędowy - ICE

Układy napędowe dzielone są ze względu na miejsce zamontowania jednostki napędowej (z przodu pojazdu, z tyłu pojazdu, centralnie) i jej ułożenie (poprzeczne, wzdłużne) na napęd klasyczny, przedni i tylny zespolony (zblokowany), centralny, typu Transaxle oraz na wszystkie koła 4x4, (6x6, 8x8...). W przypadku samochodów ciężarowych najczęściej stosowane są dwa typy: układ napędowy klasyczny (rys. 2) i układ napędowy na wszystkie koła.



Rys. 2. Schemat ideowy klasycznego układu napędowego

Źródło: (Walkowiak, 2023)

W klasycznym układzie napędowym silnik spalinowy umieszczony jest wzdłużnie z przodu pojazdu a moment obrotowy z jego wału korbowego na tylne koła napędzane przenoszony jest poprzez sprzęgło (lub konwerter), skrzynię biegów, wał napędowy oraz tylny most napędowy składający się z przekładni głównej, mechanizmu różnicowego i dwóch półosi napędowych. Do podstawowych zalet takiego układu zalicza się:

- brak ograniczeń długości silnika, stąd stosowany w samochodach klasy wyższej z dużymi silnikami 8-12 cylindrowymi,
- stosunkowo prosta konstrukcja osi przedniej (koła kierowane nie są kołami napędzanymi),
- korzystny rozkład obciążeń, zwłaszcza przy pełnym załadunku,
- prostsza konstrukcja sterowania skrzynią biegów - w większości przypadków dźwignia zmiany biegów wchodzi bezpośrednio do skrzyni biegów.

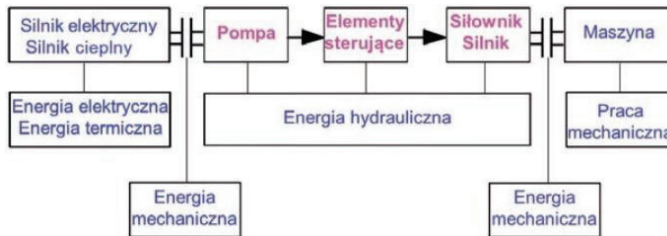
Natomiast główne wady klasycznego układu napędowego to:

- duże ilości elementów składowych, a co za tym idzie wyższe koszty produkcji,
- znaczna masa układu napędowego,
- konieczność prowadzenia wału napędowego przez całą długość pojazdu
- nadsterowność przy szybkim pokonywaniu zakrętów.

Napęd na wszystkie osie zwiększa właściwości trakcyjne pojazdu i może być zastosowany jako stały (permanentny) lub dołączany. W stałym napędzie przekazanie momentu obrotowego odbywa się poprzez centralny mechanizm różnicowy, co pozwala na zróżnicowanie obrotów między przednią i tylną osią np. na zakrętach. Wadą takiego rozwiązania jest unieruchomienie pojazdu, gdy jedno z kół traci przyczepność. W celu wyeliminowania tej wady stosuje się centralne mechanizmy samoblokujące (np. Torsen lub mechanizm różnicowy z dodatkowym sprzęgłem wielopłytkowym) albo centralny mechanizm różnicowy z ręcznie włączaną blokadą. Natomiast dołączanie napędu we współczesnych pojazdach odbywa się zwykle automatycznie. Stały napęd przekazywany jest na jedną oś, natomiast w razie potrzeby (gdy jest wyraźna różnica prędkości między przednią a tylną osią) specjalne sprzęgło (najczęściej wielotarczowe) przekazuje napęd na drugą oś. Takie sprzęgło zastępuje centralny mechanizm różnicowy. Automatyczne dołączanie napędu realizowane jest najczęściej za pomocą systemów elektronicznych (bez udziału kierowcy)<sup>10</sup>.

### Hydrostatyczny układ napędowy - HHV

Hydrauliczny układ napędowy to napęd, w którym energia mechaniczna przekazywana jest za pomocą cieczy do jednego lub kilku silników hydrostatycznych. Silnik spalinowy bądź elektryczny (rys. 3) napędza pompę, która przetłacza ciecz przewodami do silników hydrostatycznych umieszczonych w kołach jezdnych. W przypadku, gdy zastosowany jest jeden silnik hydrostatyczny, napędza on mechanizm różnicowy mostu napędowego. Napęd tego typu stosuje się głównie w maszynach roboczych oraz w terenowych pojazdach specjalnych, w których potrzebna jest wysoka wartość siły napędowej przy małej prędkości jazdy.



Rys. 3. Schemat blokowy hydrostatycznego układu napędowego

Źródło: (Jędrzykiewicz, Stojek, Rosikowski, 2017)

Do najważniejszych zalet układów hydrostatycznych należy zaliczyć<sup>11</sup>:

- dużą wydajność energetyczną z jednostki masy lub objętości. Przykładowo w przekładniach wielotarczowych osiowych osiąga ona 4-6 kW/kg i przewyższa pod tym względem

<sup>10</sup> Brukalski M.: Review of selected solutions for automatically attached drive for the second axle, Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów, Instytut Pojazdów Politechniki Warszawskiej, 116(2), 39-46, 2018.

<sup>11</sup> Jędrzykiewicz Z., Stojek J., Rosikowski P.: Napęd i sterowanie hydrostatyczne, VIST Sp. z o.o. Kraków, 2017.

dem wszelkie znane rodzaje napędów, np. silnik hydrauliczny w porównaniu z silnikiem elektrycznym o tej samej mocy i prędkości obrotowej jest 14 razy lżejszy i zajmuje 26 razy mniejszą przestrzeń.

- dużą łatwość sterowania podstawowymi parametrami ruchowymi, znacznie wyższą niż układach mechanicznych, a w tym możliwość łatwego uzyskania bardzo dużych wysokosprawnych przełożeń zmienianych w sposób bezstopniowy,
- bardzo małą bezwładność układu, umożliwiającą dokonywanie częstych i gwałtownych zmian prędkości i obciążenia przy dobrych właściwościach tłumienia procesów przejściowych, np. silnik hydrauliczny ma moment bezwładności ok. 72 razy mniejszy od momentu bezwładności porównywalnego silnika elektrycznego,
- możliwość zdalnego sterowania i automatyzacji ruchów uzyskiwana na drodze elektrohydraulicznej czy elektroniczno-hydraulicznej,
- dużą łatwość przestrzennego usytuowania elementów tworzących układy, wynikającą z możliwości wykonania połączeń za pomocą dowolnie ułożonych przewodów sztywnych lub elastycznych.

Natomiast do najważniejszych wad układów hydrostatycznych należą:

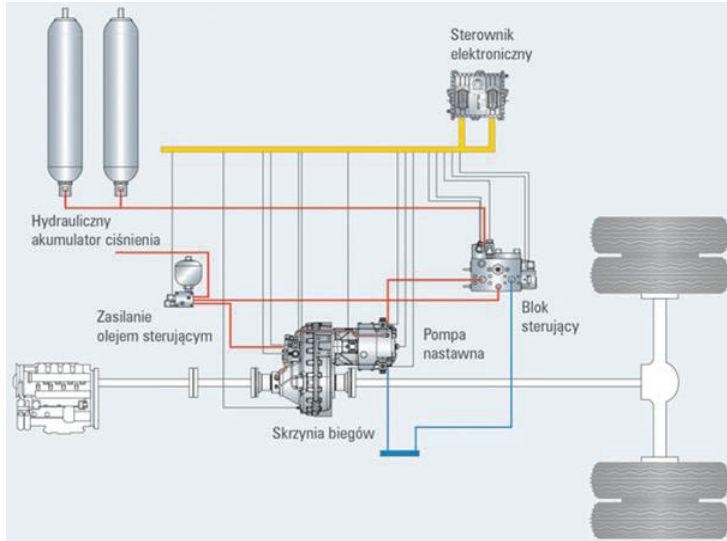
- duża podatność na zanieczyszczenia cieczy roboczej, prowadząca do uszkodzeń,
- zmiany właściwości statycznych i dynamicznych, spowodowane zmianami lepkości cieczy roboczej pod wpływem temperatury. Przy wysokich wymaganiach stawianych przed układami, stosuje się chłodnice i nagrzewnice wchodzące w skład układów stabilizacji temperatury cieczy roboczej,
- duża hałaśliwość wzrastająca wraz ze wzrostem ciśnienia pracy, przekraczająca niejednokrotnie 90 dB,
- trudności w uzyskaniu bardzo dokładnej synchronizacji ruchów silników obciążonych w zróżnicowany sposób i zasilanych z jednego źródła,
- trudności związane z uszczelnieniem elementów ruchowych prowadzące do występowanie nieuniknionych, wycieków cieczy roboczej, które są szkodliwe dla środowiska naturalnego i trudne do neutralizacji.

Hybrydy hydrauliczne (rys. 4) z hydrostatycznym hamowaniem regeneracyjnym HRB (*Hydrostatic Regenerative Braking*) odzyskują energię kinetyczną pojazdu podczas hamowania i opóźniania znacznie skuteczniej - nawet 75% w porównaniu z 15-20% w układach elektrycznych. Podczas eksploatacji hybrydowy napęd hydrauliczny w miejskiej ciężarówce dystrybucyjnej pozwolił na obniżenie zużycia paliwa średnio o 50% w porównaniu z pojazdem napędzanym silnikiem spalinowym. Emisja CO<sub>2</sub> była niższa o 40% a cząstek stałych do 60%. Przy tych samych rozmiarach (zajmowanej w pojeździe przestrzeni) jak hybrydy elektryczne ich hydrauliczne odpowiedniki mają nawet dziesięciokrotnie wyższą moc<sup>12,13</sup>.

---

<sup>12</sup> Dindorf R., Woś P.: Rozwój energooszczędnych napędów z odzyskiem energii. *Mechanik*, 8-9, 776-782, 2017.

<sup>13</sup> Piernikarski D.: Hybrydowo – tak, ale hydraulicznie. *Samochody Specjalne*. 2019.06.29. <https://samochody-specjalne.pl/2016/06/29/hybrydowo-tak-ale-hydraulicznie/>



Rys. 4. Schemat układu z hydrostatycznym hamowaniem regeneracyjnym HRB (*Hydrostatic Regenerative Braking*)

Źródło: (Piernikarski, 2019)

Niektórzy producenci w pojazdach ciężarowych z mechanicznym układem napędowym ICE dodatkowo montują  *pomocnicze hydrauliczne układy napędowe*<sup>14,15</sup>, które są okazjonalnie eksploatowane w nieutwardzonym terenie takim jak place budowy, polne drogi, itp. Dla dodatkowych napędów hydraulicznych firma MAN stosuje nazwę MAN HydroDrive®, a firma Mercedes-Benz nazwę HAD (*Hydraulic Auxiliary Drive*). Dodatkowym napędem jest hydrostatyczny układ napędowy składający się z wysokociśnieniowej pompy hydraulicznej, bloku zaworowego, przewodów hydraulicznych oraz silników hydraulicznych zamontowanych w piastach kół osi przedniej. Napęd ten stosuje się przy niskich prędkościach podczas jazdy po nieutwardzonym terenie (drogi polne, place budowy, itp.) lub na śliskiej nawierzchni (błoto, lód, śnieg). Może być on włączany przez kierowcę zarówno na postoju jak i podczas jazdy. W zależności od producenta pojazdu (gdy pomocniczy napęd jest załączony przez kierowcę) dodatkowy układ napędowy działa do prędkości 25 km/h (Mercedes-Benz), 30 km/h (MAN) po przekroczeniu tych prędkości zostaje on automatycznie wyłączany. Gdy prędkość pojazdu zmniejszy się poniżej 25 km/h (Mercedes-Benz) lub 22 km/h (MAN) pomocniczy napęd znowu zostaje automatycznie załączony. W układzie HAD, gdy pojazd przekroczy prędkość 60km/h układ zostaje całkowicie wyłączony. Chroni to główne podzespoły i obniża zużycie paliwa oraz emisję spalin. Układu HAD jest także automatycznie odłączany po unieruchomieniu silnika - dzięki temu nie jest bez potrzeby aktywowany przy następnej jeździe.

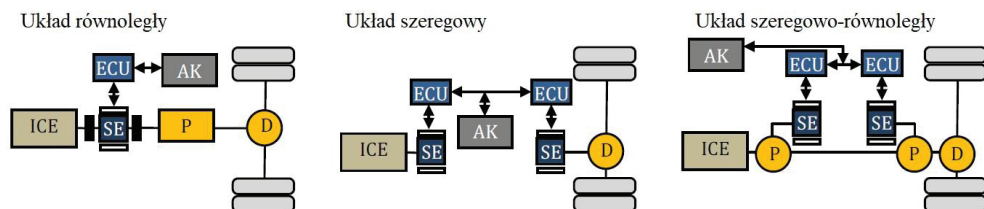
<sup>14</sup> Song D.F., Yang D.P., Zeng X.H, Zhang X.M., Gao F.W.: A coordinated control of hydraulic hub-motor auxiliary system for heavy truck, *Measurement*, 175, 109087, 2021.

<sup>15</sup> Zeng X., Li G., Song D., Li S., Li X.: Auxiliary Drive Control Strategy of Hydraulic Hub-Motor Auxiliary System for Heavy Truck, *SAE Technical Paper 2016-01-8113*, 2016.

- Główne zalety zastosowania pomocniczych hydraulicznych układów napędowych to<sup>16</sup>:
- dużo niższa masa (co najmniej o 400 kg w porównaniu do klasycznych napędów na tylną i przednią oś), przez co zwiększa się obciążenie użytkowe,
  - minimalnie zwiększone zużycie paliwa tylko podczas pracy dodatkowego napędu,
  - zachowana standardowa wysokość konstrukcyjna, kształt i punkt ciężkości pojazdu szosowego,
  - poprawa bezpieczeństwa jazdy dzięki zwiększeniu trakcji i lepszemu utrzymywaniu toru ruchu na podłożu nieutwardzonym i w zimowych warunkach,
  - mniejszy promień skrętu w porównaniu z analogicznym pojazdem z mechanicznym napędem na oś przednią,
  - dodatkowy układ napędowy jest wytrzymały i praktycznie bez obsługi.

### Napęd hybrydowy spalinowo-elektryczny HEV

Układ napędowy HEV występuje praktycznie, w każdym segmencie pojazdów - zarówno w samochodach miejskich, kompaktowych, luksusowych, sportowych, typu SUV, ciężarowych oraz w autobusach miejskich. Występują w nim dwa źródła napędu – silnik spalinowy i elektryczny. W zależności od potrzeb silniki te mogą pracować na przemian lub jednocześnie, np. w mieście silnik elektryczny, poza miastem silnik spalinowy. Najczęściej silnik elektryczny pełni również funkcje prądnicy, ładując akumulatory lub kondensator podczas napędzania go przez silnik spalinowy lub podczas hamowania silnikiem. Napędy HEV można podzielić na szeregowe, równoległe i szeregowo-równoległe (rys. 5)<sup>17</sup>.



Rys. 5. Schematy konfiguracji popularnych układów napędu hybrydowego HEV: AK - akumulator elektryczny, ECU - układ sterujący, SE - silnik elektryczny/prądnica, ICE - silnik spalinowy, P - przekładnia, D - mechanizm różnicowy

Źródło: (Andrzejewski i in., 2015)

W wersji szeregowej napędu HEV silnik spalinowy pracuje cały czas w optymalnym zakresie obrotów napędzając generator prądu. Energia z generatora jest przekazywana do silnika napędowego a nadmiar do akumulatorów elektrycznych. Silnik elektryczny w razie potrzeby może również korzystać z energii zgromadzonej w akumulatorach. W równole-

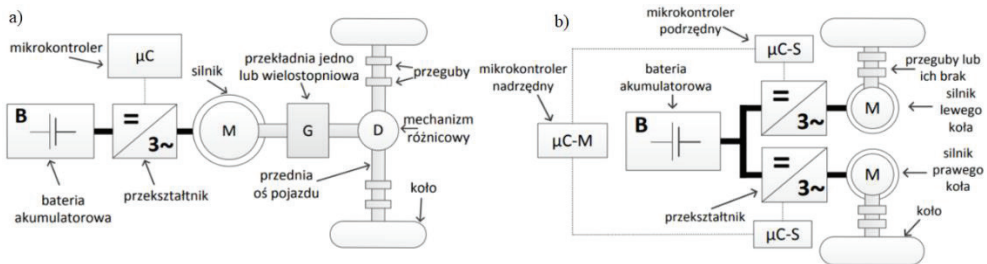
<sup>16</sup> Pomocniczy układ napędowy: <https://www.trojmiejskamotoryzacja.pl/budowa-pojazdu-uklad-napedowy-pomocniczy.php>.

<sup>17</sup> Andrzejewski M., Pielecha I., Daszkiewicz P., Merksiz-Guranowska A., Stawewski Ł.: The hybridization of propulsion systems of mass transport vehicles. *Combustion Engines*, 162(3), 658-665, 2015.

głym hybrydowym układzie napędowym silnik spalinowy jest mechanicznie połączony z kołami. Gdy potrzebna jest duża moc silnik elektryczny i spalinowy mogą pracować równolegle. Podczas hamowania silnik elektryczny jest prądnicą. Zgromadzona w akumulatorach energia, odzyskiwana w czasie hamowania jest wykorzystywana w czasie przyspieszania. Pozwala to zmniejszyć moc silnika spalinowego o ok. 35%, co bezpośrednio wiąże się z mniejszym zużyciem paliwa i emisją szkodliwych składników spalin. W szeregowo-równoległym napędzie HEV silnik elektryczny i silnik spalinowy mogą niezależnie dostarczać energię do kół samochodu. Dostarczenie energii odzyskiwanej z hamowania do kół napędowych w czasie rozpędzania komplikuje budowę układu napędowego pojazdu i zmniejsza sprawność przeniesienia napędu. Rekompensowane jest to przez kilkukrotny wzrost sprawności silnika spalinowego, który pracuje pod stałym obciążeniem, pomimo zmieniającego się obciążenia na kołach napędowych. Praca silnika spalinowego w warunkach stałego obciążenia wymusza stosowanie przekładni bezstopniowych zapewniających płynną zmianę przełożenia w szerokim zakresie bez przerywania przepływu mocy. Hamowanie z wykorzystaniem odzysku energii zwiększa trwałość mechanizmów hamulcowych, które są rzadziej wykorzystywane.

### Napęd elektryczny bateryjny BEV

W napędach BEV jednostką napędową jest silnik elektryczny występujący w połączeniu z mechanicznymi zespołami napędowymi (przekładnia jedno- lub wielostopniowa, przekładnia główna i mechanizm różnicowy) lub silniki elektryczne bezpośrednio napędzające koła samochodu. W przypadku zastosowania silników w kołach samochodu układ napędowy może być bez mechanicznych zespołów napędowych<sup>18</sup>.



Rys. 6. Typowe układy przeniesienia napędu w samochodach elektrycznych: a) z jednym silnikiem elektrycznym, przekładnią główną i mechanicznym mechanizmem różnicowym, b) wielosilnikowy z niezależnym bezpośrednim napędem kół

Źródło: (Adamczyk, 2016)

Zamontowanie silników elektrycznych w kołach pozwala na eliminację skrzyni biegów i obniżenie strat energii podczas jej przenoszenia, oraz obniża środek ciężkości pojazdu co znacznie wpływa na poprawę komfortu jazdy. Każdy z silników zamontowanych w kołach

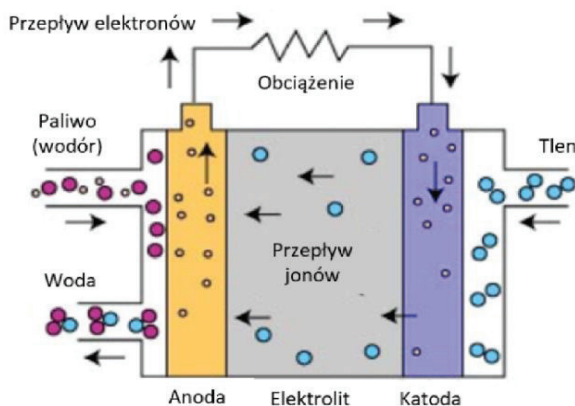
<sup>18</sup> Adamczyk D.: Koncepcja i analiza zintegrowanego przetwornika elektromechanicznego do zastosowania w napędzie elektrycznego samochodu osobowego. Autoreferat rozprawy doktorskiej. Politechnika Gdańska. Wydział Elektrotechniki i Automatyki <https://eia.pg.edu.pl/documents/10623/30567653/Autoreferat%20-%20Dominik%20Adamczyk.pdf>



pozwała na osiągnięcie momentu obrotowego na poziomie 1000 Nm. Silniki mogą być zasilane zarówno prądem stałym jak i przemiennym.

### Napęd elektryczny z ogniwem paliwowym FCEV

W ogniwie paliwowym zachodzi proces zwany odwróconą elektrolizą, w którym wodór reaguje z tlenem w skutek czego powstaje energia elektryczna, ciepło i woda (oddawana do otoczenia w postaci pary wodnej). Samochody z tym napędem są lokalnie bezemisyjne. Wodór pochodzi z jednego lub kilku zbiorników, a tlen z otaczającego powietrza. Energia elektryczna wytwarzana w ogniwie paliwowym w zależności od wymagań przepływa do silnika elektrycznego, albo ładuje akumulator mocy szczytowej (znacznie mniejszy i lżejszy niż akumulator w pełni elektrycznego samochodu BEV). Podobnie jak w innych samochodach elektrycznych można odzyskiwać energię hamowania.



Rys. 7. Budowa i działanie wodorowego ogniwia paliwowego

Źródło: (Siwiec, 2021)

Najczęściej stosowane ogniwa paliwowe to<sup>19</sup>:

- PEM (*Proton Exchange Membrane* - membrana wymiany protonów lub *Polimer Electrolyte Membrane* - polimerowa membrana elektrolityczna) - zasilane są czystym wodorem lub reformatem. Membraną jest materiał polimerowy np. nafion. Mają dużą sprawność produkcji energii elektrycznej - do 65% oraz małą ilość wydzielanego ciepła, krótki czas rozruchu - niska temperatura reakcji zachodzącej w ogniwie (60-100°C).
- DMFC (*Direct Methanol Fuel Cell* - bezpośrednie ogniwo paliwowe z metanolem) - od ogniw PEM różnią się konstrukcją anody, która pozwala na dokonanie wewnętrznego reformingu metanolu i uzyskanie wodoru. Mają niską temperaturę zachodzącej reakcji (ok. 80°C), ale też niższą sprawność w porównaniu do ogniw PEM (40%).

<sup>19</sup> Żyjewska U.: Rodzaje ogniw paliwowych i ich potencjalne kierunki wykorzystania. Nafta-Gaz, 5, 332-339, 2020.

Przykładowa dostępna w sprzedaży wodorowa ciężarówka Hyundai Xcient Fuel Cell<sup>20,21</sup> z samodzielnie opracowanym systemem ogniw paliwowych o mocy 190 kW (2 x 95 kW) ma osiem zbiorników o łącznej pojemności 32,09 kg wodoru co pozwala na uzyskanie zasięgu ok. 400 km. Wg producenta czas tankowania wynosi od 8 do 20 minut. Kształt pojazdu został poddany optymalizacji pod kątem aerodynamicznym. Dopuszczalna masa całkowita samochodu wraz z naczepą wynosi 34 tony, a samodzielnego samochodu 18 ton. Silnik elektryczny ma moc 471 KM i moment obrotowy 3 400 Nm.

Pojazdy elektryczne uznaje się za „zeroemisyjne” w procesie eksploatacji, czyli że nie emitują do atmosfery CO<sub>2</sub> oraz żadnych niebezpiecznych dla środowiska i zdrowia człowieka spalin ani innych substancji. Transport elektryczny ma zarówno zalety jak i wady<sup>22,23</sup>. Główne zalety to:

- eliminacja uzależnienia od paliw kopalnych i brak emisji do atmosfery CO<sub>2</sub> i związków toksycznych podczas eksploatacji,
  - prosta konstrukcja pojazdu, co wpływa na zmniejszenie ryzyka jego awaryjności,
  - możliwość odzyskiwania energii podczas hamowania,
  - brak konieczności posiadania skrzyni biegów oraz sprzęgła, co wpływa na komfort jazdy,
  - cicha praca silnika, brak emisji szkodliwego hałasu,
  - niskie koszty eksploatacji,
  - silniki elektryczne mają prawie 3-krotnie wyższą sprawność niż silniki spalinowe,
  - silnik typowego samochodu spalinowego jest obecnie projektowany na kilkanaście lat działania i ok. 300 tys. km przebiegu. Żywotność baterii to około 30 lat i przebieg 650-800 tys. km,
  - baterie samochodu mogą pomagać w stabilizacji systemu energetycznego,
  - samochody elektryczne potrzebują znacznie mniej smarów i olejów.
- Natomiast do wad należy zaliczyć:
- wysoka cena zakupu pojazdu wynikająca z wysokiej ceny akumulatorów czy ogniw paliwowych,
  - stosunkowo niewielki zasięg, który uzależniony jest od pojemności akumulatora,
  - niewielka sieć punktów ładowania,
  - stosunkowo długi okres ładowania akumulatora,
  - przy temperaturze otoczenia poniżej -20°C pojemność akumulatora spada o ok. 50%,
  - przy obecnym polskim miesie elektroenergetycznym samochody elektryczne mają podobne emisje CO<sub>2</sub> jak spalinowe (ok.15 kg/100 km),

---

<sup>20</sup> Pierwsze wodorowe ciężarówki Hyundai XCIENT FC trafiły już do Klientów. <https://www.hyundai.news/pl/articles/informacje-prasowe/pierwsze-wodorowe-ciezarowki-hyundai-xcient-fc-trafily-juz-do-klientow.html>

<sup>21</sup> Stachowiak B.: Wodór jako nośnik energii i paliwo przyszłości. Możliwości jego wykorzystania w sektorze transportu. *Gospodarka Materiałowa i Logistyka*. 10, 475-487, 2019.

<sup>22</sup> Judzińska-Kłodawska A.: Zużycie energii w samochodach elektrycznych a środowisko. *Autobusy: Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe*. 6, 149-151, 2014.

<sup>23</sup> Boratyńska-Karpiej E., Engel P.: Miejski transport elektryczny jest na plus? *Biuletyn Informacyjny CUPT*, 3, 8-16, 2022.

- samochody elektryczne wymagają dużo większej ilości cennych surowców niż auta spalinowe (lit, kobalt, miedź, metale ziem rzadkich),
- jakość zasobów, po które będzie sięgać, może wywoływać problemy środowiskowe i społeczne,
- zmiana klimatu będzie stanowić dodatkowy czynnik ryzyka, szczególnie przy wymagającym dużej ilości wody wydobyciu miedzi i litu w regionach dotkniętych niedoborem wody.

### Silniki elektryczne i zespoły napędowe pojazdów HHV i EV

W pojazdach elektrycznych stosowane są silniki elektryczne:

- prądu przemiennego AC:
- asynchroniczne (indukcyjne) trójfazowe - ASM (*Asynchronous Motor*),
- synchroniczne z magnesami trwałymi - PSM (*Permanent Magnet Synchronous Motor*). Charakteryzują się większą gęstością mocy i momentem obrotowym, oraz mają mniejsze straty na rdzeniu (większą sprawność) niż silniki asynchroniczne,
- prądu stałego DC. Najlepszym rozwiązaniem w pojeździe elektrycznym jest silnik szeregowy mający duży moment rozruchowy (największy z silników DC).

Absolutną przewagą silników elektrycznych w odniesieniu do silników spalinowych jest ich sprawność przekraczająca nawet 90%. Natomiast sprawność najdoskonalszych silników spalinowych pracujących w cyklu Atkinsona nieznacznie przekracza 40% (stosowanych przede wszystkim w napędach hybrydowych). Sprawność silników w autach wyłącznie spalinowych jest jeszcze niższa.



Rys. 8. Układ napędowy samochodu ciężarowego Volvo FE Electric

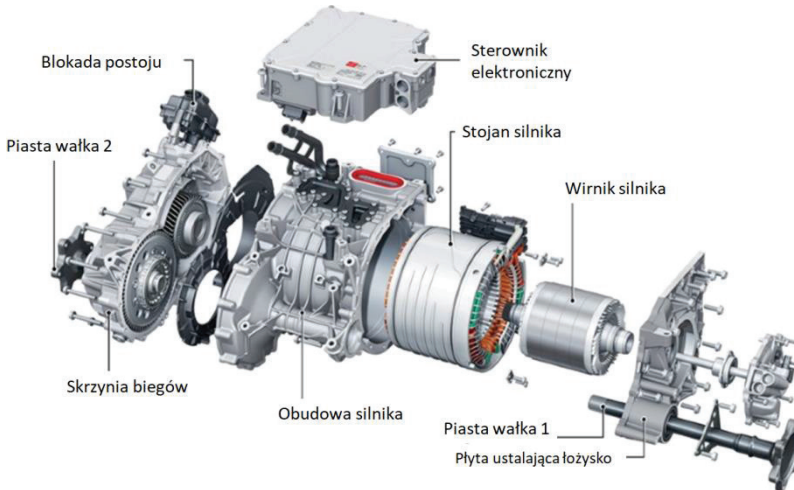
Źródło: (Volvo FE Electric)

Firma Volvo (rys. 8) w modelu samochodu ciężarowego FE Electric<sup>24</sup> zastosowała układ napędowy złożony z dwóch silników elektrycznych w połączeniu z 2-biegową skrzynią biegów zapewniającą płynną jazdę. Moc silników może wynosić maksymalnie 225 kW/300 KM i jest sterowana przez system kontroli trakcji umożliwiający również pokonywanie śliskich nawierzchni.

---

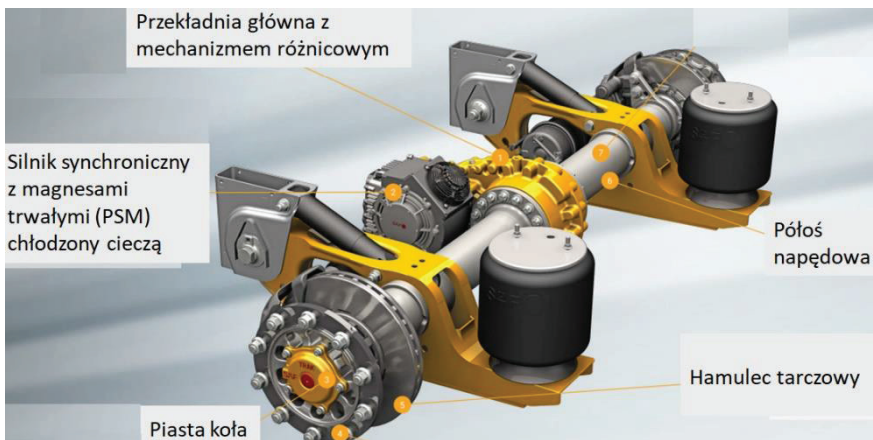
<sup>24</sup> Volvo FE Electric. Kompaktowe, ale pojemne, <https://www.volvotrucks.pl/pl-pl/trucks/trucks/volvo-fe/volvo-fe-electric.html>.

Przykładowe zespoły napędowe tworzące tzw. osie elektryczne samochodów ciężarowych przedstawiono na rysunkach 9 i 10.



Rys. 9. Zespół napędowy osi elektrycznej samochodów ciężarowych

Źródło: (opracowanie własne na podstawie <https://www.ciplinq.com/emobility/ev-propulsion-systems/ipm-motors/l>)



Rys. 10. Oś elektryczna do samochodów ciężarowych firmy SAF-HOLLAND

Źródło: (E-axle family from SAF)

Najczęściej producenci preferują rozwiązania osi elektrycznej do samochodów ciężarowych z centralnie umieszczonym silnikiem elektrycznym zblokowanym z przekładnią główną i mechanizmem różnicowym (rys. 10).

## Podsumowanie

1. Zerową emisję CO<sub>2</sub> i spalin zapewniają jedynie pojazdy elektryczne z wodorowymi ogniwami paliwowym (*Fuel Cell Electric Vehicle*) i bateryjne (*Battery Electric Vehicle*).
2. Znaczne ograniczenie emisji CO<sub>2</sub> i spalin umożliwiają pojazdy hybrydowe spalinowo-hydrauliczne (*Hydraulic Hybrid Vehicles*) i spalinowo-elektryczne (*Hybrid Electric Vehicle, Plug-In Hybrid Electric Vehicle*), głównie dzięki odzyskiwaniu części energii kinetycznej podczas hamowania i opóźniania.
3. Obniżenie emisyjności spalin pojazdów z silnikami spalinowymi (*Internal Combustion Engines*) i hybrydowych można osiągnąć przez przystosowanie ich do zasilania paliwami syntetycznymi (e-paliwami) i wodorem.

## Bibliografia

- Adamczyk D.: Koncepcja i analiza zintegrowanego przetwornika elektromechanicznego do zastosowania w napędzie elektrycznego samochodu osobowego. Autoreferat rozprawy doktorskiej. Politechnika Gdańska. Wydział Elektrotechniki i Automatyki: Pozyskano z: <https://eia.pg.edu.pl/documents/10623/30567653/Autoreferat%20-%20Dominik%20Adamczyk.pdf>
- Andrzejewski M., Pielecha I., Daszkiewicz P., Merksiz-Guranowska A., Stawecki Ł.: The hybridization of propulsion systems of mass transport vehicles. *Combustion Engines*. 162(3), 2015.
- Brukalski M.: Review of selected solutions for automatically attached drive for the second axle. *Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów, Instytut Pojazdów Politechniki Warszawskiej*, 116(2), 2018.
- Boratyńska-Karpiej E., Engel P.: Miejski transport elektryczny jest na plus? *Biuletyn Informatyczny CUPT*, 3, 2022.
- Dindorf R., Woś P.: Rozwój energooszczędnych napędów z odzyskiem energii. *Mechanik*, 8-9, 2017.
- Drożdż W., Kuczkowski R.: Wpływ rozwoju pojazdów elektrycznych na warunki pracy sieci Operatorów Systemu Dystrybucyjnego w Polsce [W]: *Elektromobilność w rozwoju miast*, PWN, Warszawa 2018.
- Electric Vehicle Propulsion Systems. Sustainable driving with efficient EV propulsion systems: Pozyskano z: <https://www.caplinq.com/emobility/ev-propulsion-systems/ipm-motors/>
- E-axle family from SAF: Pozyskano z: [https://www.group-ims.com/media/uploads/pdf/3/3/333\\_saf-holland-e-axle-family.pdf](https://www.group-ims.com/media/uploads/pdf/3/3/333_saf-holland-e-axle-family.pdf)
- Jędrzykiewicz Z., Stojek J., Rosikowski P.: Napęd i sterowanie hydrostatyczne, VIST Sp. z o.o. Kraków 2017.
- Judzińska-Kłodawska A.: Zużycie energii w samochodach elektrycznych a środowisko. *Autobusy: Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe*, 6, 2014.
- Lech L., Boratyńska-Karpiej E., Engel P.: Dekarbonizacja transportu - cel na 2050 rok. *Biuletyn Informatyczny CUPT*, 4, 2022.

- Mróz A.: Polska musi przyspieszyć elektryfikację transportu ciężkiego. 11.09.2023: Pozyskano z: <https://moto.rp.pl/na-prad/art39101151-polska-musi-przyspieszyc-elektryfikacje-transportu-ciezkiego>.
- Piernikarski D.: Hybrydowo – tak, ale hydraulicznie. Samochody Specjalne, 29.06.2019: Pozyskano z: <https://samochody-specjalne.pl/2016/06/29/hybrydowo-tak-ale-hydraulicznie/>
- Pierwsze wodorowe ciężarówki Hyundai XCIENT FC trafiły już do Klientów: Pozyskano z: <https://www.hyundai.news/pl/articles/informacje-prasowe/pierwsze-wodorowe-ciezarowki-hyundai-xcient-fc-trafily-juz-do-klientow.html>
- Pomocniczy układ napędowy: Pozyskano z: <https://www.trojmiejskamotoryzacja.pl/budowa-pojazdu-uklad-napedowy-pomocniczy.php>
- Polska Izba Przemysłu Chemicznego: Niskoemisyjny transport: jedyne słuszne rozwiązanie czy kolejny chwilowy trend?, Polski Przemysł - portal przemysłowy, 14.05.2021: Pozyskano z: <https://polskiprzemysl.com.pl/transport-i-logistyka/niskoemisyjny-transport/>
- Różycki A., Wojtyniak M.: Ekologiczne kierunki rozwoju konstrukcji pojazdów samochodowych, TTS Technika Transportu Szynowego, Tom R. 22, 12, 2015.
- Siwiec J.: Zastosowanie wodorowych ogniwi paliwowych w transporcie kolejowym. Problemy Kolejnictwa, 190, 3, 2021.
- Song D.F., Yang D.P., Zeng X.H., Zhang X.M., Gao F.W.: A coordinated control of hydraulic hub-motor auxiliary system for heavy truck. Measurement, 175, 2021.
- Stachowiak B.: Wodór jako nośnik energii i paliwo przyszłości. Możliwości jego wykorzystania w sektorze transportu. Gospodarka Materiałowa i Logistyka, 10, 2019.
- Szydelski Z.: Pojazdy samochodowe. Napęd i sterowanie hydrauliczne. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1999.
- Unijny zakaz sprzedaży nowych samochodów spalinowych od 2035 r. - co to oznacza?: Pozyskano z: <https://www.europarl.europa.eu/news/pl/headlines/economy/20221019STO44572/unijny-zakaz-sprzedazy-nowych-samochodow-spalinowych-od-2035-r-co-to-oznacza>
- Volvo FE Electric. Kompaktowe, ale pojemne: Pozyskano z: <https://www.volvotrucks.pl/pl-pl/trucks/trucks/volvo-fe/volvo-fe-electric.html>
- Walkowiak J.: Układy przeniesienia napędu. Pozyskano z: <http://www.autonaprawa-walkowiak.pl/wp-content/uploads/07-Uk%C5%82ad-przeniesienia-nap%C4%99du-min.pdf>
- Zakaz sprzedaży spalinowych ciężarówek w UE. Kiedy wejdzie w życie? 2023: Pozyskano z: <https://moto.infor.pl/logistyka/transport/5674453,zakaz-sprzedazy-spalinowych-ciezarowek.html>
- Zeng X., Li G., Song D., Li S. Li X: Auxiliary Drive Control Strategy of Hydraulic Hub-Motor Auxiliary System for Heavy Truck, SAE Technical Paper, 2016-01-8113, 2016.
- Żyjewska U.: Rodzaje ogniwi paliwowych i ich potencjalne kierunki wykorzystania. Nafta-Gaz, 5, 2020.

*Adres do korespondencji: e-mail: [pkuzniar@ur.edu.pl](mailto:pkuzniar@ur.edu.pl)  
ORCID: [Piotr Kuźniar 0000-0002-6607-6636](https://orcid.org/0000-0002-6607-6636)  
ORCID: [Miłosz Zardzewiały 0000-0002-8843-2814](https://orcid.org/0000-0002-8843-2814)*





# INNOWACYJNE TECHNOLOGIE W PROCESIE DYSTRYBUCJI TOWARÓW A POZIOM OBSŁUGI KLIENTA

Wiesław Piekarski<sup>1</sup>, Sławomir Juściński<sup>2</sup>, Dariusz Piekarski<sup>3</sup>, Janusz Ożga<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instytut Nauk Technicznych, Państwowa Akademia Nauk Stosowanych w Przemysłu

<sup>2</sup> Zakład Logistyki i Zarządzania Przedsiębiorstwem, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

<sup>3</sup> Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

## Wstęp

Nowoczesne powierzchnie magazynowe i centra logistyczne zaczęły powstawać w Polsce w latach 90. XX wieku. Przejście od użytkowania magazynów do tworzenia pierwszych centrów logistycznych było związane z przemianami gospodarczymi i szerokim wprowadzeniem reguł wolnorynkowych<sup>1,2,3,4,5</sup>. Obiekty o tak nowoczesnej strukturze były projektowane i budowane, gdyż wynikało to z przesłanek ekonomicznych i nowych zasad szerokiej współpracy gospodarczej w układzie międzynarodowym<sup>6,7</sup>.

Produkcja i wymiana handlowa, która wówczas dynamicznie zaczęła się rozwijać z krajami Unii Europejskiej tworzyła wspólny rynek stopniowo regulowany tymi samymi przepisami prawa. Budowa nowoczesnych obiektów magazynowych w centrach logistycznych prowadzona przez firmy deweloperskie ukierunkowana była na dużych operatorów handlowych.

---

<sup>1</sup> Dudziński Z.: Vademecum organizacji gospodarki magazynowej, Ośrodek Doradztwa i Doskonalenia Kadr, Gdańsk, 2011.

<sup>2</sup> Grzybowska K.: Gospodarka zapasami i magazynem, Część 2. Zarządzanie magazynem, Wyd. Difin, Warszawa, 2010.

<sup>3</sup> Januła E., Kasińska M., Kwiatkiewicz P., Laskowski M.: Zapasy i magazynowanie, Wyd. As Pik, ISBN: 978-83-66264-17-5, Warszawa, 2020.

<sup>4</sup> Dudziński Z., Poradnik organizatora gospodarki magazynowej w przedsiębiorstwie, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 2012.

<sup>5</sup> Krzyżaniak S., Niemczyk A., Majewski J., Andrzejczyk P.: Organizacja i monitorowanie procesów magazynowych, Instytut Logistyki i Magazynowania, ISBN: 978-83-63186-76-0, Poznań, 2014.

<sup>6</sup> Galińska B.: Gospodarka magazynowa, Wyd. Difin S.A., ISBN: 978-83-8085-340-9, Warszawa, 2016.

<sup>7</sup> Januła E., Truś T.: ABC magazyniera, Wydawnictwo i Handel Książkami KaBe, ISBN: 978-83-89387-83-7, Krosno, 2010.

Kilka lat poprzedzających wejście Polski do Unii Europejskiej pozwoliło na przygotowanie rynku w zakresie infrastrukturalnym do prowadzenia nowoczesnej sprzedaży hurtowej<sup>8,9,10</sup>.

Nowoczesne powierzchnie magazynowe wyposażone w elektroniczne systemy kontroli i ewidencjonowania towarów są niezbędnym elementem dla budowy i funkcjonowania łańcuchów logistycznych. Strategia dystrybucji towarów tworzona jest w oparciu o model kolejnych szczebli w drodze od wytwórcy do klienta z optymalizacją czasową tych działań. Łańcuch logistyczny obejmuje swym zasięgiem rynki lokalne, ale często także i rynek globalny<sup>11,12,13,14</sup>. Efektywne funkcjonowanie sprzedaży hurtowej wymaga stworzenia systemu zarówno obsługi magazynowej w zakresie przyjmowania codziennych dostaw produktów, ich przechowywania, a następnie wydawania połączonego z procesem sprzedaży i obsługi księgowej. Szczególnie trudne zadania generuje obsługa rynku produktów FMCG, produktów świeżych oraz wyrobów akcyzowych. Sam proces sprzedaży poprzedza kompletacja i wydanie zamówionych produktów zgodnie ze specyfikacją złożonych przez nabywców zleceń. Należy podkreślić, że działania w zakresie logistyki magazynowej i dystrybucyjnej mają wysoką dynamikę zmian i są generalnie prowadzone w warunkach deficytu sił i środków. Wysokie wymagania w zakresie wydajności pracy wynikają wprost z bardzo silnej konkurencji na rynku produktów spożywczych. Niska marża to także konieczność uzyskania bardzo wysokich obrotów sprzedaży. Równie ważny jest brak pomyłek przy kompletacji i zredukowany do minimum procesu obsługi zleceń. Wyzwaniem dla systemów zarządzania handlem hurtowym jest zapewnienie takiego poziomu obsługi klientów instytucjonalnych (sklepów), aby dać im przewagę konkurencyjną nad innymi podmiotami handlu detalicznego na poszczególnych rynkach lokalnych<sup>15,16,17,18</sup>.

---

<sup>8</sup> Fechner I.: Centra logistyczne i ich rola w procesach przepływu ładunków w systemie logistycznym Polski, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, zeszyt 76 Transport, 19-32, Warszawa, 2010.

<sup>9</sup> Juściński S.: Analiza rynku nowoczesnych powierzchni magazynowych w centrach logistycznych, [w:] Dzieniszewski G., i Kuboń M., (red.) Logistyka dla regionu, ISBN 78-83-64377-27-3, Wydawnictwo Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, Kraków, 123-141, 2018.

<sup>10</sup> Kucharczyk R.: Centra logistyczne – istota, zadania, funkcje, Logistyka - Nauka, 3, 3490-3495, 2014.

<sup>11</sup> Miklińska J.: Rola centrów logistycznych w łańcuchach dostaw – wybrane problemy, Logistyka, 3, Poznań, 1583-1590, 2012.

<sup>12</sup> Skowron-Grabowska B.: Centra logistyczne w łańcuchu dostaw, Wyd. PWE Warszawa 2010.

<sup>13</sup> Szymonik A., Chudzik D.: Logistyka nowoczesnej gospodarki magazynowej, Wyd. Difin S.A., ISBN: 978-83-8085-525-0, Warszawa, 2018.

<sup>14</sup> Kordel Z., Kuriata A.: Logistyka i transport w ujęciu systemowym, CeDeWu Sp. z o.o., ISBN: 978-83-8102-138-8, Warszawa, 2018.

<sup>15</sup> Ciesielski M., Długosz J.: Strategie łańcuchów dostaw. PWE, Warszawa, 2010.

<sup>16</sup> Cieśla M., Hat-Garnarcz G., Opasiak T., Nowakowski P.: Logistyka w łańcuchach dostaw, Wybrane zagadnienia, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, ISBN: 978-83-7880-422-2, Gliwice, 2017.

<sup>17</sup> Dyczkowska J.: Marketing usług logistycznych, Wyd. Difin S.A., ISBN: 978-83-7930-240-6, Warszawa, 2014.

<sup>18</sup> Rosa G., Jedliński M., Chraćol-Barczyk U., (red.): Marketing usług logistycznych, Wyd. C.H. Beck, ISBN: 978-83-255-9093-2, Warszawa, 2017

Sieci handlowe zarówno w Polsce, jak i w na terenie Europy szukają nowych sposobów wykorzystania technologii informatycznych do poprawy szybkości dokonywanych transakcji sprzedaży. Na przestrzeni ostatnich lat nowoczesne technologie przyspieszają i usprawniają relację sprzedawca-klient. Korzystają one przede wszystkim z rozwiązań cyfrowych w sferze komunikacji i analizy dużych zbiorów danych. Taki kierunek wymusza rozwój technologii w zakresie pozyskiwania, gromadzenia i przetwarzania informacji. Możliwość korzystania z pakietów danych zarówno w zakresie poszczególnych podmiotów, jak również z baz danych tworzonych w celach komercyjnych, zmienia oblicze handlu na całym świecie<sup>19,20,21</sup>. Hurtownie spożywcze i sieci handlowe dostrzegają w tym obszarze ogromne możliwości i szansę na budowanie trwałych relacji z klientami. Nowoczesne technologie w handlu pozwalają precyzyjnie i szybko zdefiniować potrzeby klientów. Spełnienie oczekiwań buduje lojalność dotychczasowych klientów oraz wzmacnia wizerunek firmy, jako nowoczesnego partnera<sup>22,23,24,25</sup>.

### Miejsce i rola Eurocash w handlu hurtowym

Eurocash S.A. to jedna z największych polskich firm, która prowadzi hurtową dystrybucję szybko zbywalnych artykułów spożywczych (FMCG), chemii gospodarczej, wyrobów tytoniowych i alkoholi. Grupa Eurocash to sieć 179 hurtowni na terenie całej Polski, które koncentrują się na obsłudze małych i średnich sklepów spożywczych, oferując dostęp do kilkudziesięciu tysięcy produktów w atrakcyjnych cenach poprzez ich sprzedaż elektroniczną. Firma stanowi największą platformę handlu B2B w Polsce, integrując biznesy hurtowe Grupy Eurocash: Eurocash Cash & Carry, Eurocash Dystrybucja oraz Eurocash Serwis. Obecnie współpraca obejmuje ponad 16 000 punktów handlowych prowadzonych, jako sklepy franczyzowe i partnerskie, które działają w ramach firmowych marek. Przedsiębiorcy prowadzący działalność detaliczną mogą korzystać z oferty hurtowej Eurocash poprzez platformę internetową, aplikację mobilną lub tradycyjne zakupy w hurtowni stacjonarnej. Współpraca we wszystkich formach jest traktowana, jako łączny model biznesowy, dzięki

---

<sup>19</sup> Juściński S.: Analiza systemów telematycznych stosowanych w logistyce magazynowej i dystrybucyjnej, [w:] Dzieniszewski G., i Kuboń M., (red.) Logistyka dziś i jutro, Mechatronika i Telematyka w Logistyce, ISBN 978-83-64377-440, Wydawnictwo Inżynieria Rolnicza, Przemysł, s. 99-114, 2019.

<sup>20</sup> Kowalska-Napora E.: Infrastruktura logistyczna, Wyd. Economicus, ISBN: 978-83-60606-80-3, Szczecin, 2015.

<sup>21</sup> Klóska R. (red.): Infrastruktura transportowa i cyfrowa jako czynnik regionalnego i lokalnego rozwoju gospodarczego, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, ISBN: 978-83-7972-412-3, Szczecin, 2020.

<sup>22</sup> Śliwczyński B., Koliński A.: Organizacja i monitorowanie procesów dystrybucji, Instytut Logistyki i Magazynowania, ISBN: 978-83-63186-64-7, Poznań, 2013.

<sup>23</sup> Łapko A., Wagner N.: Logistyka dystrybucji, Trendy - Wyzwania – Przykłady, Wyd. CeDeWu Sp. z o.o., ISBN: 978-83-8102-516-4, Warszawa, 2021.

<sup>24</sup> Tundys B., Rzczycki A., Drobiazgiewicz J.: Decyzje strategiczne w łańcuchach dostaw, Wydawnictwo edu-Libri, ISBN: 978-83-65648-53-2, Kraków-Legionowo, 2018.

<sup>25</sup> Wyrwich-Płotka S.: Wirtualna praca w łańcuchu dostaw, Wyd. Difin S.A., ISBN: 978-83-8085-649-3, Warszawa, 2018.

czemu podmioty mogą niezależnie od sposobu kupowania produktów uzyskiwać wysokie rabaty i preferencyjne warunki płatności. Marki będące własnością Eurocash to: ABC, ABC na kołach, Delikatesy Centrum, Drogerie Koliber, Duży Ben, Euro Sklep, Frisco.pl, Gama, Groszek, Inmedio, Kontigo i Lewiatan. Od blisko 30 lat Eurocash optymalizuje położenie sieci swoich punktów, aby ułatwić współpracę z klientami, którzy z reguły realizują formułę częstych wizyt w celu nabycia świeżego towaru. Pomoc w rozwoju niezależnych firm handlowych w Polsce jest realizowana także poprzez innowacyjne technologie oraz nowoczesne modele współpracy<sup>26,27</sup>.

### **Innowacyjne systemy zwiększające efektywność i jakość obsługi**

Pierwszym innowacyjnym systemem, jaki wprowadzono w oddziale hurtowni Cash & Carry w Przemysłu był nowoczesny proces przyjmowania i wydawania towarów. System zakładał wyeliminowanie istniejących dwóch osobnych procesów „Rozliczanie dostawy” i „Kontrola Uzupełnień Półki według dostawy”. Utworzono nowy proces „Rozkładanie dostawy”, łączący w sobie funkcjonalność dwóch poprzednich procesów. Modyfikacja procesu zakładała połączenie dwóch działań: rozkładanie dostawy i jednocześnie sprawdzenie uzupełnienia półek o dany towar.

Drugim innowacyjnym rozwiązaniem w oddziale hurtowni w Przemysłu było wprowadzenie od 01.08.2022 r. nowoczesnego systemu wag najazdowych do automatycznej kontroli wydawanych towarów. Wprowadzenie cyfrowych wag najazdowych miało na celu skrócenie czasu potrzebnego do kontroli towarów na wózkach zakupowych oraz odciążenie pracowników hurtowni od ich ręcznej kontroli. Nowatorski program FerrRampScale służy do obsługi klientów podczas wydawania towarów z wykorzystaniem wag najazdowych. Wagi najazdowe to specjalnego rodzaju, wysoko wydajne urządzenia przeznaczone do pomiaru ilości towarów, znajdujących się na danym wózku zakupowym. Urządzenia umożliwiają pomiar od 0,10 kg do 600 kg. Waga najazdowa wykonana ze stali nierdzewnej wyposażona jest w czteroczujnikową konstrukcję ramową, przeznaczoną do ważenia towarów na wózkach zakupowych. Obsługa wagi odbywa się przy użyciu nowoczesnego miernika PUE HX7 z dwudziestocalowym kolorowym wyświetlaczem graficznym oraz diodowym barografem sygnalizującym głosem aktualną masę produktów w odniesieniu do zakresu wagi podanego wózka. W tylnej części obudowy umieszczone są hermetyczne przyłącza interfejsów komunikacyjnych oraz cyfrowe wejścia/wyjścia analogowe. Zastosowanie nowoczesnych rozwiązań informatycznych pozwala na współpracę z wieloma urządzeniami zewnętrznymi, takimi jak: skanery kodów kreskowych PM66, drukarki cyfrowe, zewnętrzne cyfrowe wyświetlacze wagi ładunku, przyciski sterujące, systemy świetlno-dźwiękowe oraz z nadrzędnymi systemami informatycznymi. Wagi współpracują z programami wspierającymi system FER-ADMO, POS2, INFOR, FerrRampScale. Oprogramowanie wagi pozwala na realizację procesów ważenia i liczenia sztuk produktów umieszczonych na wózku zakupowym. W miernikach wag najazdowych wykorzystano system informacji oparty o bazy danych: towarów i opakowań za pełny karton oraz za jedną sztukę. Program porównuje wagę wózka

---

<sup>26</sup> <https://www.grupaeurocash.pl/o-nas/grupa-eurocash>

<sup>27</sup> <https://www.grupaeurocash.pl/o-nas/wizja-i-misja>

klienta, która jest zapisana na dokumencie sprzedaży i wylicza na podstawie danych o wadze artykułów i samego wózka masę całkowitą. Program porównuje się wagę całkowitą towaru z odczytem wagi najazdowej i na wyświetlaczu elektronicznym zostaje wówczas podany odpowiedni wynik wraz z sygnałem dźwiękowym.

### Organizacja i zarządzanie pracą oddziału hurtowni w Przemysłu

Hurtownia Eurocash w Przemysłu to filia, która zatrudnia na umowę o pracę dwunastu pracowników. System pracy dzielony jest na dwie zmiany od poniedziałku do piątku w godzinach 05:00 do 21:00 oraz w sobotę od godziny 06:00 do 15:00. Osobą odpowiedzialną za cały system obsługi, funkcjonowanie hurtowni, przestrzeganiu przepisów prawa pracy i BHP jest kierownik oddziału. Wspierany jest przez kierownika magazynu i kierownika działu świeże owoce-warzywa. Pozostali pracownicy oddziału to osoby z dużym doświadczeniem, których zadaniem jest obsługa klienta oraz przyjmowanie i wydawanie towaru. System obsługi w oddziale hurtowni przedstawiono na rysunku 1 i rysunku 2.



Rys. 1. Ogólny plan pracy w oddziale hurtowni C259 w Przemysłu, przykładowy plan na miesiąc październik w 2022 r.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie materiałów hurtowni Eurocash w Przemysłu

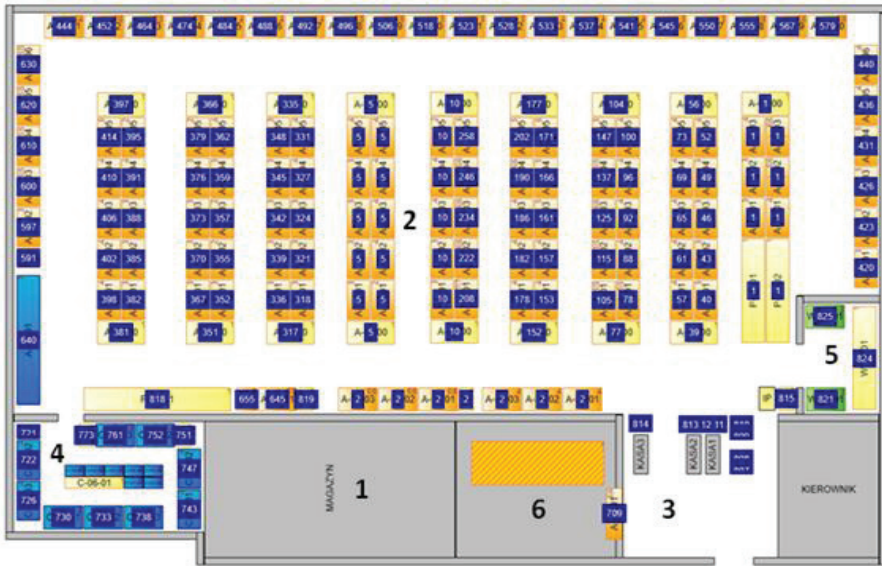


Rys. 2. Organizacja planu i czasu pracy przedstawiona dla pierwszej i drugiej zmiany

Źródło: Opracowanie własne na podstawie materiałów hurtownia Eurocash w Przemysłu



Plan podziału hurtowni Eurocash Przemysł – rzut poziomy, widok z wydzielonymi strefami, przedstawia rysunku 3.



Rys. 3. Plan systemu działania hurtowni ze strefami przyjęć i wydań towaru

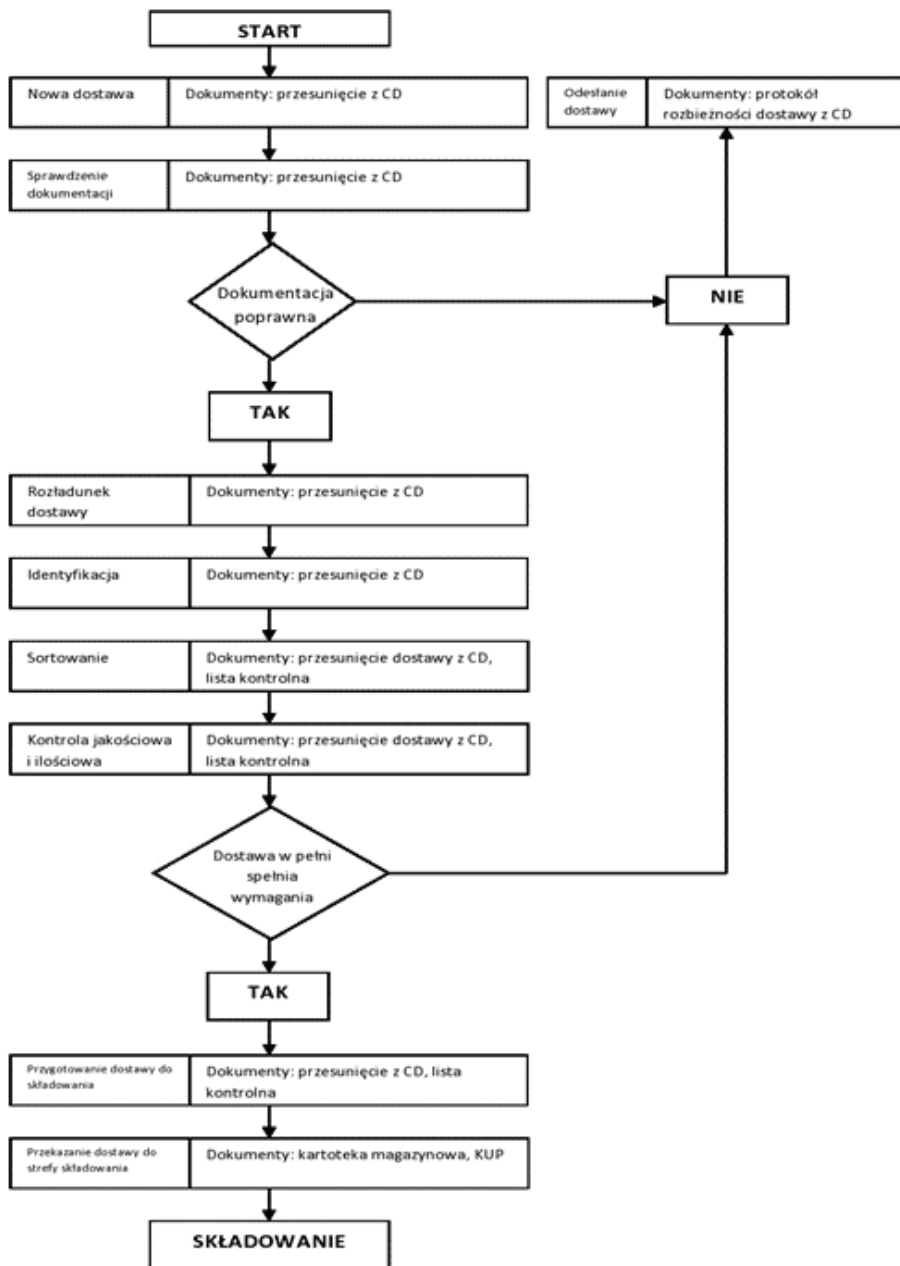
Źródło: Opracowanie własne na podstawie materiałów hurtowni Eurocash w Przemysłu

Obszar magazynu w hurtowni, to:

1. Strefa przyjęć dostaw.
2. Strefa magazynowania towaru po przyjęciu.
3. Strefa wydań dla klientów.
4. Chłodnia produktów nabiałowych.
5. Chłodnia owoce-warzywa.
6. Pomieszczenia socjalno-biurowe.

### Łańcuch logistyczny procesu przyjmowania towarów

Strefa przyjęcia towaru jest usytuowana w miejscu oddzielnym od reszty magazynu tak, aby możliwe było sprawne przyjmowanie dostarczonego towaru oraz aby istniała możliwość przeprowadzenia kontroli jakości i sortowania dostarczonych produktów według indeksów. Do uzyskania rzetelnej kontroli jakości niezbędna jest także wystarczająca do tych prac przestrzeń magazynowa. Należy podkreślić, że wszystkie produkty obsługiwane w hurtowni posiadają kody kreskowe, które są odczytywane za pomocą skanera PM66. Działania te mają na celu prawidłowe ułożenie towaru w wyznaczonym miejscu, według założonego układu Layoutu. Bardzo ważne w strefie obsługi przyjęcia towaru jest także wypracowanie systemu pozwalającego na bieżące i sprawne usuwanie zbędnych opakowań papierowych, foliowych i innych odpadów powstałych w procesie przyjmowania towarów.



Rys. 4. Przykład algorytmu ilustrującego proces przyjmowania towarów, które zostały dostarczone do oddziału hurtowni w Przemyślu

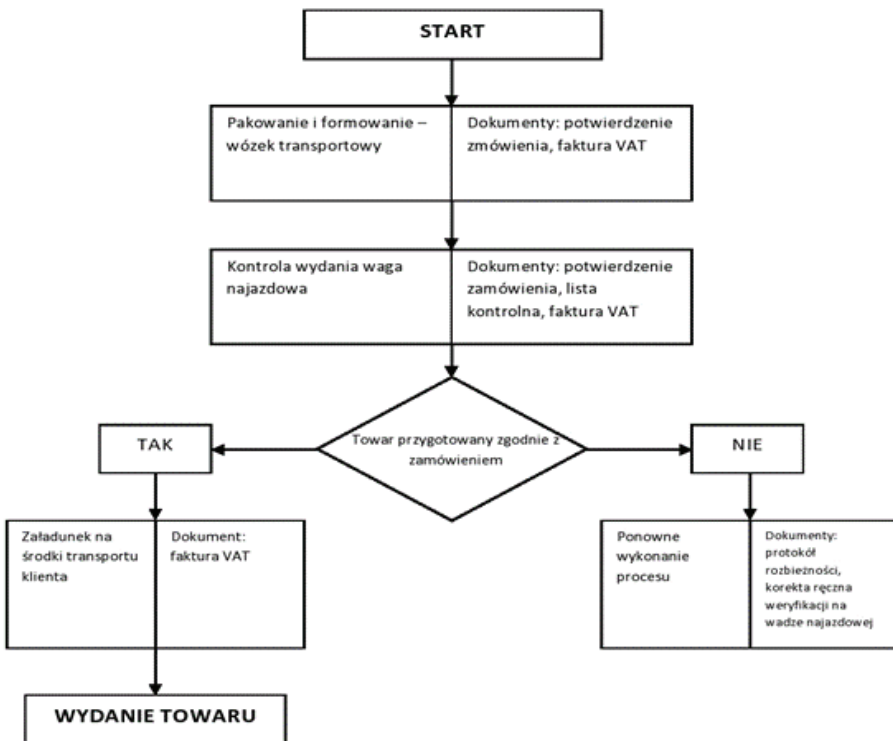
Źródło: Opracowanie własne na podstawie materiałów hurtowni Eurocash w Przemyślu



Proces przyjmowania towarów z Centrum Dystrybucyjnego w Pińczowie na magazyn oddziału w Przemysłu należy do najważniejszych procesów w pracach magazynowych. Potencjalne błędy lub pomyłki w tym procesie mogą prowadzić do problemów w obsłudze innych operacji logistycznych, a tym samym generować straty finansowe. Konieczny jest pełny nadzór i kontrola nad kosztami operacyjnymi tego procesu logistycznego. Na tym etapie prac bardzo ważne jest, aby procedura przyjęcia towarów do magazynu była prosta i zrozumiała dla każdego pracownika oddziału. Niezbędna jest także powszechna wiedza o wszystkich wykonywanych zadaniach związanych z przyjmowaniem towarów na magazyn oraz o stosowanych technikach, które mogą pomóc w usprawnieniu tego procesu. W tym celu opracowano algorytm, który w przedstawia proces przyjmowania towarów na magazyn oddziału w Przemysłu (rys. 4).

### Łańcuch logistyczny procesu wydawania towarów

Strefa wydawania towaru to wydzielona przestrzeń hurtowni, przeznaczona głównie dla realizacji czynności organizacyjno-technicznych związanych z wypisaniem, wydaniem i kontrolą towarów.



Rys. 5. Przykład algorytmu ilustrującego proces wydawania towaru z magazynu

Źródło: Opracowanie własne na podstawie materiałów hurtowni Eurocash w Przemysłu

W strefie tej rozmieszczone są kasy do obsługi sprzedaży oraz waga najazdowa do weryfikacji sporządzonych dokumentów w postaci faktur VAT. Sprawny proces wydawania towarów z magazynu, wymaga optymalnej obsługi, a to stanowi bardzo wymagające zadania dla każdej firmy obsługującej procesy logistyczne. Na efektywność tego procesu istotny wpływ mają zarówno czynności, które wchodzą w skład samej operacji przygotowania towarów, jak i wszystkie wcześniejsze etapy procesu magazynowania. Do realizacji sprawnego procesu wydawania towarów został opracowany algorytm, przedstawiający schemat wydawania towarów klientom robiącym zakupy w hurtowni w Przemysłu (rys. 5).

### **Tradycyjne technologie przyjmowania towarów**

Odział C259 w Przemysłu w godzinach popołudniowych otrzymuje informację drogą elektroniczną (poczta e-mail) z Działu Logistyki i Ochrony z Pińczowa, z informacją o planowanej dostawie towaru w dniu następnym. Dokument zawiera dane o ilości palet typu Euro wraz z informacją o kierowcy, który dostarczy ładunek. Przyjęcie towaru rozpoczyna się o godzinie 05:00 i jest wykonywane przez dwóch pracowników oddziału. Jeden to operator wózka widłowego, który przyjmuje dostawę towaru (rys. 7).



Rys. 6. Dostawa towaru do hurtowni

*Źródło: Opracowanie własne w hurtowni Eurocash w Przemysłu*

Podstawowym obowiązkiem operatora wózka jest kontrola zgodności plomb na naczepie, czystości naczepy oraz kontrola temperatury przewożonego towaru. List przewozowy infor-

muje o ilości towaru, numerach plomb na ładunku i temperaturze przewozu ładunku. Natomiast drugi pracownik uruchamia program POS2, służący do magazynowego przyjęcia towaru i wprowadza dane o dostawie do systemu operacyjnego INFOR. Kolejnym etapem jest porównanie dostarczonego ładunku z listem przewozowym (rys. 8), który jest dostarczony przez kierowcę. Za weryfikację zgodności dostarczonych produktów do oddziału z listem przewozowym w danym dniu odpowiada drugi pracownik. Kierowca dostarczający towar do oddziału w czasie rozładunku jest jednocześnie operatorem elektrycznego wózka unoszącego na naczepie. Podaje on znajdujące się na naczepie palety towaru, odbierającemu je operatorowi wózka widłowego.



Rys. 7. Obsługa dostaw za pomocą wózka widłowego

*Źródło: Opracowanie własne w hurtowni Eurocash w Przemysłu*

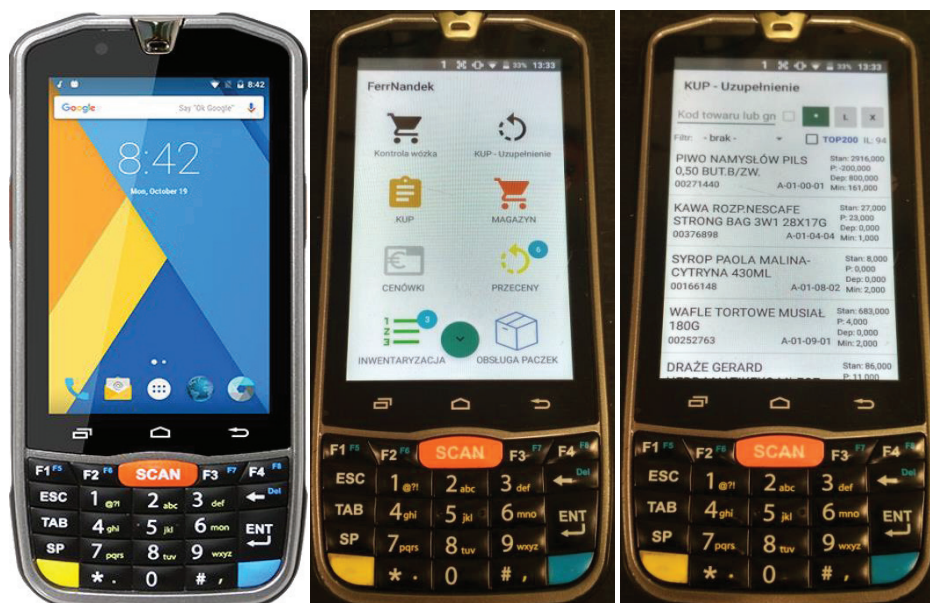
Po wstępnej procedurze przyjęcia ładunku, realizowane jest ręczne sprawdzanie i przyjęcie dostawy na magazyn przez kolejnych dwóch pracowników. W zależności od dnia tygodnia i ilości zamówionego towaru przyjmowanych jest średnio od 14 do 30 palet typu Euro dziennie wraz z załączoną specyfikacją dostaw. Należy podkreślić, że na każdej palecie typu Euro mogą znajdować się produkty o różnych oznaczeniach, stąd konieczne jest porównanie ich indeksów ze specyfikacją dostawy (rys. 8).

Po sprawdzeniu i rozliczeniu danej dostawy towaru następuje drugi krok w procesie przyjęcia dostawy, polegający na wprowadzeniu przyjętych pozycji za pomocą skanera PM 66 do programu informatycznego KUP (Kontrola Uzpełnień Półki), co przedstawiono na rys. 9.

Numer dok.	Status	Data dok.	Nazwa dostawcy	Wartosc	Wzrost	Redycki	Czy zgodna	Dostepne w KUP IMC/NE	Mag. brzołowy
Z00001	Oczarło roz.	2020-07-13	CENTRUM DYSTRYBUCYJNE PIŃCZÓW	2740,35 PM					OKW
Z00002	Sprawdzona	2020-07-20	CENTRUM DYSTRYBUCYJNE PIŃCZÓW	2763,55 PM					OKW
Z00003	Oczarło roz.	2020-07-20	CENTRUM DYSTRYBUCYJNE KOMORNIK	47641,35 PM					Pozostałe
Z00001	Realizacja	2020-07-15	PIEKARNIA OSKROBA S.A.	125,02 CP	AU				Brak danych
Z00002	Realizacja	2020-07-15	AGROS NOWA SP. Z O.O. SP.K.	189,00 CP	AU				Brak danych

Rys. 8. Zamknięcie procesu rozliczania dostawy towaru w informatycznym systemie magazynowym POS2 na przykładzie dostawy z CD Pińczów dla produktów owoce/warzywa

*Źródło: Opracowanie własne na podstawie materiałów hurtownia Eurocash w Przemysłu*



Rys. 9. Widok ogólny skanera PM66 z prezentacją wyboru funkcji KUP (Kontrola Uzpełnień Półki)

*Źródło: Opracowanie własne na podstawie materiałów hurtownia Eurocash w Przemysłu*



Po zalogowaniu się do programu magazynowego POS2 na pulpicie głównym sknera PM66, pracownik wybiera ikonę „KUP-Uzupełnienie” i wykonuje korektę towaru znajdującego się na półkach, po rozłożonej dostawie z danego dnia. Akcepcja przyciskiem ENTER kończy proces przyjęcia dostawy towaru do magazynu centralnego.

### Dokumentacja wydawania towarów z hurtowni oddział Przemysł

Proces wydania towaru z magazynu hurtowni C259 Przemysł, realizowany jest za pomocą programu magazynowego POS2 oraz dokumentów magazynowych: faktury VAT i dokumentu kontrolnego do faktury. Oddział magazynu Eurocash w Przemysłu działa w systemie samoobsługowym. Każdy klient sam dokonuje pobrania i złożenia wybranych produktów na wózek zakupowy, które następnie są przez kasjerów fakturowane. Po wypisaniu faktury dla danego wózka z towarem system generuje dodatkowo dokument kontrolny do danej faktury VAT (rys. 10).



Rys. 10. Przygotowane wózki zakupowe przez klientów do kontroli ręcznej, realizowanej przez pracowników hurtowni

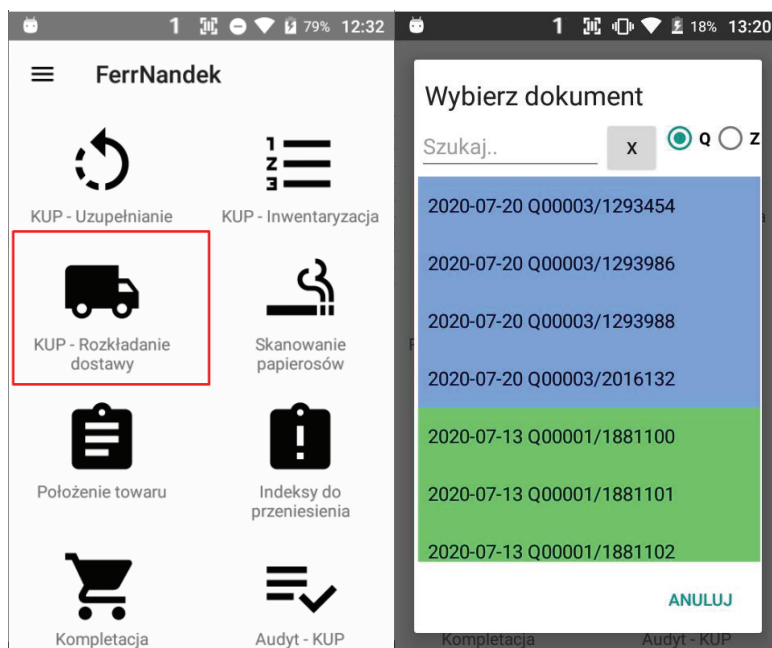
*Źródło: Opracowanie własne w hurtowni Eurocash w Przemysłu*

Z chwilą wydruku dokumentu kontrolnego z systemu, pracownik hurtowni dokonuje ręcznej kontroli zgodności towaru przygotowanego przez klienta na wózek zakupowy z ilością wypisaną na specyfikacji kontrolnej. W przypadku zgodności dokumentu z towarem na wózek, klient otrzymuje fakturę VAT i może opuścić hurtownię. Natomiast, gdy pracownik po ręcznej kontroli stwierdzi niezgodność towaru z dokumentem kontrolnym wówczas nadwyżka jest zabierana na magazyn lub jest wystawiany następny dokument na dany towar. Obowiązkiem pracowników jest bardzo dokładna weryfikacja zgodności towaru na każdym wózku z dokumentem zakupu. Wszystkie zaniedbania w tym procesie będą powodem reklamacji lub niedoborów na magazynie. Ręczny proces kontroli towarów na wózkach zakupowych zajmuje pracownikom hurtowni bardzo dużo czasu, który mógłby być wykorzystany

do innych zadań związanych z obsługą klientów i pracą w magazynie. Stąd firma Eurocash chcąc usprawnić proces kontroli wydawanych towarów, wprowadziła innowacyjny system wag najazdowych do ważenia towarów i rejestracji wózków zakupowych. Pozwoliło to ograniczyć w dużej mierze czas potrzebny do kontroli zakupionych towarów, a tym samym umożliwiło oddelegowanie pracowników do innych zadań związanych z funkcjonowaniem hurtowni.

### Nowoczesny system przyjmowania towarów

System elektronicznej rejestracji przyjmowania towarów realizowany jest poprzez Program Obsługi Sprzedaży 2 (POS2), w którym następuje edycja pliku rozliczenia dostawy centralnej. W aplikacji FerrNandek na skanerze PM66 utworzona została w tym celu nowa ikona o nazwie „KUP (Kontrola Uzupełnienia Półki) - Rozkładanie dostawy”, co przedstawia rys. 11. Dokumenty oznaczane są na niebiesko i zielono, co odpowiednio oznacza dostawy do rozliczenia indeksów chłodni nabiałowej i indeksów z działu owoce/warzywa. W oknie wyboru dokumentu na ekranie działa również wyszukiwanie po indeksie. Po zeskanowaniu kodu kreskowego towaru program automatycznie wyszukuje numer dokumentu, na którym wpisany był towar. System elektroniczny daje możliwość zeskanowania kodu palety i wówczas zainstalowany program rozpoczyna procedurę rozliczenia przyjętego towaru.



Rys. 11. Widok okna procesu rozkładania dostawy na skanerze PM66, funkcjonujący w aplikacji FerrNandek

Źródło: Opracowanie własne na podstawie materiałów hurtowni Eurocash w Przemysłu

Operator rozliczający dostawę towaru z Centrum Dystrybucyjnego otrzymuje informacje na temat rozbieżności, czyli braków i nadwyżek towaru z podaniem ich ilości i identyfikacją numeru palety. Dokumenty przyjęcia dostawy towaru mogą otrzymać status: „Otwarto rozliczenie”, „Sprawdzona”, „Nierozliczona” i „Rozliczona”.

Dla szybkiego i czytelnego wyróżnienia różnych opcji na ekranie wprowadzono kolory tła w kolumnach zatwierdzających numer dokumentu:

- Biały – to opcja rozliczona.
- Pomarańczowy – to otwarte rozliczenie.
- Zielony – to status sprawdzony (potwierdzone wszystkie palety z dostawy).
- Czerwona – opcja nierozliczona.

Istnieje możliwość filtrowania dokumentów w każdej z kolumn na ekranie monitora (rys. 12).

Numer dok.	Status	Data dok.	Nazwa dostawy	Wartość	Wzrost	Rozliczył	Czy zgodna
Q00001	Rozliczona	2018-10-19	CENTRUM DYSTRYBUCYJNE POZNAŃ	1319,50	KS	PM	<input type="checkbox"/>
Q00002	Rozliczona	2018-10-19	CENTRUM DYSTRYBUCYJNE PIŃCZÓW	48537,06	KS	PM	<input type="checkbox"/>
Q00003	Otwarto roz.	2018-10-19	CENTRUM DYSTRYBUCYJNE POZNAŃ	100318,18	KS		<input type="checkbox"/>
Q00004	Rozliczona	2018-10-19	CENTRUM DYSTRYBUCYJNE POZNAŃ	77142,72	KS	KS	<input type="checkbox"/>
Q00005	Rozliczona	2018-10-19	CENTRUM DYSTRYBUCYJNE POZNAŃ	106632,72	KS	KS	<input type="checkbox"/>
Q00006	Rozliczona	2018-10-22	CENTRUM DYSTRYBUCYJNE POZNAŃ	87669,47	KS	KS	<input type="checkbox"/>
Q00007	Rozliczona	2018-10-24	CENTRUM DYSTRYBUCYJNE POZNAŃ	87669,47	KS	PM	<input type="checkbox"/>
Q00008	Rozliczona	2018-10-24	CENTRUM DYSTRYBUCYJNE POZNAŃ	87669,47	KS	PM	<input checked="" type="checkbox"/>
Q00009	Otwarto roz.	2018-10-24	CENTRUM DYSTRYBUCYJNE PIŃCZÓW	415,75	KS		<input type="checkbox"/>
Q00010	Nierozliczona	2018-10-24	CENTRUM DYSTRYBUCYJNE PIŃCZÓW	97727,28	KS		<input type="checkbox"/>
Q00011	Otwarto roz.	2018-10-24	CENTRUM DYSTRYBUCYJNE PIŃCZÓW	135001,31	KS		<input type="checkbox"/>
Q00012	Sprawdzona	2018-10-24	CENTRUM DYSTRYBUCYJNE PIŃCZÓW	45479,08	KS		<input type="checkbox"/>
Q00013	Rozliczona	2018-10-24	CENTRUM DYSTRYBUCYJNE PIŃCZÓW	91178,57	KS	KS	<input type="checkbox"/>
Q00014	Nierozliczona	2018-10-30	CENTRUM DYSTRYBUCYJNE POZNAŃ	77142,72	DP		<input type="checkbox"/>

Rys. 12. Przykład kartoteki rozliczenia dostawy towarów z Centrum Dystrybucyjnego Pińczów

Źródło: Opracowanie własne na podstawie materiałów hurtowni Eurocash w Przemysłu

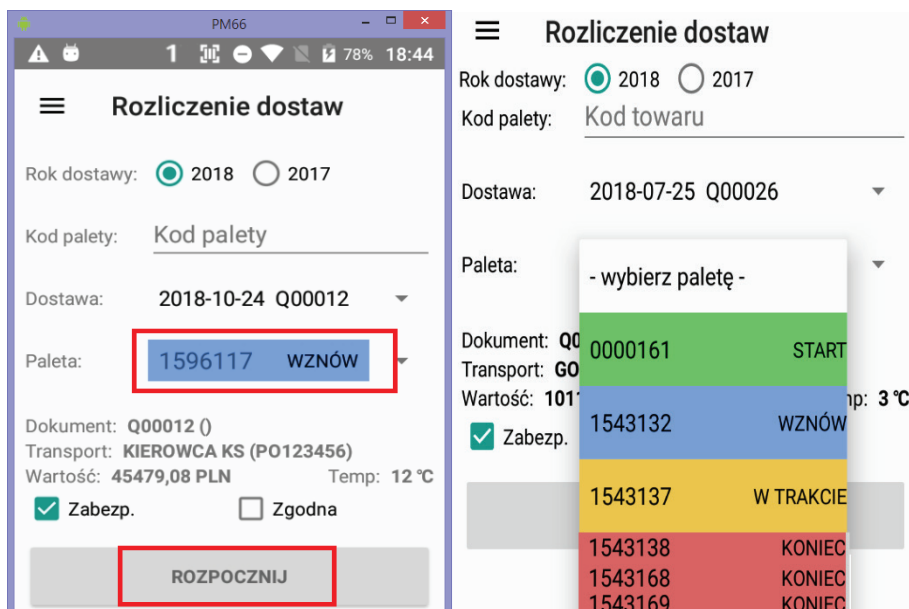
### Proces rozliczenia dostaw towarów w aplikacji FerrNandek

Rozliczanie dostaw towarów przeprowadzane jest na urządzeniach mobilnych typu PM66. W tym celu na pulpicie skanera konieczne jest uruchomienie aplikacji FerrNandek. Pracownik loguje się do programu standardowymi kodami dostępu.

W praktyce wyróżnia się cztery statusy rozliczenia w aplikacji FerrNandek palet z dostarczonymi towarami (rys. 13):



- START – kolor zielony – paleta z towarem do sprawdzenia.
- WZNÓW – kolor niebieski – paleta z towarem, która jest częściowo zweryfikowany.
- W TRAKCIE – kolor pomarańczowy – paleta z towarem, na której pracuje inny operator (na urządzeniu mobilnym PM66 lub w programie sprzedażowym POS2).
- KONIEC – kolor czerwony – paleta z towarem sprawdzona.



Rys. 13. Procedura otwarcia rozliczenia dostawy – widok aktualnego statusu dostaw do rozliczenia

Źródło: Opracowanie własne na podstawie materiałów hurtowni Eurocash w Przemysłu

### Rejestracja elektroniczna wydawania towarów

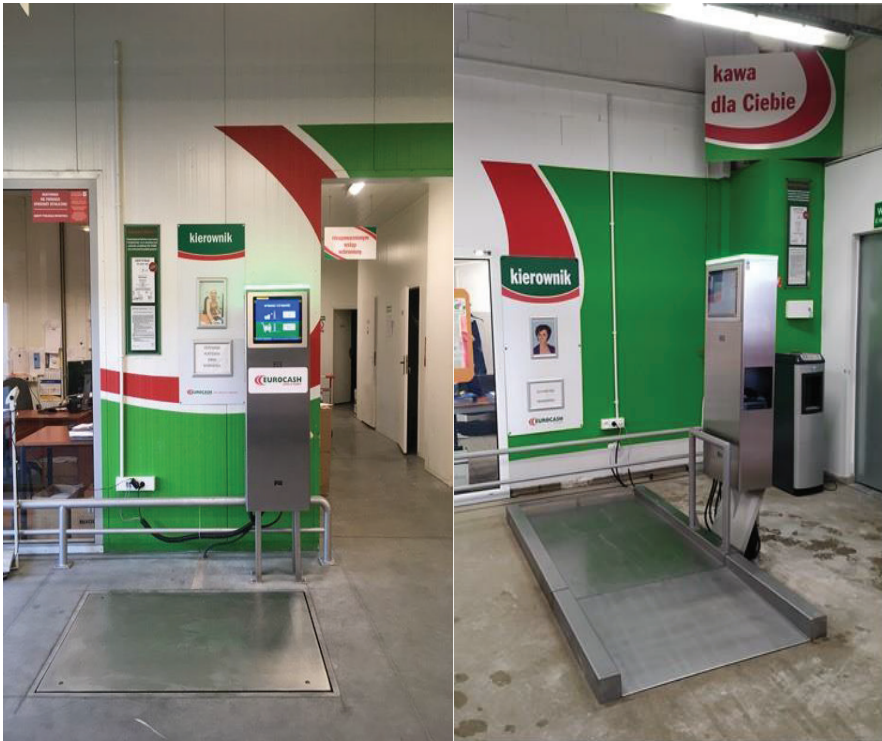
Nowatorski Program FerrRampScale służy do obsługi wydawania towarów z wykorzystaniem elektronicznych wag najazdowych. Program ma możliwość porównywania rzeczywistej wagi wózka klienta z tą, która jest zapisana na dokumencie sprzedaży, a została wyliczona na podstawie danych o wadze artykułów i samego wózka. Ponadto program porównuje wagę całkowitą towaru z odczytem wagi najazdowej i na wyświetlaczu elektronicznym wagi podaje wynik wraz z sygnałem dźwiękowym. W przypadku rozbieżności w wadze towarów, przekazuje proces do dalszej obsługi ręcznej. Dodatkowo powyższa aplikacja pozwala na rejestrowanie opakowań własnych klienta oraz udostępnia proces rejestracji i kontroli wózków w hurtowni Euro Cash & Carry.

Głównym celem wprowadzenia aplikacji FerrRampScale i procesu ważenia wózków jest przyspieszenie procesu posprzedażowej kontroli towaru na wózku zakupowym. Przykład rozwiązania wag najazdowych instalowanych w oddziałach Eurocash prezentuje rysunek 14.

Menu główne programu FeerRampScale do obsługi wag najazdowych pozwala przeprowadzić szereg czynności:

- proces rejestracji pojemników klienta,
- proces kontroli wózka zakupowego na wadze najazdowej i towarów na nim umieszczonych,
- generowanie i wydruk dokumentu kontrolnego z pomiaru przeprowadzonego za pomocą wagi najazdowej.

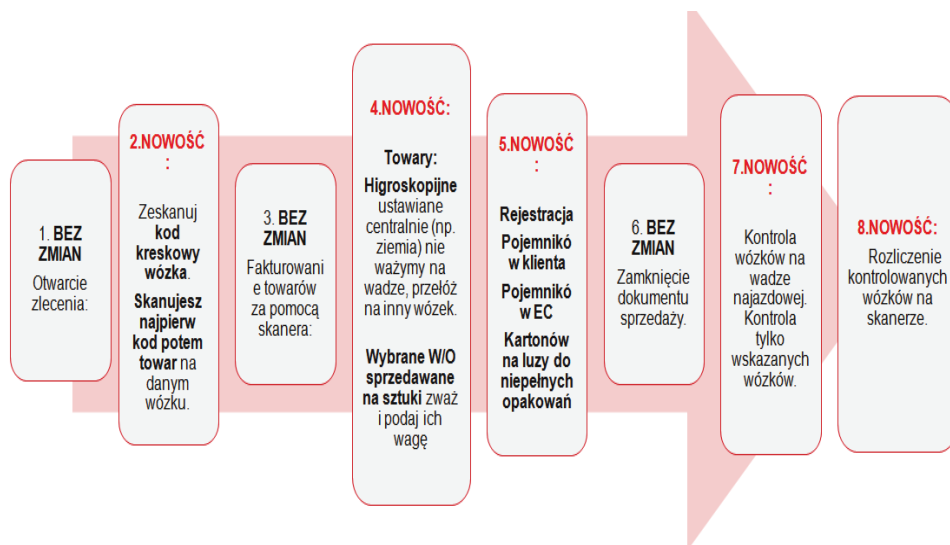
Każdy dokument kontrolny wygenerowany przez program FerrRampScale z systemu wag najazdowych jest rozliczany skanerem PM66 w aplikacji FerrNandek.



Rys. 14. Przykład rozwiązania wag najazdowych instalowanych w oddziałach Eurocash

*Źródło: Opracowanie własne na podstawie materiałów hurtowni Eurocash w Przemysłu*

Algorytm procesu fakturowania towarów przy wykorzystaniu wag najazdowych po ich pobraniu przez klienta przedstawia rysunek 15.



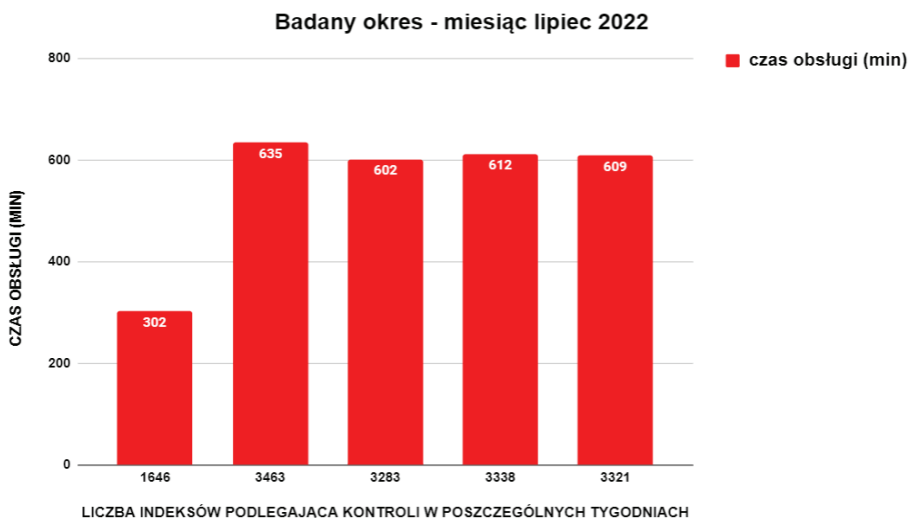
Rys. 15. Algorytm procesu fakturowania towarów przy wykorzystaniu wag najazdowych

Źródło: Opracowanie własne na podstawie materiałów hurtowni Eurocash w Przemysłu

### Analiza wyników badań

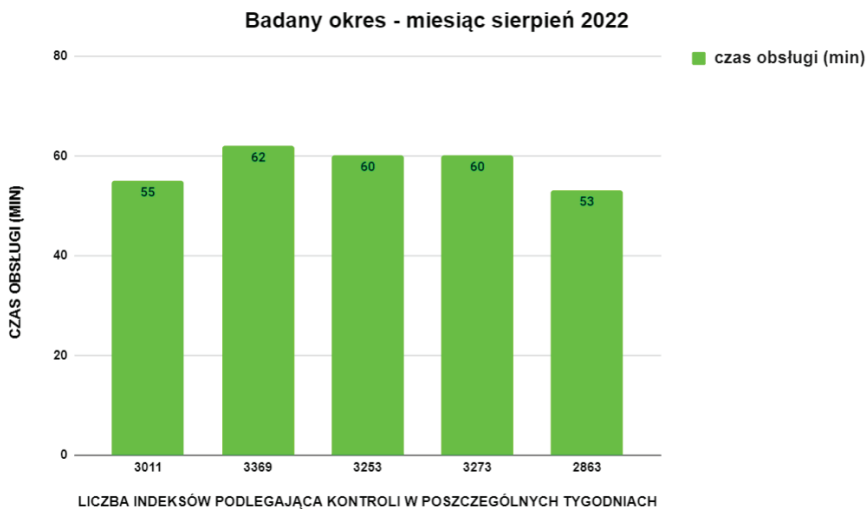
Proces badań obejmował czas pracy pracowników oddziału w Przemysłu potrzebny do wykonania kontroli ręcznej wszystkich wózków zakupowych, które opuściły oddział hurtowni C259 w lipcu. Był to okres poprzedzający wprowadzenie innowacyjnego automatycznego systemu wag najazdowych. W badanym okresie od 01.07.2022 do 31.07.2022 do kontroli ręcznej skierowanych zostało 15051 indeksów towarów znajdujących się na wózkach klientów hurtowni (rys. 16). Średni czas potrzebny do sprawdzenia jednego indeksu, przy ręcznej kontroli towarów znajdujących się na wózkach zakupowych wynosił około 11 sekund. Ręczna kontrola 15051 indeksów przed wprowadzeniem automatycznych wag najazdowych była prowadzona przez około 2760 minut, co stanowiło 46 godzin pracy obsługi w badanym miesiącu.

Analizie i badaniu poddano również czas pracy pracowników oddziału C259 potrzebny do wykonania kontroli wózków zakupowych, które zostały skierowane do kontroli ręcznej po negatywnej weryfikacji przez algorytm procesu, zastosowany w systemie automatycznych wag najazdowych w sierpniu. W badanym okresie od 01.08.2022 do 31.08.2022 do kontroli wagowej skierowanych zostało 15769 indeksów towarów znajdujących się na wózkach klientów hurtowni (rys. 17).



Rys. 16. Ilustracja czasu w minutach potrzebnego do ręcznej kontroli wszystkich towarów, znajdujących się na wózkach zakupowych w lipcu 2022 r.

*Źródło: Opracowanie własne na podstawie badań w hurtowni Eurocash w Przemysłu*



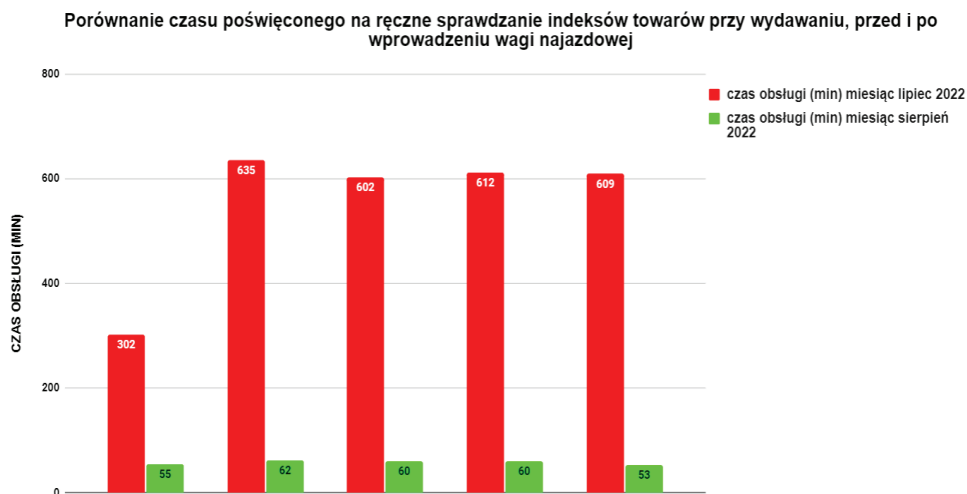
Rys. 17. Ilustracja czasu w minutach potrzebnego do ręcznej kontroli towarów, znajdujących się na wózkach zakupowych po weryfikacji za pomocą nowoczesnych zautomatyzowanych wag najazdowych w sierpniu 2022 r.

*Źródło: Opracowanie własne na podstawie materiałów hurtowni Eurocash w Przemysłu*

System obsługi przy wykorzystaniu automatycznych wag skierował do kontroli ręcznej 1577 indeksów, co stanowi 1/10 wszystkich indeksów podlegających kontroli w danym miesiącu. Średni czas potrzebny do sprawdzenia jednego indeksu, przy ręcznej kontroli towarów znajdujących się na wózkach zakupowych wynosi około 11 sekund. Ręczna kontrola 1577 indeksów produktów zakupionych w sierpniu po wprowadzeniu automatycznych wag najazdowych była prowadzona przez około 290 minut, co stanowi 4,9 godziny pracy obsługi w badanym miesiącu.

Rysunek 18 przedstawia porównanie czasu pracy pracowników oddziału hurtowni w Przemysłu w minutach potrzebnego do kontroli towarów znajdujących się na wózkach zakupowych metodą tradycyjną (ręcznie) - czerwone słupki oraz metodą innowacyjną za pomocą automatycznych wag najazdowych - słupki zielone. Porównanie danych potwierdza, że czas potrzebny na kontrolę produktów będących na wózkach klientów, opuszczających oddział hurtowni stanowi 1/10 całkowitego czasu poświęconego na kontrolę systemem tradycyjnym.

Korzyści wynikające z wprowadzenia metody kontroli wózków zakupowych za pomocą nowoczesnych wag najazdowych zaprezentowano szczegółowo w tabeli 1. Tabela przedstawia rzeczywiste korzyści wynikające z oszczędności czasu poświęconego na kontrolę towarów przy zastosowaniu nowoczesnego systemu automatycznych wag najazdowych w sierpniu 2022 r. w porównaniu do prowadzonej kontroli ręcznej w miesiącu lipcu 2022 r.



Rys. 18. Porównanie czasu w minutach potrzebnego do kontroli towarów, znajdujących się na wózkach zakupowych metodą tradycyjną i innowacyjną

*Źródło: Opracowanie własne na podstawie badań w hurtowni Eurocash w Przemysłu*

Tabela 1. Korzyści wynikające z wprowadzenia innowacyjnej metody kontroli wózków zakupowych za pomocą wag najazdowych

Miesiąc lipiec 2022/liczba indeksów	Tradycyjna metoda kontroli [min]	Miesiąc sierpień 2022/liczba indeksów	Innowacyjna metoda kontroli [min]
TK 26/1646	302	TK 31/3011	55
TK 27/3463	635	TK 32/3369	62
TK 28/3283	602	TK 33/3253	60
TK 29/3338	612	TK 34/3273	60
TK 30/3321	609	TK 35/2863	53
Suma 15051	Czas 2760 min.	Suma 15769	Czas 290 min.
Czas kontroli tradycyjnej – 46 godzin		Czas kontroli innowacyjnej – 4,6 godziny	
Korzyści wynikające z wprowadzenia metody innowacyjnej – 41,4 godziny/miesiąc 46 godzin x 22,80 zł = 1048,80 zł – koszt pracy przy kontroli ręcznej 4,6 godziny x 22,80 zł = 104,88 zł – koszt przy zastosowaniu innowacyjnych wag Uzyskany efekt ekonomiczny w danym miesiącu to 973,92 zł. W skali roku stanowi to oszczędności w kwocie 11327,04 zł			

*Źródło: Opracowanie własne na podstawie badań w hurtowni Eurocash w Przemysłu*

## Podsumowanie

Optymalizacja i automatyzacja procesów logistycznych w branży spożywczej prowadzona w centrach logistycznych w obecnych czasach nabiera szczególnego znaczenia. Od szybkości, jakości i dokładności realizacji procesów przyjęcia towarów zależą pozostałe procesy magazynowe takie, jak składowanie i wydawanie towaru. Podczas przyjmowania towar jest gruntownie sprawdzany pod względem ilościowym, rodzajowym i jakościowym. Niekiedy jest wprowadzane jego oznakowanie oraz dodatkowo towar może być konfekcjonowany do nowych opakowań transportowych, w których będzie poddany dalszej obsłudze na następnych etapach magazynowych. Oprogramowanie systemu POS2 daje dużą możliwość wdrożenia automatyzacji w procesie przyjęcia towaru na magazyn oraz zapewnia wprowadzenie optymalizacji pracy stref dla procesów przyjęcia towaru i przepływu informacji oraz generalne skrócenie czasu obsługi towaru.

Operacją, która kończy cały łańcuch logistyczny podczas magazynowania jest proces wydania towaru z magazynu hurtowni. Dzięki stosowaniu innowacyjnych automatycznych wag najazdowych do kontroli wydań magazynowych połączonych ze zintegrowanym systemem sprzedażowym (Programu Obsługi Sprzedaży 2), zdecydowanie skróceniu uległ czas pracy, poświęcony na wykonywanie czynności kontrolnych przez pracowników obsługi hurtowni. Nowoczesne systemy przyjmowania towaru za pomocą czytników typu PM66 i kontroli wydań za pomocą automatycznych wag najazdowych w dużej mierze pozwalają na oszczędność

czasu pracy, przeznaczanego na kontrolę wózków zakupowych. Zwiększona wydajność obsługi magazynu pozwala na oddelegowanie pracowników do innych zadań na terenie hurtowni.

Przedsiębiorstwa w XXI wieku chcąc utrzymać przewagę konkurencyjną winny zwracać szczególną uwagę na optymalizację logistycznej obsługi klienta oraz na budowanie innowacyjnych standardów obsługi. Źródłem takiej przewagi w firmie Eurocash jest czas obsługi, który został skrócony dzięki zastosowaniu systemu elektronicznych wag najazdowych. Wartością dodaną tego systemu jest dokładność kontroli wózków zakupowych. Zagadnienie to jest szczególnie ważne, ponieważ kluczowym czynnikiem efektywności pracy oddziału hurtowni Eurocash Cash & Carry w Przemysłu jest zwiększenie produktywności.

Badania przeprowadzone w systemie obsługi Eurocash upoważniają do sformułowania następujących wniosków:

1. Wprowadzenie nowoczesnego systemu zautomatyzowanych wag najazdowych pozwoliło skrócić czas kontroli wózków zakupowych nawet do 90% w odniesieniu do tradycyjnego sposobu kontroli.
2. Skrócenie czasu kontroli wózków zakupowych metodą innowacyjną w porównaniu do kontroli ręcznej (tradycyjnej), pozwoliło ograniczyć zatrudnienie przy wydawaniu towarów, dzięki czemu oddelegowano pracowników do innych zadań na oddziale hurtowni Cash & Carry w Przemysłu.
3. Zastosowanie nowej procedury z wykorzystaniem wag najazdowych przy wydawaniu towarów pozwoliło na redukcję o ponad 41 roboczogodzin w skali miesiąca. Uzyskany efekt ekonomiczny w badanym sierpniu to 973,92 zł., co stanowi w skali roku oszczędności w kwocie 11327,04 zł.

## Bibliografia

- Ciesielski M., Długosz J.: Strategie łańcuchów dostaw. PWE, Warszawa, 2010.
- Cieśla M., Hat-Garncarz G., Opasiak T., Nowakowski P.: Logistyka w łańcuchach dostaw, Wybrane zagadnienia, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, ISBN: 978-83-7880-422-2, Gliwice, 2017.
- Dudziński Z., Poradnik organizatora gospodarki magazynowej w przedsiębiorstwie, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 2012.
- Dudziński Z.: Vademecum organizacji gospodarki magazynowej, Ośrodek Doradztwa i Doskonalenia Kadr, Gdańsk, 2011.
- Dyczkowska J.: Marketing usług logistycznych, Wyd. Difin S.A., ISBN: 978-83-7930-240-6, Warszawa, 2014.
- Fechner I.: Centra logistyczne i ich rola w procesach przepływu ładunków w systemie logistycznym Polski, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, zeszyt 76 Transport, 19-32, Warszawa, 2010.
- Galińska B.: Gospodarka magazynowa, Wyd. Difin S.A., ISBN: 978-83-8085-340-9, Warszawa, 2016.
- Grzybowska K.: Gospodarka zapasami i magazynem, Część 2. Zarządzanie magazynem, Wyd. Difin, Warszawa, 2010.
- Januła E., Kasińska M., Kwiatkiewicz P., Laskowski M.: Zapasy i magazynowanie, Wyd. As Pik, ISBN: 978-83-66264-17-5, Warszawa, 2020.
- Januła E., Truś T.: ABC magazyniera, Wydawnictwo i Handel Książkami KaBe, ISBN: 978-83-89387-83-7, Krosno, 2010.



- Juściński S.: Analiza rynku nowoczesnych powierzchni magazynowych w centrach logistycznych, [w:] Dzieniszewski G., i Kuboń M., (red.) Logistyka dla regionu, ISBN 78-83-64377-27-3, Wydawnictwo Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, Kraków, str. 123-141, 2018.
- Juściński, S.: Analiza systemów telematycznych stosowanych w logistyce magazynowej i dystrybucyjnej, [w:] Dzieniszewski G., i Kuboń M., (red.) Logistyka dziś i jutro, Mechatronika i Telematyka w Logistyce, ISBN 978-83-64377-440, Wydawnictwo Inżynieria Rolnicza, Przemysł, s. 99-114, 2019.
- Kłóska R. (red.): Infrastruktura transportowa i cyfrowa jako czynnik regionalnego i lokalnego rozwoju gospodarczego, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, ISBN: 978-83-7972-412-3, Szczecin, 2020.
- Kordel Z., Kuriata A.: Logistyka i transport w ujęciu systemowym, CeDeWu Sp. z o.o., ISBN: 978-83-8102-138-8, Warszawa, 2018.
- Kowska-Napora E.: Infrastruktura logistyczna, Wyd. Economicus, ISBN: 978-83-60606-80-3, Szczecin, 2015.
- Krzyżaniak S., Niemczyk A., Majewski J., Andrzejczyk P.: Organizacja i monitorowanie procesów magazynowych, Instytut Logistyki i Magazynowania, ISBN: 978-83-63186-76-0, Poznań, 2014.
- Kucharczyk R.: Centra logistyczne – istota, zadania, funkcje, Logistyka - Nauka, 3, 3490-3495, 2014.
- Łapko A., Wagner N.: Logistyka dystrybucji, Trendy - Wyzwania – Przykłady, Wyd. CeDeWu Sp. z o.o., ISBN: 978-83-8102-516-4, Warszawa, 2021.
- Miklińska J.: Rola centrów logistycznych w łańcuchach dostaw – wybrane problemy, Logistyka, 3, Poznań, 1583-1590, 2012.
- Rosa G., Jedliński M., Chraćol-Barczyk U., (red.): Marketing usług logistycznych, Wyd. C.H. Beck, ISBN: 978-83-255-9093-2, Warszawa, 2017.
- Skowron-Grabowska B.: Centra logistyczne w łańcuchu dostaw, Wyd. PWE Warszawa, 2010.
- Szymonik A., Chudzik D.: Logistyka nowoczesnej gospodarki magazynowej, Wyd. Difin S.A., ISBN: 978-83-8085-525-0, Warszawa, 2018.
- Śliwczyński B., Koliński A.: Organizacja i monitorowanie procesów dystrybucji, Instytut Logistyki i Magazynowania, ISBN: 978-83-63186-64-7, Poznań, 2013.
- Tundys B., Rzczycki A., Drobiazgiewicz J.: Decyzje strategiczne w łańcuchach dostaw, Wydawnictwo edu-Libri, ISBN: 978-83-65648-53-2, Kraków-Legionowo, 2018.
- Wyrwich-Płotka S.: Wirtualna praca w łańcuchu dostaw, Wyd. Difin S.A., ISBN: 978-83-8085-649-3, Warszawa, 2018.

Strony internetowe:

<https://www.grupaeurocash.pl/o-nas/grupa-eurocash>

<https://www.grupaeurocash.pl/o-nas/wizja-i-misja>

*Adres do korespondencji: e-mail: [slawomir.juscinski@up.lublin.pl](mailto:slawomir.juscinski@up.lublin.pl)  
ORCID: Wiesław Piekarski 0000-0001-6218-3090  
ORCID: Sławomir Juściński 0000-0002-2692-9083*

# LOGISTYCZNE ASPEKTY FUNKCJONOWANIA SKLEPU INTERNETOWEGO W OKRESIE PANDEMII

Wiesław Piekarski<sup>1</sup>, Sławomir Juściński<sup>2</sup>, Dariusz Piekarski<sup>3</sup>, Łukasz Nestor<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instytut Nauk Technicznych, Państwowa Akademia Nauk Stosowanych w Przemysłu

<sup>2</sup> Zakład Logistyki i Zarządzania Przedsiębiorstwem, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

<sup>3</sup> Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

## Wstęp

Systemy logistyczne w podmiotach gospodarczych obsługując przepływ surowców, materiałów i wyrobów gotowych w szerokim zakresie wspierają uzyskanie długotrwałej przewagi konkurencyjnej na rynku. Sprawność i efektywność systemu logistycznego jest traktowana, jako miara poziomu zarządzania przedsiębiorstwem. Stanowi on zazwyczaj punkt odniesienia dla pozostałych podsystemów w firmie. Przy optymalnym działaniu systemu logistycznego firma może osiągać takie cele, jak<sup>1,2,3,4,5</sup>:

- wyższy poziom obsługi klientów,
- redukcja zapasów,
- niższe koszty działalności,
- poprawa cash flow,
- wzrost wydajności pracy.

Integralną częścią łańcucha logistycznego jest dystrybucja wyrobów gotowych. W kanałach dystrybucji wyróżnia się dwie grupy uczestników: przekazujący oraz przejmujący prawo własności produktów, czyli tacy, którzy sprzedają i kupują produkty oraz uczestnicy nieprzejmujący prawa własności produktów, lecz wspomagający proces ich przekazywania

---

<sup>1</sup> Cieśla M., Hat-Garncarz G., Opasiak T., Nowakowski P.: Logistyka w łańcuchach dostaw, Wybrane zagadnienia, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, ISBN: 978-83-7880-422-2, Gliwice, 2017.

<sup>2</sup> Strandhagen, J./O., Vallandingham, L.R., Fragapane, G. et al. Logistics 4.0 and emerging sustainable business models, *Advances in Manufacturing*, 5, s. 359–369, <https://doi.org/10.1007/s40436-017-0198-1>, 2017.

<sup>3</sup> Kowalak R.: Controlling logistyki, [w:] *Controlling w działalności przedsiębiorstwa*, red. E. Nowak, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 2011.

<sup>4</sup> Ciesielski M., Długosz J.: *Strategie łańcuchów dostaw*. PWE, Warszawa 2010.

<sup>5</sup> Skowronek Cz., Sarjusz-Wolski Z.: *Logistyka w przedsiębiorstwie*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 2012.

w drodze do klienta. Dobranie odpowiedniego kanału dystrybucji stanowi decyzję strategiczną, zależną od aspektów ekonomicznych i marketingowych, a czynnikiem mającym wpływ na dobór kanału jest rodzaj produktu będącego podmiotem transakcji<sup>6,7,8</sup>.

W ostatnich latach, a szczególnie w okresie pandemii Covid-19, bardzo dużą popularność uzyskał kanał dystrybucji produktów oferowanych przez sklepy internetowe. Dzięki licznym zabiegom legislacyjnym, informatycznym i organizacyjnym w ramach systemów logistycznych ten sposób sprzedaży okazał się efektywnym kanałem dystrybucji. Pozwalał on przy wszystkich istniejących wówczas ograniczeniach na dotarcie do bardzo szerokiego grona klientów<sup>9,10</sup>. Sieć internetowa jest pozbawiona barier geograficznych i jednocześnie redukuje koszty obsługi sprzedaży. Dzięki temu, że klienci część zadań wykonują samodzielnie, czyli wyszukują towar, porównują ceny oraz elektronicznie go zamawiają, a dokumenty sprzedaży generowane są za pośrednictwem systemu. Kolejny etap realizacji zamówienia wymaga wykorzystania wydajnych systemów transportowych, obsługiwanych przez firmy kurierskie<sup>11,12,13</sup>.

### **Analiza rozwoju usług kurierskich w Polsce i w Europie**

Przesyłki kurierskie powstały, jako alternatywna oferta dla usług świadczonych przez pocztę. Wysyłka paczki kurierem była realizowana z reguły szybciej i nie wymagała odwiedzin w firmie kurierskiej. Kurier odbierał paczkę ze wskazanego adresu, a następnie przewoził ją do adresata zgodnie z zasadą „door to door”. Obecnie nadawca może śledzić przesyłkę na całej trasie dostawy. Pierwsza firma kurierska powstała w USA w 1907 r., jako American Messenger Company, a następnie zmieniła nazwę na United Parcel Service (UPS). Usługi na terenie Europy firma UPS zaczęła realizować dopiero w 1976 r., a pierwszym obsługiwany krajem były Niemcy. W Polsce rozwój usług kurierskich związany był z działalnością firmy transportowo-spedycyjnej Servisco założonej w 1978 r. W 1982 r. zaangażowała się ona w proces dostawy do Polski bardzo dużej ilości paczek z pomocą humanitarną, które były wysyłane m.in. z krajów Europy Zachodniej w czasie stanu wojennego. Kolejnym etapem

---

<sup>6</sup> Góra G., Matuszak Z.: Charakterystyka wybranych zagadnień dystrybucji towarów, Organizacja i zarządzanie, Szczecin, 2018.

<sup>7</sup> Śliwczyński B., Koliński A.: Organizacja i monitorowanie procesów dystrybucji, Instytut Logistyki i Magazynowania, ISBN: 978-83-63186-64-7, Poznań, 2013.

<sup>8</sup> Dyczkowska J.: Marketing usług logistycznych, Wyd. Difin S.A., ISBN: 978-83-7930-240-6, Warszawa, 2014.

<sup>9</sup> Wyrwińska K., Wyrwiński M.: Platformy internetowe, jako narzędzia ekonomii współdzielenia, Transformacje Prawa Prywatnego, ISSN 1641-1609, Nr 2, 2018.

<sup>10</sup> Gołaczyński J., (red.), Kowalik-Bañczyk K., Majchrowska A., Świerczyński M.: Ustawa o świadczeniu usług drogą elektroniczną. Komentarz, Warszawa, 2009.

<sup>11</sup> Chodak G.: Wybrane zagadnienia logistyki w sklepach internetowych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2014.

<sup>12</sup> Kordel Z., Kuriata A.: Logistyka i transport w ujęciu systemowym, CeDeWu Sp. z o.o., ISBN: 978-83-8102-138-8, Warszawa, 2018.

<sup>13</sup> Rosa G.: Społeczeństwo informacyjne-uwarunkowania rozwoju. Problemy zarządzania, finansów i marketingu nr 21. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego nr 680, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin, 2012.

świadczenia usług kurierskich było podjęcie współpracy w 1984 r. przez polską firmę spedycyjną Cargo z firmą kurierską DHL w obszarze dostaw zagranicznych przesyłek ekspresowych. Budowa szerokiego rynku usług kurierskich w Polsce rozpoczęła się wraz z przemianą społeczno-gospodarczą kraju 1989 r. Kluczowe dla firm kurierskich było wprowadzenie reguł wolnorynkowych w zakresie działalności usługowej. W pierwszych latach po transformacji powstały krajowe firmy kurierskie: Masterlink Express w 1991 r., Kurierserwis w 1992 r., Stolica w 1993 r. oraz Opek w 1994 r. Świadczyły one usługi na wybranych terenie poszczególnych miast lub regionów<sup>14</sup>. Należy podkreślić, że polski rynek usług kurierskich w latach 90. XX w. rozwijał się tak dynamicznie, że w celu ochrony interesów Poczty Polskiej w 1995 r. wprowadzony został ustawowy obowiązek uzyskiwania koncesji na wykonywanie tego typu usług. Po wprowadzeniu koncesji na rynku zaczęły działalność duże firmy kurierskie takie, jak: Siódemka, Szybka Paczka, Riders Express, Arrows Service.

W 2004 r., gdy Polska została członkiem UE w kraju było zarejestrowanych aż 97 firm kurierskich. Oprócz tego działalność kurierską prowadziły także firmy z branży Transport–Spedycja–Logistyka (TSL). Bardzo silna konkurencja na rynku firm kurierskich sprawiła, że oferty firm zostały rozbudowane m.in. o obsługę celną, magazynowanie i konfekcjonowanie towarów oraz dostarczenie przesyłek o określonej godzinie. Nową formułą na rynku usług kurierskich było wprowadzenie pośredników w postaci firm brokerskich, aby obniżyć koszty obsługi zleceń<sup>15</sup>. Zgodnie z zaleceniem Unii Europejskiej wprowadzono w 2013 r. szerokie zmiany prawne, które miały na celu liberalizację krajowego rynku usług pocztowych i kurierskich. Działania te były kontynuacją przekształceń, które miały doprowadzić do przejścia od monopolu państwowego do obszaru wolnej konkurencji<sup>16,17,18,19,20</sup>.

### **Analiza firm kurierskich działających w Polsce**

Na krajowym rynku kurierów, przesyłek ekspresowych i paczek (KEP) dominuje obecnie siedem podmiotów: DHL, UPS, FedEx (firm o zasięgu globalnym), DPD oraz GLS (firmy o zasięgu europejskim), Inpost będący podmiotem krajowym oraz Poczta Polska, czyli krajowy wyznaczony operator pocztowy.

---

<sup>14</sup> Marcysiak A., Pieniak-Lendzion K., Lendzion M.: Usługi kurierskie na rynku usług logistycznych w Polsce, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach, 29-38, Siedlce, 2013.

<sup>15</sup> Juściński S., Firmy brokerskie jako nowoczesny element rynku usług kurierskich, Logistyka, nr 6, 170-176, 2015.

<sup>16</sup> Rutkowski K.: Branża przesyłek kurierskich, ekspresowych paczkowych. Wpływ na polską gospodarkę, Centrum Doradztwa i Ekspertyz Gospodarczych sp. z o.o., Warszawa, 2011.

<sup>17</sup> Gulc A.: Charakterystyka usług kurierskich w Polsce, Humanities and Social Science, Warszawa, 2017.

<sup>18</sup> Pliszka M.: Rynek usług kurierskich w Polsce, Słupskie Prace Geograficzne, Słupsk, 2008.

<sup>19</sup> Juściński S., Sawicka P.: Demonopolizacja krajowego rynku usług pocztowych, Logistyka nr 5, 181-190, 2015.

<sup>20</sup> Juściński S., Piekarski W.: Krajowy rynek usług pocztowych w aspekcie procesów liberalizacji, Logistyka, nr 6, 163-169, 2015.

Firma DPD rozpoczęła działalność w Polsce pod nazwą Masterlink Express. Umocniła swoją pozycję po przejściu w 2015 r. Siódemki, która specjalizowała się w obsłudze klientów indywidualnych oraz segment B2C. Obecnie DPD posiada 50 oddziałów w Polsce i współpracuje z 6500 kurierami. Świadczy usługi ekspresowych dostaw zarówno w obrębie kraju, jak i za granicę<sup>21</sup>.

Poczta Polska będąc spółką skarbu państwa, pełni rolę operatora wyznaczonego do świadczenia powszechnych usług pocztowych. Oprócz tego wykonuje także usługi z zakresu wysyłki paczek, usług kurierskich oraz bankowo-ubezpieczeniowych. Wśród wszystkich firm z branży KEP posiada największą sieć logistyczną w kraju złożoną z 7500 placówek. Łącznie zatrudnia ponad 80 000 pracowników<sup>22</sup>.

Firma kurierska DHL stanowi część Deutsche Post DHL. Zajmuje się realizacją usług logistycznych na terenie kraju i prężnie rozwija współpracę w ramach e-commerce. Zatrudnia ponad 8 000 kurierów. Oferuje stacjonarne punktu odbioru na terenie stacji benzynowych oraz sieci małych sklepów<sup>23</sup>. Firma GLS Poland należy do brytyjskiego Royal Mail. GLS posiada 70 sortowni, 1 400 oddziałów oraz zatrudnia 19 000 pracowników. Na terenie Polski GLS ma do dyspozycji 38 oddziałów i współpracuje z ponad 2000 kurierów<sup>24</sup>.

Branżę KEP na rynku polskim zrewolucjonizował InPost wprowadzając odbiór paczek z Paczkomatu. Obecnie na terenie kraju oferuje dostęp do sieci niemal 20 000 takich punktów odbioru. Obsługuje klientów indywidualnych oraz instytucjonalnych, a specjalizuje się w dostawach towarów ze sklepów internetowych. InPost zatrudnia ponad 9 000 pracowników<sup>25</sup>.

Firma UPS jest jednym z liderów usług kurierskich w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej. Posiada flotę 237 samolotów oraz ponad 110 000 samochodów dostawczych. UPS posiada na terenie Polski 3 sortownie, 33 oddziały oraz zatrudnia 2 700 pracowników<sup>26</sup>. Firma FedEx także rozpoczęła swoją działalność w USA, a obecnie obsługuje 220 krajów na świecie. W Polsce posiada 43 oddziały, a przy współpracy z firmą Kolporter uruchomiła sieć punktów odbioru paczek<sup>27</sup>.

## Technologie informatyczne w usług kurierskich

Rozwój rynku usług kurierskich w ostatnich latach odbywa się w sposób bardzo dynamiczny, głównie w związku ze stale rosnącą popularnością branży e-commerce. Przed firmami kurierskimi stoją wyzwania, którym sprostanie ułatwiają nowoczesne technologie. Wzrost ilości wysyłanych przesyłek kurierskich, dążenie do redukcji czasu dostaw oraz kosztów generuje zapotrzebowanie na śledzenie procesów w czasie rzeczywistym. Zarówno firmy pocztowe, jak i kurierskie, wspomagają procesy usługi za pomocą nowoczesnych tech-

---

<sup>21</sup> <https://www.dpd.com/pl/pl/>, (dostęp: 20.07.2023).

<sup>22</sup> Gawryluk M., Rozwój rynku przesyłek kurierskich, ekspresowych i paczkowych (KEP) w Polsce od 2014 r. do 2023 r., Poczta Polska, Warszawa 2019.

<sup>23</sup> <https://www.dhl.com/pl-pl/home/o-nas/globalna-siec.html>, (dostęp: 20.07.2023).

<sup>24</sup> <https://gls-group.com/PL/pl/o-firmie> (dostęp: 20.07.2023).

<sup>25</sup> <https://inpost.pl/o-inpost>, (dostęp: 20.07.2023).

<sup>26</sup> <https://about.ups.com/pl/pl/our-company/global-presence.html>, (dostęp: 20.07.2023).

<sup>27</sup> <https://www.fedex.com/pl-pl/about.html>

nologii cyfrowych. Stosowane są powszechnie rozwiązania takie, jak etykietowanie, czujniki, sieci bezprzewodowe, skanery, czytniki mobilne oraz rozwiązania logistyczne korzystające z systemów planowania tras oraz nawigacji satelitarnej. Wykorzystywanie technologii pozwala uzyskać wzrost wydajności pracy i zarządzania dzięki przetwarzaniu informacji praktycznie w czasie rzeczywistym. Pracownicy posiadają dostęp do wszystkich potrzebnych informacji, co usprawnia wykonywanie kolejnych czynności. Dzięki aplikacjom dostępnym dla klientów, przesyłki mogą być śledzone od momentu przyjęcia aż do chwili doręczenia ich odbiorcy<sup>28,29</sup>.

Systemy planowania dostaw i dynamiczna optymalizacja trasy przejazdu, adekwatnie do informacji na temat warunków drogowych, ograniczają koszty i przyspieszają dostawę przesyłki. W przypadku przesyłek specjalnych, np. produktów nietrwałych lub wrażliwych na temperaturę stosowane są czujniki RFID. Przesyłają one przez sieć komórkową strumień danych monitorujących parametry podczas transportu. Strumień danych pochodzący z etykiet oraz inteligentnych czujników pozwala na zredukowanie liczby czynności administracyjnych, a także obniża zużycie papieru, co pozwala na redukcję niekorzystnego wpływu na środowisko. Umożliwia także klientom przeglądanie statusu zamówień w Internecie. W dobie COVID-19, firmy kurierskie stanęły przed wyzwaniem bezkontaktowego doręczania przesyłek. System korzystający z paczkomatów wysyłał do odbiorcy kod, który służył mu do odbioru przesyłki, stąd nie było potrzeby bezpośredniego kontaktu z kurierem. Automatyczne czujniki potwierdzały odbiór przesyłki, informując system o zwolnieniu skrytki. Mogły one być również wykorzystywane w celu dokonania zwrotu zakupionych towarów w dowolnej porze doby, unikając kontaktu z innymi osobami<sup>30,31,32</sup>. W celu zachowania ciągłości zamówień oraz szybkiej i sprawnej obsługi sklepy internetowe decydują się na korzystanie z usług fulfillment. Dobrze zorganizowana logistyka e-commerce pozwala na pełne kontrolowanie etapów, poczynając od momentu przyjęcia towarów w magazynie, przygotowania zamówienia, do jego wysyłki klientowi. W przypadku działalności niewielkiego sklepu internetowego, posiadającego około 30 zamówień dziennie nie ma potrzeby wdrażania systemu

---

<sup>28</sup> International Post Corporation, Global Postal Industry Report, 2020.

<sup>29</sup> Urban G., Małkiewicz R., Malepszy A, Tomaszewska A, Orliński F.: Perspektywy wzrostu rynku przesyłek kurierskich, ekspresowych i paczkowych (KEP) w Polsce do 2020 roku, PwC Polska Transport i logistyka, Warszawa, s. 6-18, 2016.

<sup>30</sup> Rutkowska E.: Poczta wyda 1,2 mld zł na unowocześnienie usług, <https://serwisy.gazetaprawna.pl/nowe-technologie/artykuly/8099514,poczta-wyda-12-mld-zl-na-unowoczesnienie-uslug.html> (dostęp: 19.07.2023).

<sup>31</sup> Boniecki R.: System teleinformatyczny wspierający firmę kurierską z wykorzystaniem interpolacji funkcjami sklejanymi [w:] J. Rawłuszka, Współczesne problemy inżynierii poczty, Wydawnictwo Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy, Bydgoszcz, 13-16, 2011.

<sup>32</sup> Jak epidemia zmienia branżę przesyłek kurierskich? <https://biznes.wprost.pl/firmy-i-rynki/10325299/jak-epidemia-zmienia-branze-przesylek-kurierskich.html> (dostęp: 19.07.2023).

logistycznego fulfillment, ale konieczny jest wówczas własny magazyn i pracownik do jego obsługi<sup>33,34,35</sup>.

### Rola i miejsce logistyki w usługach e-commerce

Logistyka dedykowana dla usług e-commerce stanowiła odpowiedź na zmiany, jakie zachodziły na rynku sprzedaży internetowej. Tabela 1 przedstawia najbardziej istotne różnice pomiędzy logistyką tradycyjną, a logistyką e-commerce. Handel elektroniczny, który polega na sprzedaży internetowej jest gałęzią handlu, której początki sięgają 1994 r. Wówczas rozpoczęła działalność pierwsza księgarnia internetowa Amazon.com. Sklepy internetowe były kolejnym etapem w rozwoju sprzedaży realizowanej w formie zamówień z katalogów wysyłkowych.

Tabela 1. Logistyka tradycyjna i logistyka e-commerce

Cecha	Logistyka tradycyjna	Logistyka e-commerce
Charakterystyka zamówienia	Obsługa pełnych zamówień, często konieczna jest ich konsolidacja	Obsługa małych przesyłek
Typ klienta	Określony oraz wykazujący się lojalnością	Trudny do zdefiniowania, niekoniecznie cechuje się lojalnością
Przepływ towarów	Regularny	Nieregularny
Rodzaj sprzedaży	B2B – zwykle odbiorcami są firmy bądź sklepy stacjonarne	B2C – klienci indywidualni, ale czasami również sprzedaż B2B
Zapotrzebowanie	Stale oraz przewidywalne	Zmienne i nieprzewidywalne

*Źródło: (Komor i inni 2015)*

Logistyka w funkcjonowaniu sklepu internetowego odgrywa bardzo ważną rolę. Z punktu widzenia jej zarządzania, sklep internetowy charakteryzuje się cechami takimi, jak<sup>36</sup>:

- dwuetapowy proces sprzedaży,
- możliwość szybkiego odnalezienia towaru,
- wirtualna prezentacja towarów.

<sup>33</sup> Kopeć K.: Funkcjonowanie rynku usług logistycznych w Polsce, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Chmielnickiego, nr 3, 306-311, 2014.

<sup>34</sup> Chojnacka A.: Usługa logistyczna jako przedmiot rynku, Politechnika Radomska, nr 12, Radom, 70-76, 2015.

<sup>35</sup> Rydzkowski W.: Usługi logistyczne: teoria i praktyka, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań, 2011.

<sup>36</sup> Komor A., Budzyńska K., Domańska K.: Analiza porównawcza handlu tradycyjnego i elektronicznego, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin, 484-487, 2015.



Wyżej przedstawione cechy dają możliwość zdobycia przewagi sklepom internetowym nad sklepami stacjonarnymi. Ich atuty, to:

- szeroka forma kontaktu z klientem na portalach społecznościowych,
- możliwość śledzenia preferencji klienta, co pozwala na dostosowanie oferty do jego wymagań;
- wirtualny koszyk zamówień,
- zautomatyzowany proces obsługi.

Klienci cenią przede wszystkim jakość obsługi oraz czas realizacji zamówienia i to na tych elementach muszą się skupiać procesy logistyczne, aby uzyskać lojalność klienta. Odpowiedzią na rosnące wymagania wobec logistyki jest stosowanie systemów klasy WMS, czyli *Warehouse Management System*. System ten swoim działaniem obejmuje etapy przejęcia, składowania oraz wydawania z magazynu, dzięki czemu możliwe jest uzyskanie bieżącej informacji o dostępności i miejscu składowania poszczególnych towarów. WMS wpływa pozytywnie na współpracę z firmami kurierskimi, gdyż połączony on jest bezpośrednio z ich oprogramowaniem, co usprawnia przepływ informacji i zapewnia szybki przebieg procesu wysyłkowego<sup>37,38</sup>.

Działalność w sektorze e-commerce wymaga wyboru konkretnego modelu logistycznego, który uwzględnia skalę działalności, możliwości finansowe, technologiczne i dostępną do użytku powierzchnię. Model własnego magazynu stanowi odpowiednik magazynu w sklepie stacjonarnym. Istnieje wówczas możliwość sprzedaży jedynie tych produktów, które aktualnie są w magazynie. Rozwiązanie to posiada zaletę, jaką jest natychmiastowa ich wysyłka, ale wadą jest konieczność inwestowania kapitału w zapasy, co jest obciążone ryzykiem zmiany popytu szczególnie w branżach, które cechują się różnorodnością wystawianych towarów<sup>39</sup>.

Popularnym systemem działania jest pseudo *just-in-time*, którego istotą jest prowadzenie działalności, jako pośrednik pomiędzy klientem a producentem. W tym modelu, gdy klient składa zamówienie na określony produkt, to wówczas sklep ten produkt zamawia u producenta (dostawcy), a po otrzymaniu towaru pakuje go oraz wysyła do klienta. Zaletą tego systemu jest możliwość działania bez dużego kapitału początkowego oraz bez posiadania powierzchni magazynowej. Z kolei największą wadą jest długi czas realizacji wysyłki, co przy dynamice branży e-commerce i prędkości dostaw przesyłek przez firmy kurierskie może okazać się negatywne dla rozwoju firmy. Modelem podobnym do *pseudo-just-in-time* jest *dropshipping*, który różni się tym, że zamówione produkty trafiają prosto od producenta (dostawcy) do klienta, a sklep pełni jedynie funkcję pośrednika. W tym modelu bardzo ważną rolę odgrywa prawidłowe zintegrowanie systemów dostawcy oraz sklepu. Zaletą tego modelu jest przede wszystkim brak kosztów magazynowania w związku z oddaniem wszystkich zadań logistycznych firmie outsourcingowej. Wśród wad tego modelu wymienić należy wyższe koszty sprzedaży oraz często pojawiające się pomyłki w dostarczanych produktach. Kolejnym modelem jest *fulfillment*, w którym przedsiębiorstwo outsourcingowe świadczy wszystkie usługi logistyczne. Sklep internetowy wówczas nie posiada własnego magazynu,

---

<sup>37</sup> System WMS – co to jest?, <https://dataconsult.pl/system-wms/> (dostęp: 27.07.2023).

<sup>38</sup> Barcik R.: Systemy logistyczne – podstawy funkcjonowania, ATH, Bielsko-Biała, 2011.

<sup>39</sup> Bartnik G.: Sklep internetowy od A do Z, EKomercyjnie, Warszawa, 2013.

a towary przechowywane są w magazynach firmy zewnętrznej. Zaletą tego rozwiązania jest minimalizowanie problemów związanych z utrzymywaniem oraz obsługą magazynów, a także niższe ceny wysyłek, co zachęca klientów do korzystania z tego typu usług. Z kolei minusem jest niewielka kontrola sprzedawcy nad jakością wysyłanego towaru. Obecnie większość sklepów prowadzących swoją działalność w sieci, korzysta z nowoczesnych systemów wysyłki towarów oraz dąży do maksymalnej redukcji generowanych kosztów<sup>40</sup>.

### **Analiza bezpiecznych rozwiązań usług kurierskich podczas pandemii**

Model korzystania z paczkomatów wymusiła w kraju sytuacja związana z pandemią. Stąd w trosce o bezpieczeństwo propagowane było zamawianie produktów z dostawą do określonego punktu, aby dokonać odbioru bez konieczności kontaktu z innymi osobami. Firmy kurierskie w celu dbania o bezpieczeństwo wprowadziły do swoich ofert bezdotykową dostawę, która polegała na dostarczaniu przesyłki pod drzwi odbiorcy przez kuriera i pozostawianiu jej tam, aby nie narażać ani odbierającego ani kuriera na bezpośredni kontakt. Równocześnie z bezpośrednimi dostawami kurierskimi InPost wprowadził do swojej oferty bezdotykową obsługę paczkomatu. Za pomocą aplikacji mobilnej w smartfonie możliwe było zdalne otwarcie skrytki ze swoją przesyłką o ile telefon znajdował się w odpowiedniej odległości od paczkomatu. Firmy kurierskie zdecydowały się również na rezygnację z potwierdzeń odbioru, którym zwykle był podpis na przenośnym urządzeniu elektronicznym kuriera. W dobie pandemii przed odbiorem paczki klient otrzymywał SMS, w którym podany był PIN potwierdzający jej odbiór. Efektem wysokiej dbałości o bezpieczeństwo podczas pandemii była również modyfikacja oferty płatności za przesyłkę za pobraniem. W związku z obostrzeniami wynikającymi z COVID-19 przewoźnicy apelowali do odbiorców paczek, aby korzystać z płatności bezgotówkowych np. z wykorzystaniem aplikacji bankowej BLIK. Oprócz powyższych procedur realizowanych podczas dostarczania przesyłek, firmy kurierskie zaczęły stosować procedury zapobiegające zakażeniom w postaci noszenia maseczek, rękawiczek, dezynfekcji przesyłek w magazynie oraz odkażania samochodów przewoźowych<sup>41,42,43,44,45</sup>.

### **Logistyka zaopatrzenia sklepu internetowego**

---

<sup>40</sup> Chodak G.: Wybrane zagadnienia logistyki w sklepach internetowych – modele, badania rynku, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2014.

<sup>41</sup> Podsumowanie w branży kurierskiej 2020, <https://www.sendit.pl/blog/branza-kep-podsumowanie-2020-roku>, (dostęp: 25.07.2023).

<sup>42</sup> Jarocka M.: *The issue of logistics services in the international scientific literature*. Proceedings of the 8<sup>th</sup> Carpathian Logistics Congress on Logistics Distribution, Transport and Management (CLC), 508-513, 2018.

<sup>43</sup> Szpilko D., Bazydło D., Bodnar E.: *Wpływ pandemii COVID-19 na zakres i jakość usług kurierskich. Wyniki badań wstępnych*, Wydawnictwo PWE, Marketing i Rynek, t. XXVIII, nr 5/2021.

<sup>44</sup> Poczta Polska, „Rozwój rynku przesyłek kurierskich, ekspresowych i paczkowych (KEP) w Polsce od 2014 r. do 2023 r.”

<sup>45</sup> Rynek kurierski mocno wzrósł w czasie pandemii, <https://businessinsider.com.pl/finanse/handel/rynek-kurierski-mocno-wzroslo-w-czasie-pandemii/18j4109>, (dostęp: 25.07.2023).

System logistyczny realizujący zaopatrzenie niewielkiego sklepu internetowego jest podobny do tych, które funkcjonują w sklepach tradycyjnych. Często jednak logistyka zaopatrzenia e-sklepu otoczona jest tajemnicą w związku z jej kluczowym znaczeniem dla uzyskania przewagi konkurencyjnej. Liczba dostawców dla sklepu internetowego zależna jest od liczby oferowanych produktów. Sprawna realizacja zaopatrzenia stanowi jeden z głównych czynników, które mają wpływ na sukces rynkowy sklepu. Jest to szczególnie istotne, jeżeli niewielki sklep działa zgodnie z modelem *just in time* i sprowadza towary już po złożeniu zamówienia przez klienta. Niestety w tej sytuacji logistyka zaopatrzenia zależna jest od dostawcy, gdyż jakiegokolwiek opóźnienia, bądź braki magazynowe oddziałują na czas realizacji zamówienia i tym samym na zadowolenie klienta.

Obowiązki wynikające ze współpracy sklepu internetowego z dostawcą, ceny i koszty zamówienia, a także czas jego realizacji stanowią przedmiot umów, które obejmuje tajemnica handlowa. Sklep wykorzystuje elektroniczną wymianę danych, aby w miarę możliwości usprawnić oraz zautomatyzować procesy zamówienia, realizacji dostaw i przekazywania informacji dotyczących ewentualnych braków lub opóźnień.

Model *just in time* sprawdza się w działalności małego sklepu internetowego, gdyż przede wszystkim niweluje koszty związane z utrzymywaniem magazynu. Model ten jest zatem dla właścicieli sklepu bardzo efektywny pod względem ponoszonych kosztów. Niestety konieczne jest każdorazowe pokrywanie dodatkowych kosztów przesyłki towarów od dostawcy. Dla osoby kupującej, taki sposób działania oznacza dłuższy czas oczekiwania na zamówiony produkt, co często negatywnie wpływa na jego ocenę wykonania usługi<sup>46</sup>.

Dystrybucja przesyłek ze sklepu internetowego odbywać się może na cztery różne sposoby, wśród których wyróżnić można usługi pocztowe, kurierskie, z wykorzystaniem własnej floty samochodowej oraz odbiór osobisty przesyłki w siedzibie sklepu lub w wyznaczonym punkcie. W sytuacji, gdy wybraną metodą są usługi kurierskie, wówczas kurier odbiera przesyłki z magazynu firmy. Często dzieje się to jednego dnia po południu, aby kurier kolejnego dnia przed południem mógł paczkę już dostarczyć do klienta. To rozwiązanie dystrybucyjne pozwala na dostarczenie przesyłki w czasie krótszym niż 24 godziny<sup>47</sup>.

Sklepy internetowe zwykle stosują taktykę, w której umożliwiają klientowi wybór formy dostawy spośród szerokiej oferty. Zwiększa to poziom obsługi klienta, jednakże wiąże się zwykle z dodatkowymi kosztami, które ponosi sklep. Chociaż najbardziej kosztochłonnym typem dystrybucji przesyłek jest możliwość odbioru w siedzibie sklepu. Ten typ dostawy wymaga poniesienia podobnych kosztów, jak w przypadku sprzedaży tradycyjnej, jednakże jest zdecydowanie preferowaną opcją dostawy dla klientów, którzy mają możliwość odebrać go osobiście ze sklepu i nie ponosić kosztów związanych z dostawą. Ten rodzaj dystrybucji niweluje ryzyko uszkodzenia przesyłki podczas transportowania przez firmę kurierską bądź pocztę, co w przypadku niektórych produktów, na przykład szklanych, jest bardzo ważne. Ten typ dystrybucji preferują zwykle sklepy sieciowe, rzadziej niewielkie sklepy internetowe.

Odbiór przesyłek za pomocą paczkomatów oferowanych przez firmę InPost jest dostępny na polskim rynku od połowy 2009 r. Zaletą tego typu dystrybucji jest bardzo niska cena,

---

<sup>46</sup> <https://www.sempire.pl/sklep-internetowy-definicja-rodzaje-funkcjonalnosci.html> (01.08.2023).

<sup>47</sup> Chodak G., Prałat E., Latus Ł.: Analiza dystrybucji w sklepach internetowych, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne S.A., Wrocław, 2011.

która zachęca sklepy internetowe oraz klientów do korzystania z tego rodzaju przesyłki. Paczkomaty gwarantują dostawę w 48 godzin od momentu nadania przesyłki, co jest czasem dłuższym niż ten oferowany przez usługi kurierskie, aczkolwiek klienci decydują się na tę dostawę ze względu na fakt odbioru paczki o dowolnych porach oraz niższe koszty. Istotny jest także preferowany w dobie pandemii COVID-19 bezkontaktowy odbiór.

Ważną kwestią w ramach dystrybucji przesyłek jest również monitorowanie ich dostarczenia. W kwestii wyboru dostawy za pomocą firmy kurierskiej istnieje możliwość *trackingu*, czyli śledzenia całej trasy paczki od momentu nadania do momentu dostarczenia. Jednakże informacje związane z monitoringiem i jego dokładność zależna jest w dużej mierze od rzetelności danej firmy.

Sklep internetowy może we własnym zakresie monitorować terminowość dostaw przesyłek oraz ich stan. Konieczna w tej sytuacji jest dobrze zorganizowana współpraca z klientem, w którego interesie byłoby dostarczenie informacji do sklepu o czasie dostarczenia przesyłki oraz jej stanie.

Firmy kurierskie realizujące usługi dostaw ekspresowych o wielkości zwykle do 30 kilogramów są najszybszym sposobem dostawy, gdyż deklarują dostarczenie kolejnego dnia roboczego. Jest to jeden z najpopularniejszych sposobów dostaw ze sklepów internetowych. Często zdarza się, że małe e-sklepy korzystają jedynie z usług kurierskich, nie preferują żadnej innej formy dostawy. Sklepy internetowe oferują również dostawy do punktu odbioru, którymi oprócz wspomnianych już paczkomatów są: punkty usługowe, sklepy, biura podróży czy też kioski oraz saloniki prasowe<sup>48,49,50</sup>.

### **Analiza wyników badań usług kurierskich w czasie pandemii**

Przeprowadzone badania metodą sondażu diagnostycznego z wykorzystaniem narzędzia, jakim jest kwestionariusz ankiety skierowano do 42 przedsiębiorców działających w branży e-commerce. Respondenci to właściciele sklepów internetowych i na podstawie ich doświadczeń zbadano logistyczne aspekty pracy sklepów wysyłkowych przed oraz po wybuchu pandemii.

W badaniu wzięło udział 42 respondentów, których struktura wieku oraz płci przedstawione zostały na rysunkach 1 i 2.

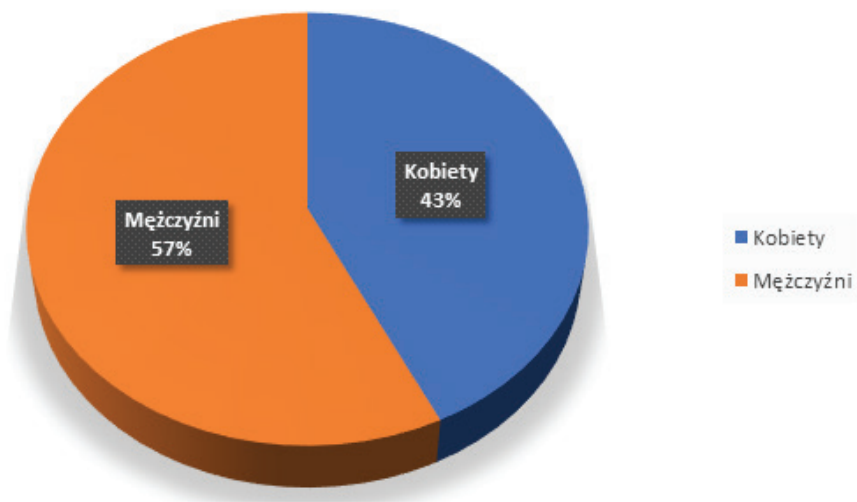
Dokonując analizy struktury płci stwierdzić można, iż wśród przedsiębiorców będących właścicielami sklepów internetowych dominują mężczyźni, stanowią oni bowiem 57% respondentów, pozostałe 43% to kobiety. Struktura wieku wskazuje na 60% udział w badaniu respondentów w wieku 31-40 lat. Kolejną najliczniejszą grupę stanowią osoby w wieku 18-30 lat, natomiast najmniej liczbą osoby od 41 do 50 roku życia. Nikt powyżej 51 roku życia nie wziął udziału w badaniu.

---

<sup>48</sup> Juściński S.: Rynek usług pocztowych i kurierskich, Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, ISBN 978-83-7259-336-8, Lublin, 2021.

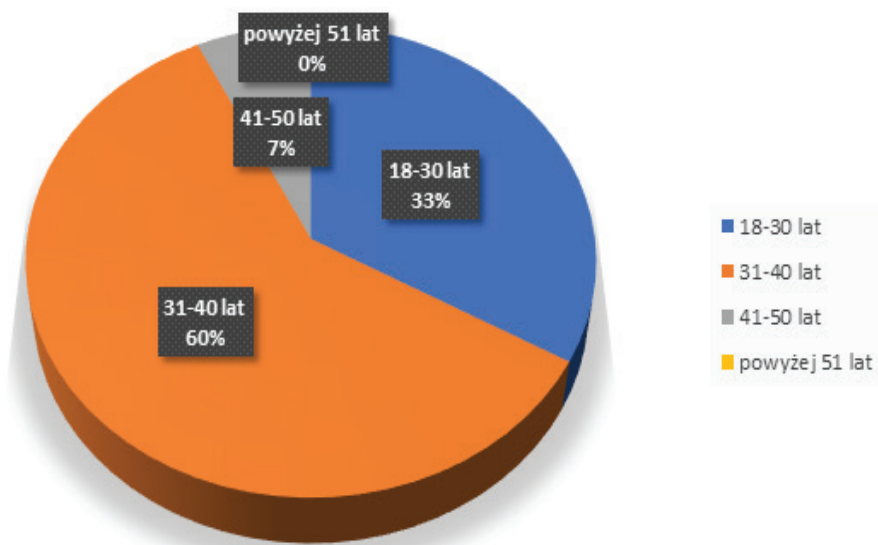
<sup>49</sup> Chodak G.: Wybrane zagadnienia logistyki w sklepach internetowych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2014.

<sup>50</sup> Chodak G., Prałat E., Latus Ł., Analiza dystrybucji w sklepach internetowych, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne S.A., Wrocław, 2011.



Rys. 1. Struktura płci respondentów

Źródło: opracowane własne na podstawie wyników badań

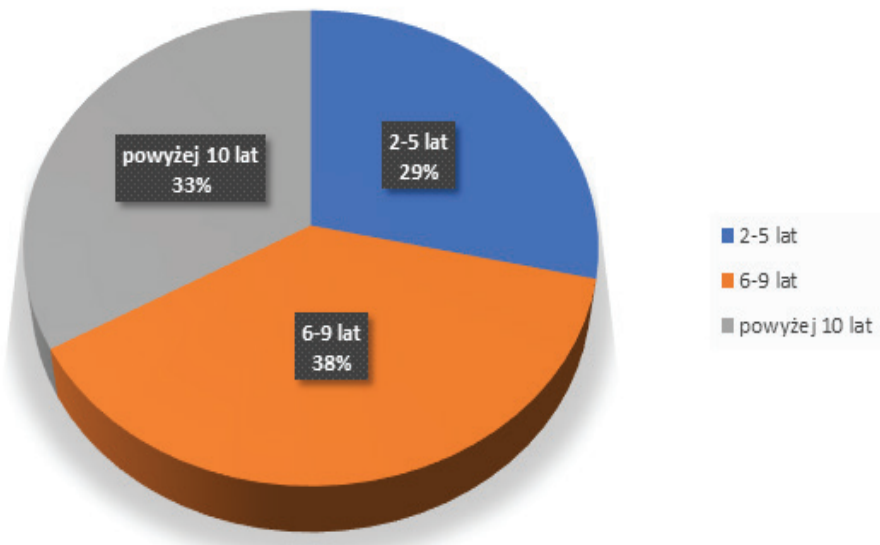


Rys. 2. Struktura wieku respondentów

Źródło: opracowane własne na podstawie wyników badań

Na rysunku 3 przedstawione zostały odpowiedzi udzielone przez respondentów na pytanie związane z okresem czasu prowadzenia przez nich sklepu wysyłkowego. Odpowiedzi ankietowanych były bardzo zróżnicowane, jednakże podsumowując okazało się, że 33%, a więc 1/3 respondentów prowadzi swój sklep internetowy powyżej 10 lat. Z kolei 38% osób biznes tego typu prowadzi od 6-9 lat, natomiast 29% respondentów sklasyfikowało się w grupie, która prowadzi sklep wysyłkowy w okresie od 2-5 lat.

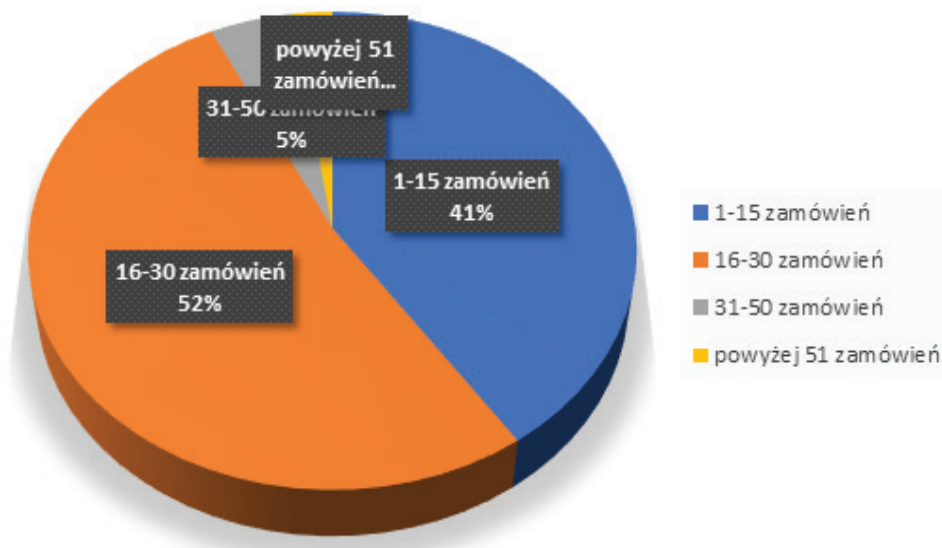
Rysunki 4 i 5 zestawione razem pozwalają nakreślić strukturę sprzedaży przed pandemią oraz po pandemii. Analizując dane na nich zgromadzone można stwierdzić, że pandemia zdecydowanie zmusiła, wcześniej niewielkie sklepiki internetowe, do rozwoju działalności logistycznej w związku ze znacznym wzrostem poziomu sprzedaży. Stwierdzono, że przed pandemią 52% sklepów internetowych, według ich właścicieli, którzy wzięli udział w badaniu, realizowało dziennie od 16 do 30 zamówień, co wcale nie jest wielkością najmniejszą. W kolejnym pytaniu dotyczącym ilości realizowanych zamówień po wybuchu pandemii osoby te, które deklarowały przedział 16-30 zamówień, zadeklarowały, że ich sklep internetowy obsługuje od 31 do 50 zamówień dziennie. Wartość ta zmieniła się względem czasu przed pandemią aż o 45%, gdyż na wykresie potwierdza to, że 5% respondentów wybrało tę wartość. Istotny wzrost wartości, bo aż o 22% zauważyć można również wśród sklepów, które osiągały ilości zamówień przed pandemią powyżej 51 dziennie i wartość ta była wyborem 2% respondentów, a więc 1 przedsiębiorcy. Podczas, gdy w czasie po wybuchu pandemii wartość ta wzrosła do 24%, czyli 10 właścicieli sklepów internetowych zadeklarował, że ich sklep obsługuje powyżej 51 zamówień dziennie. Zdecydowany spadek, bo aż o 32% odnotowano dla sklepów realizujących 1-15 zamówień dziennie, czyli obniżka była z 41% do 9%.



Rys. 3. Liczba lat prowadzenia sklepu internetowego

*Źródło: opracowane własne na podstawie wyników badań*

Na rysunku 6 przedstawione zostały dane zgromadzone w odpowiedzi na pytanie dotyczące rodzaju działalności logistycznej w obrębie zaopatrzenia oraz logistyki magazynowej sklepów internetowych, prowadzonych przez osoby biorące udział w ankiecie. Stwierdzono, że przed pandemią 57% respondentów zaopatrywało swoje sklepy wysyłkowe zgodnie z metodą *just in time*, a więc dokonywało zamówienia danego produktu u dostawcy wówczas, gdy klient już dokonał jego zakupu. Natomiast 41% respondentów zadeklarowało, iż przed pandemią ich sklep posiadał mały magazyn, w którym nie było zatrudnionych dodatkowych pracowników, gdyż nie było takiej potrzeby. Zaledwie 2%, a więc jeden respondent posiadał na tyle rozbudowany magazyn dla swojego biznesu w sieci, że zatrudniał w nim pracowników do obsługi przechowywanych towarów.

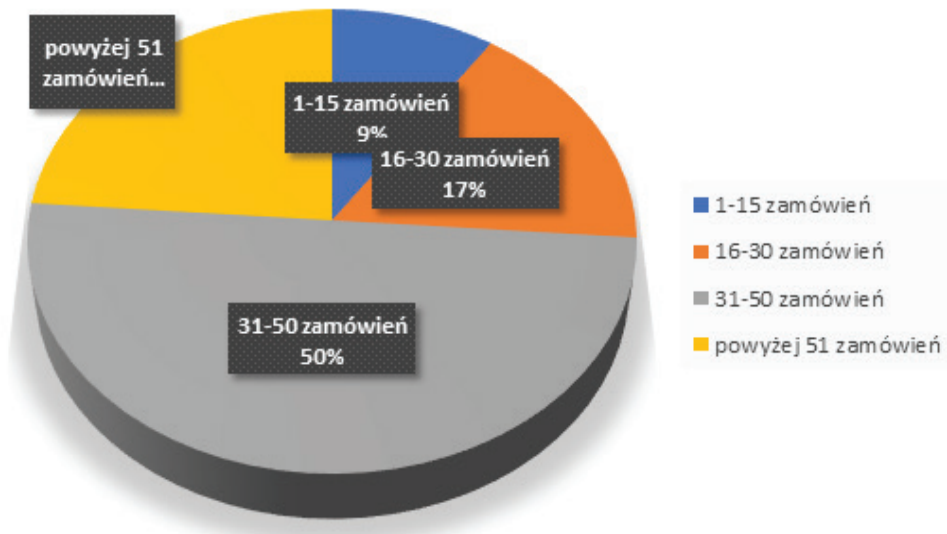


Rys. 4. Liczba zamówień realizowana dziennie przed pandemią

Źródło: opracowane własne na podstawie wyników badań

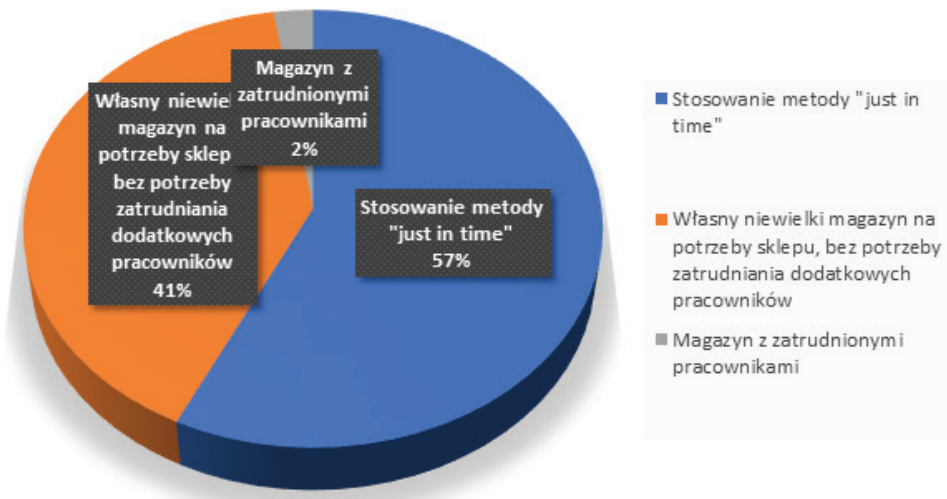
Z kolei po wybuchu pandemii kwestie związane z logistyką zaopatrzenia uległy zmianom, 45% respondentów zadeklarowało, iż po wybuchu pandemii posiadało własny magazyn, jednakże bez pracowników, 31% zatrudniało pracowników, natomiast jedynie 24% pozostało przy zaopatrzeniu zgodnie z metodą *just in time* (rys. 7). Upoważnia to do stwierdzenia, że pandemia wymusiła istotne zmiany w zakresie logistyki magazynowej. Nawet inwestycja w magazyn i jego obsługę, generująca zarówno koszty stałe, jak i zmienne, była akceptowana przez właścicieli sklepów internetowych, jako rozwiązanie pozwalające działać sprawniej w tych szczególnych okolicznościach.





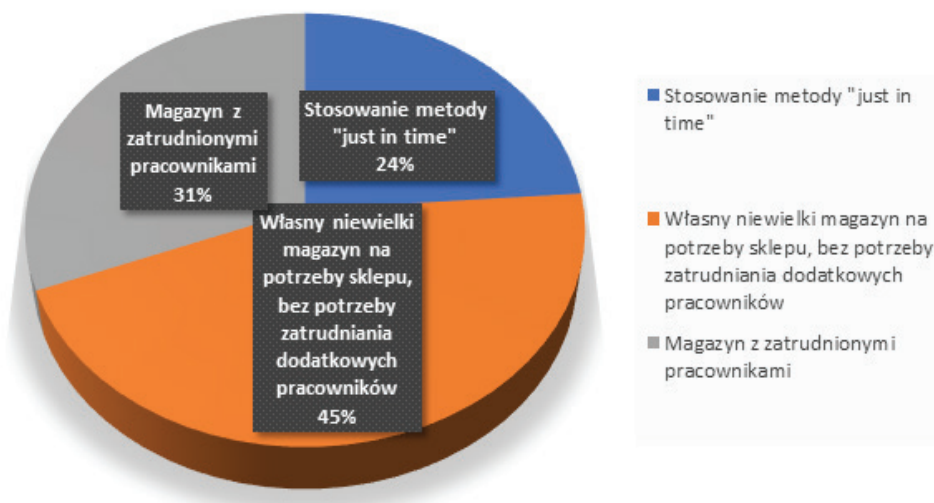
Rys. 5. Liczba zamówień realizowana dziennie po pojawieniu się pandemii

Źródło: opracowane na podstawie wyników badań własnych



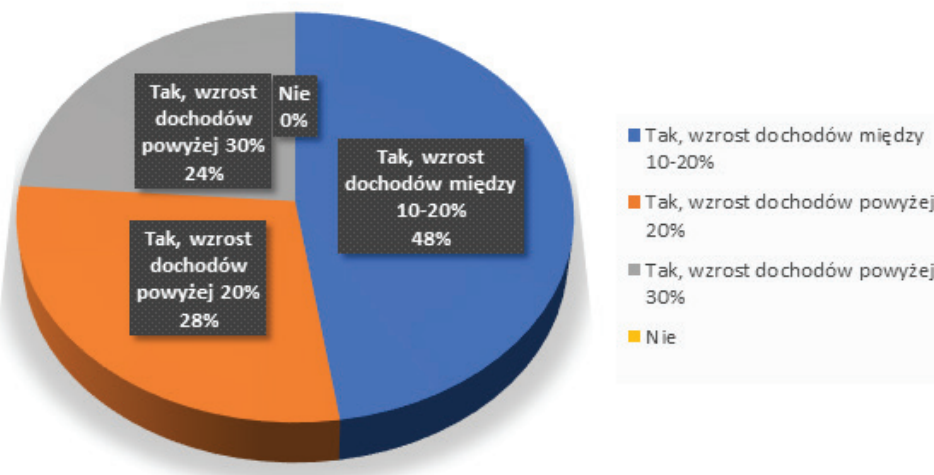
Rys. 6. Logistyka zaopatrzenia w sklepach internetowych należących do respondentów przed pandemią

Źródło: opracowane na podstawie wyników badań własnych



Rys. 7. Logistyka zaopatrzenia w sklepach internetowych należących do respondentów w trakcie pandemii

Źródło: opracowane na podstawie wyników badań własnych



Rys. 8. Zmiany dochodów w sklepach internetowych w dobie pandemii w odniesieniu do czasu przed pandemią

Źródło: opracowane na podstawie wyników badań własnych

Zgodnie z odpowiedziami udzielonymi przez respondentów na pytanie dotyczące zmian, jakie odnotowali w dochodach generowanych przez ich sklep internetowy po pandemii w odniesieniu do czasów sprzed pandemią (rys. 8):

- 48% respondentów stwierdziło, że ich dochody wzrosły o 10 do 20%,
- 28% zadeklarowało, że ich dochody wzrosły ponad 20%,
- 24% odpowiedziało, iż ich dochody wzrosły o ponad 30%.

Na pytanie w ankiecie dotyczące metod dostaw, z jakich korzystali w swoich sklepach internetowych respondenci, odpowiadali w bardzo zróżnicowany sposób. Aż połowa respondentów zaznaczyła dostawę za pomocą firm kurierskich, jako jedyną opcję. Pozostałych 21 respondentów zaznaczyło w tym pytaniu dwie spośród czterech odpowiedzi, przy czym 9 osób, czyli 21,42% wszystkich respondentów uznało, że oferuje w swoim sklepie zarówno dostawę z pomocą firm kurierskich, jak i usługi Poczty Polskiej. Kolejnych 11 respondentów w tym pytaniu wybrało zarówno usługi firm kurierskich, jak i dostawę do paczkomatów. Z kolei jedynie 1 respondent oferował wówczas w swoim sklepie wszystkie formy dostawy.

Po wybuchu pandemii sytuacja związana z logistyką dostaw uległa zmianie. Wskazania respondentów świadczyć mogą o tym, iż usługi Poczty Polskiej praktycznie przestały być wybierane przez klientów. Oprócz firm kurierskich na prowadzenie wysunęły się przede wszystkim dostawy do paczkomatów, za pomocą, których dostawy w swoim sklepie internetowym umożliwiała 67% respondentów.

W odpowiedzi na pytanie „Jak oceniają Państwo wpływ pandemii na Wasz biznes w sieci?” wszyscy biorący udział w ankiecie przedsiębiorcy odpowiedzieli, że było to oddziaływanie pozytywne.

Ostatnie pytanie zawarte w ankiecie było pytaniem otwartym. Respondenci mieli w nim zaprezentować wszelkie działania, jakie podjęli w swoim sklepie internetowym w związku z pandemią. Po przeglądzie zgromadzonych odpowiedzi, wyodrębnione zostało kilka działań, które zostały podjęte przez wszystkich przedsiębiorców.

Po pierwsze sklepy istniejące przed pandemią, zmuszone zostały do prowadzenia działalności w reżimie sanitarnym. Wszystkie procesy dotyczące dystrybucji towarów, ich pakowania i wysyłania zostały ściśle objęte obowiązkową dezynfekcją. W związku z tym modyfikacji uległ również regulamin każdego ze sklepów internetowych, w którym zawarte zostały postanowienia dotyczące działań mających na celu przeciwdziałanie przenoszeniu potencjalnych wirusów COVID-19.

W kwestii zmian regulaminowych, respondenci wspomnieli również o konieczności rozbudowania polityki zwrotów, bez której ich wizerunek w sieci mógłby zostać negatywnie oceniony. Dla klientów możliwość odesłania przesyłki, której z różnych powodów nie akceptują, to warunek podstawowy dla uzyskania satysfakcji i zadowolenia z obsługi oferowanej przez sklep. Ważne okazało się w tym temacie, w jak największym stopniu indywidualne podejście do klientów, co w sytuacji niewielkich sklepów internetowych było możliwe do wykonania. Dzięki takim zabiegom klienci doceniają zakup oraz powracają do danego sklepu, a także polecają sprzedawcę innym potencjalnym klientom, co stanowi element marketingu bezpośredniego.

Analiza udzielonych odpowiedzi na pytania dotyczące logistyki zaopatrzenia oraz logistyki dostaw do klientów upoważnia do stwierdzenia, że pandemia sprawiła, iż część sklepów internetowych zmuszona została do przeorganizowania logistyki zaopatrzenia. Proces ten był

szczególnie istotny w przypadku, gdy wcześniej sklep nie posiadał powierzchni magazynowych. Po wybuchu pandemii konieczne okazało się nabycie lub wynajęcie takich pomieszczeń.

Pandemia zmieniła przede wszystkim kwestie związane z konkurencyjnością na rynku e-commerce. Zgodnie stwierdzono, że podstawą pozytywnej oceny działalności sklepu internetowego stała się, jak najszybsza realizacja zamówień. Respondenci w związku ze zwiększającą się z dnia na dzień liczbą zamówień przeorganizowali logistycznie swoje sklepy wysyłkowe tak, aby było im wygodniej takie zwiększone ilości zamówień realizować. W wielu przypadkach związane było to z zatrudnieniem nowych pracowników, którzy zajęli się kwestiami związanymi z obsługą magazynów i przygotowaniem paczek do wysyłki.

Zmiany nastąpiły również w obszarze logistyki sklepu internetowego, związanym z dostarczaniem towarów do klienta. Respondenci zaczęli doceniać funkcjonalność paczkomatów, gdyż kwestia bezpieczeństwa i minimalizacja kontaktu z innymi ludźmi stała się priorytetem podczas pandemii. Co więcej, zapewnienie możliwości wyboru rodzaju dostawy było bardzo pozytywnie odbierane przez klientów sklepu, a także w ich odczuciu świadczyło o poziomie rozwoju firmy. Respondenci w swoich odpowiedziach poruszyli także temat monitorowania statusu zamówienia w ich sklepach internetowych przez specjalnie do tego przygotowany system. Wspomniało o tym 21 respondentów, a więc 50% biorących udział w ankiecie. System ten pozwalał dostarczyć informacje na temat tego, w jakim miejscu procesu logistycznego znajduje się konkretna przesyłka. Po jej nadaniu, zadanie to przejmował system działający na podobnej zasadzie w firmie dostarczającej przesyłkę, a więc w firmie kurierskiej, bądź firmie, która dostarczała przesyłkę do paczkomatu.

W trakcie pandemii respondenci zaczęli również na większą skalę korzystać z możliwości reklam mailingowych, a także rozwoju mailingu sklepu nie tylko pod względem reklamy, ale również w związku z przypomnianiem zasad bezpieczeństwa, które należy zachować podczas odbioru przesyłek wysyłanych ze sklepu.

## **Podsumowanie i wnioski**

Systemy logistyki dystrybucji wyrobów w warunkach wolnego rynku są istotnym czynnikiem, decydującym o uzyskaniu przewagi konkurencyjnej. Dynamiczny rozwój usług e-commerce wynikał początkowo z rozwoju systemów informatycznych i szerokiej możliwości wykorzystania sieci Internetu oraz nowoczesnych systemów płatności bankowych przy zakupie towarów. Pandemia COVID-19 i szereg obostrzeń ograniczających dostęp do sklepów stacjonarnych oraz ogólne zalecenie redukcji do minimum kontaktów osobistych, spowodowały lawinowy wzrost popytu na zakupy w sklepach internetowych. Rynek usług kurierskich w Polsce jest najprężniej rozwijającym się segmentem w sektorze logistycznym w Europie.

Analiza wyników badań, które miały na celu rozpoznanie zmian, jakie zachodziły na rynku reprezentowanym przez sklepy internetowe upoważnia do stwierdzenia, że pandemia wywarła istotny wpływ na sposób ich działania. Pytania ankiety miały na celu uzyskanie odpowiedzi, w jakim zakresie logistyczne systemy transportu, zaopatrzenia i obsługi magazynowej, zostały zmodyfikowane pod wpływem pandemii. Sklepy wysyłkowe podczas pandemii w ocenie 42 respondentów będącymi przedsiębiorcami, prowadzącymi tego typu

sklepy internetowe, które istniały i funkcjonowały również przed pandemią generalnie odczuły pozytywny wpływ na prowadzoną działalność. Wybuch pandemii był związany przede wszystkim z szeregiem prac, które były konieczne do wykonania, aby zachować reżim sanitarny. Należy podkreślić, że zmiany logistyczne spowodowały konieczność reorganizacji szeregu innych obszarów związanych głównie z marketingiem oraz promowaniem działalności przedsiębiorstwa.

Na podstawie analizy wyników przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

- Na podstawie analizy rozwiązań logistycznych stosowanych w niewielkich podmiotach handlowych, funkcjonujących na rynku, jako sklepy internetowe można stwierdzić, że w okresie pandemii COVID-19 nastąpiło dużo zmian w ich podstawowej działalności związanej ze sprzedażą wysyłkową. Generalnie priorytetem w tamtym okresie było dostarczanie przesyłek do klientów w jak najkrótszym czasie.
- W związku z rozwojem branży e-commerce oraz istotnym wzrostem popytu na zakupy dokonywane przez Internet sklepy wysyłkowe w czasie trwania pandemii zyskały dodatkowo na popularności, co przełożyło się na trwały wzrost sprzedaży oferowanych przez nie produktów.
- Badania potwierdziły, że konieczna była zmiana organizacji w zakresie obsługi logistycznej firm. Wcześniej niewielkie sklepy internetowe wykorzystywały metodę *just in time* w zakresie zaopatrzenia, polegającą na zamawianiu towaru u dostawcy dopiero wówczas, jak zapotrzebowanie na konkretny produkt zostało złożone przez klienta. Oznaczało to, że w ofercie znajdowały się produkty, których sklep nie posiadał fizycznie, gdyż nie miał własnego magazynu. Tego typu działanie w dobie pandemii musiały zostać odrzucone przez sklepy w związku z rosnącą konkurencją, która rywalizowała przede wszystkim szybkością dostaw. Aby sklep mógł dalej funkcjonować konieczne było posiadanie własnych powierzchni magazynowych, a w miarę dalszego rozwoju własnej logistyki magazynowej. Niezbędne było także zatrudnienie kolejnych pracowników, którzy obsługiwali magazyny firmowe. Działania modyfikujące zaplecze magazynowe były korzystne finansowo dla firm, gdyż w związku z wzrostem obrotów, zwiększyły się również ich dochody. Stąd częstym rozwiązaniem oprócz wynajmu był też zakup powierzchni magazynowych.
- Dynamiczny napływ klientów znacząco wpłynął na liczbę zamówień realizowanych przez sklepy internetowe. Dotychczas niewielkie sklepy musiały zrealizować większą liczbę zamówień każdego dnia, co wymagało także większego nakładu pracy przy kompletacji i przygotowaniu wysyłek. W związku z rosnącymi wymaganiami klientów oraz silną konkurencją wśród sklepów wysyłkowych, oprócz właściwie zorganizowanej logistyki zaopatrzenia konieczna była również modyfikacja logistyki dystrybucji. Wśród metod dostaw, co potwierdziły badania, najbardziej popularna była wysyłka za pomocą firm kurierskich. Okres pandemii firmy kurierskie wykorzystywały do wszechstronnego rozwoju swoich usług. Podczas pandemii zapewniały wykonanie restrykcyjnych zaleceń sanitarnych, a ponadto rozbudowały systemy monitorowania przesyłek. Było to działanie bardzo pozytywnie ocenione przez klientów. Badania potwierdziły, że 50% sklepów internetowych, których właściciele brali udział w ankiecie, posiada swój własny system

- monitorowania, który za pomocą wiadomości e-mail informował klienta o bieżącym etapie, na którym znajduje się ich przesyłka. Po przekazaniu jej kurierowi, zadanie monitorowania przejmowała firma kurierska.
- Bezpieczeństwo dostaw przesyłek podczas pandemii COVID-19, a w związku z tym zminimalizowanie kontaktów z innymi osobami spowodowało wzrost popularności paczkomatów. Urządzenia były rozwiązaniem zapewniającym odbiór przesyłek zamawianych online przy zachowaniu wszystkich standardów reżimu sanitarnego. Ponadto odbiór paczki mógł być zrealizowany o dowolnej godzinie w czasie 48 godzin od umieszczenia w skrytce paczkomatu.
  - Prowadzący sklepy internetowe podczas pandemii zmuszeni byli także do zmian w regulaminie, aby możliwe były bezpieczne zwroty towarów. Satysfakcja klienta nawet w czasie pandemii stanowiła ważny punkt działania, a zadowolenie nabywców zależało od zapewnienia im możliwości bezpiecznego odesłania towaru.
  - Wzrost wyników finansowych wynikających z prowadzenie sklepu internetowego w dobie pandemii stanowi podstawę do twierdzenia, że jest to działalność atrakcyjna, ale wymagającą zapewnienia sprawnej obsługi logistycznej.

### Bibliografia

- Barcik R.: Systemy logistyczne – podstawy funkcjonowania, ATH, Bielsko-Biała, 2011.
- Bartnik K.: Sklep internetowy od A do Z, Komercyjnie, Warszawa, 2013.
- Boniecki R.: System teleinformatyczny wspierający firmę kurierską z wykorzystaniem interpolacji funkcjami sklejanymi, Wydawnictwo Uczelniane Uniwersytetu Technologicznego – Przyrodniczego w Bydgoszczy, Bydgoszcz, 2011.
- Ciesielski M., Długosz J.: Strategie łańcuchów dostaw. PWE, Warszawa, 2010.
- Cieśla M., Hat-Garncaz G., Opasiak T., Nowakowski P.: Logistyka w łańcuchach dostaw, Wybrane zagadnienia, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, ISBN: 978-83-7880-422-2, Gliwice, 2017.
- Chodak G.: Wybrane zagadnienia logistyki w sklepach internetowych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2014.
- Chodak G., Prałat E., Latus Ł., Analiza dystrybucji w sklepach internetowych, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne S.A., Wrocław, 2011.
- Chojnacka A.: Usługa logistyczna jako przedmiot rynku, Politechnika Radomska, Nr 12, Radom, 2015.
- Dobroszek J.: Koszty i wyniki w systemie controllingu w przedsiębiorstwach usług logistycznych, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, 2016.
- Dyczkowska J.: Marketing usług logistycznych, Wyd. Difin S.A., ISBN: 978-83-7930-240-6, Warszawa, 2014.
- Gawryluk M.: Rozwój rynku przesyłek kurierskich, ekspresowych i paczkowych (KEP) w Polsce od 2014 r. do 2023 r., Poczta Polska, Warszawa, 2019.
- Gołaczyński J. (red.), Kowalik-Bañczyk K., Majchrowska A., Świerczyński M.: Ustawa o świadczeniu usług drogą elektroniczną. Komentarz, Warszawa, 2009.
- Góra G., Matuszak Z., Charakterystyka wybranych zagadnień dystrybucji towarów, Organizacja i zarządzanie, Szczecin, 1063-1067, 2018.
- Gulc A.: Charakterystyka usług kurierskich w Polsce, Humanities and Social Science, Warszawa, 2017.
- International Post Corporation, Global Postal Industry, Report 2020.
- Jak epidemia zmienia branżę przesyłek kurierskich? <https://biznes.wprost.pl/firmy-i-rynki/10325299/jak-epidemia-zmienia-branze-przesylok-kurierskich.html> (dostęp: 19.07.2023).
- Jarocka M., The issue of logistics services in the international scientific literature. Proceedings of the 8<sup>th</sup> Carpathian Logistics Congress on Logistics Distribution, Transport and Management (CLC), 2018.



- Juściński S.: Rynek usług pocztowych i kurierskich, Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, ISBN 978-83-7259-336-8, Lublin, 2021.
- Juściński S., Firmy brokerskie jako nowoczesny element rynku usług kurierskich, *Logistyka*, nr 6, str. 170-176, 2015.
- Juściński S., Piekarski W.: Krajowy rynek usług pocztowych w aspekcie procesów liberalizacji, *Logistyka*, nr 6, 163-169, 2015.
- Juściński S., Sawicka P.: Demonopolizacja krajowego rynku usług pocztowych, *Logistyka* nr 5, str. 181-190, 2015.
- Kamińska A., Jak to z pocztą w Polsce bywało, <https://www.rp.pl/Rzecz-o-historii/308179855-Jak-to-z-poczta-w-Polsce-bywalo.html>, (dostęp: 19.07.2021).
- Komor A., Budzyńska K, Domańska K.: Analiza porównawcza handlu tradycyjnego i elektronicznego, *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego*, Szczecin, 484-487, 2015.
- Kopeć K., Funkcjonowanie rynku usług logistycznych w Polsce, *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Chmielnickiego* Nr 3, Warszawa, 2014.
- Kordel Z., Kuriata A.: *Logistyka i transport w ujęciu systemowym*, CeDeWu Sp. z o.o., ISBN: 978-83-8102-138-8, Warszawa, 2018.
- Kowalak R., *Controlling logistyki*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 2011.
- Marcysiak A., Pieniak-Lendzion K., Lendzion M., Usługi kurierskie na rynku usług logistycznych w Polsce, *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach*, Siedlce, s. 29–38, 2013.
- Nowak E., *Controlling w działalności przedsiębiorstwa*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 2011.
- Pliszka M., *Rynek usług kurierskich w Polsce*, Słupskie Prace Geograficzne, Słupsk, 2008.
- Poczta Polska, „Rozwój rynku przesyłek kurierskich, ekspresowych i paczkowych (KEP) w Polsce od 2014 r. do 2023 r.”.
- Podsumowanie w branży kurierskiej 2020, <https://www.sendit.pl/blog/branza-kep-podsumowanie-2020-roku>, (dostęp: 25.07.2023).
- Portret koncernu, <https://www.dhl.com/pl-pl/home/o-nas/globalna-siec.html>, (dostęp: 20.07.2023).
- Rawluszka J.: Współczesne problemy inżynierii poczty, Wydawnictwo Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno – Przyrodniczego w Bydgoszczy, Bydgoszcz, 2011.
- Rosa G., Społeczeństwo informacyjne – uwarunkowania rozwoju. Problemy zarządzania, finansów i marketingu nr 21. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego* nr 680, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin, 2012.
- Rutkowska E., Poczta wyda 1,2 mld zł na unowocześnienie usług, <https://serwisy.gazetaprawna.pl/nowe-technologie/artykuly/8099514.poczta-wyda-12-mld-zl-na-unowoczesnienie-uslug.html> (dostęp: 19.07.2023).
- Rutkowski K.: Branża przesyłek kurierskich, ekspresowych paczkowych. Wpływ na polską gospodarkę, Centrum Doradztwa i Ekspertyz Gospodarczych sp. z o.o., Warszawa 2011.
- Rydzkowski W.: *Usługi logistyczne: teoria i praktyka*, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań, 2011.
- Rynek kurierski mocno wzrósł w czasie pandemii, <https://businessinsider.com.pl/finanse/handel/rynek-kurierski-mocno-wzroslo-w-czasie-pandemii/18j4109>, (dostęp: 25.07.2023).
- Rynek usług kurierskich 2020 – najważniejsze trendy, <https://www.rp.pl/Biznes/210219483-Rynek-uslug-kurierskich-2020--najwazniejsze-trendy.html> (dostęp: 20.07.2021).
- Skowronek Cz., Sarjusz-Wolski Z., *Logistyka w przedsiębiorstwie*, Polskie wydawnictwo ekonomiczne, Warszawa, 2012.
- Strandhagen, J.O. : Vallandingham, L.R., Fragapane, G. et al. Logistics 4.0 and emerging sustainable business models, *Advances in Manufacturing*, 5, 359-69, <https://doi.org/10.1007/s40436-017-0198-1>, 2017.
- System WMS – co to jest? <https://dataconsult.pl/system-wms/> (dostęp: 27.07.2023).



Szpilko D., Bazydło D., Bodnar E.: Wpływ pandemii COVID-19 na zakres i jakość usług kurierskich.

Wyniki badań wstępnych, Wydawnictwo PWE, Marketing i Rynek, t. XXVIII, nr 5, 2021.

Śliwczyński B., Koliński A.: Organizacja i monitorowanie procesów dystrybucji, Instytut Logistyki i Magazynowania, ISBN: 978-83-63186-64-7, Poznań, 2013.

UPS, <https://about.ups.com/pl/pl/our-company/global-presence.html>, (dostęp: 20.07.2023).

Urban G., Małkiewicz R., Malepszy A., Tomaszewska A., Orliński F., Perspektywy wzrostu rynku przesyłek kurierskich, ekspresowych i paczkowych (KEP) w Polsce do 2020 roku, PwC Polska Transport i logistyka, Warszawa, 2016.

Wojtach Ł., Powstanie styczniowe na żelaznych drogach, <https://muzhp.pl/pl/c/328/powstanie-styczniowe-na-zelaznych-drogach> (dostęp: 19.07.2023).

Wyrwińska K., Wyrwiński M.: Platformy internetowe, jako narzędzia ekonomii współdzielenia, Transformacje Prawa Prywatnego, ISSN 1641–1609, Nr 2, 91-112, 2018.

Strony internetowe:

<https://gls-group.com/PL/pl/o-firmie> (dostęp: 20.07.2023).

<https://inpost.pl/o-inpost>, (dostęp: 20.07.2023).

<https://www.dpd.com/pl/pl/>, (dostęp: 20.07.2023).

*Adres do korespondencji: e-mail: [slawomir.juscinski@up.lublin.pl](mailto:slawomir.juscinski@up.lublin.pl)*

*ORCID: Wiesław Piekarski 0000-0001-6218-3090*

*ORCID: Sławomir Juściński 0000-0002-2692-9083*



# LOGISTYKA DOSTAW BIOMASY W OBSZARZE TRANSPORTU LĄDOWEGO

Katarzyna Pyza<sup>1</sup>, Maciej Kuboń<sup>2,3</sup>, Grzegorz Zajac<sup>4</sup>, Grzegorz Maj<sup>4</sup>, Tomasz Słowik<sup>4</sup>,  
Joanna Szyszlak-Bargłowicz<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Dyplomantka w Katedrze Inżynierii Produkcji, Logistyki i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

<sup>2</sup> Katedra Inżynierii Produkcji, Logistyki i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

<sup>3</sup> Wydział Nauk Technicznych i Sztuk Projektowych, Państwowa Akademia Nauk Stosowanych Przemysłu

<sup>4</sup> Katedra Energetyki i Środków Transportu, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

## Wstęp

Biomasa jest jednym ze źródeł odnawialnej energii. Zrównoważony proces logistyki dostaw pozwala na ograniczenie emisji gazów cieplarnianych. Efektywność tego procesu ma kluczowe znaczenie dla ciągłego dostępu do surowca oraz jego skutecznego wykorzystania do produkcji energii<sup>1</sup>. Podczas organizowania łańcucha dostaw istotne jest, aby pochodzenie biomasy oraz jej lokalizacja zostały uwzględnione w sposób odpowiedni do zapotrzebowania na infrastrukturę transportową, środki transportowe oraz urządzenia wykorzystywane do wytwarzania zrębki drzewnej<sup>2</sup>.

Proces dostarczania biomasy do odbiorców może obejmować wiele etapów, takich jak zbieranie, transport, magazynowanie i przetwarzanie. Skoordynowanie tych różnych etapów wymaga skomplikowanej logistyki, aby zapewnić płynny przepływ biomasy od punktu początkowego do punktu docelowego. Dostępność biomasy uzależniona jest od wielu czynników<sup>3</sup>, takich jak sezonowość upraw, dostępność surowców odpadowych czy zmienne warunki pogodowe. Nieprzewidywalność dostępności biomasy może stwarzać wyzwania

---

<sup>1</sup> Sedjo R. A.: The economics of forest-based biomass supply. *Energy Policy*, 25(6), 559-566, 1997.

<sup>2</sup> Michalski, K., Navickas, M., & Rabe, M.: Transport w łańcuchu dostaw biomasy dla elektrociepłowni. *Ekonomika i Organizacja Logistyki*, 4(3), 17-27, 2019. <https://doi.org/10.22630/EIOL.2019.4.3.20>

<sup>3</sup> Berndes G., Hoogwijk M., & Van den Broek R.: The contribution of biomass in the future global energy supply: a review of 17 studies. *Biomass and bioenergy*, 25(1), 1-28, 2003.

logistyczne, takie jak konieczność elastycznego planowania dostaw i zarządzanie zapasami<sup>4</sup>. Efektywna logistyka dostaw biomasy przyczynia się do optymalizacji kosztów<sup>5</sup>. Właściwe planowanie tras, wykorzystanie odpowiednich środków transportu i magazynowanie biomasy powoduje minimalizację kosztów związanych z transportem i przechowywaniem surowca<sup>6</sup>.

Zwiększenie zapotrzebowania na biomasę w postaci zrębki drzewnej na rynku energetycznym w 2022 roku, wzrost cen paliw oraz wpływ sytuacji geopolitycznej na gospodarkę kraju przyczyniły się do zmian w branży transportowej.

Odpowiednia jakość oraz efektywność usługi mają znaczenie w kształtowaniu poziomu zadowolenia klienta. Wybór środka transportu zależy od wielu czynników, takich jak cechy towaru, odległość do pokonania, czasu dostawy, kosztów, wymagań klienta oraz odbiorcy końcowego i innych kryteriów określonych dla danego dobra<sup>7</sup>.

Analiza procesów transportowych pozwala na zidentyfikowanie słabych oraz mocnych stron przy wyborze odpowiedniego środka transportowego, a wykorzystanie mierników oraz wskaźników, umożliwia ocenę jakości oraz efektywności wykonanych usług. Zważywszy na powyższe, podczas realizowania dostaw z wykorzystaniem różnych środków transportowych konieczne jest przeprowadzenie badań i analiz umożliwiających ocenę logistyki dostaw<sup>8</sup>.

W kontekście przedsiębiorstwa, logistyka ma istotne znaczenie w zarządzaniu łańcuchem dostaw. Przepływ zasobów od dostawców, przez proces produkcyjny, magazynowanie, dystrybucję, aż do klientów końcowych, wymaga skoordynowanych działań logistycznych. Proces ten polega na planowaniu, organizacji, koordynacji i kontroli poszczególnych elementów, dzięki czemu można uzyskać minimalizację kosztów oraz zadowolenie klienta. Wraz z rozwojem technologii i globalizacją gospodarki, logistyka stała się jeszcze bardziej skuteczna, poprzez efektywne zarządzanie złożonymi sieciami dostaw, wykorzystanie zasobów oraz bieżące zmiany na rynku<sup>9</sup>.

Warto podkreślić, że kluczową rolę w fizycznym przepływie ładunków w gospodarce kraju odgrywa system transportu zewnętrznego. Poszczególne gałęzie transportu stanowią integralne elementy tego systemu, a rozwój lub zaniedbanie w każdej z tych gałęzi ma istotny wpływ na pozostałe. W gospodarce opartej na wolnym rynku, wybór konkretnej gałęzi transportu oraz dystrybucja zadań przewozowych pomiędzy różne gałęzie transportu w krajowym systemie logistycznym zależą od relacji pomiędzy kosztem a poziomem obsługi logistycznej.

---

<sup>4</sup> Jasiulewicz M., Janiszewska D.A.: Problem logistyki agro-biomasy do celów energetycznych, *Logistyka* 4, 981-987, 2012.

<sup>5</sup> Allen J., Browne M., Hunter A., Boyd J., & Palmer H.: Logistics management and costs of biomass fuel supply. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 28(6), 463-477, 1998.

<sup>6</sup> Wesołowska M.: Model zarządzania logistyką biomasy na cele energetyczne w Polsce. Rozprawa doktorska, maszynopis AGH, Kraków, 2019.

<sup>7</sup> Chaberek M.: Ład logistyczny w gospodarowaniu. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, 2020.

<sup>8</sup> Mobini M., Sowlati T., Sokhansanj S.: Forest biomass supply logistics for a power plant using the discrete-event simulation approach. *Applied Energy*, Volume 88, Issue 4, 1241-1250, 2011, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.10.016>.

<sup>9</sup> Słowiński B.: Wprowadzenie do logistyki. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, Koszalin, 2008.

Czynniki takie jak czas przewozu, niezawodność, dostęp do infrastruktury liniowej i punktowej, a także wielkość transportowanego ładunku i odległość przewozu, mają istotne znaczenie w tym procesie. Dla skutecznego kształtowania i rozwoju Systemu Logistycznego Polski, niezbędna jest optymalizacja transportu, która przyczynia się m.in. do redukcji kosztów zewnętrznych transportu oraz ograniczenia negatywnego wpływu na środowisko. Ta idea jest zgodna z zasadą zrównoważonego transportu, która zakłada modernizację i rozwój bardziej przyjaznych środowisku gałęzi transportu<sup>10</sup>.

Transport stanowi integralną część każdego procesu przepływu towarów, pełniąc kluczową funkcję łączenia miejsc produkcji, dostawców i odbiorców na różnych etapach łańcucha dostaw. Współczesne środki transportu, takie jak samoloty, statki, pociągi czy ciężarówki, pozwalają na przemieszczanie towarów na znaczne odległości między krajami i kontynentami. Przez umożliwienie eksportu, importu i rozwinięcie międzynarodowych relacji handlowych, transport odgrywa kluczową rolę w rozwoju gospodarczym i globalizacji<sup>11</sup>.

Każdy rodzaj biomasy wymaga dostosowania procesu logistycznego ze względu na proces pozyskania, wytwarzania, obróbki oraz sposób dostawy. W przypadku wytwarzania produktów z biomasy ważnym aspektem zarówno ze względu na jakość, jak i opłacalność dostarczanego surowca jest odległość między miejscem wytwarzania, a ostatecznym odbiorcą<sup>12</sup>. Wykorzystanie drzewnych produktów ubocznych jako nośnika energii w sektorze energetycznym przynosi wiele korzyści. Przede wszystkim, jest to odnawialne źródło energii, które przyczynia się do redukcji emisji gazów cieplarnianych i zmniejszenia zależności od tradycyjnych, nieodnawialnych źródeł energii<sup>13</sup>. Ponadto, produkty uboczne drzewnego przemysłu są często dostępne lokalnie, co przyczynia się do rozwoju regionalnych rynków pracy i wzmacnia gospodarkę lokalną<sup>14</sup>.

Ważnym obszarem badań jest zrównoważony rozwój transportu. Dąży się do identyfikacji strategii i rozwiązań, które minimalizują negatywne skutki transportu dla środowiska naturalnego, takie jak emisje gazów cieplarnianych, zanieczyszczenie powietrza i hałas, poprzez rozwój bardziej ekologicznych i efektywnych technologii transportowych, takich jak pojazdy elektryczne, hybrydowe i wodorowe<sup>15</sup>.

---

<sup>10</sup> Kozubek P.: Transport wodny śródlądowy w systemie transportowym Polski. Rozwój zrównoważony – inkluzywna gospodarka i społeczeństwo w wymiarach regionalnym, krajowym i globalnym. Nr 2, 81-92, 2017.

<sup>11</sup> Nowicka-Skowron M.: Efektywność systemów logistycznych. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 2000.

<sup>12</sup> Jasiulewicz M., Janiszewska D.A.: Problem logistyki agro-biomasy do celów energetycznych. *Logistyka* 4, 981-987, 2012.

<sup>13</sup> Hamelinck C. N., Suurs R. A. A., & Faaij A. P. C.: Large scale and long distance biomass supply chains: logistics, costs, energy consumption, emission balances. In 2nd World Conference on Biomass for Energy, 2004.

<sup>14</sup> Szostak A.: Drzewne produkty uboczne źródłem biomasy drzewnej do celów energetycznych. *Biomasa leśna na cele energetyczne*, ISBN 978-83-62830-18-3, 2013.

<sup>15</sup> <https://www.gov.pl/web/infrastruktura/projekt-strategii-zrownowazonego-rozwoju-transportu-do-2030-roku>

Analiza funkcjonowania procesu transportowego ma na celu identyfikację problemów oraz opracowanie strategii i rozwiązań, które przyczynią się do bardziej efektywnego, zrównoważonego i społecznie odpowiedzialnego systemu transportowego<sup>16</sup>.

Ekonomiczny aspekt wykorzystania biomasy do produkcji energii, zwłaszcza pod kątem szacunkowych kosztów, był oceniany w wielu badaniach. Badania te były zależne od regionu ze względu na czynniki lokalne wpływające na wyniki takich badań. W tych badaniach istotne są różne źródła biomasy dostępne w różnych lokalizacjach, rodzaj biomasy, jej uzysk i inne lokalne specyfikacje, które mają wpływ na logistykę dostaw biomasy. Związane z tym koszty dostarczania biomasy do celów produkcji energii zostały zbadane m.in. w: Allen i in.<sup>17</sup> w Wielkiej Brytanii, Gallagher i in.<sup>18</sup> w USA, Hamelinck i in.<sup>19</sup> w Europie Zachodniej, Caputo i in.<sup>20</sup> we Włoszech, Yoshioka i in.<sup>21</sup> w Japonii oraz Kumar i in.<sup>22</sup>, MacDonald<sup>23</sup>, w zachodniej Kanadzie przy użyciu obliczeń matematycznych. W oparciu o to podejście do modelowania nie uwzględnia się dynamiki systemu i związanych z nim niepewności. Uzyskane wyniki dają zatem jedynie ogólny obraz systemu, natomiast uzyskanie bardziej wiarygodnych wyników wymaga przeprowadzenia bardziej szczegółowych badań systemu<sup>24</sup>.

## Cel i zakres pracy

Celem opracowania była analiza logistyki dostaw biomasy w aspekcie rodzaju transportu lądowego oraz ocena, który z rodzajów transportów podczas dostarczania surowca do odbiory końcowego jest korzystniejszy pod względem jakościowym oraz ekonomicznym.

---

<sup>16</sup> Freppaz D., Minciardi R., Robba M., Rovatti M., Sacile R., & Taramasso A.: Optimizing forest biomass exploitation for energy supply at a regional level. *Biomass and Bioenergy*, 26(1), 15-25, 2004.

<sup>17</sup> Allen J., Browne M., Hunter A., Boyd J., & Palmer H.: Logistics management and costs of biomass fuel supply. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 28(6), 463-477, 1998.

<sup>18</sup> Gallagher P. W., Dikeman M., Fritz J., Wailes E., Gauthier W., & Shapouri H.: Supply and social cost estimates for biomass from crop residues in the United States. *Environmental and Resource Economics*, 24, 335-358, 2003.

<sup>19</sup> Hamelinck C. N., Suurs R. A., & Faaij A. P.: International bioenergy transport costs and energy balance. *Biomass and Bioenergy*, 29(2), 114-134, 2005.

<sup>20</sup> Caputo A. C., Palumbo M., Pelagagge P. M., & Scacchia F.: Economics of biomass energy utilization in combustion and gasification plants: effects of logistic variables. *Biomass and bioenergy*, 28(1), 35-51, 2005.

<sup>21</sup> Yoshioka T., Aruga K., Nitami T., Sakai H., & Kobayashi H.: A case study on the costs and the fuel consumption of harvesting, transporting, and chipping chains for logging residues in Japan. *Biomass and Bioenergy*, 30(4), 342-348, 2006.

<sup>22</sup> Kumar A., Flynn P., & Sokhansanj S.: Biopower generation from mountain pine infested wood in Canada: An economical opportunity for greenhouse gas mitigation. *Renewable Energy*, 33(6), 1354-1363, 2008.

<sup>23</sup> MacDonald A. J.: Estimated costs for harvesting, comminuting, and transporting beetle-killed pine in the Quesnel/Nazko area of central British Columbia. In *Proceedings of the International Mountain Logging and 13th Pacific Northwest Skyline Symposium*, Corvallis, OR, 208-214, 2007.

<sup>24</sup> Sokhansanj S., Kumar A., & Turhollow A. F.: Development and implementation of integrated biomass supply analysis and logistics model (IBSAL). *Biomass and Bioenergy*, 30(10), 838-847, 2006.

Zakres pracy obejmował analizę dostaw zrębki drzewnej do dwóch strategicznych odbiorców końcowych transportem kolejowym i samochodowym. Badania zostały przeprowadzone na przestrzeni 2022 roku.

Monitorowanie poszczególnych rodzajów transportu w przedsiębiorstwie jest niezbędne do prawidłowej oceny funkcjonowania logistyki dostaw. Analiza pozwala na znalezienie słabych oraz mocnych stron analizowanego procesu oraz pomaga w znalezieniu optymalnych rozwiązań w celu jego usprawnienia.

## **Przedmiot badań**

Badania przeprowadzono w przedsiębiorstwie zajmującym się handlem paliwami stałymi – węglem oraz biomasą. Swoją działalność rozpoczęło w 2000 roku. Handel biomasą zapoczątkowano w 2007 roku, po jedenastu latach ograniczono zakres działalności do asortymentów węglowych. Pod koniec 2020 roku postanowiono o wznowieniu działalności dotyczącej handlu biomasą.

Przedsiębiorstwo korzysta z pięciu placów magazynowych przeznaczonych do składowania biomasy. Cztery z nich zlokalizowane są przy bocznicach kolejowych ułatwiających transport surowca do swoich odbiorców. Firma działalność w głównej mierze prowadzi w zachodniej oraz północnej części kraju.

Przedsiębiorstwo dostarcza biomasę do krajowych odbiorców, głównie zakładów energetycznych. Zajmuje się logistyką dostaw oraz w przypadku surowca pozyskanego z Lasów Państwowych jego przetworzeniem M2E (pozostałości pożrebowe) w tzw. zrębek drzewny.

Transport biomasy wymaga odpowiednich środków i zabezpieczeń, aby zapewnić jej bezpieczne i szybkie przemieszczenie. Właściwie zabezpieczone ładunku oraz odpowiedni stan techniczny środków transportowych chronią biomasę przed uszkodzeniem i utratą parametrów jakościowych w trakcie transportu.

W przypadku transportu drogowego biomasy do końcowego odbiorcy, w opisanym przedsiębiorstwie wykorzystuje się naczepy wyposażone w ruchomą podłogę, zaprezentowane na rysunku 1. Naczepy z ruchomą podłogą są szczególnie przydatne przy transporcie biomasy sypkiej, takiej jak drewno, trociny czy słoma. Dzięki możliwości regulacji wysokości podłogi, można dostosować naczepę do różnych rodzajów biomasy i zapewnić jej stabilny transport. W wyniku ruchu posuwisto-zwrotnego podłogi oraz przesuwania się listew i tym samym towaru, można uzyskać zwiększenie zagęszczenia przestrzeni ładunkowej surowcem do 30%. Powyższy proces przyczynia się do zwiększenia masy ładunku oraz ograniczenia kosztów transportu.

Podczas przewozu biomasy transportem kolejowym, przedsiębiorstwo korzysta z wagonów typu INNOFREIGHT przedstawionych na rysunku 2. Są to specjalistyczne kontenery służące do przewozu różnego rodzaju ładunków (m.in. biomasa, węgiel). Jest to przykład wykorzystania modularnej konstrukcji, co oznacza, że można je dostosować do różnych rodzajów towarów i potrzeb logistycznych. Moduły wewnątrz wagonów można łatwo wymieniać. W zależności od potrzeb, moduły mogą być dostosowane pod kątem wymiarów, wyposażenia i specyfiki towarów. Moduły są wyposażone w systemy zabezpieczeń, takie jak zamki, plomby, pasy mocujące i specjalne uchwyty, które zapobiegają przesuwaniu się i uszkodzeniom towarów podczas transportu.





Rys. 1. Zestaw transportowy – naczepa z ruchomą podłogą



Rys. 2. Załadunek wagonów INNOFREIGHT rozdrobioną biomasą

Źródło<sup>25</sup>

Źródło: materiały firmowe

### Łańcuch logistyczny dostaw biomasy

Logistyka dostaw biomasy odnosi się do planowania, organizowania i zarządzania procesem dostarczania biomasy z miejsca jej pozyskania do docelowego miejsca wykorzystania lub przetworzenia. Biomasa może obejmować różne rodzaje organicznych materiałów takich jak drewno, rośliny energetyczne lub odpady rolnicze. W przypadku badanego przedsiębiorstwa, do wytwarzania energii pozyskuje się biomasę w postaci zrębki drzewnej.

Pierwszą czynnością podczas tworzenia łańcucha logistycznego jest zlokalizowanie źródeł pochodzenia biomasy (las, tartaki), oszacowanie dostępności masy oraz analiza jakości surowca. Surowiec zakupiony w lasach wymaga obróbki (zrywka oraz zrębkowanie – rozdrabnianie surowca). Podczas zrębkowania biomasa trafia bezpośrednio na zestawy transportowe, co zostało pokazane na rysunku 1 i 3.



Rys. 3. Rozdrabnianie surowca oraz załadunek biomasy na samochody

Źródło: materiały firmowe



Rys. 4. Rozładunek biomasy z kontenerów INNOFREIGHT

Źródło: <https://www.shiphub.pl/innofreight/>

<sup>25</sup> <https://www.megahol.pl/blog/ruchome-podlogi-w-samochodach-ciezarowych/>

Dostawy z nadleśnictwa odbywają się w formule EXW opartej na regułach handlowych INCOTERMS 2020. Formuła ta mówi, że obowiązkiem sprzedającego jest dostarczenie towaru do zakładu, magazynu. Kupujący ponosi ryzyko oraz wszelkie koszty związane z transportem, ubezpieczeniem oraz odprawą celną. Przedsiębiorstwo również zawiera umowy z kontrahentami, którzy świadczą swoje usługi w formule DAP, wówczas sprzedający jest zobowiązany do dostarczenia towaru do miejsca wskazanego przez kupującego. Ponosi z tego tytułu koszty, a ryzyko związane z towarem, przechodzi ze sprzedawcy na nabywcę w momencie, gdy towar zostaje dostarczony na wskazane miejsce.

W trakcie organizowania logistyki dostaw biomasy ważne jest, aby uwzględnić takie czynniki jak: odległość od punktu nadania do punktu odbioru, infrastrukturę transportową, specyfikę punktu zdawczo-odbiorczego u odbiorcy, dostępność do bocznic kolejowej, dostępność do przym surowca oraz specyfikę wymagań związaną z obsługą. Biorąc pod uwagę powyższe, przedsiębiorstwo realizuje również dostawy kolejowe. Surowiec składowany jest na magazynach przy bocznicach kolejowych lub jest kupowany od kontrahentów w takiej ilości, aby osiągnąć minimalny wolumen dla pełnego składu pociągu. Rozładunek jest bardzo szybki i nie wymaga specjalistycznego sprzętu. Przedsiębiorstwo wykorzystuje innowacyjny modułowy system INNOFREIGHT umożliwiający efektywny przewóz koleją ładunków sypkich. Kontenery zostały specjalnie zaprojektowane tak, by zoptymalizować maksymalną objętość ładunkową, zachowując przy tym możliwość obrotowego rozładunku kontenera. Przykładowo, kontener (XXL C45) ma wysokość równą 2,9 m, szerokość 2,9 m oraz długość 6,05 m. Pusty kontener waży 2,9 t. Są zatem one większe i cięższe od standardowych kontenerów 20-stopowych. Jednorazowe rozładowanie kontenera to kwestia 3-5 minut. Kontenery przewożone są na standardowych wagonach kontenerowych<sup>26</sup>. Do rozładunku potrzeba tylko wózka widłowego, co znacznie upraszcza problemy logistyczne (rys. 4).

Przy logistyce dostaw biomasy ważne jest również uwzględnienie zrównoważonego rozwoju. Należy brać pod uwagę aspekty ekologiczne, takie jak ograniczenie emisji gazów cieplarnianych i ochrona środowiska naturalnego. Istotne jest również monitorowanie i kontrolowanie procesu dostaw w celu minimalizacji strat i marnotrawstwa biomasy. Efektywna logistyka dostaw biomasy wymaga skutecznego zarządzania łańcuchem dostaw. Obejmuje to śledzenie i monitorowanie przepływu biomasy na każdym etapie, zarządzanie zamówieniami, harmonogramowanie dostaw, rozwiązywanie problemów i utrzymanie regularnej komunikacji z dostawcami i odbiorcami. Wprowadzenie skutecznej logistyki dostaw biomasy ma istotne znaczenie dla zrównoważonego rozwoju i wykorzystania odnawialnych źródeł energii.

### **Wielkość dostaw i struktura kosztów transportu biomasy**

W analizowanym przedsiębiorstwie można wyróżnić dwa rodzaje biomasy drzewnej dostarczanej do odbiorców końcowych: pochodzenia tartacznoego oraz pochodzenia leśnego. W przypadku biomasy pochodzenia tartacznoego są to odpady powstające podczas procesu produkcji, w przypadku leśnego - pozostałości pozrębowe M2E.

W tabeli 1 przedstawiono wielkość dostaw biomasy do dwóch strategicznych odbiorców na przestrzeni 2022 roku. Brak realizacji dostaw w poszczególnych miesiącach zarówno

---

<sup>26</sup> <https://www.shiphub.pl/innofreight/>

w przypadku transportu samochodowego, jak i kolejowego wynika z przestojów technologicznych w danym okresie. Jak można zauważyć dominuje transport kolejowy, co spowodowane jest dużą wydajnością przewozów. Jeden skład kolejowy to 1250 ton +/-10%, dla porównania, na jednym samochodzie średnio zostaje przewiezione 25 ton +/-10%.

Transport kolejną przewyższa dostawy realizowane transportem samochodowym o 30%. Dostawy kolejowe cechują się znacznie wyższym jednorazowym potencjałem przewozowym. Największa masa towaru została dostarczona w lutym, a najmniejsza w kwietniu. Tonaż biomasy zależy od wilgotności surowca. W pierwszym kwartale roku zdolność do odparowania wody jest niewielka, ze względu na niską temperaturę powietrza i dużą wilgotność. Dla porównania w czerwcu oraz lipcu, podobnie jak w lutym, do odbiorcy końcowego została dostarczona taka sama liczba składów, przy czym masa surowca była znacznie niższa. W przypadku transportu samochodowego dominujący jest transport na warunkach DAP. Liczba przewozów jest ponad dwukrotnie większa niż w przewozach na warunkach EXW.

Tabela 1. Wielkość dostaw biomasy dostarczonych do odbiorców końcowych (tony)

Miesiąc	Odbiorca I Transport kolejowy	Odbiorca II	
		Transport samochodowy w formule:	
		DAP	EXW
I	4623,50	1350,36	52,26
II	5812,65	1683,44	522,78
III	2737,35	2903,98	1537,60
IV	2430,10	2394,88	1255,06
V	–	1119,82	617,90
VI	4334,26	–	–
VII	5469,65	–	–
VIII	–	–	–
IX	3223,70	–	–
X	–	342,08	–
XI	–	913,34	1285,64
XII	–	3786,28	181,28
Suma	28631,21	14494,18	5452,52
Średnia	2385,93	1207,85	778,51
Wartość min.	2430,10	342,08	52,26
Wartość max.	5812,65	3786,28	1537,60
Odchylenie standardowe	1326,06	1140,61	582,50
Współ. zmienności (%)	56	95	75

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z przedsiębiorstwa

Jak wynika z danych w tabeli 2, największa liczba dostaw została zrealizowana w marcu, a najniższa w październiku. W dostawach transportem samochodowym zauważalny jest

wzrost dostarczanego surowca w pierwszym kwartale roku na warunkach EXW. W listopadzie dominowały dostawy z nadleśnictw. Powodem tego był fakt, że zakupiony towar cechował się wysoką wartością opałową wynikającą z obsuszenia w drugim oraz trzecim kwartale roku. Zmiana liczby wykonanych przewozów w ostatnim miesiącu roku wynikała z zakończenia realizacji umowy w nadleśnictwach. W sumie w ciągu całego roku transportem kolejowym zrealizowano 22 dostawy, z czego najczęściej dostawy realizowane były w miesiącach luty, czerwiec oraz lipiec. Natomiast transportem samochodowym zrealizowano w sumie 813 dostaw a miesiące, w których było ich najwięcej to marzec i grudzień.

Zakup surowca dostarczanego transportem samochodowym na warunkach INCOTERMS 2020 EXW odbywał się bezpośrednio z nadleśnictw. Zakupiona biomasa w postaci zrębków M2E – pozostałości pozrębkowe - wymagała dodatkowego procesu obróbki. Pierwszym etapem pozyskania biomasy była zrywka - uprzętnięcie wskazanych w umowie powierzchni oraz zebranie pozostałości na przyzmy.

Tabela 2. Liczba dostaw biomasy (szt.)

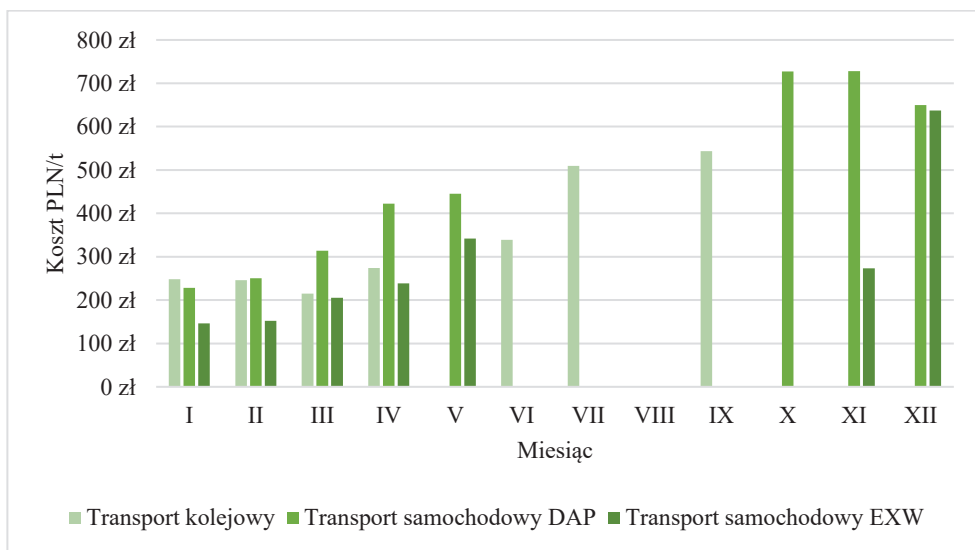
Miesiąc	Odbiorca I	Odbiorca II	
	Transport kolejowy	Transport samochodowy w formule:	
		DAP	EXW
I	3,00	55,00	2,00
II	4,00	68,00	21,00
III	2,00	112,00	67,00
IV	2,00	96,00	49,00
V	–	45,00	32,00
VI	4,00	–	–
VII	4,00	–	–
VIII	–	–	–
IX	3,00	–	–
X	–	14,00	–
XI	–	37,00	56,00
XII	–	151,00	8,00
Ogółem	22,00	578,00	235,00
Średnia	1,83	48,17	33,75
Wartość min.	2,00	14,00	2,00
Wartość max.	4,00	151,00	67,00
Odchylenie standardowe	0,90	44,78	24,73
Współ. zmienności. (%)	49	93	73

*Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z przedsiębiorstwa*

Kolejny etap to zrębkowanie surowca - proces polegający na rozdrobnieniu gałęzi. Średni, łączny koszt powyższych usług w 2022 wynosił 200 PLN/t. Usługi te są doliczane

do ceny zakupu M2E i na tej podstawie następuje kalkulacja ceny końcowej produktu (początkowo bez wliczenia kosztów transportu). W przypadku zębki zakupionej na warunkach DAP INCOTERMS 2020, gotowa zębka dostarczana jest bezpośrednio do odbiorcy końcowego.

W 2022 roku rynek energetyczny w Polsce cechował się bardzo niską stabilnością cen paliw stałych. Trudna sytuacja geopolityczna związana z konfliktem na wschodzie Europy przyczyniła się do drastycznych wzrostów cen. Na rysunku 5 przedstawiono, jak kształtowały się ceny biomasy w postaci zębów drzewnych w poszczególnych miesiącach, z podziałem na rodzaj transportu oraz wykorzystywaną formułę INCOTERMS 2020<sup>27</sup>.



Rys. 5. Poziom ceny biomasy w postaci zębów drzewnych (PLN/t)

Źródło: Opracowanie własne

Jak można zauważyć ceny biomasy rosły od początku roku. Najwyższe ceny biomasy odnotowano w listopadzie a najniższe w styczniu i lutym. Koszty zakupu biomasy w wybranym przedsiębiorstwie osiągnęły wartość ponad 16 mln PLN, a ich wzrost od początku roku był 3-krotny. Najwyższy koszt zakupu został odnotowany w lipcu, gdzie zębka została dostarczona transportem kolejowym do Odbiorcy I. Najmniejsze koszty poniesiono przy transporcie surowca na warunkach EXW do Odbiorcy II.

Duży wpływ na wysokość kosztów dostaw miała również odległość od rynków zaopatrzenia. Odległość pomiędzy punktem załadunku i rozładunku w transporcie samochodowym przy formule DAP była stała – średnio 42 km, natomiast w formule EXW – zmieniała się w zależności od położenia nadleśnictwa, z którego pozyskiwany był surowiec – od 78 do 94 km. W przypadku transportu kolejowego średnia odległość dostaw była znacznie większa i wynosiła 369 km.

<sup>27</sup> <https://pl.kuehne-nagel.com/pl/-/wiedza/incoterms>

W 2022 roku, sytuacja geopolityczna oraz zawirowania na rynku paliw miała bardzo duży wpływ na kształtowanie się cen transportu. W tabeli 3 przedstawiono jednostkowe koszty przewozu biomasy w rozbiciu na poszczególne miesiące. Zauważalny jest drastyczny wzrost kosztów przewozu biomasy w transporcie kolejowym pomiędzy kwietniem a czerwcem wynikający z faktu, iż nastąpiła zmiana miejsca załadunku, co skutkowało zwiększeniem kosztu przewozu o 30 tys. PLN. W lipcu cena zmniejszyła się o ponad 53 PLN. W przypadku transportu samochodowego można zauważyć spadek kosztów transportu za przejechany kilometr.

Tabela 3. Koszt przewozu biomasy (PLN/km)

Miesiąc	Odbiorca I	Odbiorca II	
	Transport kolejowy	Transport samochodowy	
		DAP	EXW
I	202,26	DAP	39,09
II	196,89	DAP	25,66
III	205,57	DAP	14,16
IV	212,79	DAP	22,37
V	–	DAP	10,38
VI	362,44	DAP	–
VII	309,30	DAP	–
VIII	–	DAP	–
IX	320,76	DAP	–
X	–	DAP	–
XI	–	DAP	49,99
XII	–	DAP	83,88
Średnia	258,57	–	35,08
Wartość min.	196,89	–	10,38
Wartość max.	320,76	–	83,88
Odchylenie standardowe	69,66	–	25,55
Współ. zmienności. (%)	27	–	73

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z przedsiębiorstwa

Koszty transportu kształtowały się na wysokim poziomie, ze względu na trudności wynikające z warunków atmosferycznych, które w przypadku nadleśnictw mają duży wpływ na jakość dróg oraz przyczyniają się do wzrostu kosztów przejazdu ustalanych pomiędzy przewoźnikiem a analizowanym przedsiębiorstwem. Wzrost ceny w kwietniu wynika z faktu, iż w tym miesiącu miała miejsce największa liczba reklamacji z tytułu jakości dostarczonego surowca. Wiązało się to z szczegółową kontrolą dostarczanego surowca i tym samym wydłużonym postojem pojazdów, wliczanym do czasu pracy przewoźnika. W grudniu, podobnie jak w styczniu 2022 roku, wzrost cen nastąpił ze względu na warunki atmosferyczne oraz utrudnienia w odbiorze towaru z trudno dostępnych miejsc. Sytuacja ta przyczyniła się do braku realizacji umowy z nadleśnictwem i kontynuacją odbiorów surowca w 2023 roku.

### Analiza wielkości przewiezionej biomasy w aspekcie wartości opałowej

Parametry jakościowe przy spalaniu biomasy są istotne do końcowego rozliczenia z odbiorcą końcowym. Na podstawie analizy jakościowo-ilościowej wykonywanej u odbiorcy końcowego na legalizowanych urządzeniach, określony zostaje potencjał energetyczny biomasy. Wyższa wydajność GJ/t powoduje większy zysk dla przedsiębiorstwa. Podczas spalania biomasy brana jest pod uwagę: wilgotność biomasy, gęstość energetyczna, zawartość popiołu, zawartość składników mineralnych, skład chemiczny, czystość biomasy<sup>28</sup>.

Najważniejszym parametrem świadczącym o jakości zrębki jest wartość opałowa. W tabeli 4 przedstawiono wielkość masy przewozowej wyrażonej w GJ w poszczególnych miesiącach 2022 roku.

Tabela 4. Wielkość przewiezionej biomasy w 2022 roku w GJ

Miesiąc	Odbiorca I	Odbiorca II	
	Transport kolejowy	Transport samochodowy	
		DAP	EXW
I	36 842,85	11 009,12	511,10
II	44 445,85	16 507,25	3 949,17
III	23 577,14	25 077,70	13 503,70
IV	26 152,06	22 478,22	11 060,10
V	–	11 128,48	6 696,52
VI	51 935,53	–	–
VII	52 572,59	–	–
VIII	–	–	–
IX	37 495,30	–	–
X	–	3 660,26	–
XI	–	9 784,91	13 885,29
XII	–	36 226,29	1 669,60
Średnia	39 003,05	16 984,03	7 325,07
Wartość min.	23 577,14	3 660,26	511,10
Wartość max.	52 572,59	36 226,29	13 885,29
Odchylenie standardowe	11 482,25	10 457,55	5 558,31
Współ. zmienności. (%)	29	62	76

*Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z przedsiębiorstwa*

<sup>28</sup> Kowalczyk – Juško A., Cybulski J.: Biomasa drzewna jako surowiec dla energetyki. Bezpieczeństwo i ekologia, nr 10, 155-158, 2012.



Największa masa biomasy wyrażona w GJ została przewieziona w lipcu do Odbiorcy I. Wynika to z faktu, iż dostawa została zrealizowana z magazynu, na którym składowano surowiec przez trzy miesiące. Biomasa uległa obsuszeniu, a tym samym wzrosła jej wartość opałowa. Masa surowca wyrażona w GJ zależy od wilgotności surowca oraz tonażu dostarczonego do odbiorcy końcowego. Z przedstawionej tabeli wynika, że największa sumaryczna masa surowca została dostarczona transportem kolejowym. O połowę mniejszą masę dostarczono transportem samochodowym w formule DAP, a najmniejszą transportem samochodowym w formule EXW. Znacznie wyższy współczynnik zmienności w transporcie samochodowym wynikał przede wszystkim z nieregularnych dostaw.

W tabeli 5 przedstawiono koszty przewozu w odniesieniu do masy wyrażonej w GJ.

Tabela 5. Koszty przewozu biomasy w PLN/GJ

Miesiąc	Odbiorca I	Odbiorca II	
	Transport kolejowy	Transport samochodowy	
		DAP	EXW
I	6,68	DAP	7,43
II	7,20	DAP	5,05
III	7,03	DAP	5,59
IV	6,56	DAP	8,34
V	–	DAP	5,11
VI	7,88	DAP	–
VII	10,82	DAP	–
VIII	–	DAP	–
IX	6,06	DAP	–
X	–	DAP	–
XI	–	DAP	5,83
XII	–	DAP	7,67
Średnia	7,46	–	6,43
Wartość min.	6,06	–	5,05
Wartość max.	10,82	–	8,34
Odchylenie standardowe	1,59	–	1,35
Współ. zmienności. (%)	21,27	–	20,92

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z przedsiębiorstwa

Średni koszt przewozu 1GJ transportem kolejowym wynosił 7,46 PL/GJ i był jedynie o 13,8% wyższy od kosztów przewozu transportem samochodowym. Niezależnie od rodzaju transportu współczynnik zmienności kształtował się w granicach 20,93-21,27%, co świadczy o dużej stabilności w kosztach jednostkowych.

W dostawach realizowanych koleją wartość opałowa w przewożonej masie była kilkakrotnie większa niż w transporcie samochodowym. Spowodowane jest to stosunkowo dużą zawartością GJ w dostawie w porównaniu do odległości pomiędzy punktem załadunku,

a rozładunku. Transportem kolejowym dostarczano zazwyczaj zrębkę tartaczną, która cechuje się wyższą wartością opałową, niż zrębka leśna dostarczana transportem samochodowym na warunkach EXW.

W tabeli 6 przedstawiono średnie koszty przewozu jednej tony biomasy – z wyłączeniem transportu na warunkach DAP INCOTERMS 2020. Jak można zauważyć koszty w transporcie kolejowym są nieznacznie wyższe od transportu samochodowego. Niski koszt przewozu w transporcie kolejowym w lutym wynikał z faktu, iż jeden ze składów był przeciążony. Liczba ton na wagonach odbiegała od normy załadunkowej, tym samym większy załadunek przyczynił się do obniżenia kosztu przewozu jednej tony surowca. W lipcu koszty były najwyższe a powodem tego była odległość dostawy - blisko 700 km.

Tabela 3. Jednostkowe koszty przewozu biomasy w PLN/t

Miesiąc	Odbiorca I	Odbiorca II	
	Transport kolejowy	Transport samochodowy DAP	Transport samochodowy EXW
I	53,20	DAP	72,71
II	42,27	DAP	38,16
III	60,53	DAP	49,11
IV	70,58	DAP	73,45
V	–	DAP	55,40
VI	94,41	–	–
VII	103,99	–	–
VIII	–	–	–
IX	70,45	–	–
X	–	DAP	–
XI	–	DAP	63,00
XII	–	DAP	70,61
Średnia	70,77	–	60,35
Wartość min.	42,27	–	38,16
Wartość max.	103,99	–	73,45
Odchyl. Standard.	21,94	–	13,42
Współ. zmienności. (%)	31	–	22

*Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z przedsiębiorstwa*

Koszty przewozu w transporcie samochodowym na warunkach EXW mieściły się w granicach 38,16–73,45 PLN/t. Różnice te wynikały z faktu, iż w przypadku tego rodzaju transportu miały miejsce reklamacje u Odbiorcy II. Najwyższy koszt odnotowano w kwietniu, a najniższy w marcu. W ostatnim kwartale roku koszty transportu utrzymywały się na wysokim poziomie ze względu na zawirowania na rynku paliw, a tym samym wysokie ceny oleju napędowego.

## Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski:

1. Logistyka dostaw biomasy w badanym przedsiębiorstwie realizowana jest na dobrym poziomie, co potwierdzają wyliczone wskaźniki efektywności transportu.
2. Na efektywność transportu samochodowego oraz kolejowego wpływa głównie dostępność i jakość infrastruktury transportowej, odległość przewozu, czas realizacji zadań oraz możliwości załadunkowe środka transportowego.
3. Efektywność załadunkowa na środek transportowy jest większa w przypadku transportu kolejowego, co przyczynia się do przewiezienia dużo większego wolumenu wyrażonego w tonach oraz w jednostce wartości energetycznej.
4. Zbyt duże odległości pomiędzy miejscem nadania, a miejscem odbioru w transporcie kolejowym generują dużo wyższe koszty transportu. Należy rozważyć zmianę lokalizacji magazynu pośredniego lub sprzedaż biomasy z danego magazynu do innego, bliżej oddalonego odbiorcy.

## Bibliografia

- Allen J., Browne M., Hunter A., Boyd J., & Palmer H.: Logistics management and costs of biomass fuel supply. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 28(6), 463-477, 1998.
- Berndes G., Hoogwijk M., & Van den Broek R.: The contribution of biomass in the future global energy supply: a review of 17 studies. *Biomass and bioenergy*, 25(1), 1-28, 2003.
- Caputo A. C., Palumbo M., Pelagagge P. M., & Scacchia F.: Economics of biomass energy utilization in combustion and gasification plants: effects of logistic variables. *Biomass and bioenergy*, 28(1), 35-51, 2005.
- Chaberek M.: Ład logistyczny w gospodarowaniu. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, 2020.
- Freppaz D., Minciardi R., Robba M., Rovatti M., Sacile R., & Taramasso A.: Optimizing forest biomass exploitation for energy supply at a regional level. *Biomass and Bioenergy*, 26(1), 15-25, 2004.
- Gallagher P. W., Dikeman M., Fritz J., Wailes E., Gauthier W., & Shapouri H.: Supply and social cost estimates for biomass from crop residues in the United States. *Environmental and Resource Economics*, 24, 335-358, 2003.
- Hamelinck C. N., Suurs R. A. A., & Faaij A. P. C.: Large scale and long distance biomass supply chains: logistics, costs, energy consumption, emission balances. In *2nd World Conference on Biomass for Energy*, 2004.
- Hamelinck C. N., Suurs R. A., & Faaij A. P.: International bioenergy transport costs and energy balance. *Biomass and Bioenergy*, 29(2), 114-134, 2005.
- Jasiulewicz M., Janiszewska D.A.: Problem logistyki agro-biomasy do celów energetycznych, *Logistyka* 4, 981-987, 2012.
- Kowalczyk – Juśko A., Cybulski J.: Biomasa drzewna jako surowiec dla energetyki. *Bezpieczeństwo i ekologia*, nr 10, 155-158, 2012.
- Kozubek P.: Transport wodny śródlądowy w systemie transportowym Polski. *Rozwój zrównoważony – inkluzyjna gospodarka i społeczeństwo w wymiarach regionalnym, krajowym i globalnym*. Nr 2, 81-92, 2017.

- Kumar A., Flynn P., & Sokhansanj S.: Biopower generation from mountain pine infested wood in Canada: An economical opportunity for greenhouse gas mitigation. *Renewable Energy*, 33(6), 1354-1363, 2008.
- MacDonald A. J.: Estimated costs for harvesting, comminuting, and transporting beetle-killed pine in the Quesnel/Nazko area of central British Columbia. In *Proceedings of the International Mountain Logging and 13th Pacific Northwest Skyline Symposium*, Corvallis, OR, 208-214, 2007.
- Michalski, K., Navickas, M., & Rabe, M.: Transport w łańcuchu dostaw biomasy dla elektrociepłowni. *Ekonomika i Organizacja Logistyki*, 4(3), 17–27, 2019. <https://doi.org/10.22630/EIOL.2019.4.3.20>
- Mobini M., Sowlati T., Sokhansanj S.: Forest biomass supply logistics for a power plant using the discrete-event simulation approach. *Applied Energy*, Volume 88, Issue 4, 1241-1250, 2011, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.10.016>.
- Nowicka-Skowron M.: *Efektywność systemów logistycznych*. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 2000.
- Sedjo R. A.: The economics of forest-based biomass supply. *Energy Policy*, 25(6), 559-566, 1997.
- Słowiński B.: *Wprowadzenie do logistyki*. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, Koszalin, 2008.
- Sokhansanj S., Kumar A., & Turhollow A. F.: Development and implementation of integrated biomass supply analysis and logistics model (IBSAL). *Biomass and Bioenergy*, 30(10), 838-847, 2006.
- Szostak A.: *Drzewne produkty uboczne źródłem biomasy drzewnej do celów energetycznych*. Biomasa leśna na cele energetyczne, ISBN 978-83-62830-18-3, 2013
- Wesołowska M.: *Model zarządzania logistyką biomasy na cele energetyczne w Polsce*. Rozprawa doktorska, maszynopis AGH, Kraków, 2019.
- Yoshioka T., Aruga K., Nitami T., Sakai H., & Kobayashi H.: A case study on the costs and the fuel consumption of harvesting, transporting, and chipping chains for logging residues in Japan. *Biomass and Bioenergy*, 30(4), 342-348, 2006.

Źródła internetowe:

<https://www.gov.pl/web/infrastruktura/projekt-strategii-zrownowazonego-rozwoju-transportu-do-2030-roku>

<https://www.megahol.pl/blog/ruchome-podlogi-w-samochodach-ciezarowych/>

<https://www.shiphub.pl/innofreight/>

*Adres do korespondencji: maciej.kubon@urk.edu.pl*

ORCID: Maciej Kuboń 0000-0003-4847-8743

ORCID: Grzegorz Zając 0000-0002-9025-4551

ORCID: Grzegorz Maj 0000-0001-9052-6265

ORCID: Tomasz Słowik 0000-0001-9449-2234

ORCID: Joanna Szyszlak-Bargłowicz 0000-0001-9273-6725

# ANALIZA TRANSPORTU KRAJOWEGO I MIĘDZYNARODOWEGO W WYBRANEJ FIRMIE

Karolina Serafin<sup>1</sup>, Dariusz Kwaśniewski<sup>2</sup>, Maciej Kuboń<sup>2,3</sup>, Zbigniew Kowalczyk<sup>2</sup>,  
Grzegorz Dzieńszewski<sup>3,4</sup>, Elżbieta Olech<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dyplomantka w Katedrze Inżynierii Produkcji, Logistyki i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

<sup>2</sup> Katedra Inżynierii Produkcji, Logistyki i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

<sup>3</sup> Wydział Nauk Technicznych i Sztuk Projektowych, Państwowa Akademia Nauk Stosowanych Przemysłu

<sup>4</sup> Wydział Mechaniczno-Technologiczny, Politechnika Rzeszowska

## Wstęp

W obecnych czasach rozwoju gospodarki rośnie znaczenie transportu (*lac. transporto – przenoszę, przeważam*), który rozumiany jest jako zbiór środków i czynności wykorzystywanych do przemieszczania towarów, osób i informacji z miejsca początkowego do miejsca docelowego. Przyczynia się on do jakości obsługi, produktów i usług, kontaktów z klientami, oraz wielkości kosztów, jakie ponosi przedsiębiorstwo. Transport, który waży na funkcjonowaniu wielu obszarów działalności przedsiębiorstwa, powinien być zaplanowany i zorganizowany w taki sposób, który pozwoli na dostarczenie produktów klientowi finalnemu, przynosząc zyski podmiotowi realizującemu usługę transportową<sup>1</sup>.

Transport to działalność, której najważniejszym celem jest pokonywanie danej odległości. Według Wojewódzkiej-Król i Rydzkowskiego działalność ta może polegać na odpłatnym świadczeniu usług, których efektem jest przemieszczenie ładunków lub osób, a co się z tym wiąże, tworzenie usług<sup>2</sup>. Szczepaniak określa transport jako swoisty proces produkcyjny, któremu ludzie zawdzięczają przemieszczanie zarówno osób, jak i towarów oraz energii, aby zaspokoić swoje zróżnicowane pragnienia i potrzeby<sup>3</sup>. Koszeluk definiuje ten termin jako

---

<sup>1</sup> Koch P., Kadłubek M.: Analiza transportu na przykładzie Przedsiębiorstwa X, *Logistyka* 3, 5691-5694, 2015.

<sup>2</sup> Wojewódzka-Król K., Rydzkowski W.: *Transport. Problemy transportu w rozszerzonej UE*. Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2010.

<sup>3</sup> Szczepaniak T.: *Transport i spedycja w handlu zagranicznym*. Warszawa, PWE. ISBN: 83-208-1367-0, 2002.

proces technologiczny wszelkiego przenoszenia na odległość, czyli przemieszczania przedmiotów, energii oraz osób<sup>4</sup>.

Transport jest zatem procesem wytwórczym, w efekcie którego powstaje produkt stanowiący usługę przewozową. Wynika z tego, że transport obejmuje zarówno świadczenie usług transportowych zarobkowo oraz przemieszczanie ładunków przez podmioty, dla których działalność transportowa jest działalnością pomocniczą<sup>5</sup>.

Z raportu Głównego Inspektoratu Drogowego wynika, że w roku 2020 w Polsce istniało 36 511 przedsiębiorstw transportowych, które posiadały licencje na międzynarodowy przewóz rzeczy. Dysponowały one łącznie 256 352 pojazdami<sup>6</sup>. Według danych Głównego Urzędu Statystycznego przeciętne zatrudnienie na podstawie stosunku pracy w całym sektorze transportu w 2020 roku wyniosło 658,2 tys. osób i było o 0,1% mniejsze w porównaniu z rokiem 2019 (w sektorze publicznym zmniejszyło się o 2,1%, a w sektorze prywatnym wzrosło o 0,6%). Przeciętne miesięczne wynagrodzenie brutto pracowników zatrudnionych na podstawie stosunku pracy w całym sektorze transportu w 2020 r. wyniosło 4 510,14 zł i w porównaniu z 2019 r. było wyższe o 5,7%. W 2020 r. w porównaniu z rokiem poprzednim odnotowano spadek przewozów krajowych w tonach – o 1,5%, przy wzroście w tonokilometrach – o 3,7%. Przewozy międzynarodowe były większe o 3,8% w tonach i o 0,7% w tonokilometrach. Udział transportu międzynarodowego w ogólnych przewozach liczony w tonach wzrósł z 20,9% w 2019 r. do 21,8% w 2020 r., natomiast w tonokilometrach – zmniejszył się z 65,8% do 65,1%<sup>7</sup>.

Na polskim rynku największą popularnością cieszy się transport samochodowy, który nieustannie prężnie się rozwija. Posiada znaczący udział w przewozach ładunków, co spowodowane jest jego licznymi zaletami<sup>8</sup>:

- przestrzenne rozmieszczenie dróg, charakteryzujące się wysoką gęstością i spójnością,
- korzystne dostosowanie sieci dróg do miejsc produkcji, handlu i konsumpcji,
- możliwość przewozu wszystkich rodzajów ładunków (środki transportu przystosowane do przewozu prawie wszystkich ładunków),
- zapewnienie największej możliwości, spośród wszystkich gałęzi transportu, transportu w relacji dom-dom bez konieczności przeładunków,
- dobre właściwości związane z czasem przewozu (znaczną szybkość eksploatacyjną, dostępność środków transportu, punktualność itp.).

Transport drogowy posiada jednak także wady. Można do nich zaliczyć:

- ograniczoną ładowność w porównaniu z innymi gałęziami transportu (np. transportem kolejowym, morskim),
- negatywny wpływ na środowisko naturalne,
- duży współczynnik wypadków,
- transport drogowy najbardziej ekonomiczny jest na krótkie i średnie odległości.

---

<sup>4</sup> Koszeluk J.: Usługi logistyczne, Logistyka usług. Warszawa, Wyd. CeDeWu, 2013.

<sup>5</sup> Koch P., Kadłubek M.: Analiza transportu na przykładzie Przedsiębiorstwa X, Logistyka 3, 5691-5694, 2015.

<sup>6</sup> GITD - Główny Inspektorat Transportu Drogowego. Sprawozdanie 2020 r.

<sup>7</sup> GUS - Główny Urząd Statystyczny. Transport – wyniki działalności w 2020 r.

<sup>8</sup> Neider J.: Transport w handlu międzynarodowym. Wyd. Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, ISBN: 83-7326-371-3, 2006.

Transport drogowy ładunków, w zależności od przyjętego kryterium, można podzielić m.in. na:

- transport krajowy i transport międzynarodowy,
- przewóz przesyłek całopojazdowych lub przewóz przesyłek drobnych,
- transport bezpośredni i transport kombinowany<sup>9</sup>.

Według Głównego Urzędu Statystycznego za przewozy ładunków w transporcie krajowym uważa się przewozy, w których zarówno załadunek ładunków, jak i ich wyładunek miał miejsce wyłącznie na terytorium Polski. Do przewozów ładunków w transporcie międzynarodowym zalicza się przewozy ładunków:

- eksportowanych, tj. ładunków załadowanych w kraju na pojazdy samochodowe, przewiezionych na tych pojazdach i wyładowanych zagranicą;
- importowanych, tj. ładunków załadowanych zagranicą na pojazdy samochodowe, przewiezionych na tych pojazdach i wyładowanych w kraju,
- pomiędzy obcymi krajami, tj. przewozy ładunków, których miejsce załadunku i wyładunku znajduje się na terenie dwóch różnych krajów innych niż Polska. W danych tych ujęte są również przewozy, dla których część trasy przebiega przez Polskę (tj. tranzyt przez Polskę),
- w ramach kabotażu, tj. przewozy ładunków, których miejsce załadunku i wyładunku znajduje się na terenie tego samego kraju innego niż Polska<sup>10</sup>.

W transporcie międzynarodowym rośnie zapotrzebowanie na kompleksową usługę, obejmującą nie tylko sam transport, ale także organizację całego cyklu dostaw towarów od nadawcy do odbiorcy, łącznie z ubezpieczeniem ładunku, zgłoszeniem do odprawy celnej i rozliczeniem całego procesu przewozu<sup>11</sup>. Polskie międzynarodowe firmy transportowe zyskały znaczącą przewagę nad przedsiębiorstwami z innych krajów UE na europejskim rynku przewozów towarowych. Osiągnięta wielkość przewozów ładunków transportem samochodowym wyrażona w tonokilometrach stanowiła 16,4% ogólnych przewozów krajów Unii Europejskiej, co plasowało Polskę na drugim miejscu (za Niemcami) wśród 27 krajów Unii Europejskiej. W przewozach międzynarodowych udział Polski był największy i stanowił prawie jedną trzecią wszystkich przewozów w krajach Unii Europejskiej. Dominujący udział zarówno w przewozach ładunków eksportowanych, jak i importowanych, podobnie jak w roku ubiegłym, stanowiły przewozy do/z krajów Unii Europejskiej, w tym głównie w relacji z Niemcami<sup>12</sup>.

Organizacyjnie transport samochodowy, zarówno krajowy, jak i międzynarodowy, może być realizowany regularnie lub nieregularnie. Pierwsza metoda dotyczy nieprzerwanej obsługi przewoźnika na wybranych trasach, zgodnie z przyjętym harmonogramem – rozkładem jazdy i odnosi się z reguły do transportu przesyłek drobnych, niecałopojazdowych, gdy przewoźnik konsoliduje drobne partie ładunkowe od kilku zleceniodawców w jednym pojeździe.

---

<sup>9</sup> Urbani-Popiołek I.: *Ekonomiczne i organizacyjne aspekty transportu*. Wydawnictwo Uczelniane Wyższej Szkoły Gospodarki w Bydgoszczy, ISBN 978-83-61036-38-8, 2013.

<sup>10</sup> GUS - Główny Urząd Statystyczny. *Transport – wyniki działalności w 2020 r.*

<sup>11</sup> Mańkowski R.: *Małe i średnie przedsiębiorstwa w międzynarodowych usługach transportu drogowego*. *Gospodarka Materiałowa i Logistyka* 10, 2-10, 2019. DOI 10.33226/1231-2037.2019.10.1.

<sup>12</sup> GUS - Główny Urząd Statystyczny. *Transport – wyniki działalności w 2020 r.*



Z kolei przewozy nieregularne odnoszą się do sytuacji, w której przewoźnik realizuje konkretne zlecenie transportowe i dotyczą głównie przewozów całopojazdowych. Przewóz jest wynikiem umowy zawartej pomiędzy przewoźnikiem a zleceniodawcą<sup>13</sup>.

Do wykonywania krajowych i międzynarodowych przewozów niezbędny jest tabor charakterystyczny dla danej gałęzi transportu. W transporcie drogowym możemy wyróżnić środki do przewozu towarów oraz do przewozu osób. Tabor transportu samochodowego dzielimy na bezsilnikowy i silnikowy. Pierwszy z nich obejmuje przyczepy i naczepy, zaś drugi to przede wszystkim samochody ciężarowe. Ze względu na przeznaczenie tabor ciężarowy dzielimy na:

- uniwersalny – przeznaczony do przewozu różnych grup ładunkowych, które nie wymagają specjalnych warunków przewozowych, np. pojazdy z nadwoziem skrzyniowym przeznaczone do przewozu różnych ładunków z opończą lub bez,
- specjalizowany – przeznaczony do przewozu ściśle wybranych grup ładunkowych, np. samochody samowyładowcze, furgony, czyli pojazdy samochodowe posiadające trwałą obudowę przestrzeni ładunkowej (ściany z drzwiami i dach), np.: uniwersalne, izotermiczne, chłodnie, lodownie, ogrzewane, do przewozu mebli, konfekcji itp., cysterny<sup>14</sup>.

Podczas procesu transportowego, przemieszczany przedmiot, przechodzi przez kolejne fazy procesu technologicznego transportu. Można więc stwierdzić, iż proces ten jest złożony oraz wielofazowy. Czynności organizacyjne to ustalenie trasy przewozu, uzupełnienie dokumentów transportowych. W skład czynności wykonawczych wchodzi elementy związane z procesem przewozowym, wykorzystujące już sam środek transportowy, zaś czynności handlowe dotyczą kwestii finansowych<sup>15</sup>.

Natomiast etapy procesu transportowego to:

- zaplanowanie procesu związanego z przemieszczeniem towaru,
- przygotowanie ładunku do transportu,
- zorganizowanie procesu przemieszczenia towaru,
- przemieszczenie towaru pod względem fizycznym,
- elementy prawno-finansowe operacji transportowej,
- analiza kosztów oraz jakości procesu transportowego<sup>16</sup>.

Przedsiębiorstwo świadczy usługi transportowe, kiedy występuje popyt na te usługi, tzn. występuje potrzeba transportowa. Istnieje więc konieczność zgłaszania takich potrzeb, czyli potrzeba zorganizowania transportu towarów odpowiednimi środkami transportowymi. Podczas analizy strony popytowej rynku transportowego, zauważalny jest wzrost liczby podmiotów transportowych, oferujących obsługę kompleksowych procesów logistycznych<sup>17</sup>.

---

<sup>13</sup> Urbanyi-Popiołek I.: Ekonomiczne i organizacyjne aspekty transportu. Wydawnictwo Uczelniane Wyższej Szkoły Gospodarki w Bydgoszczy, ISBN 978-83-61036-38-8, 2013.

<sup>14</sup> Neider J.: Transport międzynarodowy. Wyd. PWE. Warszawa, ISBN: 978-8320-8233-4-9, 2019.

<sup>15</sup> Starkowski D.: Analiza procesu przewozowego i zasady planowania operacji transportowej na podstawie wybranego przedsiębiorstwa transportowego podczas przewozu płatów rybnych. Cz. 2, Teoretyczne zasady planowania operacji przewozowej. Logistyka. Autobusy 6, 1576-1579, 2016.

<sup>16</sup> Szczepaniak T.: Transport i spedycja w handlu zagranicznym. Warszawa, PWE. ISBN: 83-208-1367-0, 2002.

<sup>17</sup> Pluciński M.: Ekonomiczno-handlowe problemy zintegrowanych łańcuchów transportowych. Warszawa, Wyd. Difin, 2008.

Podczas wykonywania usługi transportu ważna jest suma przejechanych kilometrów ładownych. Kilometr ładowny to każdy kilometr przebiegu pojazdu, podczas którego przewożony jest wybrany ładunek. Firma transportowa, chcąc uniknąć strat powinna dążyć do tego, aby pracę pojazdów organizować w taki sposób, żeby najwięcej kilometrów pokonywały w stanie ładownym, a jak najmniej w stanie próżnym. Występują jednak sytuacje, gdzie nie zawsze jest to możliwe przykładowo, gdy środek transportowy rozładowuje się w miejscu, w którym dostępność ładunków powrotnych nie jest zbyt duża. W takim przypadku, w celu ograniczenia czasu postoju i oczekiwania na ładunek można zrealizować zlecenie poniżej kosztów – większa liczba kilometrów „na pusto” czy przewóz niewielkiej ilości towaru, który zmieściłby się na mniejszy pojazd<sup>18</sup>.

Przemieszczanie osób lub rzeczy przy użyciu odpowiedniej infrastruktury i środków transportu wymaga kolejno następujących po sobie czynności organizacyjnych, wykonawczych i obsługi handlowej. Te elementy składają się na proces transportowy. Procesem transportowym nazywamy ciąg określonych dokonań wzajemnie ze sobą skorygowanych w wyniku czego towar będzie dostarczony do odbiorcy. Właściwa organizacja oraz planowanie tych procesów gwarantuje przedsiębiorstwu szansę osiągnięcia swoich dążeń, np. zysk czy rozwój. Służy to także minimalizacji popełnianych błędów, co przyczynia się do zmniejszenia kosztów i wzrostu zadowolenia konsumentów. Firmy transportowe realizujące procesy transportowe wpływają na działanie wybranych ogniw łańcucha dostaw, jak i także całego łańcucha<sup>19</sup>.

Dzięki wykonywanym analizom procesów transportowych, które powinny być przeprowadzane w firmach oraz uzyskanym wynikom można ocenić skuteczność oraz efektywność przeprowadzanych procesów transportowych, zauważyć negatywne trendy i odchylenia oraz dokonać niezbędnych usprawnień, aby w przyszłości firma mogła zwiększyć swoją konkurencyjność.

## Cel, zakres i metodyka pracy

Celem pracy była analiza procesów transportowych wykonywanych w wybranej firmie transportowej. Realizowane procesy dotyczyły transportu międzynarodowego i krajowego.

Zakres pracy obejmował badania w firmie ZET Transport, która znajduje się w Nowym Sączu. Badania i dane dotyczyły lat 2020 i 2021 i związane były z wykonanymi przez firmę zleceniami realizowanymi w ramach transportu międzynarodowego i krajowego.

Danymi źródłowymi były informacje pozyskane w wyniku rozmowy z kierownikiem firmy oraz materiały uzyskane z firmy. Do informacji należały dane za lata 2020 i 2021:

- liczba ciągników siodłowych,
- marki i modele ciągników siodłowych,
- liczba zleceń transportowych w transporcie międzynarodowym,
- liczba zleceń transportowych w transporcie krajowym,

---

<sup>18</sup> Plewa M.: Miary jakościowe usług transportowych. *Journal of Translogistics*. Tom. Vol. 2, nr 1, 95-116, 2016.

<sup>19</sup> Gaschi-Uciecha A.: Analiza i ocena procesu transportowego w wybranym przedsiębiorstwie sektora TSL. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Seria: Organizacja i Zarządzanie*, Z. 121, 111-123, 2018.

- liczba zleceń transportowych razem,
- liczba kilometrów ładownych w transporcie międzynarodowym,
- liczba kilometrów ładownych w transporcie krajowym,
- liczba kilometrów ładownych razem,
- struktura kosztów transportu.

Uzyskane dane umożliwiły obliczenie trzech wskaźników pozwalających na analizę transportu międzynarodowego i krajowego w wybranej firmie:

- $W_1$  – liczba zleceń transportowych przypadająca na ciągnik siodłowy,
- $W_2$  – liczba kilometrów ładownych przypadająca na ciągnik siodłowy,
- $W_3$  – liczba kilometrów ładownych przypadająca na jedno zlecenie.

W obliczeniach wykorzystano statystykę opisową. Obliczono i przedstawiono w tabelach wartości minimum, średnią, maximum oraz odchylenie standardowe, a także współczynniki zmienności dla ocenianych parametrów.

## Przedmiot badań

ZET Transport to firma transportowa, znajdująca się w Nowym Sączu, w województwie małopolskim. Świadczy swoje usługi na terenie całej Europy oraz Azji Zachodniej. Głównie jest to transport drogowy (transport całopojazdowy i drobnicowy, transport ADR na wszystkich obsługiwanych kierunkach, transport w temperaturze kontrolowanej), ale przedsiębiorstwo oferuje także usługi w zakresie spedycji morskiej, lotniczej, kolejowej, przewozów intermodalnych czy magazynowania.

Początki firmy sięgają 1983 roku i jednoosobowej działalności Józefa Załubskiego Seniora, który przez 10 lat świadczył samodzielnie usługi transportowe, głównie przewóz materiałów budowlanych. W 1993 roku wraz z dwoma synami założył firmę „ZET Transport spółka cywilna Józef, Jan, Józef jr Załubscy”. Właśnie wtedy firma wyposażona była w 2 ciągniki siodłowe i posiadała 4 pracowników, a jej siedziba znajdowała się w Żbikowicach. Rok później podpisano pierwszy kontrakt w obszarze obsługi przewozów kontenerowych na Ukrainę. Obejmował on transport dodatków do produkcji odzieży. W 1996 roku siedziba firmy przeniesiona została do Nowego Sącza. W roku 1999 utworzono warsztat serwisowy firmy Truck Partner, a także firmy handlowej International Truck&Trailer Company sp. z o.o., zajmującej się sprzedażą nowego i używanego sprzętu transportowego. Zaledwie dwa lata później działalność firmy poszerzona została o usługę załadunku towarów i materiałów oraz rozładunku kontenerów, co skutkowało kontaktem z międzynarodowym koncernem SGL Carbon. W tym samym czasie stworzono SOFTRANS – własny system informatyczny klasy ERP, który rozwija się aż do dziś. W 2003 roku wdrożono System Zarządzania Jakością ISO 9001, obecnie 9001:2015. Własną agencję celną - ZET Transport Agencja Celna, posiadającą oddziały w Nowym Sączu i Raciborzu - utworzono w 2004 roku. Świadczy ona usługi celne w zakresie:

- przygotowania dokumentów niezbędnych do dokonania odprawy celnej,
- procedur WPT,
- dokonywania zgłoszeń celnych,
- doradztwa celnego,
- zabezpieczenia należności celnych i podatkowych.

Kolejnym działaniem firmy w kierunku rozwoju i spełniania oczekiwań klientów było rozszerzenie zakresu usług o dostawę opakowań drewnianych oraz pakowanie ładunków w roku 2009. Dwa lata później przedsiębiorstwo otworzyło własną stolarnię i poszerzyło swoją działalność o produkcję opakowań i palet. W ten sposób uzyskano produkt najwyższej jakości, zgodny z wymaganiami klienta. W roku 2012 otrzymano certyfikat Upoważnionego Przedsiębiorcy AEO, przyznawanego przedsiębiorcom w ramach Wspólnoty Europejskiej celem stworzenia bezpiecznego łańcucha dostaw i walki z terroryzmem. Zakup pierwszych pojazdów typu BDF miał miejsce w 2014 roku. BDF to system wymiennych nadwozi, który umożliwia proste odłączenie zabudowy od podwozia. Nadwozia wymienne posiadają różne rodzaje zabudowy (m.in. plandekowa, ze sztywnymi ścianami, chłodnicza) i mogą funkcjonować zarówno jako środek transportu, ale także jako mobilny moduł magazynowy.

W 2016 roku uzyskano status zarejestrowanego agenta, który nadawany jest przez Urząd Lotnictwa Cywilnego. Oznacza to gwarancję najwyższego standardu bezpieczeństwa w łańcuchu dostaw. W tym samym roku, także zakres działalności firmy rozszerzono o usługi przewozu drogowego przesyłek lotniczych. Odbywa się on dzięki wykorzystaniu specjalistycznych nacze z podłogami rolkowymi. W 2021 roku nastąpiło uruchomienie działu spedycji morskiej, lotniczej i kolejowej. W bieżącym roku wprowadzono dodatkowo usługi magazynowe w nowo wybudowanej hali wysokiego składowania w Domasławiu w powiecie wrocławskim. Jej powierzchnia wynosi 2000 m<sup>2</sup>, a wysokość użytkowa 10 m. Dużą zaletą jest jej atrakcyjne położenie: 8 km do węzła Wrocław-Południe, 150 km do granicy niemieckiej, 100 km do granicy czeskiej.

Obecnie firma zatrudnia około 500 osób i posiada flotę liczącą łącznie ponad 300 pojazdów. Każdy pojazd wyposażony jest w środki, które zapewniają odpowiednie zabezpieczenie ładunku (pasy transportowe, maty antypoślizgowe, kantówki itp.) oraz nawigację GPS z systemem Geofencing oraz skaner dokumentów. Ponadto, wykorzystywany jest telematyczny system zarządzania flotą TRANSICS, który zapewnia płynną wymianę szeregu informacji pomiędzy kierowcą i pojazdem a bazą. Kierowcy są w posiadaniu niezbędnej odzieży i akcesoriów ochronnych (kaski, kamizelki odblaskowe, buty robocze, okulary ochronne itp.). Ciągniki objęte są fabrycznym pakietem serwisowym. Firma posiada także własny mobilny zespół serwisowy, który dostępny jest całą dobę oraz współpracuje z wieloma serwisami zewnętrznymi w całej Europie. Informacje o firmie opracowano na podstawie materiałów z firmy oraz strony [www.zettransport.com](http://www.zettransport.com).

## **Charakterystyka środków transportowych**

Jednym z zagadnień poruszanych w danej firmie transportowej jest charakterystyka jej środków transportowych. Odpowiednio dobrana flota gwarantuje zadowolenie klientów, terminowość dostaw i przewóz towarów w bezpiecznych warunkach.

Działalność badanej firmy dzieli się na działy. Kryterium tego podziału to kierunki transportów. W niniejszym opracowaniu omawiany jest jeden z działów – dział pierwszy. Zajmuje się on głównie kierunkiem południowym realizując transporty na południe Polski, do Włoch, Austrii, Chorwacji, Bośni i Hercegowiny itp. W tabeli 1 przedstawiono charakterystykę wszystkich dostępnych samochodów z działu pierwszego. W skład taboru działu pierwszego wchodzi 65 ciągników siodłowych, z czego najczęściej występującą marką jest marka Volvo, a najpopularniejszym modelem jest Volvo FH 13 500 I-See Step D Gold – 28 sztuk.

Średni rok produkcji wszystkich przedstawionych pojazdów to rok 2019, a najstarszym ciągnikiem jest Mercedes Actros 1845 z roku 2014.

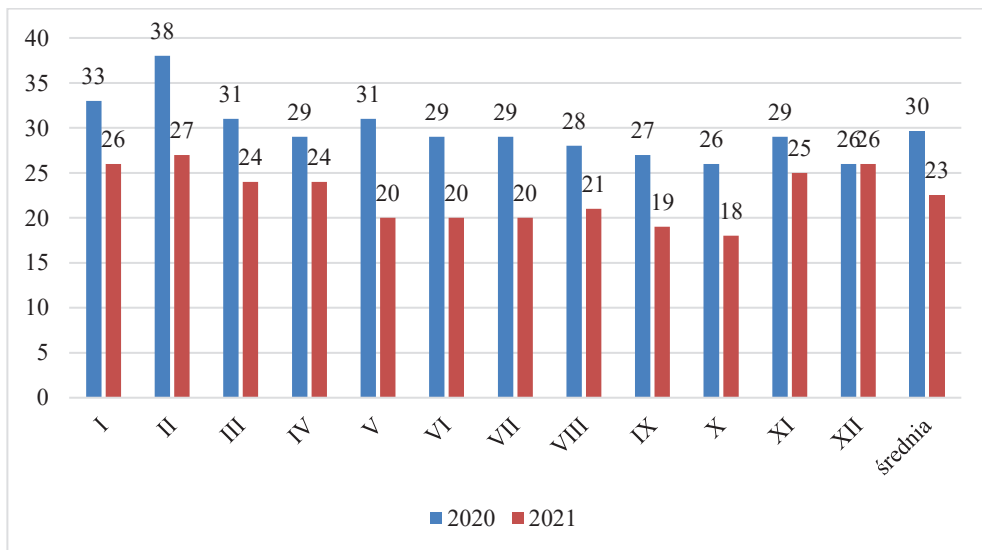
Tabela 1. Wyposażenie badanej firmy w środki transportowe

Marka	Model	Rok produkcji	Sztuki	Moc silnika	Dopuszczalna masa całkowita (ciągnik/zestaw)	Pojemność zbiornika paliwa
				KM		
Volvo	FH 13 500 I-See STEP D GOLD	2019	28	500	18,2/44	610+650
Volvo	FH 13 500 I-Shift I-See STEP D	2021	8	500	18,2/44	610+650
Volvo 6x2 Zestaw /Wecon 120 m <sup>3</sup>	FH 13 500 I-Shift I-See NGS	2017	2	500	18,2/44	610+650
Volvo	FH 13 500 I-Shift I-See NGS	2017	9	500	18,2/44	610+650
Volvo	FH13 500 STEP D GOLD NM	2021	5	500	18,2/44	610+650
Volvo	FH13 500 STEP D NM	2021	2	500	18,2/44	610+650
MAN	TGA 18.440	2021	1	440	20,5/40	580+580
Volvo	FH 13 500 I-Shift NGS	2016	1	500	18,2/44	610+650
Scania	R 450 I-Shift	2017	4	450	18/42	400
Mercedes	Actros 1845 NGS	2020	4	449	18/40	820+430
Mercedes	Actros 1845	2014	1	450	18/40	720+430

*Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z firmy*

W tabeli 1 ukazano także moc silnika każdego z samochodów. Największą moc silnika posiadają wszystkie pojazdy Volvo – 500 KM, a najmniejszą mocą dysponuje MAN TGA 18.440 – 440 KM. Pojazdy różnią się także między sobą pojemnością zbiornika paliwa. Wszystkie z wyjątkiem samochodu Scania R 450 I-Shift posiadają podwójny zbiornik paliwa. Takie rozwiązanie pozwala zaoszczędzić czas oraz pieniądze.

Liczbę ciągników siodłowych wykorzystywanych do transportu w latach 2020-2021 w badanej firmie przedstawiono na rysunku 1. Można zauważyć, iż więcej środków transportowych dostępnych było w 2020 roku. Tylko w grudniu w badanych latach ich liczba była taka sama – 26 pojazdów. Średnio w tym roku wykorzystywano 30 ciągników, najwięcej w lutym – 38. Może wiązać się to z większą liczbą zleceń transportowych. Najmniej środków dostępnych było w październiku 2021 – 18 pojazdów, a średnio w skali tego roku były to 23 ciągniki siodłowe.



Rys. 1. Liczba ciągników siodłowych wykorzystywanych do transportu w badanych latach

### Realizowane procesy transportowe na rynku międzynarodowym i krajowym

W tabeli 2 przedstawiono liczbę zleceń realizowanych w ramach wykonywanych procesów transportowych w latach 2020 i 2021 z podziałem na transport międzynarodowy, krajowy i razem. Można zauważyć, że w obu badanych okresach, w każdym miesiącu, liczba zleceń w transporcie międzynarodowym była wyższa niż w krajowym. W roku 2020 najwięcej zleceń w transporcie międzynarodowym zrealizowano w czerwcu – 192, najmniej w grudniu – 115. A w przypadku transportu krajowego - najwięcej w marcu – 85, najmniej – 52 w sierpniu. W skali całego roku największa liczba zleceń w sumie występowała w marcu – 267 zleceń, a średnia wynosiła 229 zleceń. Dla transportu międzynarodowego i krajowego współczynnik zmienności był porównywalny i wynosił odpowiednio 13,3% i 12,8%.

Tabela 2. Liczba zleceń transportowych w latach 2020-2021

Miesiąc	Rok 2020			Rok 2021		
	Transport					
	międzynarodowy	krajowy	razem	międzynarodowy	krajowy	razem
I	179	69	248	182	57	239
II	180	69	249	137	67	204
III	182	85	267	171	86	257
IV	160	67	227	172	63	235
V	165	77	242	125	52	177
VI	192	62	254	132	51	183
VII	186	64	250	122	65	187
VIII	150	52	202	138	53	191
IX	147	67	214	107	53	160

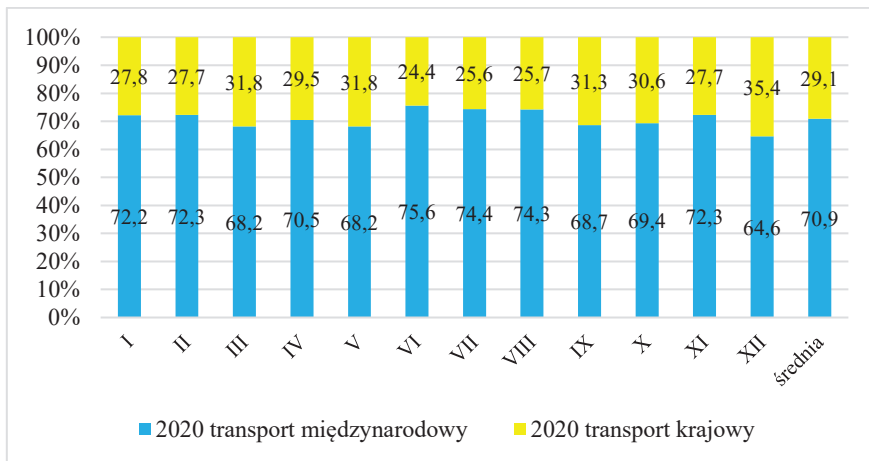
Miesiąc	Rok 2020			Rok 2021		
	Transport					
	międzynarodowy	krajowy	razem	międzynarodowy	krajowy	razem
X	154	68	222	97	57	154
XI	141	54	195	112	58	170
XII	115	63	178	122	70	192
Minimum	115	52	178	97	51	154
Średnia	163	66	229	135	61	196
Maximum	192	85	267	182	86	257
Odch. Stand.	22	9	26	26	10	31
Zmienność (%)	13,3	12,8	11,4	19,3	15,8	15,8

*Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z firmy*

W roku 2021 zauważalny był spadek liczby zleceń transportowych. Można to dostrzec w średniej liczbie zleceń, które dla transportu międzynarodowego wynosiły - 135, krajowego - 61, a razem – 196. Są to wartości mniejsze odpowiednio o 28, 5 i 33 w porównaniu z rokiem poprzednim. Z kolei współczynnik zmienności wynosił odpowiednio 19,3% i 15,8%.

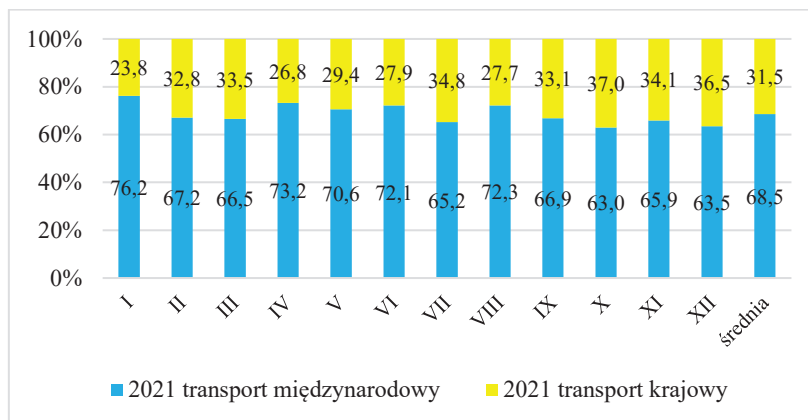
Strukturę zleceń z podziałem na transport międzynarodowy i krajowy w badanych latach przedstawiono odpowiednio na rysunkach 2 i 3.

Średnio w roku 2020 zlecenia w transporcie międzynarodowym stanowiły 70,9% wszystkich zleceń, a rok później wartość ta spadła do 68,5%. Analizując natomiast zlecenia w transporcie krajowym w roku 2020 stanowiły one średnio 29,1% wszystkich zleceń. W roku 2021 odsetek ten wzrósł o 2,4%. Porównując badane okresy można zauważyć, że podane wartości w każdym miesiącu były podobne.



Rys. 2. Struktura zleceń w badanej firmie w 2020 roku





Rys. 3. Struktura zleceń w badanej firmie w 2021 roku

Liczbę kilometrów ładownych w latach 2020-2021 z podziałem na transport międzynarodowy, krajowy i razem pokazano w tabeli 3.

Tabela 3. Liczba kilometrów ładownych w latach 2020-2021

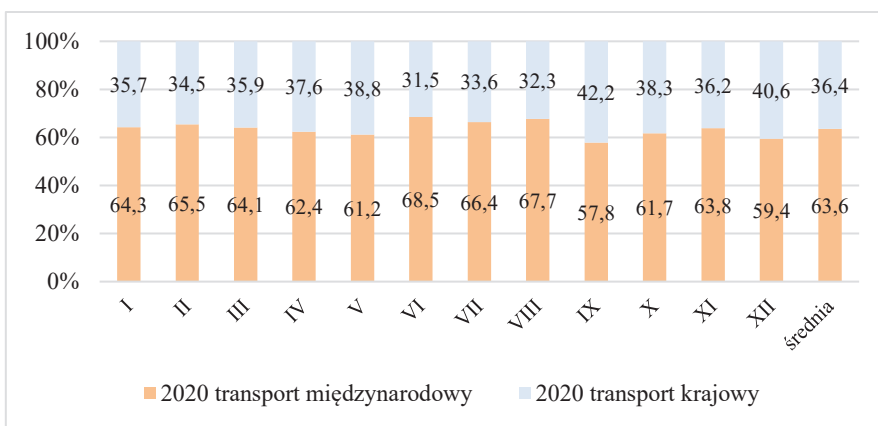
Miesiąc	Rok 2020			Rok 2021		
	Transport					
	międzynarodowy	krajowy	razem	międzynarodowy	krajowy	razem
I	190941	106035	296976	115163	84711	199874
II	194630	102663	297293	123346	103290	226636
III	198617	111228	309845	156649	118350	274999
IV	158996	95944	254940	152925	88373	241298
V	168253	106614	274867	105498	85304	190802
VI	198593	91209	289802	119118	88712	207830
VII	201783	102218	304001	110665	95487	206152
VIII	162277	77570	239847	111258	79525	190783
IX	167627	122199	289826	97079	92118	189197
X	172090	106844	278934	92035	92526	184561
XI	166628	94542	261170	98609	101209	199818
XII	128107	87540	215647	119486	103072	222558
Minimum	128107	77570	215647	92035	79525	184561
Średnia	175712	100384	276096	116819	94390	211209
Maximum	201783	122199	309845	156649	118350	274999
Odch. Stand.	20937	11321	27122	19322	10209	25273
Zmienność (%)	11,9	11,3	9,8	16,5	10,8	12,0

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z firmy

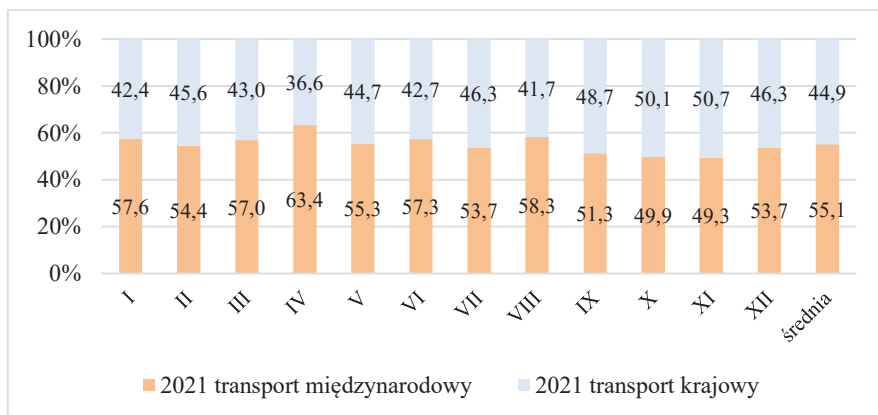
Najwięcej kilometrów ładownych wykonanych zostało w marcu – 309845 kilometrów w 2020 roku i 274999 kilometrów w roku 2021. Średnio w 2020 roku przejechano 175712 kilometrów w transporcie międzynarodowym, 100384 kilometrów w transporcie krajowym i 276096 kilometrów razem. W roku następnym wartości te były mniejsze odpowiednio o 58893 kilometry, 6024 kilometry i 64887 kilometrów. Dla łącznej liczby przejechanych kilometrów ładownych współczynnik zmienności kształtował się na poziomie 9,8% w roku 2020 i 12% w roku 2021. Biorąc pod uwagę wyniki w tabeli 2, mniejsza liczba zleceń transportowych w roku 2021 oznacza także mniejszą liczbę przejechanych kilometrów ładownych.

Strukturę kilometrów ładownych z podziałem na transport międzynarodowy i krajowy dla roku 2020 i 2021 pokazano odpowiednio na rysunkach 4 i 5.

Porównując rok 2020 i 2021 widoczne są różnice w wartościach średnich. W transporcie międzynarodowym w 2020 roku wykonano 63,6% wszystkich kilometrów ładownych, a w 2021 roku już tylko 55,1%. Kilometry ładowne w transporcie krajowym stanowiły odpowiednio 36,4% i 44,9% wszystkich przejechanych kilometrów ładownych.



Rys. 4. Struktura kilometrów ładownych w badanej firmie w 2020 roku



Rys. 5. Struktura kilometrów ładownych w badanej firmie w 2021 roku

### Struktura kosztów transportu w badanej firmie

Składowe kosztów transportu występujących w badanej firmie transportowej wraz z opisem zamieszczono w tabeli 4. Koszty transportu to dziewięć składowych. Są to odpowiednio: koszty opłat autostradowych, paliwa, serwisu taboru i myjni, taboru, telekomunikacyjne, biurowe, pracowników biurowych, pozostałe koszty związane z realizacją transportu, zezwolenia i opłaty, promy i parkingi oraz wynagrodzenia kierowców.

Tabela 4. Koszty transportu w badanej firmie

L.p.	Składowe kosztów transportu	Opis
1	Koszty opłat autostradowych	koszty autostrad zagranicznych, opłat drogowych krajowych, zezwoleń potrzebnych do realizacji transportów
2	Koszty paliwa	koszty paliwa i Ad blue
3	Koszty serwisu taboru i myjni	koszty związane z przeglądami technicznymi, naprawami, uszkodzami, myjniami, ogumieniem
4	Koszty taboru	koszty związane z finansowaniem taboru (ciągniki+naczepty) bądź amortyzacją, telematyka, ubezpieczenie, podatki drogowo
5	Koszty telekomunikacyjne, biurowe	koszty rozmów telefonicznych z kierowcami, materiałów biurowych, wynagrodzenia spedytorów
6	Pozostałe koszty związane z realizacją transportu	różne opłaty które ponoszą kierowcy realizując transporty
7	Pozostałe zezwolenia i opłaty	zezwozenia potrzebne do realizacji transportów, mandaty, karty, pobrane materiały zabezpieczające na załadunkach
8	Promy i parkingi	koszty promów i parkingów
9	Wynagrodzenia kierowców	wynagrodzenie zasadnicze, narzuty na wynagrodzenie zasadnicze, koszty delegacji kierowców

*Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z firmy*

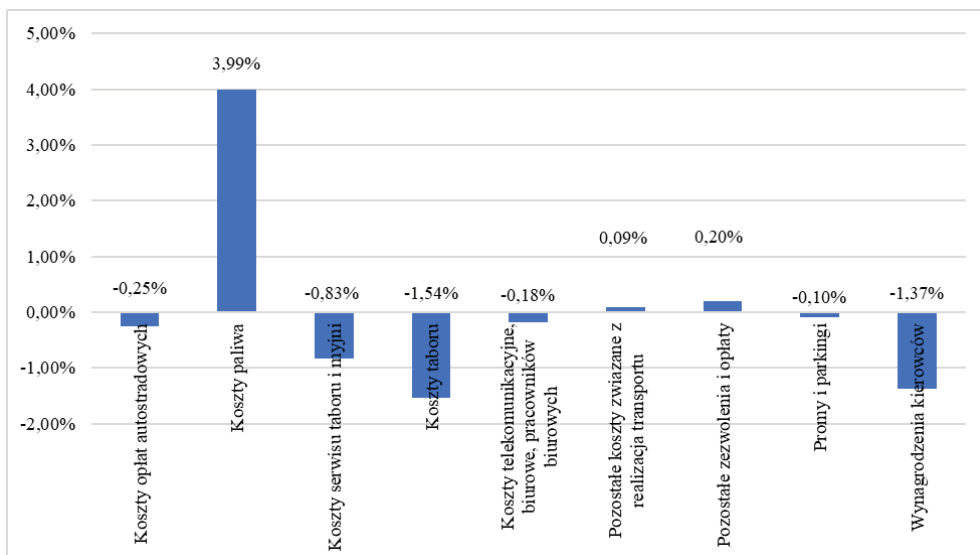
Natomiast w tabeli 5 przedstawiono strukturę procentową kosztów transportu. Należy dodać, że firma udostępniła tylko udział procentowy składowych kosztów transportu bez podawania ich wartości w PLN. Z przedstawionych danych tabeli wynika, że w roku 2020 największy odsetek kosztów stanowiły wynagrodzenia kierowców (29,84%), następnie były to koszty paliwa, które wynosiły 26,69% wszystkich kosztów. Z kolei w 2021 roku koszty paliwa wzrosły do 30,68% kosztów, a wynagrodzenia kierowców zmalały do 28,47%.

Tabela 5. Struktura kosztów transportu w badanej firmie (%)

L.p.	Wyszczególnienie	Rok	
		2020	2021
1	Koszty opłat autostradowych	24,2	23,95
2	Koszty paliwa	26,69	30,68
3	Koszty serwisu taboru i myjni	2,74	1,91
4	Koszty taboru	13,38	11,84
5	Koszty telekomunikacyjne, biurowe, pracowników biurowych	1,23	1,05
6	Pozostałe koszty związane z realizacją transportu	0,42	0,51
7	Pozostałe zezwolenia i opłaty	0,3	0,5
8	Promy i parkingi	1,21	1,11
9	Wynagrodzenia kierowców	29,84	28,47
	Razem	100	100

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z firmy

W badanych okresach, firma ponosiła najmniejsze koszty w z tytułu zezwoleń i opłat, co rozumieć można jako zezwolenia potrzebne do realizacji transportów (np. karty, pobrane materiały zabezpieczające na załadunkach). Stanowiły one 0,3% dla roku 2020 i 0,5% dla 2021.



Rys. 6. Różnica w strukturze kosztów pomiędzy rokiem 2021 a 2020

Różnicę w strukturze kosztów pomiędzy rokiem 2021 a 2020 pokazano na rysunku 6. W analizowanych okresach największą różnicę w strukturze kosztów transportu stanowił udział kosztów paliwa. W 2021 był to wzrost o 3,99% w stosunku do roku poprzedniego.

Ceny paliw nieustannie rosną, lecz ekonomiczna jazda, lepsze połączenie miejsc załadunku i rozładunku towarów może wpłynąć na zmniejszenie średniego spalania paliwa przez środki transportowe. Oprócz kosztów paliwa, kosztów związanych z realizacją transportu oraz środków przeznaczonych na zezwolenia i opłaty, wszystkie inne składowe struktury kosztów w badanej firmie były w 2021 roku niższe niż w roku 2020, ale różnice te były niewielkie i ich udziały w strukturze kształtowały się na poziomie od 0,10% do 1,54%.

## Wskaźniki do analizy transportu w badanej firmie

Ważnym zadaniem firm transportowych powinny być systematycznie wykonywane analizy realizowanych procesów transportowych wykonywane za pomocą wybranych wskaźników. Pozwalają one na wczesną identyfikację pozytywnych i negatywnych trendów, dzięki czemu możliwe jest właściwe zarządzanie całym procesem transportu.

W tabeli 6 zamieszczono wskaźnik  $W_1$  przy pomocy którego określono liczbę zleceń transportowych w latach 2020-2021 na jeden ciągnik. Uwzględniono także podział na transport międzynarodowy, krajowy i razem.

Tabela 6. Liczba zleceń transportowych w latach 2020-2021 na jeden ciągnik ( $W_1$ )

Miesiąc	Rok 2020			Rok 2021		
	Transport					
	międzynarodowy	krajowy	razem	międzynarodowy	krajowy	razem
I	5	2	7	7	2	9
II	5	2	7	5	2	7
III	6	3	9	7	4	11
IV	6	2	8	7	3	10
V	5	2	7	6	3	9
VI	7	2	9	7	3	10
VII	6	2	8	6	3	9
VIII	5	2	7	7	3	10
IX	5	2	7	6	3	9
X	6	3	9	5	3	8
XI	5	2	7	4	2	6
XII	4	2	6	5	3	8
Minimum	4	2	6	4	2	6
Średnia	5	2	7	6	3	9
Maximum	7	3	9	7	4	11
Odch. Stand.	0,6	0,3	0,9	0,9	0,4	1,3
Zmienność (%)	11,3	13,1	11,5	15,0	14,2	14,8

Na podstawie uzyskanych wyników można zauważyć, iż w badanych okresach średnie wartości zarówno dla transportu międzynarodowego, krajowego i razem są większe w roku

2021. Ta różnica to odpowiednio 1, 1 i 2 zlecenia na jeden ciągnik. Oznacza to, że na każdy pojazd przypadało więcej zleceń transportowych niż w roku poprzednim.

Największa liczba zleceń na jeden ciągnik w transporcie międzynarodowym wynosiła 7 i w roku 2020 wystąpiła w czerwcu, a w 2021 roku w styczniu, marcu, kwietniu, czerwcu i sierpniu. Analizując transport krajowy, najmniej zleceń na jeden pojazd, czyli 2 zlecenia, wykonano w 2020 roku we wszystkich miesiącach oprócz marca i października, a rok później, 2 zlecenia wykonywane były w styczniu, lutym i listopadzie. Współczynnik zmienności dla łącznej liczby zleceń w roku 2020 wynosił 11,5% i był o 3,3% niższy niż w roku 2021.

Tabela 7 przedstawia wskaźnik  $W_2$  czyli liczbę kilometrów ładownych na jeden ciągnik. Analizując dwa okresy, największą wartość wskaźnika odnotowano w lipcu 2020 roku w transporcie międzynarodowym i wynosiła ona 6958 kilometrów na jeden ciągnik, a najmniejszą w lutym 2020 roku w transporcie krajowym – 2702 kilometry na jeden ciągnik. W odniesieniu do całego 2020 roku średnia wartość wynosiła 9357 kilometrów na jeden ciągnik a w 2021 roku – 9473 kilometry. Dla łącznej liczby przejechanych kilometrów ładownych na jeden ciągnik, w roku 2020 odchylenie standardowe wynosiło 948, a 1088 kilometrów ładownych w roku 2021.

Tabela 7. Liczba kilometrów ładownych w latach 2020-2021 na jeden ciągnik ( $W_2$ )

Miesiąc	Rok 2020			Rok 2021		
	Transport					
	międzynarodowy	krajowy	razem	międzynarodowy	krajowy	razem
I	5786	3213	8999	4429	3258	7687
II	5122	2702	7824	4568	3826	8394
III	6407	3588	9995	6527	4931	11458
IV	5483	3308	8791	6372	3682	10054
V	5428	3439	8867	5275	4265	9540
VI	6848	3145	9993	5956	4436	10392
VII	6958	3525	10483	5533	4774	10308
VIII	5796	2770	8566	5298	3787	9085
IX	6208	4526	10734	5109	4848	9958
X	6619	4109	10728	5113	5140	10253
XI	5746	3260	9006	3944	4048	7993
XII	4927	3367	8294	4596	3964	8560
Minimum	4927	2702	7824	3944	3258	7687
Średnia	5944	3413	9357	5227	4247	9473
Maximum	6958	4526	10734	6527	5140	11458
Odch. Stand.	636	486	948	751	559	1088
Zmienność (%)	10,7	14,2	10,1	14,4	13,2	11,5

Wskaźnik  $W_3$  przedstawiający liczbę kilometrów ładownych przypadających na jedno zlecenie w badanych latach pokazano w tabeli 8.

Tabela 8. Liczba kilometrów ładownych w latach 2020-2021 na jedno zlecenie (W<sub>3</sub>)

Miesiąc	Rok 2020			Rok 2021		
	Transport					
	międzynarodowy	krajowy	razem	międzynarodowy	krajowy	razem
I	1067	1537	2603	633	1486	2119
II	1081	1488	2569	900	1542	2442
III	1091	1309	2400	916	1376	2292
IV	994	1432	2426	889	1403	2292
V	1020	1385	2404	844	1640	2484
VI	1034	1471	2505	902	1739	2642
VII	1085	1597	2682	907	1469	2376
VIII	1082	1492	2574	806	1500	2307
IX	1140	1824	2964	907	1738	2645
X	1117	1571	2689	949	1623	2572
XI	1182	1751	2933	880	1745	2625
XII	1114	1390	2503	979	1472	2452
Minimum	994	1309	2400	633	1376	2119
Średnia	1084	1520	2604	876	1561	2437
Maximum	1182	1824	2964	979	1745	2645
Odch. Stand.	50	143	179	85	127	160
Zmienność (%)	4,6	9,4	6,9	9,7	8,1	6,5

Najwyższą wartość wskaźnika odnotowano we wrześniu 2020 roku w transporcie krajowym i wynosiła ona 1824 kilometrów ładownych na jedno zlecenie, a najmniejszą w styczniu 2021 roku w transporcie międzynarodowym – 633 kilometry na jedno zlecenie. Średnia wartość wskaźnika w odniesieniu do całego 2020 roku to 2604 kilometry na jedno zlecenie, a w 2021 roku liczba ta zmalała do 2437 kilometrów na jedno zlecenie. Współczynnik zmienności, który dla łącznej liczby przejechanych kilometrów ładownych na jedno zlecenie w roku 2020 wynosił 6,9%, rok później był niższy zaledwie o 0,4%.

## Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski:

1. Oceniając zasoby floty transportowej badanej firmy, więcej środków transportowych dostępnych było w 2020 roku. Średnio w tym roku wykorzystywano 30 ciągników siodłowych, a rok później liczba ta zmniejszyła się do 23 pojazdów.
2. Największy udział w strukturze kosztów transportu w badanej firmie był związany z kosztami paliwa i wynagrodzeniami kierowców (odpowiednio w roku 2020 - 26,69% i 29,84% wszystkich kosztów, a w roku 2021 – wzrost kosztów paliwa do 30,68% wszystkich kosztów i spadek kosztów z tytułu wynagrodzenia kierowców do 28,47% wszystkich



- kosztów). Ciągłe podwyżki cen paliw (wzrost w 2021 roku o 3,99% w stosunku do roku 2020) zmuszały kierowców firmy do ekonomicznej i bezpiecznej jazdy oraz a firmę do wprowadzenia rygorystycznej polityki paliwowej, co powinno wpłynąć na zmniejszenie średniego spalania paliwa przez środki transportowe.
3. Badana firma może pochwalić się dużym zainteresowaniem w transportach międzynarodowych i krajowych na co wskazuje liczba zleceń transportowych (razem średnio 229 zleceń na miesiąc w 2020 roku i 196 zleceń na miesiąc w roku 2021). Na podkreślenie zasługuje również liczba przejechanych kilometrów ładownych, która w roku 2020 wynosiła średnio 276096 kilometrów ładownych miesięcznie i 211209 kilometrów ładownych miesięcznie w roku 2021. W obu analizowanych okresach, w każdym miesiącu, wartości te były wyższe w transporcie międzynarodowym niż w krajowym.
  4. Obliczone wskaźniki służą do oceny wykonywanych procesów transportowych w badanej firmie i były na zadowalającym i wysokim poziomie. Średnia liczba zleceń transportowych na jeden ciągnik w analizowanych latach zarówno dla transportu międzynarodowego, krajowego i razem była większa w roku 2021 niż 2020 (i wynosiła odpowiednio 5, 2 i 7 zleceń na jeden ciągnik miesięcznie w 2020 roku oraz 6, 3 i 9 zleceń na jeden ciągnik miesięcznie w 2021 roku).
  5. Analizując liczbę przejechanych kilometrów ładownych na jeden ciągnik, w odniesieniu do całego 2020 roku średnia wartość wynosiła 9357 kilometrów na jeden ciągnik miesięcznie, a w 2021 roku – 9473 kilometry. Biorąc pod uwagę, że ocenie podlegał tylko jeden dział firmy, można stwierdzić, że w transportach międzynarodowych i krajowych firma jest konkurencyjna, posiada dużą liczbę klientów i świadczy swoje usługi na wysokim poziomie.
  6. Najwyższa wartość wskaźnika liczby kilometrów ładownych przypadających na jedno zlecenie występowała w transporcie krajowym we wrześniu 2020 roku - 1824 kilometrów ładownych. Z kolei najmniej kilometrów ładownych na jedno zlecenie wykonano w transporcie międzynarodowym (633 kilometry) w styczniu 2021 roku.

## Bibliografia

- Gaschi-Uciecha A.: Analiza i ocena procesu transportowego w wybranym przedsiębiorstwie sektora TSL. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Seria: Organizacja i Zarządzanie, Z. 121, 111-123, 2018.
- GITD - Główny Inspektorat Transportu Drogowego. Sprawozdanie 2020r.
- GUS - Główny Urząd Statystyczny. Transport – wyniki działalności w 2020r.
- Koch P., Kadłubek M.: Analiza transportu na przykładzie Przedsiębiorstwa X, Logistyka 3, 5691-5694, 2015.
- Koszeluk J.: Usługi logistyczne, Logistyka usług. Warszawa, Wyd. CeDeWu, 2013.
- Mańkowski R.: Małe i średnie przedsiębiorstwa w międzynarodowych usługach transportu drogowego. Gospodarka Materiałowa i Logistyka 10, 2-10, 2019. DOI 10.33226/1231-2037.2019.10.1.
- Neider J.: Transport w handlu międzynarodowym. Wyd. Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, ISBN: 83-7326-371-3, 2006.
- Neider J.: Transport międzynarodowy. Wyd. PWE. Warszawa, ISBN: 978-8320-8233-4-9. 2019.
- Plewa M.: Miary jakościowe usług transportowych. Journal of Translogistics. Tom. Vol. 2, nr 1, 95-116, 2016.

- Pluciński M.: Ekonomiczno-handlowe problemy zintegrowanych łańcuchów transportowych. Warszawa, Wyd. Difin, 2008.
- Starkowski D.: Analiza procesu przewozowego i zasady planowania operacji transportowej na podstawie wybranego przedsiębiorstwa transportowego podczas przewozu płatów rybnych. Cz. 2, Teoretyczne zasady planowania operacji przewozowej. Logistyka. Autobusy 6, 1576-1579, 2016.
- Szczepaniak T.: Transport i spedycja w handlu zagranicznym. Warszawa, PWE. ISBN: 83-208-1367-0, 2002.
- Urbanyi-Popiołek I.: Ekonomiczne i organizacyjne aspekty transportu. Wydawnictwo Uczelniane Wyższej Szkoły Gospodarki w Bydgoszczy, ISBN 978-83-61036-38-8. 2013.
- Wojewódzka-Król K., Rydzkowski W.: Transport. Problemy transportu w rozszerzonej UE. Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2010.
- Strona firmy „ZET Transport”: [www.zettransport.com](http://www.zettransport.com)

*Adres do korespondencji: [dariusz.kwasniewski@urk.edu.pl](mailto:dariusz.kwasniewski@urk.edu.pl)*

ORCID: Dariusz Kwaśniewski 0000-0002-1873-1456

ORCID: Maciej Kuboń 0000-0003-4847-8743

ORCID: Zbigniew Kowalczyk 0000-0001-8001-2092

ORCID: Grzegorz Dzieniszewski 0000-0002-2712-1131

ORCID: Elżbieta Olech 0000-0003-4405-701X



# IAI CZYLI SZTUCZNA INTELIGENCJA W ZAKŁADACH PRODUKCYJNYCH

Karolina Trzyniec<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Katedra Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

## Wstęp

IAI (*ang. Industrial Artificial Intelligence*), czyli przemysłowa sztuczna inteligencja, to dyscyplina, która koncentruje się na opracowywaniu, sprawdzaniu i wdrażaniu różnych systemów i metod opartych na narzędziach sztucznej inteligencji (w tym przede wszystkim na uczeniu maszynowym) do zastosowań przemysłowych<sup>1</sup>. IAI zajmuje się więc rozwojem technik sztucznej inteligencji, które oferują ulepszone rozwiązanie w zakresie zwiększania dokładności przewidywań, radzenia sobie z niepewnościami w danych i procesach, spełniania wymagań w czasie rzeczywistym w zakresie modelowania danych przemysłowych, kontroli i optymalizacji oraz zapewniania interpretacji wyników. Z technicznego punktu widzenia, IAI polega na wykorzystaniu tych technik w zakresie pozyskiwania danych, przemysłowych dużych zbiorów danych, analityki predykcyjnej, uczenia maszynowego i przemysłowego Internetu Rzeczy, a także tworzenia oprogramowania i aplikacji mobilnych wspomagających sterowanie procesami.

Obecnie, najczęstsze zastosowania sztucznej inteligencji w przemyśle obejmują:

- zaawansowane techniki uczenia maszynowego na potrzeby inteligentnego wykrywania procesów przemysłowych i modelowania danych przemysłowych,
- eksplorację danych opartą na sztucznej inteligencji i przemysłową analizę dużych zbiorów danych,
- kooperacyjne autonomiczne sterowanie procesami,
- operacyjną optymalizację procesów przemysłowych w zakresie podejmowania decyzji,
- monitorowanie jakości produktów oraz diagnostykę usterek maszyn, urządzeń i narzędzi,
- zastosowanie wirtualnej produkcji np. w formie tzw. cyfrowych bliźniaków (*ang. digital twins*), inteligentnych sieci, robotów, dronów, pojazdów bezałogowych itp<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Pozyskano z: <https://www.productionmachining.com/articles/introduction-to-industrial-artificial-intelligence>

<sup>2</sup> Pozyskano z: <https://www.springer.com/journal/44244/aims-and-scope>

Wraz z dynamicznym rozwojem technologii sztucznej inteligencji i jej skutecznym zastosowaniem w różnych gałęziach przemysłu, Industrial Artificial Intelligence stało się ważnym trendem obecnej transformacji produkcji przemysłowej<sup>3</sup>. IAI wyróżnia się jako technologia ogólnego przeznaczenia, zmieniająca: sposób produkcji, handlu i pracy. Doświadczenie poprzednich rewolucji przemysłowych wskazuje, że firmy i kraje dysponujące nową technologią mają najwięcej możliwości rozwoju<sup>4</sup>. Według ekspertów Accenture Research, przemysłowa sztuczna inteligencja do 2035 roku powinna podwoić tempo wzrostu gospodarczego, przyczyniając się do ewolucji metod pracy oraz tworząc nowe relacje między ludźmi, a maszynami. Już w 2021 roku, wartość rynku AI w samym przemyśle wyniosła 1,1 miliarda dolarów, a szacuje się, że w 2026 osiągnie 16,7 miliarda<sup>5</sup>.

## Obszary zastosowania sztucznej inteligencji w przemyśle

Sztuczna inteligencja (AI) jest coraz powszechniej wykorzystywana w różnych firmach z sektora przemysłowego. Spersonalizowane, inteligentne aplikacje potrafią niemal w czasie rzeczywistym przetwarzać ogromne zbiory danych, dzięki czemu wspomagają optymalizację wszystkich procesów logistycznych w firmach. Różnorodność zastosowania AI powoduje głębokie zmiany w tradycyjnych łańcuchach<sup>6</sup>. Pojęcie inteligentnego przemysłu można określić jako zaawansowaną transformację cyfrową łańcuchów przenikających się wzajemnie powiązań poziomych i pionowych współpracy jednostek i urzędzeń zespolonych, produktów, usług i modeli biznesowych, której kluczowymi komponentami są: systemy cyberfizyczne, Internet rzeczy, Internet usług, a także tzw. inteligentne fabryki<sup>78</sup>. Na rysunku 1 zaprezentowano graficzne ujęcie elementów składowych tzw. inteligentnego przemysłu. W oparciu o schemat, pojęcie to rozumiane jest jako połączenie procesów digitalizacyjnych z efektami rozwoju technologicznego XXI wieku, takimi jak: elementy Internetu rzeczy, zaawansowane interfejsy człowiek – maszyna, druk 3D, inteligentne czujniki czy urządzenia przenośne, a także analiza danych i zaawansowane algorytmy, przetwarzanie w chmurze, wielopoziomowe interakcje z klientem i profilowanie klientów<sup>9</sup> (rys. 1).

---

<sup>3</sup> Y. Yuan, Y. Zhang, H. Ding: Research on Key Technology of Industrial Artificial Intelligence and Its Application in Predictive Maintenance. *Acta Automatica Sinica*, 46 (10), 2020.

<sup>4</sup> Pozyskano z: <https://bizblog.spidersweb.pl/sztuczna-inteligencja-niczym-nowa-rewolucja-przemyslowa-jakie-przyniesie-korzysci-a-jakie-zagrozenia>

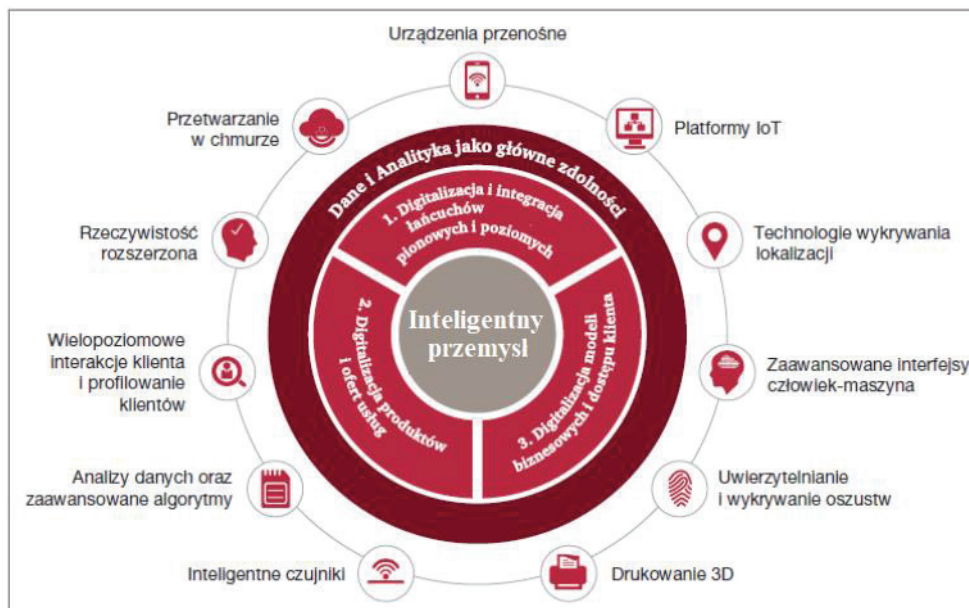
<sup>5</sup> Pozyskano z: <https://przemysl-40.pl/index.php/2022/03/12/sztuczna-inteligencja-napedzarozwoj-przemyslu/>

<sup>6</sup> Pozyskano z: <https://przemysl-40.pl/index.php/2022/03/12/sztuczna-inteligencja-napedzarozwoj-przemyslu/>

<sup>7</sup> W. Furmanek: Najważniejsze idee czwartej rewolucji przemysłowej. *Dydaktyka informatyki*, 13, 2018.

<sup>8</sup> Przemysł 4.0, czyli wyzwania współczesnej produkcji (on-line): Pozyskano z: <https://przemysl-40.pl/wp-content/uploads/2017-Przemysl40-czyli-wyzwania-wspo%C5%82czesnej-produkcji.pdf>

<sup>9</sup> B. Siuta-Tokarska: Przemysł 4.0 i sztuczna inteligencja: szansa czy zagrożenie dla realizacji koncepcji zrównoważonego i trwałego rozwoju? *Nierówności Społeczne a Wzrost Gospodarczy*, 65, 2021.



Rysunek 1. Inteligentny przemysł – bazowe elementy składowe

Źródło: (Siuta-Tokarska, 2021)

Jednym z fundamentalnych elementów inteligentnego przemysłu jest tzw. Internet rzeczy. Koncepcja ta oznacza rozwój połączonych ze sobą, inteligentnych maszyn, które mogą dzielić się informacjami i podejmować świadome decyzje bez ingerencji człowieka. Dzięki sztucznej inteligencji oraz Internetowi rzeczy, możliwe jest więc zbudowanie w pełni autonomicznego środowiska, w ramach którego interakcje między maszynami będą pozytywnie wpływały na wydajność i proces zarządzania danymi. Autonomiczne, inteligentne maszyny posiadające własne oprogramowanie nie byłyby w stanie zapewnić ciągłości procesu produkcyjnego. Taką gwarancję daje dopiero możliwość wzajemnego skomunikowania tych maszyn, a więc wzajemnej wymiany danych oraz nadanie tym inteligentnym maszynom możliwości decyzyjnych<sup>10</sup>.

Podejmowanie decyzji przez maszyny zwykle opiera się na technologii uczenia maszynowego. Jest to zdolność do rozpoznawania schematów w nieuporządkowanych zestawach danych. W rezultacie, dzięki uzyskanym informacjom, komputer potrafi podejmować strategiczne decyzje, a następnie nieustannie uczyć się i dzięki temu - ulepszać swoje działania<sup>11</sup>. Algorytmy uczenia maszynowego znalazły szerokie zastosowanie w obszarze produkcyjnym. Produkcja wzbogacona o uczenie maszynowe charakteryzuje się zwiększonymi możliwościami i zoptymalizowanymi procesami produkcyjnymi. Wykorzystanie tych elementów sztucznej inteligencji w procesie produkcyjnym wspiera również firmy w procesie analizy

<sup>10</sup> Pozyskano z: <https://przemysl-40.pl/index.php/2022/03/12/sztuczna-inteligencja-napedza-rozwoj-przemyslu/>

<sup>11</sup> Pozyskano z: <https://kotrak.com/pl/oferta/sztuczna-inteligencja-w-przemysle/>

danych i robotyzacji procesów. Szczególnie ciekawe wydaje się wykorzystanie tych narzędzi do tak zwanej „analizy wykonalności”. Algorytm samouczący, w oparciu o dane historyczne, na podstawie zamówienia klienta bardzo szybko odpowiada na pytanie, w jakim terminie to zamówienie może zostać zrealizowane<sup>12</sup>. Poza analizą wykonalności, współczesne oprogramowania produkcyjne wspierają wykrywanie przyczyn strat. Narzędzia sztucznej inteligencji analizują poszczególne procesy, dzięki czemu są w stanie alarmować o zbliżającym się problemie. Ponadto, wykorzystywanie tych samych systemów może zapobiegać wtórnym uszkodzeniom poprzez przewidywanie awarii i alarmowanie o niej pracowników. Co ważne, dzięki temu, system działa bez niepotrzebnych przerw, a cały proces naprawy może finalnie okazać się bezstratny. Eliminacja awarii, strat i systemów niskiej wydajności przyczynia się do zwiększenia konkurencyjności firmy.

Kluczową strategię dla przemysłu produkcyjnego oraz organizacji, które dążą do budowania wartości dodanej swoich produktów stanowi również efektywne zarządzanie zapasami<sup>13</sup>, a sztuczna inteligencja wspiera obniżanie kosztów ich utrzymania. Dzięki kontrolowaniu stanu magazynów, AI może przewidywać braki zasobów, zanim te się pojawią. Jest to istotna kwestia nie tylko z uwagi na płynność produkcji, ale również ma ogromne znaczenie w minimalizacji kosztów, przynosząc wymierne korzyści finansowe i organizacyjne<sup>14</sup>. Sukces odpowiedniego zarządzania zapasami leży w odpowiedniej (tj. dokładnej) predykcji popytu. Przydatnym narzędziem stała się więc tak zwana analiza szeregów czasowych, która umożliwia predykcję dzięki ocenie historycznych danych dotyczących sprzedaży czy zużycia surowców. Do analizy popytu wykorzystywany może być również nieustannie zwiększający swoją popularność chat GPT. Na podstawie bieżących i historycznych danych, algorytm jest w stanie przewidywać, jakie ilości produktów będą potrzebne w przyszłości. Dzięki temu przedsiębiorstwo może lepiej przygotować się na zmiany w popycie i dostosować swoją produkcję do potrzeb rynku<sup>15</sup>.

Sztuczna inteligencja może nie tylko kontrolować stan zapasów, ale również zużycie energii i surowców. Dzięki ciągłemu zbieraniu informacji i analizie danych, AI wspiera podejmowanie decyzji przez przedsiębiorców, których celem jest optymalizacja wszystkich procesów<sup>16</sup>. Takie elastyczne podejście prowadzi do ciągłego usprawniania łańcucha dostaw.

Ważnym aspektem funkcjonowania nowoczesnego przemysłu jest również optymalizacja procesów planowania i harmonogramowania produkcji. Najczęściej wykorzystywanym narzędziem, które usprawnia działania w tym obszarze, stały się systemy APS (*ang. advanced planning and scheduling*), wykorzystujące algorytmy genetyczne. Algorytmy te polegają na tworzeniu populacji planów produkcyjnych, a następnie na przeprowadzaniu operacji krzy-

---

<sup>12</sup> Pozyskano z: <https://www.computerworld.pl/news/Sztuczna-inteligencja-rewolucjonizuje-produkcje,414944.html>

<sup>13</sup> Pozyskano z: <https://www.linkedin.com/pulse/wykorzystanie-sztucznej-inteligencji-do-efektywnego-dawid-skrobisz/?originalSubdomain=pl>

<sup>14</sup> Pozyskano z: <https://nowoczesny-przemysl.pl/sztuczna-inteligencja-przemysl-produkcyjny/>

<sup>15</sup> Pozyskano z: <https://optimakers.pl/ai-w-produkcji/>

<sup>16</sup> Pozyskano z: <https://nowoczesny-przemysl.pl/sztuczna-inteligencja-przemysl-produkcyjny/>



zowania i mutacji w celu wyznaczenia planu optymalnego. Algorytm genetyczny jest szczególnie skuteczny w przypadku złożonych procesów planowania, w których istnieje wiele czynników wpływających na wynik<sup>17</sup>.

## Podsumowanie

Inteligentne technologie w przemyśle można znaleźć w wielu obszarach działalności przedsiębiorstw. Wszystkie te rozwiązania mają ten sam cel – poprawę funkcjonowania przedsiębiorstwa, ograniczenie kosztów działalności i/lub zwiększenie poziomu osiąganych przychodów. Osiągnięcie tych celów może być możliwe m.in. poprzez zwiększenie wydajności pracy maszyn i ograniczenie ryzyka ich awarii, poprawę jakości produktów, optymalizację linii produkcyjnych lub lepszą kontrolę nad wszystkimi procesami, a także optymalizację zużycia energii<sup>18</sup>. Pomyślnie wdrożenie technologii może znacznie poprawić elastyczność, odporność i niezawodność systemów produkcyjnych oraz utworzyć drogę inteligencji przemysłowej. Przewiduje się więc, że w perspektywie następnych kilku lat wykorzystanie AI w przemyśle stanie się standardem.

## Bibliografia

- AI w Produkcji (on-line): Pozyskano z: <https://optimakers.pl/ai-w-produkcji/>
- Furmanek, W.: Najważniejsze idee czwartej rewolucji przemysłowej. Dydaktyka informatyki, 13, 2018.
- Industrial Artificial Intelligence (on-line): Pozyskano z: <https://www.springer.com/journal/44244/aims-and-scope>
- Inteligentne technologie w przemyśle. (on-line): Pozyskano z: <https://haleprzemyslowe.muratorplus.pl/automatyzacja/inteligentne-technologie-w-przemysle-dlaczego-przemysl-musi-stac-sie-inteligentny-aa-CMno-bkCZ-7hwd.html>.
- Lee J.: Introduction to Industrial Artificial Intelligence. Pozyskano z: <https://www.productionmaching.com/articles/introduction-to-industrial-artificial-intelligence>.
- Piątek Z. Sztuczna inteligencja napędza rozwój przemysłu (on-line): Pozyskano z: <https://przemysl40.pl/index.php/2022/03/12/sztuczna-inteligencja-napedza-rozwoj-przemyslu/>.
- Przemysł 4.0, czyli wyzwania współczesnej produkcji (on-line): Pozyskano z: <https://przemysl40.pl/wp-content/uploads/2017-Przemysl40-czyli-wyzwania-wspo%C5%82czesnej-produkcji.pdf>
- Przemysłowe AI (on-line): Pozyskano z: <https://nowoczesny-przemysl.pl/sztuczna-inteligencja-przemysl-produkcyjny/>.
- Siuta-Tokarska B.: Przemysł 4.0 i sztuczna inteligencja: szansa czy zagrożenie dla realizacji koncepcji zrównoważonego i trwałego rozwoju? Nierówności Społeczne a Wzrost Gospodarczy, 65, 2021.
- Sztuczna inteligencja niczym nowa rewolucja przemysłowa (on-line): Pozyskano z: <https://bizblog.spidersweb.pl/sztuczna-inteligencja-niczym-nowa-rewolucja-przemyslowa-jakie-przyniesie-korzy-sci-a-jakie-zagrozenia>.

<sup>17</sup> Pozyskano z: <https://optimakers.pl/ai-w-produkcji/>

<sup>18</sup> Pozyskano z: <https://haleprzemyslowe.muratorplus.pl/automatyzacja/inteligentne-technologie-w-przemysle-dlaczego-przemysl-musi-stac-sie-inteligentny-aa-CMno-bkCZ-7hwd.html>

Sztuczna inteligencja rewolucjonizuje produkcję (on-line): Pozyskano z: <https://www.computer-world.pl/news/Sztuczna-inteligencja-rewolucjonizuje-produkcje,414944.html>.

Sztuczna inteligencja w przemyśle (on-line): Pozyskano z: <https://kotrak.com/pl/oferta/sztuczna-inteligencja-w-przemysle/>.

Wykorzystanie sztucznej inteligencji do efektywnego zarządzania zapasami (on-line): Pozyskano z: <https://www.linkedin.com/pulse/wykorzystanie-sztucznej-inteligencji-do-efektywnego-dawid-skrobisz/?originalSubdomain=pl>.

Yuan Y., Zhang Y, Ding H.: Research on Key Technology of Industrial Artificial Intelligence and Its Application in Predictive Maintenance. *Acta Automatica Sinica*, 46(10), 2020.

*Adres do korespondencji: karolina.trzyniec@urk.edu.pl*

ORCID: Karolina Trzyniec0000-0003-3178-4410

# METODA SERVQUAL W OCENIE JAKOŚCI USŁUG LOGISTYCZNYCH

Anita Zapalowska<sup>1</sup>, Natalia Matłok<sup>1</sup>, Maciej Balawejder<sup>1</sup>, Paweł Wywrocki<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kolegium Nauk Przyrodniczych, Instytut Nauk Rolniczych, Ochrony i Kształtowania Środowiska, Uniwersytet Rzeszowski

<sup>2</sup> Dyplomant w Kolegium Nauk Przyrodniczych, Instytut Nauk Rolniczych, Ochrony i Kształtowania Środowiska Uniwersytet Rzeszowski

## Wstęp

Wysoka jakość usług stanowi kluczowy element sukcesu dla firm, które pragną zdobyć oraz zachować przewagę konkurencyjną. Dobra jakość obsługi wpływa na zadowolenie obecnych klientów, przyciągając nowych oraz budując pozytywny wizerunek firmy. Współcześnie funkcjonujące przedsiębiorstwa, działające zarówno na rynku krajowym, jak i międzynarodowym, muszą prowadzić efektywną logistykę. Postęp technologiczny skłania je do nieustannego poszukiwania coraz doskonalszych środków wspierających te procesy, aby wytworzyć wartość dodaną dla klienta i zachować odpowiedni poziom ekonomiczności tego przedsięwzięcia. Nadrzędnym działaniem każdego przedsiębiorstwa usługowego powinna być kompleksowa obsługa klienta. Przedsiębiorstwa sektora usługowego coraz częściej poszukują informacji o preferencjach i odczuciach klientów. Pojęcie jakości usług ma przełożenie na stopień zadowolenia i lojalności klientów wobec firmy. Znajduje to wówczas odzwierciedlenie w aspekcie finansowym firmy.

Dobór narzędzia badawczego oraz metody jest kluczową decyzją każdej firmy. Zasadniczym kryterium powinna być skuteczność pomiaru cech istotnych z punktu widzenia klienta.

Istnieje szereg narzędzi badawczych stworzonych z myślą o badaniu jakości usług i satysfakcji klienta w sektorze usługowym. Celem pracy było przedstawienie metody SERVQUAL, wykorzystywanej do oceny i zarządzania jakością usług.

## Modele jakości usług

Jakość jest, obok ceny, podstawowym instrumentem kształtującym strukturę podaży na rynku. Jest kluczowym czynnikiem, który pozwala poprawić konkurencyjność produktów za pośrednictwem ciągłego doskonalenia jej poziomu.

Pojęcie jakości jest rozważane i definiowane przez wiele różnych dziedzin nauki, w tym między innymi przez nauki społeczne<sup>1</sup>, nauki przyrodnicze<sup>2</sup>, ekonomię<sup>3</sup>, inżynierię<sup>4</sup> i zarządzanie<sup>5</sup>. Różnorodność tych definicji odzwierciedla kompleksowość samego pojęcia jakości oraz jej wszechstronność w różnych dziedzinach nauki i praktyki. Możliwości definiowania jakości uzupełniają się wzajemnie i tworzą spójną całość.

W naukach społecznych jakość życia mierzy się przez poziom dobrobytu, zdrowia i satysfakcji życia jednostki czy społeczeństwa<sup>6</sup>. W zarządzaniu jakość definiuje się jako zdolność organizacji do spełniania wymagań klientów i osiągania celów biznesowych<sup>7</sup>. W ekonomii jakość jest postrzegana jako wartość produktu lub usługi w stosunku do jej ceny<sup>8</sup>. W naukach przyrodniczych jakość związana jest z dokładnością pomiarów i badań naukowych. Naukowcy stosują rygorystyczne metody pomiarowe, kontrole jakości i procedury kalibracji, aby zapewnić dokładność wyników. Jakość w kontekście nauk przyrodniczych odnosi się również do metodologii badawczej, co oznacza stosowanie odpowiednich technik eksperymentalnych, zbieranie danych w sposób staranny i rzetelny, oraz stosowanie odpowiednich analiz statystycznych. W kontekście produkcji przemysłowej jakość jest definiowana jako zgodność produktu z określonymi standardami i wymaganiami. W dziedzinie usług, jakość jest postrzegana jako satysfakcja klienta poprzez spełnienie jego oczekiwań i potrzeb. Jakość łączy się z każdym aspektem funkcjonowania przedsiębiorstwa i jest określana przez pryzmat zadań realizowanych przez poszczególne jego struktury. Można ją definiować w kontekście dziedzin wiedzy, faz życia produktu lub uwzględnić aspekt jej wielowymiarowości.

W logistyce jakość jest integralnym składnikiem procesu tworzenia produktu logistycznego, który warunkuje zaspokajanie oczekiwań i potrzeb klientów.

Pierwszym, który wprowadził model przedstawiający jakość usług i sposób jej osiągnięcia, był Grönroos<sup>9</sup>. W jego modelu uwzględniono trzy główne aspekty: techniczny, funkcjonalny oraz wizerunkowy. Wymiar techniczny odnosił się do tego, co klient otrzymuje w wyniku interakcji z firmą świadczącą usługi. Wymiar funkcjonalny koncentrował się na tym, w jaki sposób klient otrzymuje i doświadczał efektów technicznych, czyli wykonania

---

<sup>1</sup> Kaniewska-Mackiewicz E. Problematyka jakości życia w dyskursie nauk społecznych. *Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Gospodarki, seria Edukacja - Rodzina – Społeczeństwo*. 6, 201-222, 2021.

<sup>2</sup> Solon J. Koncepcja "Ecosystem Services" i jej zastosowania w badaniach ekologiczno-krajobrazowych. *Problemy Ekologii Krajobrazu*. 21. 25-44, 2008.

<sup>3</sup> Sompolska-Rzechuła A. Jakość życia jako kategoria ekonomiczna. *Folia Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinensis. Oeconomica*. 71, 127-139, 2013.

<sup>4</sup> Sitko, J. Analiza zastosowania elementów inżynierii produkcji w utrzymaniu poziomu jakości produktów. *Systemy Wspomagania w Inżynierii Produkcji*. 4(16), 90-99, 2016.

<sup>5</sup> Huczek M. Kryzys przedsiębiorstwa a jakość zarządzania. *Bezpieczeństwo. Teoria i Praktyka*. Oficyna Wydawnicza KA AFM. 7-18, 2013.

<sup>6</sup> Janiszewska A., Klima E. Jakość życia – definicje i pomiary. w.: *Alternatywne Modele Rozwoju Miast Sieć Miast Cittaslow* pod red. Strzelecka E. Wyd. Politechnika Łódzka. 41-46, 2017.

<sup>7</sup> Kowalik K., Klimecka-Tatar D. Model zarządzania jakością usług w kontekście satysfakcji klienta. *Quality Production Improvement*. 1(8), 31-41, 2018.

<sup>8</sup> Bondos, I. Cena jako marketingowy instrument oddziaływania na konsumentów. *Lublin: Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej*, 2016.

<sup>9</sup> Grönroos Ch. Adopting a service logic for marketing. *Marketing Theory* 6(3):317-333. 2006. <https://doi.org/10.1177/1470593106066794>.

usługi. Ostatecznie, wymiar wizerunku opierał się na oczekiwaniach klientów, które są kształtowane przez ich postrzeganie firmy.

Jednakże ten model nie został uznawany za narzędzie pomiarowe, stanowił raczej wyraz jakości usług. Pierwsze podejście do stworzenia modelu, który umożliwiłby pomiar jakości usług zapoczątkowała Zeithaml opracowując model SERVQUAL, składający się zarówno z teoretycznego modelu jakości usług, jak i narzędzia do pomiaru tej jakości<sup>10</sup>. W zastosowanej teorii, znanej jako teoria luk, rozbieżność między postrzeganiem świadczonych usług a oczekiwaniami klientów wskazywała na niedoskonałości w sposobie, w jaki firma dostarcza swoje usługi.

Podjęto próby modyfikacji modelu SERVQUAL poprzez przestawienie jakości usług z dwóch różnych punktów widzenia. Pierwsze podejście było obiektywne i dotyczyło istnienia wymiarów jakościowych. Drugie było subiektywne i związane z uczuciem satysfakcji lub niezadowolenia klientów. Klienci oceniali te dwie perspektywy, wypełniając ankietę<sup>11</sup>.

Stworzono także inny model znany jako SERVPERF, którego autorzy<sup>12</sup> zdecydowali się zrezygnować z uwzględniania oczekiwań klientów, skupiając się wyłącznie na pomiarze jakości usług poprzez percepcję klientów. W praktyce oznaczało to, że SERVPERF analizował jedynie poziom jakości usług po ich świadczeniu, bez uwzględniania oczekiwań klientów przed tym doświadczeniem. Chociaż model ten oceniał jakość usług, nie gromadził opinii klientów dotyczących ich oczekiwań, co sprawiało, że firma nie mogła zidentyfikować obszarów, w których potrzebowałyby działań naprawczych oraz informacji, jakie zmiany należy wprowadzić.

W przeciwieństwie do tego podejścia, wiele źródeł literatury uznaje metodologię luk za bardziej przydatną dla firm w kontekście doskonalenia jakości usług<sup>13,14,15,16,17</sup>. Ponadto,

---

<sup>10</sup> Zeithaml V.A. Consumer Perceptions of Price, Quality, and Value: A Means-End Model and Synthesis of Evidence. *Journal of Marketing*, 52, 3, 2-22. 1988. <https://doi.org/10.2307/1251446>.

<sup>11</sup> Schvaneveldt, S. J., Enkawa, T., Miyakawa, M. Consumer evaluation perspectives of service quality: evaluation factors and two-way model of quality. *Total quality management*, 2(2), 149-162, 1991.

<sup>12</sup> Cronin, J. J., Taylor, S. A. Measuring service quality: A reexamination and extension. *Journal of Marketing*, 56(3), 55-68, 1992. <https://doi.org/10.2307/1252296>.

<sup>13</sup> Parasuraman, A., Zeithaml, V., Berry, L. Reassessment of Expectations as a Comparison Standard in Measuring Service Quality: Implications for Further Research. *The Journal of Marketing*, 58, 111-124. 1994. <https://doi.org/10.2307/1252255>.

<sup>14</sup> Bolton, R.N., Drew, J.H. A Multistage Model of Customers' Assessments of Service Quality and Value. *Journal of Consumer Research*, 17, 375-384, 1991. <http://dx.doi.org/10.1086/208564>.

<sup>15</sup> Angur, M. G., Natarajan, R., Jahera Jr, J. S. Service quality in the banking industry: an assessment in a developing economy. *International journal of bank marketing*, 17(3), 116-125. 1999.

<sup>16</sup> Carrillat F.A., Jaramillo F., Mulki J. The validity of the SERVQUAL and SERVPERF scales: a meta-analytic view of 17 years of research across five continents. *International Journal of Service Industry Management* 18(5):472-490. 2007. <https://doi.org/10.1108/09564230710826250>.

<sup>17</sup> Kilbourne W. E., Duffy J. A., Duffy M., Giarch G. The applicability of SERVQUAL in cross-national measurements of health-care quality. *Journal of Services Marketing* 18(7):524-533. 2004. <https://doi.org/10.1108/08876040410561857>.

zidentyfikowane różnice między wynikami a oczekiwaniami klientów okazały się kluczowymi wskaźnikami ogólnej jakości świadczonych usług<sup>18</sup>.

Jeśli chodzi o ocenę jakości usług, zaobserwowano trudności na różnych poziomach, w tym koncepcyjnym, teoretycznym i pomiarowym<sup>19</sup>. Zaproponowano zatem alternatywny model, który zrezygnował z pojęcia "oczekiwań klienta" na rzecz terminu "idealna ilość określonej cechy". Przedstawiono zatem alternatywny model, który zastąpił pojęcie "oczekiwań klienta" terminem "idealnej ilości określonej cechy". Normowany Model Jakości<sup>20</sup> odróżniał wydajność idealną od tej postrzeganej. Niestety, ten model nie był w pełni zweryfikowany pod względem swojej poprawności zarówno w sensie koncepcyjnym, jak i empirycznym.

W metodzie SERVQUAL, która jest popularnym narzędziem do pomiaru jakości usług, oczekiwania klientów oraz ich rzeczywiste postrzeganie są oceniane jednocześnie w tym samym czasie. Ta równoczesna ocena pozwala na porównanie oczekiwań klientów z ich rzeczywistymi doświadczeniami z usługami, co umożliwia zidentyfikowanie obszarów, które wymagają poprawy.

Metoda Qualitometro<sup>21</sup> to podejście do pomiaru jakości usług, które analizuje jakość usług poprzez porównanie oczekiwań klientów z ich rzeczywistymi doświadczeniami w różnych momentach czasowych. Metoda ta pomaga w zrozumieniu ewolucji oczekiwań klientów oraz ich zmian w czasie, a także umożliwia firmie określenie, jak jakość usług jest postrzegana na różnych etapach interakcji z klientem. Niemniej jednak, metoda ta posiada swoje ograniczenia, takie jak możliwość zmiany opinii klientów pod wpływem różnych czynników, w tym świadomości metody i zdarzeń, które mogą mieć wpływ na ich postrzeganie.

Zmiany na przestrzeni czasu w postrzeganiu przez klientów jakości usług są wynikiem różnych czynników, takich jak osobiste doświadczenia, interakcje z personelem firmy oraz wpływ zewnętrznych czynników, takich jak opinie innych klientów lub kampanie marketingowe. Ponadto, świadomość klientów dotycząca używanej metody może wpływać na ich odpowiedzi, co może prowadzić do efektu reaktywności, gdzie ich oceny zostają zniekształcone ze względu na świadomość obserwacji lub wpływu na decyzje firmy. Dodatkowo, zmiany w postrzeganiu jakości usług mogą wynikać z wydarzeń lub doświadczeń, które miały miejsce po pierwotnej ocenie, co może prowadzić do istotnych różnic w opinii klientów w różnych momentach.

W związku z tym, w analizie jakości usług istotne jest uwzględnienie tych zmian i próba zminimalizowania wpływu czynników zewnętrznych na oceny klientów. Korzystanie z jednorazowych ankiet może mieć swoje ograniczenia w odzwierciedlaniu rzeczywistych, długoterminowych doświadczeń klientów. Dlatego często stosuje się różne metody, które

---

<sup>18</sup> Bolton, R.N. Drew, J.H. A Multistage Model of Customers' Assessments of Service Quality and Value. *Journal of Consumer Research*, 17, 375-384, 1991. <http://dx.doi.org/10.1086/208564>.

<sup>19</sup> Teas R. K. Expectations as a Comparison Standard in Measuring Service Quality: An Assessment of a Reassessment. *Journal of Marketing*, 58, 1, 132-139, 1994. <https://doi.org/10.2307/1252257>

<sup>20</sup> Seth, N., Deshmukh, S.G., Vrat, P. Service Quality Models: A Review. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 22, 913-949, 2004. <https://doi.org/10.1108/02656710510625211>.

<sup>21</sup> Franceschini F., Rossetto S. Quality function deployment: How to improve its use. *Total Quality Management* 9(6):491-500, 1998. <https://doi.org/10.1080/0954412988424>.

pozwalają uzyskać pełniejszy obraz jakości usług, obejmując zarówno badania ankietowe, jak i obserwacje zachowań klientów w czasie.

## Metoda SERVQUAL

Metoda definiuje pięć luk dotyczących jakości usług, które powodują niezadowolenie klienta i skutkują niską oceną jakości<sup>22</sup> :

- różnica między oczekiwaniami klienta, a postrzeganiem tychże wymagań przez kierownictwo przedsiębiorstwa,
- różnica między postrzeganiem oczekiwań klienta przez kierownictwo firmy a specyfikacją usług,
- różnica między specyfikacją jakości usługi a jakością świadczenia usługi,
- różnica między jakością świadczenia usługi a informacjami, które klient ma na temat usługi,
- różnica między poziomem spełnienia oczekiwań a postrzeganiem usługi przez klienta.

Wysoka jakość zadowalająca klienta to sytuacja, w której nie ma luk. Im większe rozbieżności, tym niższa będzie ocena. W efekcie tylko wprowadzenie jakości totalnej (TQM) może przynieść pełną satysfakcję konsumenta.

Konieczne jest zatem osiągnięcie doskonałości na trzech poziomach:

- jakości projektowanej,
- jakości wykonania,
- jakości świadczenia usługi zgodnej z wymaganiami klienta.

Luki są charakteryzowane przez rozbieżności między poszczególnymi poziomami. Na wielkość luki pierwszej zasadniczy wpływ mają następujące czynniki:

- badania marketingowe organizacji,
- komunikacja oddolna i liczba poziomów zarządzania w organizacji.

Wielkość luki drugiej jest determinowana następującymi czynnikami:

- zaangażowanie kierownictwa w problem jakości usług i postrzeganie,
- ustalanie celów i standaryzacja zadań.

Luka trzecia, związana z dostarczaniem usług, wiąże się z niezdolnością lub brakiem chęci wykonywania usługi przez pracowników na założonym poziomie. W celu zminimalizowania luki trzeciej najwyższe kierownictwo powinno zwrócić szczególną uwagę na:

- pracę zespołową,
- dopasowanie pracownika do powierzonych zadań i dostosowanie technologii,
- system nadzoru i kontroli.

Wielkość luki czwartej determinowana jest głównie przez jakość informacji, które klient uzyskuje na temat nabywanej usługi. Organizacje, w celu przyciągnięcia jak największej

---

<sup>22</sup> Karaszewski R. Servqual - metoda badania jakości świadczonych usług. Problemy jakości 8-10. 2001



szej liczby klientów, często zawiązują obietnice do poziomu, jakiego nie są w stanie zrealizować za pomocą działań operacyjnych. Informacje, zwłaszcza te pochodzące ze źródeł komercyjnych (reklama i promocja), mają duży wpływ na kształtowanie preferencji klienta, szczególnie w przypadku usług, gdzie dominują czynniki niematerialne, dlatego należy szczególnie naciskać na sposób prezentacji usługi.

Z punktu widzenia badania satysfakcji klienta oraz oceny jakości świadczonych usług najistotniejszym elementem metody SERVQUAL jest luka piąta. Wielkość wszystkich wymienionych luk ma wpływ na jakość świadczonej usługi, ale dopiero w przypadku ostatniej, oceniany jest rzeczywisty jej odbiór przez klienta. Analiza rozbieżności dokonywana jest w pięciu wymiarach:

- materialna obudowa usługi,
- niezawodność,
- odpowiedzialność dostawców usług,
- pewność usługi,
- przystępność usługi.

Badanie przeprowadzane jest w dwóch częściach przy użyciu stałej skali zróżnicowania. Prowadzi się także badanie ważności poszczególnych kryteriów:

- oczekiwań klienta,
- ocena percepcji usługi,
- ocena ważności kryteriów dla klienta.

Wynikiem badania powinien być przede wszystkim zestaw specyficznych kryteriów badanej usługi, uwzględniający wszystkie płaszczyzny usługi będące podstawą modelu SERVQUAL, zwłaszcza czynniki mające istotne znaczenie w przypadku danej usługi.

Analizując proces szeroko rozumianej satysfakcji klienta i oceny jakości świadczonych usług, kluczowym elementem metody SERVQUAL jest piąta luka, gdzie dokonuje się oceny rzeczywistego odbioru usługi przez klienta.

## **Analiza przypadku**

Za pomocą metody SERVQUAL przeprowadzono badania wśród klientów korzystających z usług logistycznych w transporcie chłodniczym.

Badania przeprowadzono w oparciu o sporządzony kwestionariusz ankiety badawczej skierowanej do usługobiorców.

Analizę rozpoczęto od danych ilościowych uzyskanych podczas przeprowadzonych wywiadów z 25 usługobiorcami w zakresie ważności cech usługi logistycznej wpływających na satysfakcję klienta z jakości usługi oraz ocen tych cech (w skali 0-5).

Badanymi cechami jakości usług logistycznych były:

- stan terminalu,
- stan środków transportu,
- kompleksowość usług,
- pełne dotrzymanie zobowiązań,
- elastyczność dostaw,
- bezbłądność dokumentacji,
- bezbłądność dostaw,
- kompletność dostaw,

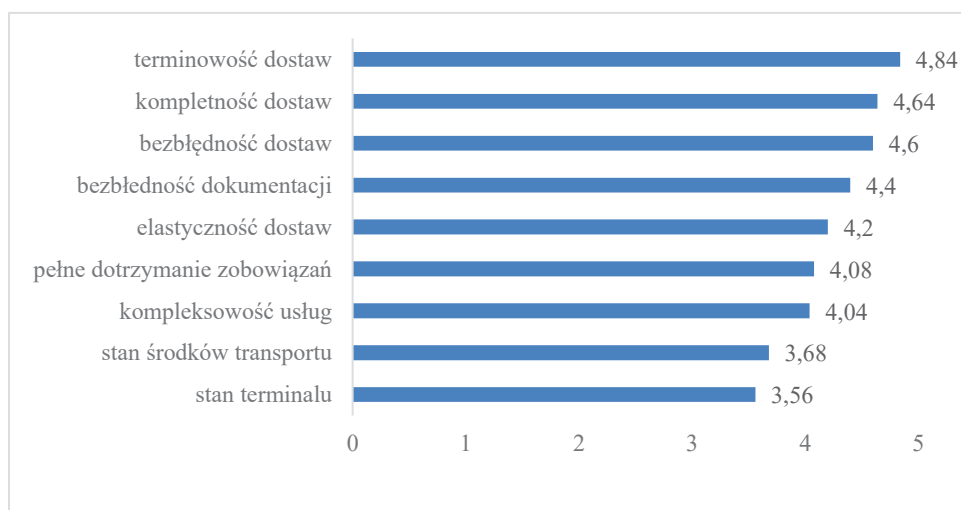
- terminowość dostaw.

Wyniki analizowano w następujących płaszczyznach:

- oczekiwania- kryterium pozwalające na wyłonienie najistotniejszych dla klientów cech jakości,
- ocena- kryterium wyłaniające cechy oceniane najwyżej, bez względu na poziom oczekiwań,
- różnica pomiędzy oczekiwaniami a oceną, która pozwala na wyłonienie tych kryteriów jakości, których ocena jest najbardziej zbliżona do oczekiwań oraz tych, i które stanowią najsłabszy element oferty usługowej.

Na podstawie uzyskanych wyników badań średnich ocen ważności (wyrażonych w punktach) ustalono hierarchię istotności cech usług logistycznych, które wpływają na satysfakcję klienta z jakości usługi.

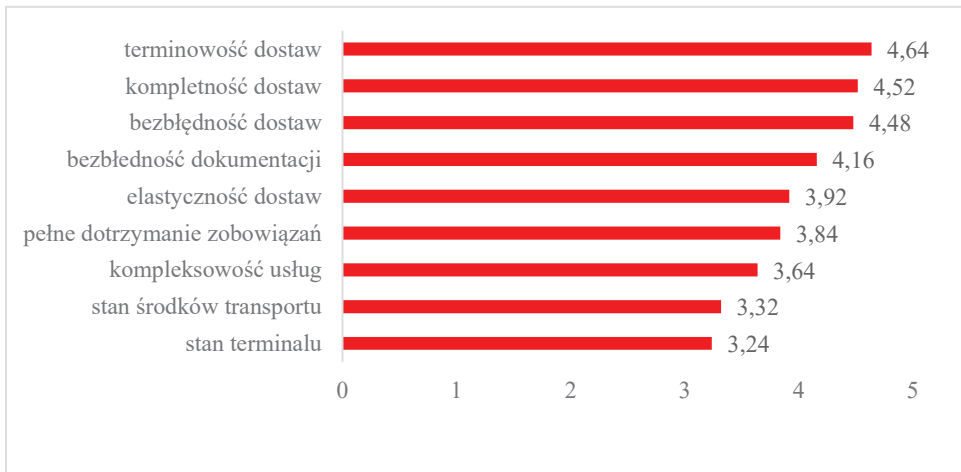
Wyniki badań przedstawione na rysunku 1 wykazały, że według oczekiwań klientów najważniejszymi aspektami usługi logistycznej była terminowość dostaw (oceniona na 4,84 punktów). Następnie w kolejności istotności, znalazły się kompletność (oceniona na 4,64 punktów) oraz bezbłądność dostaw (oceniona na 4,60 punktów). Natomiast, najmniej istotnymi cechami w opinii klientów okazały się stan środków transportu (oceniony na 3,68 punktów) oraz stan terminalu (oceniony na 3,56 punktów).



Rys. 1. Hierarchia ważności cech usługi logistycznej wpływających na satysfakcję klienta w zakresie jakości usług na podstawie średnich ocen ważności (w punktach)

Wyniki dotyczące ocen cech usługi logistycznej wpływającej na satysfakcję klienta w zakresie jakości usługi w opinii usługobiorców pokazano na rysunku 2. Wykazały one, że w zakresie transportu chłodniczego najwyżej oceniono poziom terminowości dostaw (4,64 pkt.). W następnej kolejności uplasowała się kompletność dostaw (4,52 pkt.) oraz bezbłądność dostaw (4,48 pkt.). Natomiast poziom stanu środków transportu (3,32 pkt.) i stanu terminalu (3,24 pkt.) klienci ocenili najniżej. Niskie oceny średnich ważności dla

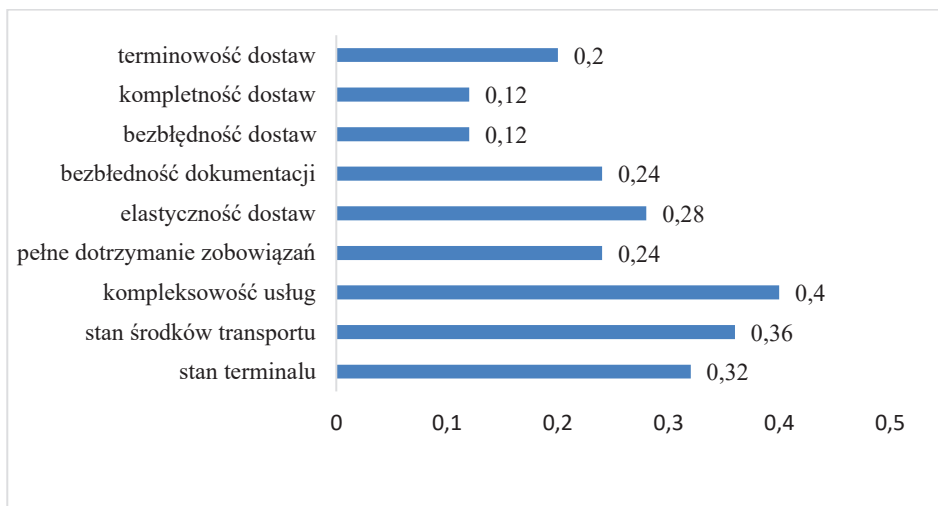
stanu środków transportu i stanu terminalu potwierdziły umiarkowany wpływ tych czynników na ogólną ocenę zadowolenia klienta z jakości usług.



Rys. 2. Poziom ocen cech usługi logistycznej wpływających na satysfakcję klienta w zakresie jakości usługi (w punktach)

Na podstawie zestawionych danych liczbowych dokonano obliczeń różnicy pomiędzy oczekiwaniami usługobiorców, a ocenami dotyczącymi cech usługi logistycznej wpływających na satysfakcję klienta w zakresie jakości usługi. Uzyskane wyniki prezentuje Rysunek 3. Różnica przedstawiała się następująco: stan terminalu (0,32 pkt.), stan środków transportu (0,36 pkt.), kompleksowość usług (0,4 pkt.), pełne dotrzymanie zobowiązań (0,24 pkt.), elastyczność dostaw (0,28 pkt.), bezbłądność dokumentacji (0,24 pkt.), bezbłądność dostaw (0,12 pkt.), kompletność dostaw (0,12 pkt.), terminowość dostaw (0,2 pkt.).

Najniższa wartość piątej luki dla kompletności dostaw i bezbłądności dostaw wskazała, że usługi w tych obszarach są świadczone na takim poziomie, który spełnia oczekiwania klientów i przynosi wysoki poziom satysfakcji. Następne miejsce zajęła, cecha terminowości dostaw, przy czym różnica między oczekiwaniami a oceną świadczonej usługi była nieznacznie większa. To świadczy o tym, że istnieje świadomość oczekiwań klientów oraz duże zaangażowanie w dostarczanie usług na wyjątkowo wysokim poziomie jakości. Największe wartości piątej luki wystąpiły w przypadku kompleksowości usług oraz stanu środków transportu i stanu terminalu. Klienci oczekiwali możliwości skorzystania z rozszerzonej oferty usług, która nie tylko obejmuje transport chłodniczy, ale także dodatkowe usługi, takie jak obsługa zamówień klienta, kontrola towarów, pakowanie oraz analiza popytu i prognozowanie sprzedaży.



Rys. 3. Różnica pomiędzy oczekiwaniami a ocenami klientów dotyczącymi ważności cech usługi logistycznej (w punktach)

## Podsumowanie

W dzisiejszej gospodarce usługi logistyczne napotyka coraz większe wyzwania związane z rosnącym wolumenem produkcji, specjalizacją i współpracą w produkcji. Nie istnieje jedna uniwersalna strategia, która zapewniłaby skuteczność działania firm w każdych okolicznościach. Firmy osiągające przewagę konkurencyjną stosują różnorodne podejścia i strategie, które odpowiadają na zmieniające się wymagania rynku. Operatorzy logistyczni muszą ciągle monitorować te wymagania, aby przetrwać na rynku. W związku z tym, stosowanie metod badawczych do pomiaru jakości usług staje się uzasadnione. Model SERVQUAL może być używany jako narzędzie przez firmy logistyczne do opracowywania strategii konkurencyjnych oraz kształtowania polityki produktowej. Ciągłe badanie satysfakcji klientów z realizowanych usług pozwala na lepsze zrozumienie wymagań jakościowych, co umożliwia stały rozwój usług na współczesnym i konkurencyjnym rynku, nawet w zmieniających się warunkach gospodarczych.

Osiągnięcie przewagi konkurencyjnej, kształtowanie pozycji przedsiębiorstwa na rynku, jest możliwe, dzięki wyznaczeniu charakterystyki wymiarowej oraz modelu jakości usług postrzeganych przez przedsiębiorstwa. Jest to potencjalne narzędzie do wzrostu jego konkurencyjności, podstawa do poprawy i doskonalenia poziomu jakości usług, a także możliwości poszerzenia obszaru świadczonych usług.

Metoda SERVQUAL poprzez swój uniwersalny charakter i możliwość zastosowania kryteriów specyficznych dla każdego sektora, stanowi skuteczne narzędzie badania charakterystycznych cech usług. Podział kryteriów na pięć grup pozwala na pełne zidentyfikowanie czynników mających wpływ na jakość oraz uporządkowanie systemu oceny jakości. Do przedstawienia zastosowanej metody posłużono się przykładem analizy przypadku, który dotyczył poziomu satysfakcji klienta z jakości świadczonych usług logistycznych w obszarze transportu drogowego chłodniczego.

## Bibliografia

- Angur, M. G., Natarajan, R., Jahera Jr, J. S. Service quality in the banking industry: an assessment in a developing economy. *International Journal of Bank Marketing*, 17(3), 116-125, 1999.
- Bolton, R.N., Drew, J.H. A Multistage Model of Customers' Assessments of Service Quality and Value. *Journal of Consumer Research*, 17, 375-384, 1991. <http://dx.doi.org/10.1086/208564>.
- Bondos, I. Cena jako marketingowy instrument oddziaływania na konsumentów. Lublin: Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, 2016.
- Carrillat F.A., Jaramillo F., Mulki J. The validity of the SERVQUAL and SERVPERF scales: a meta-analytic view of 17 years of research across five continents. *International Journal of Service Industry Management* 18(5):472-490, 2007. <https://doi.org/10.1108/09564230710826250>
- Cronin, J. J., Taylor, S. A. Measuring service quality: A reexamination and extension. *Journal of Marketing*, 56(3), 55–68. 1992. <https://doi.org/10.2307/1252296>.
- Franceschini F., Rossetto S. Quality function deployment: How to improve its use. *Total Quality Management* 9(6):491-500. 1998. <https://doi.org/10.1080/0954412988424>.
- Grönroos Ch. Adopting a service logic for marketing. *Marketing Theory* 6(3):317-333. 2006. <https://doi.org/10.1177/1470593106066794>.
- Huczek M. Kryzys przedsiębiorstwa a jakość zarządzania. Bezpieczeństwo. Teoria i Praktyka. Oficyna Wydawnicza KA AFM. 7-18, 2013.
- Janiszewska A., Klima E. Jakość życia – definicje i pomiary. w.: *Alternatywne Modele Rozwoju Miast Sieć Miast Cittaslow* pod red. Strzelecka E. Wyd. Politechnika Łódzka. 41-46. 2017.
- Karaszewski R. Servqual - metoda badania jakości świadczonych usług. *Problemy jakości* 8-10. 2001.
- Kaniewska-Mackiewicz E. Problematyka jakości życia w dyskursie nauk społecznych. *Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Gospodarki, seria Edukacja - Rodzina – Społeczeństwo*. 6, 201-222, 2021.
- Kilbourne W. E., Duffy J. A, Duffy M., Giarch G. The applicability of SERVQUAL in cross-national measurements of health-care quality. *Journal of Services Marketing* 18(7):524-533. 2004. <https://doi.org/10.1108/08876040410561857>.
- Kowalik K., Klimecka-Tatar D. Model zarządzania jakością usług w kontekście satysfakcji klienta. *Quality Production Improvement*. 1(8), 31-41, 2018.
- Parasuraman, A., Zeithaml, V., Berry, L. Reassessment of Expectations as a Comparison Standard in Measuring Service Quality: Implications for Further Research. *The Journal of Marketing*, 58, 111-124, 1994. <https://doi.org/10.2307/1252255>
- Schvaneveldt, S. J., Enkawa, T., Miyakawa, M. Consumer evaluation perspectives of service quality: evaluation factors and two-way model of quality. *Total quality management*, 2(2), 149-162, 1991.
- Seth, N., Deshmukh, S.G., Vrat, P. Service Quality Models: A Review. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 22, 913-949. 2004. <https://doi.org/10.1108/02656710510625211>.
- Sitko, J. Analiza zastosowania elementów inżynierii produkcji w utrzymaniu poziomu jakości produktów. *Systemy Wspomagania w Inżynierii Produkcji*. 4 (16). 90-99, 2016.
- Solon J. Koncepcja "Ecosystem Services" i jej zastosowania w badaniach ekologiczno-krajobrazowych. *Problemy Ekologii Krajobrazu*. 21. 25-44, 2008.
- Sompolska-Rzechula A. Jakość życia jako kategoria ekonomiczna. *Folia Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinensis. Oeconomica*. 71, 127-139. 2013.
- Teas R. K. Expectations as a Comparison Standard in Measuring Service Quality: An Assessment of a Reassessment. *Journal of Marketing*, 58, 1, 132-139, 1994. <https://doi.org/10.2307/1252257>.
- Zeithaml V.A. Consumer Perceptions of Price, Quality, and Value: A Means-End Model and Synthesis of Evidence. *Journal of Marketing*, 52, 3, 2-22. 1988. <https://doi.org/10.2307/1251446>

*Adres do korespondencji:* azapalowska@ur.edu.pl  
ORCID: Anita Zapalowska 0000-0003-4297-9854  
ORCID: Natalia Matłok 0000-0003-3658-7176  
ORCID: Maciej Balawejder 0000-0003-1674-3602

# LOGISTYCZNE ASPEKTY PRODUKCJI I DYSTRYBUCJI BIOMASY NA CELE ENERGETYCZNE

Anita Zapalowska<sup>1</sup>, Natalia Matłok<sup>1</sup>, Maciej Balawejder<sup>1</sup>, Paweł Wywrocki<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kolegium Nauk Przyrodniczych, Instytut Nauk Rolniczych, Ochrony i Kształtowania Środowiska, Uniwersytet Rzeszowski

<sup>2</sup> Dyplomant w Kolegium Nauk Przyrodniczych, Instytut Nauk Rolniczych, Ochrony i Kształtowania Środowiska Uniwersytet Rzeszowski

## Wstęp

Misją współczesnej działalności gospodarczej jest całkowite zaspokojenie potrzeb rynkowych klienta oraz uzyskanie zysku umożliwiającego rozwój przedsiębiorstwa i prowadzenie działalności gospodarczej.

Biomasa jest jednym z najważniejszych źródeł energii odnawialnej, która odgrywa kluczową rolę w zrównoważonym rozwoju energetycznym. Zgodnie z treścią znowelizowanego art. 2 pkt 3 ustawy z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii<sup>1</sup>, pod pojęciem biomasy rozumieć należy „ulegającą biodegradacji część produktów, odpadów lub pozostałości pochodzenia biologicznego z rolnictwa, w tym substancje roślinne i zwierzęce, leśnictwa i związanych działów przemysłu, w tym rybołówstwa i akwakultury, przetworzoną biomasę, w szczególności w postaci brykietu, peletu, toryfikatu i biowęgla, a także ulegającą biodegradacji część odpadów przemysłowych lub komunalnych pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego, w tym odpadów z instalacji do przetwarzania odpadów oraz odpadów z uzdatniania wody i oczyszczania ścieków, w szczególności osadów ściekowych, zgodnie z przepisami o odpadach w zakresie kwalifikowania części energii odzyskanej z termicznego przekształcania odpadów.”

Biomasa staje się istotnym źródłem energii odnawialnej, zastępując tradycyjne źródła paliw. W celu zapewnienia efektywności i spójności działań, proces produkcji i dystrybucji biomasy na cele energetyczne jest determinowany zaawansowanym podejściem logistycznym. Powszechnymi formami energii pochodzącej z biomasy są pelety, zrębki drzewne oraz etanol celulozowy<sup>2 3</sup>.

---

<sup>1</sup> Ustawa z dnia 7 czerwca 2018 r. o zmianie ustawy o odnawialnych źródłach energii oraz niektórych innych ustaw. Dz.U. 2018 poz. 1276.

<sup>2</sup> Demirbas A, Omar Al-Sasi B, Nizami A-S.: Recent volatility in the price of crude oil. In: Energy Sources, Part B: Economics Planning, and Policy. 12(5): 408-14, 2017 <https://doi.org/10.1080/15567249.2016.1153751>

<sup>3</sup> Alakangas E., Wiik C., Rautbauer J., Sulzbacher L., Baumbach G., Kilgus D., Blumberga D., Gu-scha J., Grammelis P., Malliopolou A. Classification of used wood in European solid biofuel standard: fuel specification and classes (EN 14961-1). ETA-Florence Renewable Energies; 1932- 9, 2010.

Jednym z kluczowych aspektów związanych z wykorzystaniem biomasy jest kompleksowy proces łańcucha dostaw, obejmujący odbiór, transport, magazynowanie i dystrybucję. Aby efektywnie wykorzystać biomasę jako opłacalne źródło energii, konieczne jest dokładne zorganizowanie i zoptymalizowanie tego procesu. Modelowanie łańcucha dostaw polega na tworzeniu powiązań między firmami a ich klientami, mających na celu przyniesienie korzyści obu stronom. Instrumentem wspomagającym analizę łańcuchów dostaw są matematyczne metody badań operacyjnych, które ułatwiają podejmowanie optymalnych decyzji<sup>4</sup>. Badania nad modelowaniem łańcucha dostaw biomasy skupiają się głównie na ocenie różnych scenariuszy, mających na celu minimalizację kosztów<sup>5</sup>. Skuteczność zarządzania procesem produkcji i dystrybucji biomasy determinuje wymierne korzyści dla przedsiębiorstw. Osiąga się je dzięki optymalizacji kosztów, skuteczności procesów, optymalnego doboru substratów i parametrów jakościowych biomasy

W artykule omówiono łańcuch dostaw biomasy podkreślając, że analiza biomasy w kontekście łańcucha dostaw energii musi uwzględniać szereg zmiennych oraz wyzwania związane z jej stosowaniem.

## Zarządzanie zapasami

W przypadku biomasy pochodzącej z upraw rolniczych lub leśnych, kluczowym aspektem jest zarządzanie plantacjami i polami. Wymaga to precyzyjnego planowania zbiorów i odpowiedniego zarządzania, aby zapewnić stały dostęp do surowców. Surowa biomasa, aby stać się efektywnym źródłem energii, musi być odpowiednio przetworzona. Procesy logistyczne w tym przypadku obejmują transport surowców do zakładów przetwórczych a następnie zarządzanie procesem produkcji. Po przetworzeniu biomasy konieczne jest jej dostarczenie do elektrowni lub zakładów przemysłowych, gdzie jest wykorzystywana do produkcji energii. Dostępność odpowiednich środków transportu jest kluczowa do przewozu biomasy na duże odległości<sup>6</sup>.

## Zbiór i przetwarzanie biomasy

W przypadku wieloletnich roślin energetycznych, sposób zbioru ma znaczący wpływ na koszty produkcji. Najbardziej ekonomicznym rozwiązaniem jest zastosowanie kombajnów, które mogą być używane do zbioru wszystkich rodzajów upraw energetycznych. Poa cięciem, prowadzi się również proces rozdrabniania roślin, co ułatwia ich dalszą obróbkę w procesie produkcji peletów. Wydajność kombajnów zależy od rodzaju rośliny i wynosi od 0,5 do 2 hektarów na godzinę. Zbiór upraw energetycznych jest dokonywany w ciągu kilku zimowych miesięcy, gdy rośliny mają najniższą zawartość wilgotności.

---

<sup>4</sup> Kisielski P., Wardzała S. Modelowanie i analiza łańcuchów dostaw z uwzględnieniem logistyki zwrotnej. *Logistyka* 6, 1163-1172, 2015.

<sup>5</sup> Nunes L.J.R., Causer T.P., Ciolkosz D. Biomass for energy: A review on supply chain management models. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 120, 109658. 2020. <http://www.elsevier.com/locate/rser>

<sup>6</sup> Sławiński, K., Bujacek, R., Fleszar J. Transport drogowy biomasy dla celów energetycznych. *Logistyka* 4, 5685-5689, 2015.



Produkcja peletów z agrobiomasy różni się od produkcji peletów z biomasy leśnej. W pierwszym przypadku istotne jest dokładne rozdrobnienie materiału oraz konieczność dodania środka łagodzącego negatywne skutki jej użycia w kotłach. Ważnym wymogiem peletowania jest zachowanie odpowiedniej wilgotności surowca, wynoszącej 10-15%. Przy stosowaniu dodatku mineralnego istotny jest sposób i miejsce jego dozowania. Ilość dodatku zależy od składu paliwa a miejsce jego podawania powinno zapewniać dobrą dyspersję i homogeniczny skład wytworzonego peletu.

W produkcji peletów z biomasy rolniczej jako dodatek jest wykorzystywany haloizyt, który zmniejsza szkodliwe skutki spalania w kotłach<sup>7</sup>. Haloizyt nie zwiększa wartości opałowej biomasy. Jego zastosowanie spełnia warunki normy PN-EN-17225-6:2021<sup>8</sup>, dopuszczającej stosowanie dodatków w ilości do 5%, mających za zadanie poprawę jakości paliwa i procesu spalania, redukcję szlakowania oraz ograniczanie emisji szkodliwych substancji.

Dodanie haloizytu w procesie produkcji biomasy jest efektywne, gdy nastąpi jego równomiernie wymieszanie z biomasą. Dlatego ważne jest, aby był on wprowadzany na wczesnym etapie produkcji. Odpowiednim do tego miejscem jest rozdrabniacz wstępny, gdzie można go skutecznie wymieszać z biomasą, zwłaszcza jeśli jej wilgotność wynosi do 50%. Dozowanie haloizytu może odbywać się za pomocą komercyjnych dozowników wapna. Wybór odpowiedniej wielkości dozownika zależy od wydajności linii produkcyjnej i powinien wynosić co najmniej 3% suchej masy biomasy przeznaczonej do peletowania podczas jednej zmiany roboczej.

Po przeprowadzeniu procesu suszenia, biomasa jest kierowana do cyklonu w celu oddzielenia mieszanki od powietrza suszącego. Pył biomasy, który może zawierać także haloizyt, jest oddzielany w filtrze workowym, a następnie kierowany do młyna bijakowego, gdzie jest mieszany z pozostałą biomasą z suszarni. Proces ten powoduje wbijanie pyłu haloizytowego w cząstki biomasy, co zwiększa skuteczność działania tego dodatku.

Młyn bijakowy stanowi kolejne miejsce, odpowiednie do podawania tego dodatku. Zaleca się dodawanie haloizytu w tym miejscu, gdy zbyt duża ilość dodatku jest usuwana z filtra workowego. Rozdrobniona biomasa zostaje wówczas zmieszana z haloizytem i skierowana do pelecarki, gdzie dochodzi do ostatecznej homogenizacji paliwa.

Proces peletyzacji wykonuje się w maszynach z matrycą płaską lub pierścieniową<sup>9</sup>. W przypadku biomasy o niskiej zawartości ligniny korzystne jest dodawanie niewielkiej ilości lepiszcza w postaci skrobi, co ma pozytywny wpływ na jakość i trwałość peletu oraz wydłużenie żywotności części eksploatacyjnych, takich jak walec i matryca. Pelety wychodzące z matrycy mają zwykle temperaturę 70-90° C i powinny być schłodzone w przeciwniejszym kierunku do temperatury otoczenia w celu zwiększenia lepkości ligniny, ponieważ zwiększa to parametry wytrzymałościowe produktu i umożliwia jego pakowanie.

---

<sup>7</sup> Pronobis M., Kalisz S., Majcher J., Wasylów J., Sołtys J. Możliwości zastosowania biomasy w ciepłownictwie ze szczególnym podkreśleniem biomasy AGRO jako paliwa zastępującego węgiel z uwzględnieniem aspektów ekonomicznych i technicznych. Źródła ciepła i energii elektrycznej. Instal 3, 17- 25. Wyd. Ośrodek Informacji "Technika instalacyjna w budownictwie" 2020. <https://doi.org/10.36119/15.2020.3.2>

<sup>8</sup> Biopaliwa stałe - Specyfikacje paliw i klasy - Część 6: Klasy peletów niedrzewnych. PN-EN ISO 17225-6:2021-12

<sup>9</sup> Flizikowski J., Mroziński A. Inżynieria aglomeracji biomasy. ISBN: 978-83-64423-39-0. Wyd. Bydgoszcz, 2016.

## Magazynowanie i transport

Aby zachować odpowiednią jakość i zapobiec degradacji, biomasa musi być przechowywana w odpowiednich warunkach. Magazyny powinny być zaprojektowane w sposób umożliwiający efektywne jej składowanie. Niezbędne jest dokładne zarządzanie zapasami w celu uniknięcia przerw w dostawach. Monitoring zapasów biomasy oraz prognozowanie zapotrzebowania stanowią kluczowy element w zarządzaniu tym zasobem. Produkcja biomasy często podlega wpływowi sezonów i zmianom dostępności różnych źródeł surowców. Biomasa musi być przechowywana i przetwarzana w sposób zapewniający jej jakość i efektywność energetyczną. To wymaga dokładnych procedur kontroli jakości i monitorowania procesu. Logistyka musi uwzględniać zmienne koszty przy planowaniu produkcji i dystrybucji surowców biomasy, których cena może podlegać znacznym wahaniom.

Biopaliwo w postaci peletu wymaga zabezpieczenia przed wilgocią w trakcie procesów magazynowania oraz późniejszego transportu, załadunku oraz rozładunku. Samochody wykorzystywane do transportu muszą zatem być przystosowane do przewozu tak wrażliwego na oddziaływanie warunków atmosferycznych materiału. Pelet, w celu uniknięcia negatywnego oddziaływania warunków atmosferycznych, powinien być składowany w magazynach, silosach lub kotłowni<sup>10</sup>. Przetworzona biomasa w postaci peletu może ulec mechanicznym uszkodzeniom podczas procesów dynamicznych jakim jest transport, przeładunek oraz jego przechowywanie. Za większość uszkodzeń odpowiedzialne są również długotrwałe działania statyczne obciążeń ściskających, które prowadzą do naruszenia struktury peletów.

Wytworzony pelet, w celu zachowania swoich właściwości wytrzymałościowych, powinien być odpowiednio zabezpieczony zarówno podczas składowania jak i transportu. Transport peletu do indywidualnych odbiorców wykonywany jest głównie w foliowych workach, które chronią go przed wilgocią. Granulat może być pakowany w worki o wadze od 10 do 25 kg. Opakowania foliowe mają mikro-otwory, które chronią produkt przed pęknięciem podczas pakowania (związane z rozprężaniem powietrza). Pelety pakowane w worki przygotowywane do transportu, nie powinny być magazynowane na otwartej przestrzeni, gdyż podczas opadów atmosferycznych mogą ulec zawilgoceniu. To prowadzi do obniżenia wytrzymałości mechanicznej i wartości opałowej granulatu. Worki z peletem są układane na paletach, a ilość worków na jednej palecie zależy od wagi pojedynczego worka (na jednej palecie może być umieszczonych od 40 do 100 worków). Do zabezpieczania worków przed niekorzystnymi warunkami atmosferycznymi i zapewniania im stabilności podczas transportu, stosuje się folię typu stretch. Alternatywnym rodzajem opakowania do transportu i przechowywania peletu są worki typu big bag, które są w stanie pomieścić do 1 tony peletu. Te worki są wykonane z tkaniny polipropylenowej, która efektywnie chroni pelet przed wilgocią. Pelety umieszczone w big bagach oraz w workach na palecie powinny być dodatkowo zabezpieczone elastycznymi pasami, które zapobiegają przesuwaniu się ładunku podczas transportu, co minimalizuje ryzyko ścierania się peletu. Ponadto, transport powinien być przeprowadzany za pomocą pojazdów, nie narażających pelet na działanie czynników atmosferycznych.

---

<sup>10</sup> Sławiński K., Zdanowicz A.: Techniki transportu drogowego pelletu. Przewoźnicy i systemy transportowe. Autobusy 8, 2016.

## Koszty

Koszty produkcji i dystrybucji biomasy na cele energetyczne mogą być złożone i zależeć od wielu czynników, w tym od rodzaju biomasy, technologii produkcji, lokalizacji, skali operacji i obowiązujących regulacji. Ich redukcję zapewnić może właściwa optymalizacja procesów logistycznych. Podejmowane w tym celu działania powinny być ukierunkowane na zwiększanie produktywności oraz minimalizowanie kosztów. Współpraca z doświadczonymi specjalistami oraz inwestycje w nowoczesne technologie mogą pomóc firmom energetycznym w osiągnięciu tego celu.

Stabilna cena biomasy ma istotny wpływ na cenę energii z peletu. W celach oszczędności kosztów wytwarzania należy optymalizować odpowiednie parametry produkcyjne materiału końcowego. W przypadku biomasy z upraw rolniczych najniższe ceny można uzyskać dzięki wieloletnim plantacjom roślin energetycznych, odpowiednio dobranych dla danej gleby i warunków klimatycznych. Zakładanie upraw wieloletnich wymaga jednak nakładów w wysokości 6-12 tys zł/ha w zależności od rodzaju rośliny. Właściciel plantacji powinien mieć zapewnioną gwarancję odbioru biomasy na przewidywanych warunkach cenowych w czasie 10-15 lat produkcji i dystrybucji<sup>11</sup>.

Istotnym sposobem obniżania kosztów jest współpraca z lokalnymi i stałymi dostawcami. Wynika to z konieczności ograniczenia kosztów na transport biomasy. Tacy dostawcy powinni znajdować się w niedużej odległości od zakładów energetycznych czy zakładów przetwórczych formujących biomasę. Długoletnia współpraca stwarza możliwości obniżania cen za obopólną korzyścią.

Zakład energetyczny może rozliczać energię wytworzoną z biomasy jako „zieloną” jeśli wykáže, że spełnia ona kryteria zrównoważonego rozwoju, co poświadcza się stosownym certyfikatem.

Cena określona w wieloletnich krajowych kontraktach oznacza uniezależnienie się od importu, ceł i zmiany kursu walut, jak również niespodziewanych decyzji politycznych.

## Certyfikacja

W celu przeprowadzenia efektywnego procesu spalania i uzyskania zadowalającej ilości energii, konieczne jest korzystanie z peletów najlepszej jakości. Aby ograniczyć wprowadzenie na rynek biopaliw o niskiej jakości oraz sprostać oczekiwaniom indywidualnych odbiorców, wdrożono system certyfikacji biopaliw. O jakości peletu świadczą jego właściwości fizykochemiczne: wartość opałowa, gęstość usypowa, skład granulometryczny oraz wilgotność. Jednym z ważniejszych parametrów jest wytrzymałość mechaniczna, która jest odpornością na siły występujące podczas ścierania i wstrząsów w procesach transportu oraz magazynowania.

Przy poszukiwaniu potencjalnego dostawcy biomasy na giełdzie, brane są pod uwagę następujące certyfikaty i standardy jakości:

---

<sup>11</sup> Pronobis M., Sołtys B., Sołtys J.: Produkcja pelletu z biomasy agro. *Biomasa*, (84), 48-52, 2022. Pozyksano z: [https://issuu.com/magbiomasa/docs/2022-03\\_84-issuu](https://issuu.com/magbiomasa/docs/2022-03_84-issuu)

- ISCC (*International Sustainability & Carbon Certification*), system certyfikacji łańcucha produkcji biomasy i biopaliw dający możliwość rozróżnienia nośników energii produkowanych w sposób zrównoważony przy wykorzystaniu odnawialnych źródeł. ISCC opiera się o wymogi Dyrektywy Parlamentu Europejskiego dotyczącej odnawialnych źródeł energii<sup>12</sup>. System ten ma na celu ochronę biosfery, racjonalne gospodarowanie gruntami, ale także zrównoważony rozwój oraz redukcję emisji gazów cieplarnianych (dzięki umożliwieniu śledzenia wielkości emisji na każdym etapie procesu produkcji biomasy i biopaliw),
  - FSC (*Forest Stewardship Council*), system certyfikacji oznaczający, że biomasa leśna pochodzi z lasów zarządzanych z poszanowaniem zasad zrównoważonego rozwoju,
  - PEFC (*Programme for the Endorsement of Forest Certification*), system potwierdzający zrównoważone zarządzanie lasami,
  - RSB (*Roundtable on Sustainable Biomaterials*) dotyczy biomasy i potwierdza, że produkcja jest zrównoważona ekologicznie, społecznie i gospodarczo,
  - ENplus jest europejskim standardem dotyczącym jakości peletów drzewnych,
  - ISO 9001 oznacza, że dostawca ma system zarządzania jakością,
  - ISO 14001 dotyczy zarządzania środowiskowego, co jest istotne w produkcji biomasy,
  - OHSAS 18001/ISO 45001 dotyczy standardów zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy,
  - ISO 50001 to standard dotyczący zarządzania energią, który może wskazywać na efektywne wykorzystanie energii w produkcji biomasy,
  - CE Marking oznacza zgodność z europejskimi standardami jakości,
  - DIN Plus jest to niemiecki standard jakości dla peletów drzewnych.
- Oprócz tego, Komitet RED II ds. Zrównoważonego Rozwoju Biopaliw, Biopłynów i Paliw z Biomasy<sup>13</sup> pozytywnie ocenił 13 systemów dobrowolnych, w tym m.in.:
- SURE (Support to mitigate Unemployment Risks in an Emergency),
  - KZR INGiG (System Kryteriów Zrównoważonego Rozwoju Instytutu Nafty i Gazu),
  - ISCC EU (International Sustainability & Carbon Certification),
  - RED (Renewable Energy Directive).

Certyfikaty te obejmują wszystkie etapy procesu produkcyjnego- począwszy od produkcji i skupu surowca, poprzez jego przetwarzanie, operacje handlowe aż po samo wytwarzanie biomasy oraz biopaliw.

## Problemy i wyzwania

Wysoka jakość peletów jest ściśle związana z rodzajem surowców oraz ich odpowiednim przygotowaniem. Warto pamiętać, że sposób, w jaki są transportowane i składowane, ma kluczowy wpływ na wytrzymałość mechaniczną. Granulat o niskiej wytrzymałości mechanicznej łatwo ulega kruszeniu, co prowadzi do powstawania pyłu, który jest źródłem problemów podczas eksploatacji. Często spotykane z tym zjawiskiem trudności obejmują uszkodzenia podajników ślimakowych w kotłach automatycznych, kłopoty z automatycznym rozpalaniem peletu w palniku, spadek wydajności kotła, wzrost emisji pyłów, osadzanie się

---

<sup>12</sup> 2009/28/WE 2009 r Dyrektywa Parlamentu Europejskiego.

<sup>13</sup> Dyrektywa RED II reguluje produkcję, dystrybucję i zastosowanie energii ze źródeł odnawialnych, w tym biopaliw, biopłynów i paliw z biomasy.

na wymienniku ciepła oraz podnoszenie temperatury spalin. Ponadto istnieje ryzyko samozapłonu i wybuchu.

Pelety charakteryzujące się niską trwałością mechaniczną stanowią wyzwanie podczas składowania, przeładunku oraz transportu. Dlatego, aby zapewnić peletom odpowiednią trwałość i efektywne wykorzystanie, kluczowym jest staranne przygotowanie surowców oraz precyzyjne zarządzanie procesem produkcji i dystrybucji,

Polskie przedsiębiorstwa energetyczne decydują się na importowanie biomasy z zagranicy, ponieważ czasem jest to tańsze rozwiązanie niż zakupy u miejscowych dostawców. W Polsce, dostawcy biomasy zazwyczaj są mniejsi i bardziej rozproszeni, co sprawia, że nie jest możliwe zakupienie większych ilości surowca do produkcji bioenergii. Za granicą można nabyć duże ilości biomasy od jednego dostawcy. Korzyścią importu biomasy jest możliwość negocjacji cen z jednym dużym producentem. Często biomasa sprowadzana jest z tańszych krajów (państwa afrykańskie, Rosja, Ukraina, Białoruś), w postaci drewna lub pozostałości roślinnych. Niestety, jest to przyczyna tego, że w Polsce nie rozwinęły się wielkopowierzchniowe plantacje roślin energetycznych (np. wierzby energetycznej), a te które powstały, nie generują zysków i w konsekwencji podlegają likwidacji.

Nachylenia w zamówieniach mogą prowadzić do problemów z zarządzaniem zapasami i planowaniem transportu, szczególnie jeśli zapotrzebowanie na pelety jest niestabilne. Ze względu na wagę i objętość, koszty transportu peletów mogą być stosunkowo wysokie. Optymalizacja tras oraz wybór odpowiednich środków transportu są kluczowe dla obniżenia tych kosztów. Klienci mogą mieć różne lokalizacje dostawy, co z kolei może prowadzić do skomplikowanego planowania tras oraz zwiększać koszty samej dostawy. W kontekście obecnych trendów związanych ze zrównoważonym transportem, znalezienie ekologicznych rozwiązań transportowych dla peletów (na przykład elektrycznych lub hybrydowych pojazdów) stanowi dodatkowe wyzwanie.

Rozwiązaniem problemów może być precyzyjne planowanie, staranne zarządzanie jakością, inwestycje w odpowiednie technologie składowania oraz stosowanie nowoczesnych systemów monitorowania i zarządzania łańcuchem dostaw. Współpraca z doświadczonymi firmami logistycznymi specjalizującymi się w transporcie produktów tego typu również może znacząco przyczynić się do rozwiązania wielu z tych wyzwań.

## Podsumowanie

Biomasa jako surowiec energetyczny jest mocno zróżnicowana pod względem cech fizyczno-chemicznych, w tym niskiej gęstości, objętości i wartości opałowej. Dodatkowo, rozproszenie geograficzne wymaga specjalnego podejścia w planowaniu i projektowaniu łańcucha dostaw. W zakresie wytwarzania energii z biomasy, uwzględniane są technologie o różnych uwarunkowaniach prawnych i technicznych, które wpływają na efektywność procesu przetwarzania biomasy. Skuteczne działania wymagają holistycznego podejścia zapewniającego efektywną produkcję energii. Logistyczne aspekty produkcji i dystrybucji biomasy na cele energetyczne obejmują kompleksowe zarządzanie całym procesem- od pozyskania surowca po dostarczenie gotowego produktu do miejsca przeznaczenia. Obejmuje to zbiór, transport, przetwarzanie, magazynowanie i monitorowanie procesu logistycznego. Optymalizacja procesu logistycznego dodaje wartość poprzez właściwe wykorzystanie miejsca,

czasu, jakości i przepływu informacji w procesie produkcji. Jej celem jest eliminacja wszystkich zbędnych elementów, które nie przynoszą wartości dla klienta. Nadmiarowe elementy generują jedynie dodatkowe koszty i marnują czas. W celu wydajnego funkcjonowania systemu logistyki przetwarzania, przeładunku, transportu i magazynowania biomasy kluczowym jest odpowiedni dobór technologii, maszyn oraz środków dostawczych. Od organizacji zajmujących się przetwarzaniem biomasy w energię wymagane jest, aby posiadały one sprawne systemy zarządzania łańcuchami dostaw i procesami logistycznymi w celu ograniczenia kosztów i zapewnienia dobrej jakości paliwa. Dotyczy to zarówno organizacji systemu pozyskania, jak i transportu biomasy od producenta do instalacji energetycznej.

## Bibliografia

- Alakangas E., Wiik C., Rautbauer J., Sulzbacher L., Baumbach G., Kilgus D., Blumberga D., Guscha J., Grammelis P., Malliopoulou A. Classification of used wood in European solid biofuel standard: fuel specification and classes (EN 14961-1). ETA-Florence Renewable Energies; 1932-1939, 2010.
- Biopaliwa stałe - Specyfikacje paliw i klasy- Część 6: Klasy peletów niedrzewnych. PN-EN ISO 17225-6:2021-12.
- Demirbas A, Omar Al-Sasi B, Nizami A-S.: Recent volatility in the price of crude oil. In: Energy Sources, Part B: Economics Planning, and Policy. 12(5): 408-14, 2017. Pozyskano z: <https://doi.org/10.1080/15567249.2016.1153751>.
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego 2009/28/WE.
- Flizikowski J., Mroziński A.: Inżynieria aglomeracji biomasy. ISBN: 978-83-64423-39-0. Wyd. Bydgoszcz, 2016.
- Kisielewski P., Wardzała S.: Modelowanie i analiza łańcuchów dostaw z uwzględnieniem logistyki zwrotnej. Logistyka 6, 1163-1172, 2015.
- Nunes L.J.R., Causer T.P., Ciolkosz D.: Biomass for energy: A review on supply chain management models. Renewable and Sustainable Energy Reviews 120, 109658. 2020. <http://www.elsevier.com/locate/rser>
- Pronobis M., Kalisz S., Majcher J., Wasylów J., Sołtys J.: Możliwości zastosowania biomasy w ciepłownictwie ze szczególnym podkreśleniem biomasy AGRO jako paliwa zastępującego węgiel z uwzględnieniem aspektów ekonomicznych i technicznych. Źródła ciepła i energii elektrycznej. Instal 3, 17- 25. Wyd. Ośrodek Informacji "Technika instalacyjna w budownictwie" 2020. <https://doi.org/10.36119/15.2020.3.2>
- Pronobis M., Sołtys B., Sołtys J.: Produkcja pelletu z biomasy agro. Biomasa, (84), 48-52, 2022. [https://issuu.com/magbiomasa/docs/2022-03\\_84-issuu](https://issuu.com/magbiomasa/docs/2022-03_84-issuu)
- Sławiński, K. , Bujaczek, R. , Fleszar, J.: Transport drogowy biomasy dla celów energetycznych. Logistyka 4, 5685-5689, 2015.
- Sławiński K., Zdanowicz A. 2016. Techniki transportu drogowego pelletu. Przewoźnicy i systemy transportowe. Autobusy 8., 2016.
- Ustawa z dnia 7 czerwca 2018 r. o zmianie ustawy o odnawialnych źródłach energii oraz niektórych innych ustaw. Dz.U. 2018 poz. 1276.

Adres do korespondencji: [azapalowska@ur.edu.pl](mailto:azapalowska@ur.edu.pl)  
ORCID: Anita Zapalowska 0000-0003-4297-9854  
ORCID: Natalia Matłok 0000-0003-3658-7176  
ORCID: Maciej Balawejder 0000-0003-1674-3602





**WIR**  
WYDAWNICTWO

ISBN 978-83-64377-55-6