

# System optymalnej alokacji urządzeń drukujących w przedsiębiorstwie uwzględniający możliwość redukcji kosztów zużycia energii elektrycznej

Przemysław KASZYŃSKI (IGSMiE PAN), Roman RÓJ (CTO Bleubrain)

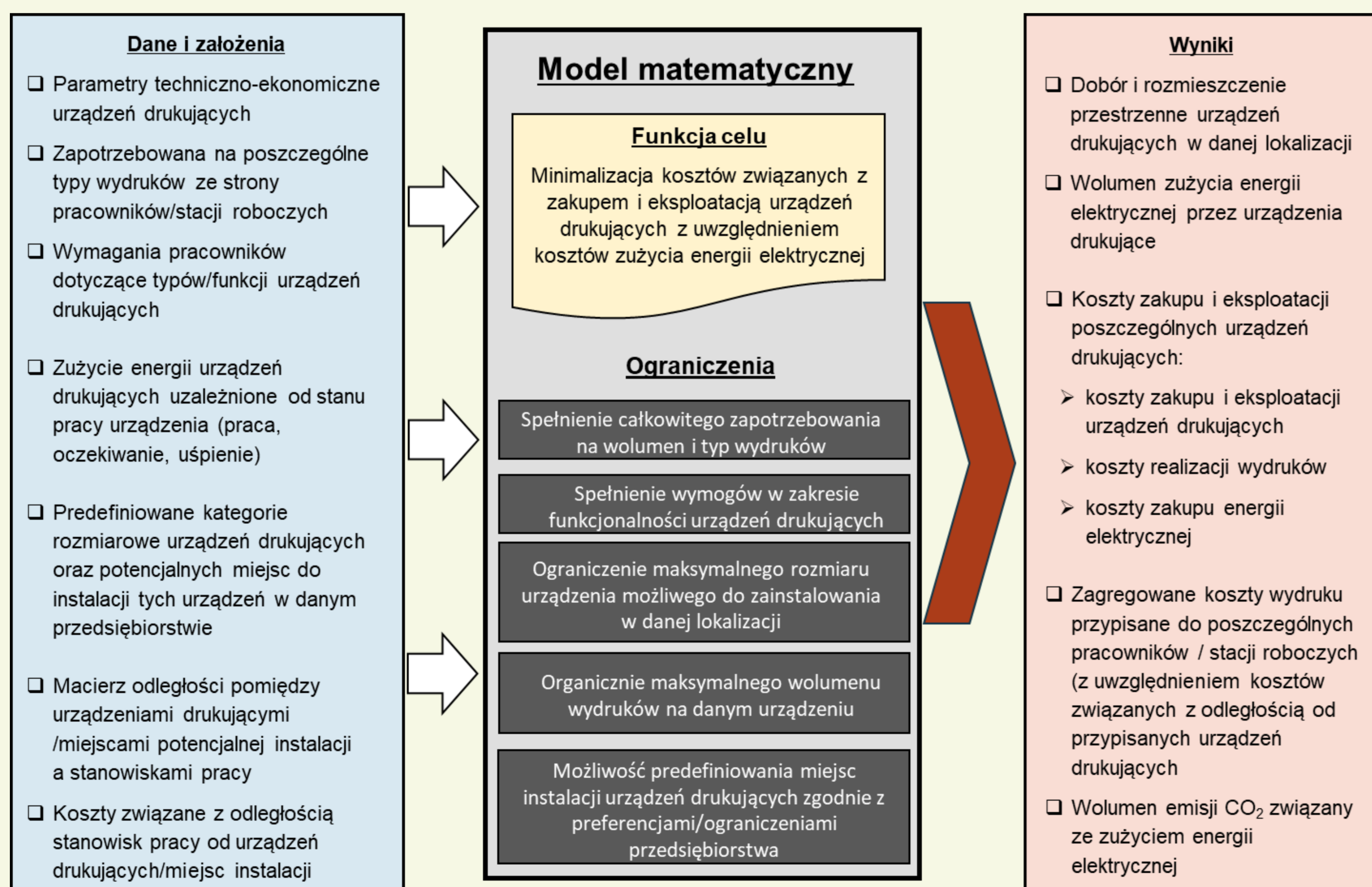
## Wprowadzenie

Duża niepewność na rynkach paliw i energii związana z trwającym procesem dekarbonizacji i transformacji w kierunku gospodarki zeroemisyjnej, pogłębiona dodatkowo czynnikami globalnymi jak pandemia COVID-19 oraz wojna w Ukrainie, skutkuje obserwowanym wzrostem cen surowców i energii. W konsekwencji koszty zakupu energii stanowią znaczne obciążenie nie tylko dla przedsiębiorstw energochłonnych, ale również dla pozostałych przedsiębiorstw i instytucji publicznych. Z tego względu poszukują one metod i narzędzi umożliwiających redukcję zużycia energii elektrycznej oraz śladu węglowego związanego z własną działalnością w celu poprawy efektywności energetycznej oraz realizacji celów środowiskowych.

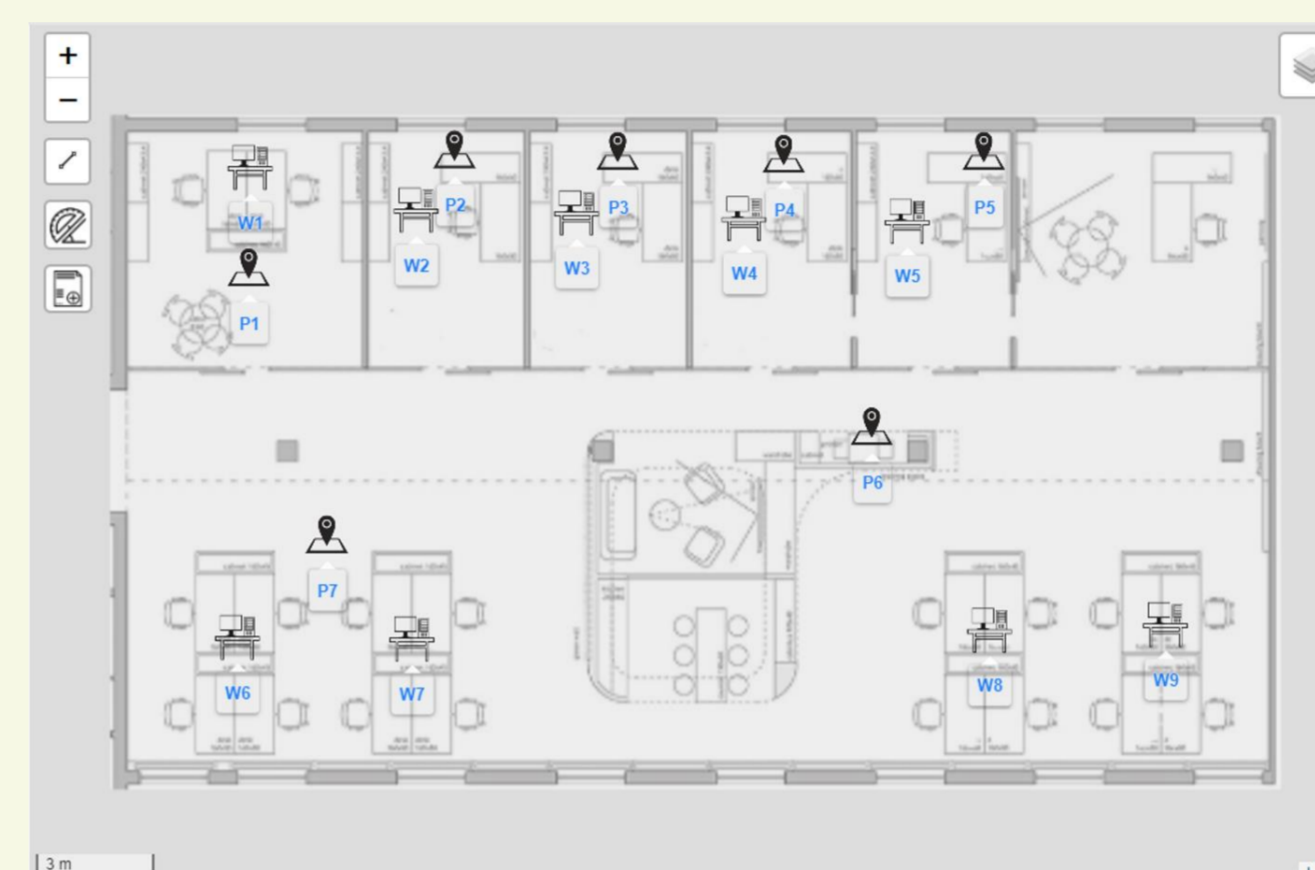
W związku z powyższym głównym celem badań było opracowanie narzędzia bazującego na modelowaniu matematycznym, służącego optymalizacji procesu alokacji urządzeń drukujących (wybór urządzenia wraz z przypisaniem lokalizacji) w przedsiębiorstwie. Zbudowany model matematyczny wykorzystuje podejście programowania matematycznego liniowego całkowitoliczbowego (MILP, *Mixed-Integer Linear Programming*), a kryterium optymalizacyjnym jest minimalizacja całkowitych kosztów przedsiębiorstwa związanych z drukowaniem i przetwarzaniem dokumentów (skanowanie, kopiowanie, etc.), włączając koszty zużytej przez urządzenia drukujące energii elektrycznej. Koszty te uwzględniają również ewentualną konieczność zakupu/wymiany urządzeń drukujących, jak również koszty związane z koniecznością dojazdu przez pracowników do miejsca, w którym te urządzenia są zlokalizowane.

Odpowiednie działanie modelu zostało zilustrowane wynikami studia przypadku, obejmującego optymalny dobór urządzeń drukujących w wybranym przedsiębiorstwie – posiadającym wiele oddziałów terenowych – dla przyjętych założeń scenariuszowych. Uzyskane wyniki potwierdziły duży potencjał redukcji kosztów zużycia energii elektrycznej w przedsiębiorstwie dzięki zastosowaniu opracowanego modelu matematycznego.

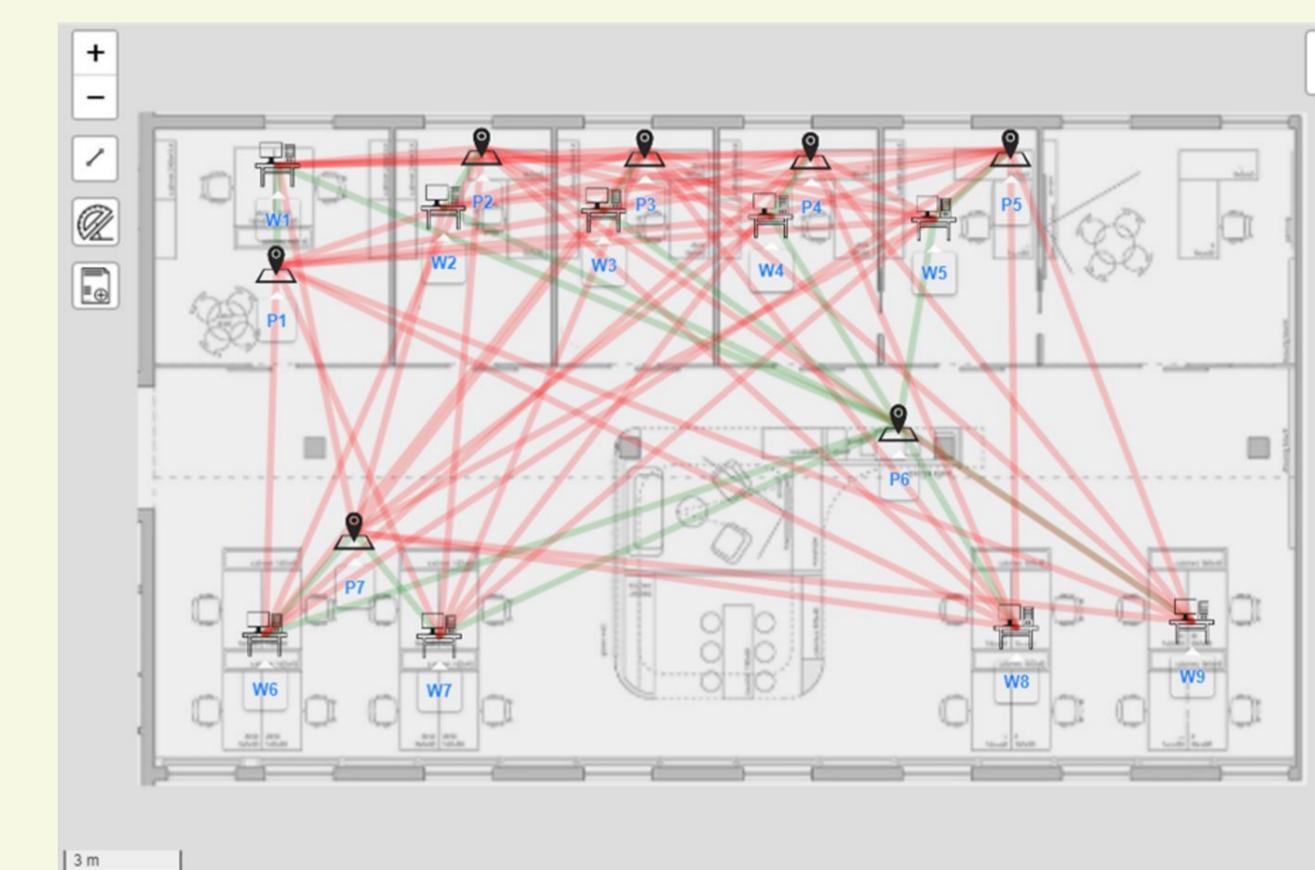
## Model matematyczny



## Studium przypadku



Rys. 1. Plan piętra przedsiębiorstwa – rozmieszczenie stacji roboczych oraz potencjalnych miejsc instalacji urządzeń drukujących

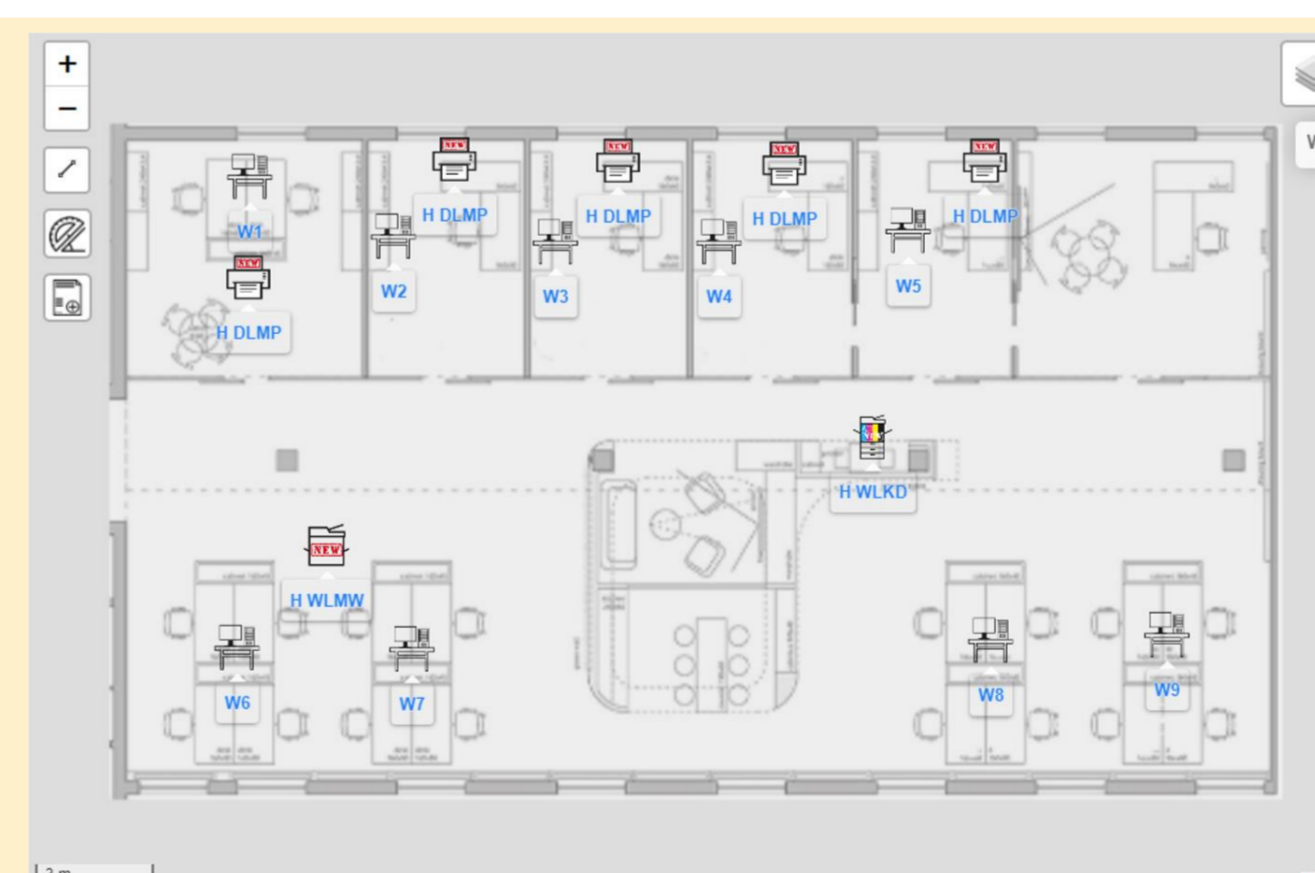


Rys. 2. Plan piętra przedsiębiorstwa – dozwolone połączenia pomiędzy stacjami roboczymi oraz miejscami instalacji urządzeń drukujących

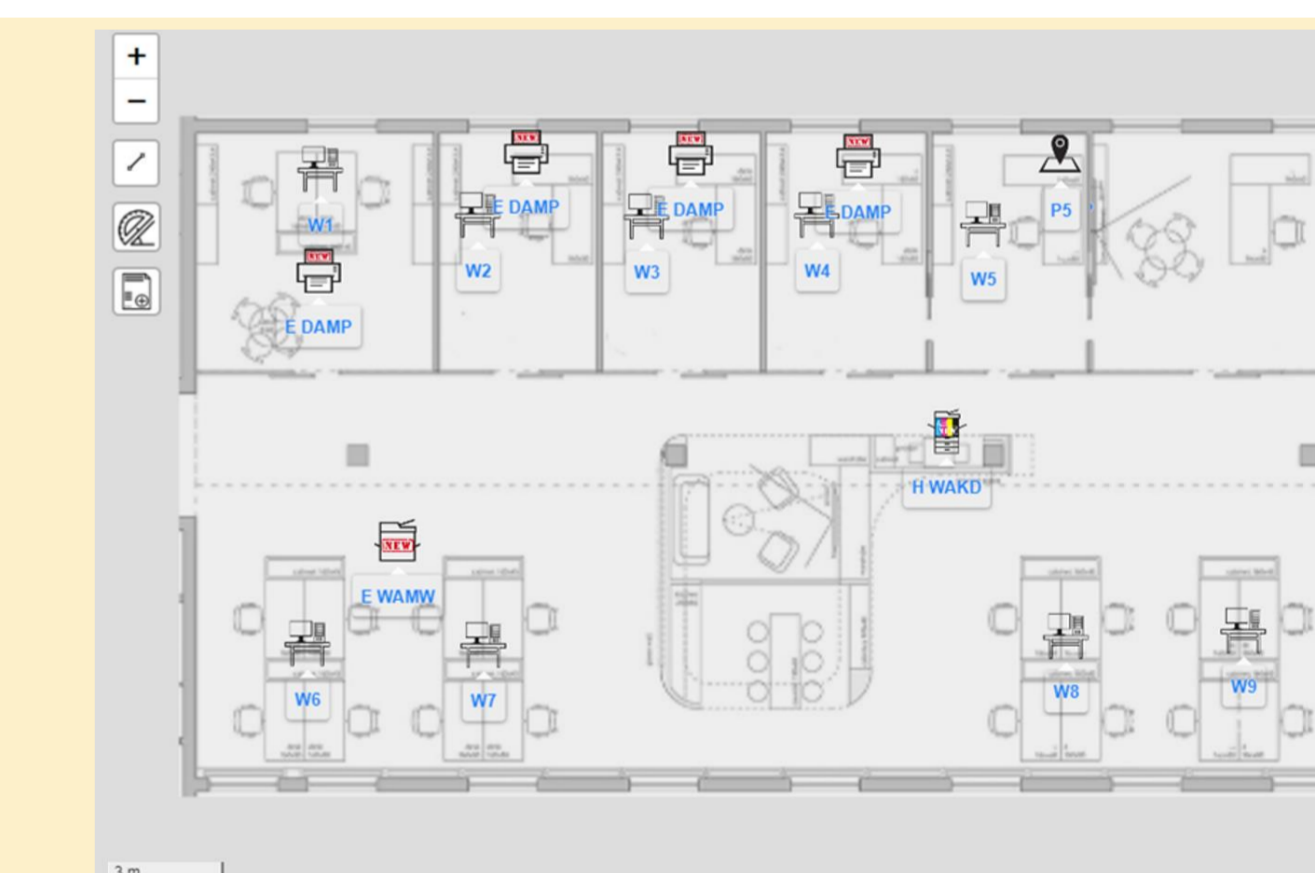
Model matematyczny został wykorzystany do rozwiązania problemu doboru i rozmieszczenia urządzeń drukujących w przedsiębiorstwie posiadającym 50 oddziałów w różnych lokalizacjach w Polsce. Poszczególne oddziały mają zwykle od 2 do 5 pięter (łącznie wszystkich pięter: 200), gdzie pracownicy pracują średnio 5 dni w tygodniu, w indywidualnych pokojach lub w przestrzeni otwartej.

Składniki kosztów ujęte w funkcji celu modelu	Scenariusz BAZOWY	Scenariusz KOSZTY ENERGII
Koszty drukowania	•	•
Koszty eksploatacji/serwisu	•	•
Koszty zakupu	•	•
Koszty odległości	•	•
Koszty energii elektrycznej	Brak	•

## Wyniki



Rys. 3. Wyniki modelu dla scenariusza BAZOWEGO – dobór oraz rozmieszczenie urządzeń drukujących



Rys. 4. Wyniki modelu dla scenariusza KOSZTY ENERGII – dobór oraz rozmieszczenie urządzeń drukujących

Tab. 1. Porównanie kosztów zużycia energii dla przyjętych scenariuszy

Koszty miesięczne, zł	Scenariusz BAZOWY	Scenariusz KOSZTY ENERGII	Zmiana, %
Koszty wydruków	343,8	359,3	+4,5%
Koszty eksploatacji	63,0	56,4	-10,4%
Koszty energii elektrycznej:	97,0	27,4	-71,8%
status: praca	14,7	1,0	-92,9%
status: oczekiwanie	55,5	20,4	-63,3%
status: uśpienie	26,8	6,0	-77,8%
Koszty odległości	208,5	227,9	+9,3%
Koszty zakupu	271,8	263,3	-3,1%
<b>Koszty razem (miesiąc)</b>	<b>984,1</b>	<b>934,4</b>	<b>-5,1%</b>

Tab. 2. Porównanie wolumenów zużycia energii elektrycznej oraz wolumenów emisji CO<sub>2</sub>\*

Wolumen zużycia / emisji	J.m.	Scenariusz BAZOWY	Scenariusz KOSZTY ENERGII	Zmiana, %
<b>Wartości miesięczne dla 1 piętra</b>				
Zużycie energii elektrycznej	kWh	47,6	13,4	-71,8%
status: praca		7,2	0,5	-93,1%
status: oczekiwanie	kWh	27,3	10,0	-63,4%
status: uśpienie		13,1	2,9	-77,9%
Emisje CO <sub>2</sub>	kg	33,7	9,5	-71,8%
<b>Wartości roczne dla całego przedsiębiorstwa (50 oddziałów, 200 pięter)</b>				
Zużycie energii elektrycznej	MWh	114,2	32,2	-71,8%
status: praca		17,3	1,2	-93,1%
status: oczekiwanie	MWh	65,5	24,0	-63,4%
status: uśpienie		31,4	7,0	-77,9%
Emisje CO <sub>2</sub>	Mg	80,9	22,8	-71,8%

\* KOBIZE 2021 – Wskaźniki emisji dla odbiorców końcowych energii elektrycznej 708 kg/MWh