



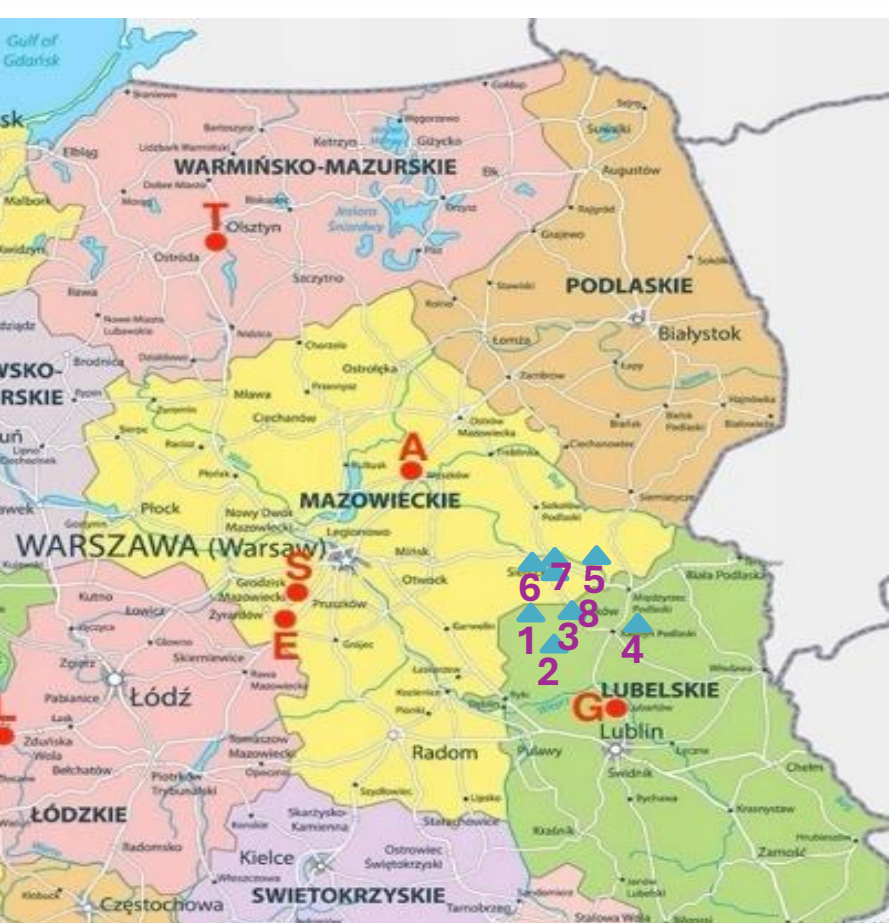
Wybrane problemy dotyczące optymalizacji transportu

Wstęp

Optymalizacja procesów transportowych to istotny element zarządzania logistyką w dynamicznych warunkach rynkowych. Wysokie oczekiwania konsumentów dotyczące szybkości i terminowości dostaw oraz rosnąca konkurencja wymuszają wdrażanie rozwiązań minimalizujących puste przebiegi i skracających czas realizacji zamówień. Niektóre produkty wymagają szczególnej dbałości ze względu na krótką trwałość lub wrażliwość na warunki transportu, co sprawia, że terminowość dostaw jest ważna. Skrócenie czasu dostawy zwiększa renomę firmy, elastyczność sieci oraz przewagę konkurencyjną. Problem pustych przebiegów generuje niekorzystne skutki finansowe i środowiskowe. Dlatego konieczne jest wdrażanie rozwiązań optymalizacyjnych, które uczynią procesy logistyczne efektywniejszymi, tańszymi i bardziej ekologicznymi.

Celem niniejszej pracy była problematyka optymalizacji wybranych problemów dotyczących transportu.

Minimalizacja czasu dostaw



Rys. 1. Lokalizacja centrów dystrybucji oraz sektorów

Zmienne decyzyjne, podaż centrów dystrybucji, popyt sektorów na zestawy oraz czasy rozładunku przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Dane do optymalizacji

	1	2	3	4	5	6	7	8	Podaż
A	x_{A1}	x_{A2}	x_{A3}	x_{A4}	x_{A5}	x_{A6}	x_{A7}	x_{A8}	250
E	x_{E1}	x_{E2}	x_{E3}	x_{E4}	x_{E5}	x_{E6}	x_{E7}	x_{E8}	200
G	x_{G1}	x_{G2}	x_{G3}	x_{G4}	x_{G5}	x_{G6}	x_{G7}	x_{G8}	200
L	x_{L1}	x_{L2}	x_{L3}	x_{L4}	x_{L5}	x_{L6}	x_{L7}	x_{L8}	250
S	x_{S1}	x_{S2}	x_{S3}	x_{S4}	x_{S5}	x_{S6}	x_{S7}	x_{S8}	200
T	x_{T1}	x_{T2}	x_{T3}	x_{T4}	x_{T5}	x_{T6}	x_{T7}	x_{T8}	150
Popyt	4	4	12	2	2	12	12	10	
Wyładunek [h]	1,00	0,66	0,50	1,00	0,75	0,33	0,33	0,50	

Z tego względu hurtownie nie muszą w całości wykorzystać możliwości. Popyt każdego sektora musi zostać zaspokojony, ponieważ w innym przypadku supermarkety nie otrzymają zestawów na czas. Ponadto zmienne decyzyjne muszą być liczbami całkowitymi.

Warunki ograniczające dotyczące podaży:

$$x_{A1} + x_{A2} + x_{A3} + x_{A4} + x_{A5} + x_{A6} + x_{A7} + x_{A8} \leq 250$$

$$x_{T1} + x_{T2} + x_{T3} + x_{T4} + x_{T5} + x_{T6} + x_{T7} + x_{T8} \leq 150$$

Warunki ograniczające dotyczące popytu:

$$x_{A1} + x_{E1} + x_{G1} + x_{L1} + x_{S1} + x_{T1} = 4$$

$$x_{A8} + x_{E8} + x_{G8} + x_{L8} + x_{S8} + x_{T8} = 10$$

Tabela 3. Liczba zestawów dostarczonych do sektorów

	1	2	3	4	5	6	7	8	Podaż
A	1	1	2	1	0	0	5	2	12
E	1	0	2	0	0	3	3	2	11
G	1	1	4	0	0	4	3	2	15
L	0	0	0	0	0	0	0	0	250
S	1	2	4	1	2	5	1	4	20
T	0	0	0	0	0	0	0	0	150
	4	4	12	2	2	12	12	10	
Popyt	4	4	12	2	2	12	12	10	

Z tabeli 4 wynika, że najdłuższy czas przejazdu i wyładunku wynosił **5h (T2)**, natomiast po optymalizacji został skrócony do **4,3 h (S3)** (tab. 5).

Tabela 4. Łączny czas na trasach bazowych

	1	2	3	4	5	6	7	8
A	3,5	3,6	3,6	3,5	2,0	2,2	3,5	3,1
E	3,4	2,5	3,6	2,5	2,4	3,3	3,0	3,4
G	3,0	1,9	3,4	1,2	1,8	3,4	2,9	3,4
L	3,9	4,4	4,3	4,6	4,2	4,0	3,6	4,0
S	3,1	3,8	4,3	3,1	3,3	3,8	2,1	4,2
T	4,6	5,0	4,8	4,6	4,4	4,6	4,3	4,6

Tabela 5. Łączny czas przejazdu i wyładunku

	1	2	3	4	5	6	7	8
A	3,5	3,6	3,6	3,5	0,0	0,0	3,4	3,1
E	3,4	0,0	3,6	0,0	0,0	3,3	3,0	3,4
G	3,0	1,9	3,4	0,0	0,0	3,4	2,9	3,4
L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
S	3,1	3,8	4,3	3,1	3,3	3,7	2,1	4,2
T	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Redukcja czasu dostaw

Metodykę postępowania przeprowadzono na sieci centrów dystrybucji (rys. 2). Zidentyfikowano odległości pomiędzy nimi. Centra współpracują ze sobą, wymieniając towary w dwóch kierunkach. Punkty transportowe, są stałe i znane, każdy może być miejscem załadunku i wyładunku. Istnieją sytuacje, w których popyt nie równa się podaży, wtedy pojazd jedzie bez ładunku lub nie w pełni załadowany.

Tabela 6. Wielkości przewozów (liczby całopojazdowych środków transportu)

i, j	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	Wywóz	e_j
I	0	4	3	5	9	3	5	4	4	5	2	4	5	4	3	15	10	85	
II	6	0	6	13	7	5	6	9	2	5	7	4	3	5	3	9	11	101	
III	2	3	0	4	3	9	2	10	1	6	5	7	4	3	4	4	3	70	
IV	3	10	3	0	4	5	3	7	2	3	10	5	3	2	3	4	9	76	
V	11	5	3	3	0	3	7	6	4	5	2	10	7	5	6	18	6	101	
VI	3	4	8	3	3	0	1	11	5	6	3	6	4	10	3	2	1	73	
VII	9	3	1	2	6	1	0	4	9	4	1	5	5	3	4	9	4	70	
VIII	4	10	10	7	6	9	2	0	2	4	6	10	3	6	3	7	5	94	
IX	4	2	1	1	5	4	6	1	0	10	1	4	13	5	9	4	2	72	
X	4	3	3	2	8	7	4	4	11	0	1	6	12	8	15	2	2	92	
XI	2	7	5	9	3	3	1	6	1	1	0	2	1	2	1	2	4	50	
XII	6	5	4	3	11	6	5	8	3	5	1	0	4	11	5	8	2	87	
XIII	6	3	5	2	8	7	4	3	13	13	1	5	0	6	11	3	3	93	
XIV	4	3	5	1	4	11	1	7	6	9	2	9	5	0	9	4	2	82	
XV	4	4	3	2	7	5	3	3	10	14	1	5	12	9	0	3	2	87	
XVI	12	7	3	3	16	4	9	6	4	5	2	9	6	5	5	0	5	101	
XVII	9	10	2	9	6	2	4	5	3	3	5	4	2	3	3	7	0	77	
Przywóz i_j	89	83	65	69	106	84	63	94	80	98	50	95	89	87	87	101	71		

Tabela 7. Różnica między przywozami a wywozami

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII
$i_i - e_j$	4	-18	-5	-7	5	11	-7	0	8	6	0	8	-4	5	0	0	-6

Zapisano funkcję celu za pomocą zmiennych decyzyjnych (liczba pustych przebiegów między poszczególnymi centrami) i odległości między nimi. Wykorzystano Solver, po rozwiązaniu minimalny przebieg pustych przejazdów wynosił ponad **14 tys. km**. Zera oznaczają brak przewozu dla relacji a wartości dodatnie liczbę i rodzaj takich przewozów (tab. 8).

Tabela 8. Zestawienie dostawców i odbiorców po minimalizacji

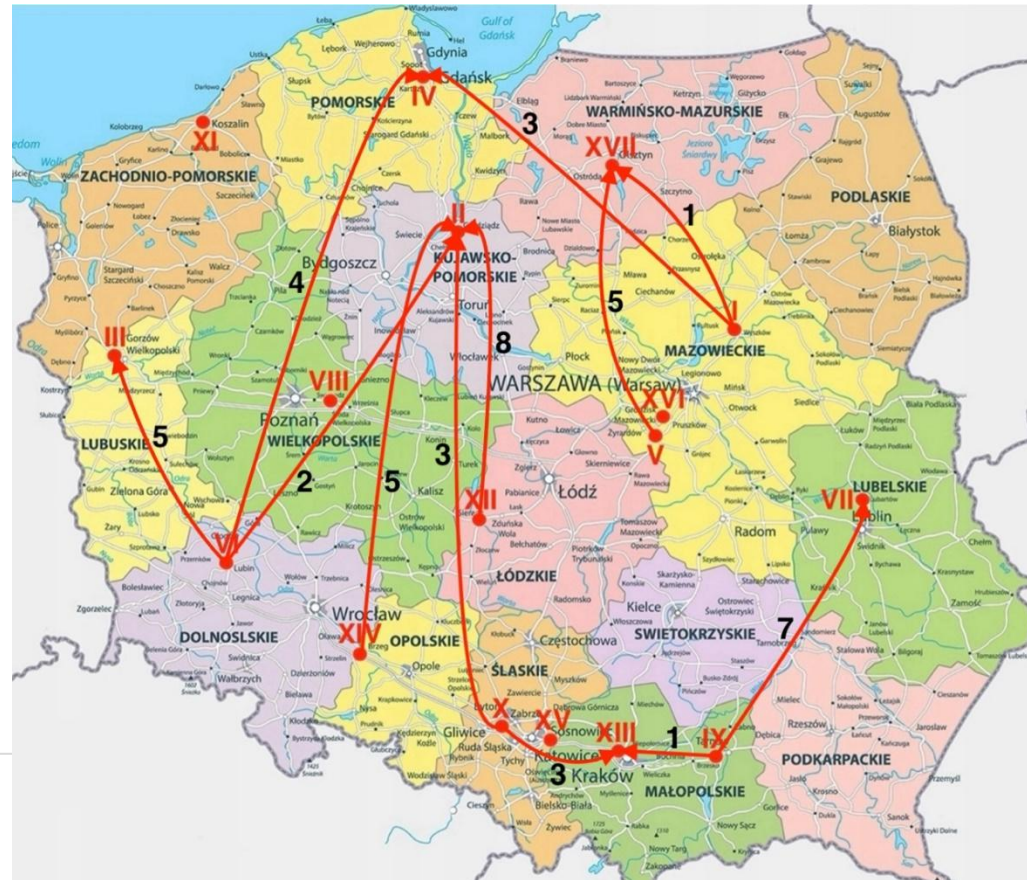
Do-wca	Od-rca	Odl.	Przewóz
I	II	250	0
I	III	525	0
I	IV	325	3
I	VII	204	0
I	XIII	363	0
I	XVII	174	1
V	II	285	0
V	III	439	0
V	IV	391	0
V	VII	206	0
V	XIII	279	0
V	XVII	226	5
VI	II	360	2
VI	III	194	5
VI	IV	457	4
VI	VII	617	0
VI	XIII	354	0
VI	XVII	502	0
IX	II	560	0
IX	III	622	0
IX	IV	671	0
IX	VII	296	7
IX	XIII	95	1
IX	XVII	532	0
X	II	413	3
X	III	464	0
X	IV	522	0
X	VII	453	0
X	XIII	89	3
X	XVII	481	0
XII	II	290	8
XII	III	360	0
XII	IV	399	0
XII	VII	353	0
XII	XIII	310	0
XII	XVII	337	0
XIV	II	450	5
XIV	III	339	0
XIV	IV	550	0
XIV	VII	505	0
XIV	XIII	226	0
XIV	XVII	487	0
Catkowity minimalny pusty przebieg			14040

Puste przebiegi w PL i UE w 2022 r.:
PL – 22,5%; UE – 21,9%.



Rys. 2. Lokalizacja centrów dystrybucji

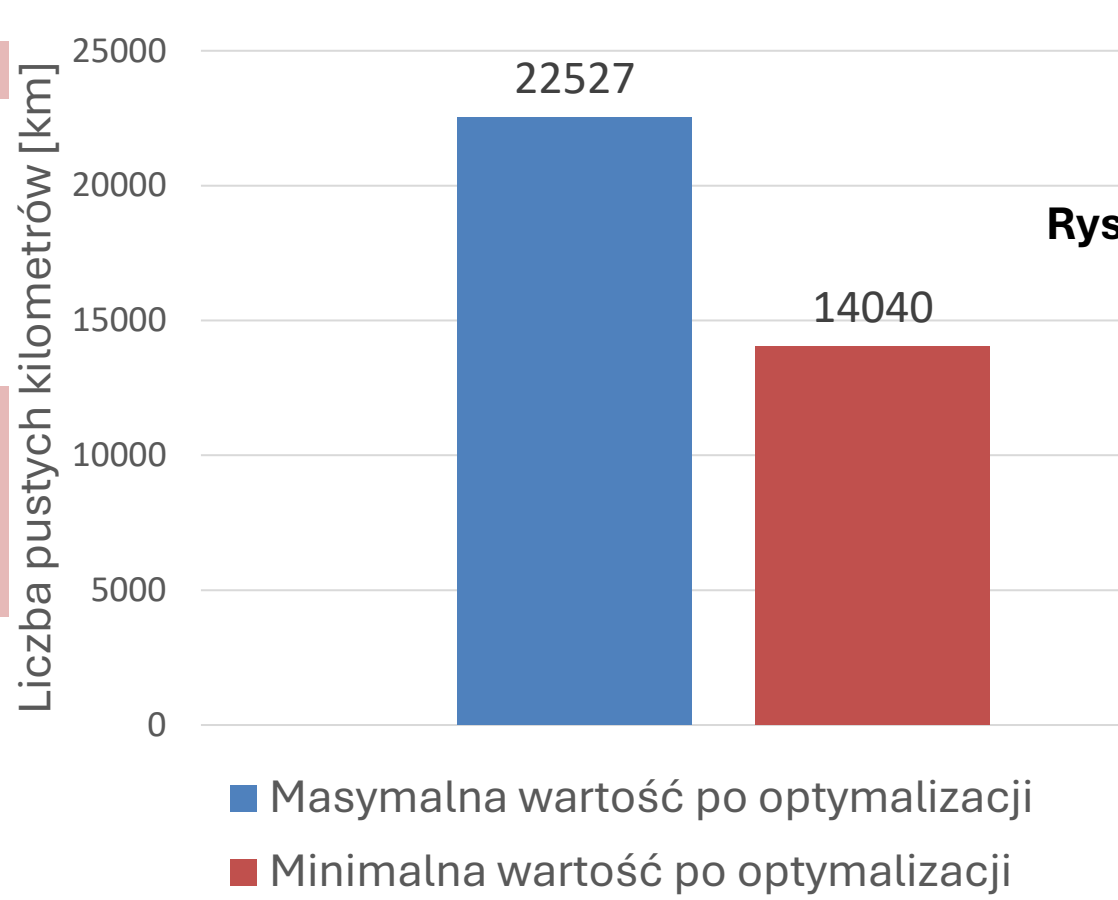
Celem analizy była minimalizacja pustych przebiegów. Określono wielkości przewozów (tab. 6). Zestawiono bilans przywozów i wywozów, wyznaczono różnice między nimi (tab. 7). Wynik dodatni oznacza, że węzeł ma nadwyżkę pojazdów (dostawca); ujemny - zapotrzebowanie na pojazdy (odbiorca). Bilans zerowy nie generuje ani popytu ani podaży.



Rys. 3. Plan przejazdów minimalizujący puste przebiegi

Dodatkowo, aby zbadać rozpiętość problemu funkcję celu skierowano na wartość maksymalną. Wyniki przedstawiono na rysunku 4. Dysproporcja między najlepszym a najgorszym wariantem rozwiązania wyniosła niespełna **8,5 tys. km**.

Graficzna interpretacja faktycznie zrealizowanych przewozów ukazana została na rysunku 3. Zapewniają one minimalny przebieg kilometrów pokonywanych bez ładunków.



Rys. 4. Porównanie maksymalnej i minimalnej wartości pustych przebiegów po optymalizacji [km]

Wnioski

- Przewozy bez ładunków mają niekorzystny wpływ na gospodarkę a ponadto zanieczyszczają środowisko naturalne i zwiększają koszty.
- Im więcej pojazdów oraz punktów transportowych tworzy daną sieć transportową, tym trudniej zaplanować procesy. Zastosowanie dodatku Solver pozwala na usprawnianie procesów planowania tras przejazdów.
- Efektom końcowym pierwszego problemu decyzyjnego była redukcja maksymalnego czasu dostawy o **14%**. Najdłuższy czas przejazdu i wyładunku w analizowanej sieci wynoszący **5 h**, został zredukowany do **4,3 h**.
- W ramach analizowanej sieci zmniejszono liczbę „pustych” przebiegów o ponad **37%**. Maksymalny przebieg środków transportu bez ładunku wynosił **22527 km**, a minimalny **14040 km**. Rozpiętość problemu wyrażona w jednostkach eksploatacji pojazdu wyniosła **8487 km** – o tyle bowiem skrócono łączny dystans kilometrów pokonanych bez ładunku.

Specjalność: **LOGISTYKA PRZEDSIĘBIORSTW**