UNIWERSYTET SZCZECIŃSKI
INSTYTUT ZARZĄDZANIA

Rene Kuczkowski

Autoreferat dysertacji doktorskiej

Wpływ technologii RFID na zarządzanie operacyjne aktywami sieciowymi i zapasami Operatora Systemu Dystrybucyjnego

Promotor: dr hab. Wojciech Drożdż, prof. US Uniwersytet Szczeciński

Recenzenci:

dr hab. Dariusz Nowak, prof. UEP Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

dr hab. Marta Starostka – Patyk, Prof. PCz Politechnika Częstochowska

Szczecin 2023

Spis treści

I. Uzasadnienie wyboru tematu 3

II. Cel pracy oraz hipoteza badawcza 4

III. Struktura pracy 5

IV. Źródła i metody badawcze 7

V. Charakterystyka i wyniki przeprowadzonych badań 8

5.1 Opis postępowania badawczego 8

5.2 Wyniki przeprowadzonych badań 10

VI. Model wdrożenia pełnoskalowego technologii RFID w przedsiębiorstwie stanowiącym OSD 14

6.1 Główne założenia 14

6.2 Uwarunkowania otoczenia wewnętrznego i zewnętrznego 15

6.3 Modelowe ujęcie wdrożenia pełnoekranowego 19

VII. Wnioski końcowe 22

I. Uzasadnienie wyboru tematu

Obszar dystrybucji energii elektrycznej stanowi kluczowy element łańcucha wartości w kontekście analizy przedsiębiorstw energetycznych, dzięki integracji pozostałych, niekoniecznie równoległych strumieni[1]. W praktyce sektorowej OSD uczestniczy w prawie każdym z procesów, związanych z przetwarzaniem energii pierwotnej do jej finalnej, elektrycznej formy, co stanowi o sile jego pozycji.

Pomimo pozornej klasycznej natury działalności usługowej, oferującej jako produkt dystrybucję energii elektrycznej, na gruncie nauk o zarządzaniu, przedsiębiorstwa dystrybucji energii elektrycznej stanowią specyficzną formę podmiotu gospodarczego. Świadczą o tym trzy aspekty. Pierwszy z nich, wiąże się z istotą konkurencyjności rynku dystrybucji i przekłada się wprost na funkcjonowanie podmiotów na rynku o charakterze monopolu naturalnego. Związane jest to z aspektami kapitałochłonności majątku sieciowego w wyniku konieczności ponoszenia wysokich nakładów początkowych, utrzymania czy ponadprzeciętnie długiemu okresowi zwrotu z kapitału. Drugi aspekt to obligatoryjne zapewnienie niedyskryminacyjnego traktowania użytkowników systemu poprzez opracowanie, implementację i stosowanie tzw. „programu zgodności". Jest to działanie o charakterze regulacyjnym dla każdego z przedsiębiorstw będących OSD i posiadających więcej niż sto tysięcy odbiorców przyłączonych do sieci. Trzeci aspekt stanowi konsekwencję otoczenia wskazanego powyżej. Warunki monopolu naturalnego oraz koncesjonowanej działalności podmiotów rynku dystrybucji energii elektrycznej implikują regulowany charakter modelu przychodowego tych podmiotów. W określonych okresach organ regulacyjny, jakim w Polsce jest Urząd Regulacji Energetyki, dokonuje analizy i wdrożenia do stosowania tzw. modeli regulacyjnych. Określa on zasady, według jakich wynagradzani są OSD w formie zwrotu z zaangażowanego kapitału na podstawie zdefiniowanych elementów, które stanowią według URE uzasadniony koszt do realizacji działalności operacyjnej wskazanej w czynniku drugim.

Specyficzna forma działalności OSD na rynku energii elektrycznej nie wyklucza jednocześnie klasycznego operacyjnego charakteru działalności usługowej. Zasadniczo, w operacyjny charakter funkcjonowania wpisuje się działalność związana z ruchem, eksploatacją oraz pomiarami sieciowymi.

[1] T. Lubicki: *Powiązania pomiędzy łańcuchem wartości przedsiębiorstwa energetycznego a łańcuchem wartości wiedzy tego przedsiębiorstwa*. Międzynarodowa Konferencja Naukowa Nowoczesność Przemysłu i Usług, Katowice 2012, s. 3.

Przedtransformacyjna praktyka sektora w dużej mierze opierała się o archaiczne rozwiązania papierowych map, wykazów czy też wyłącznie stanów liczbowych poszczególnych składników majątku. W konsekwencji, powodowało to problemy natury jakościowej oraz bezpieczeństwa. Transformacja sektorowa pociągnęła za sobą działania związane z wdrażaniem rozwiązań informatycznych jak systemy klasy GIS, czy próby standaryzacji oznaczeń. Jedną z form identyfikacji, która w ostatnim czasie zyskuje na implementacji w różnych sektorach, jest technologia identyfikacji przy pomocy fal radiowych (RFID – ang. Radio Frequency Identification). Koncepcyjnie, technologia ta stanowi ewolucyjne następstwo kodu kreskowego, lecz jej właściwości i możliwości fizyczne stwarzają realne wykorzystanie wartości dodanej w sektorze dystrybucji energii elektrycznej. W założeniach technologicznych oraz teoretycznych, na bazie dotychczasowych zastosowań można zaobserwować potencjał do zapewnienia bezpiecznego, niezawodnego oraz łatwego sposobu identyfikacji majątku OSD.

Dokonując przeglądu literatury naukowej w zakresie nauk o zarządzaniu i jakości oraz technicznej związanej z radiowym znakowaniem majątku, można zaobserwować lukę w zakresie realizacji tego typu wdrożeń oraz usprawnień w sektorze dystrybucji energii elektrycznej. Implikuje to możliwość przeprowadzenia badań, związanych z wdrożeniem tego rodzaju rozwiązań, na drodze których możliwe będzie podjęcie próby określenia modelowego podejścia do realizacji tego rodzaju działań we wskazanych powyżej, specyficznych uwarunkowaniach sektorowych.

II. Cel pracy oraz hipoteza badawcza

Celem głównym dysertacji było opracowanie modelu wdrożenia technologii radiowego znakowania aktywów sieciowych w przedsiębiorstwie będącym Operatorem Systemu Dystrybucyjnego w Polsce w kontekście poprawy jego zarządzania operacyjnego. Ponadto dla ukierunkowania realizacji celu głównego sformułowano następujące **cele pomocnicze:**

- zbadanie podstaw sektora dystrybucji energii elektrycznej w Polsce,
- przegląd i weryfikacja sposobów identyfikacji aktywów sieciowych na potrzeby realizacji działalności operacyjnej przedsiębiorstwa,
- identyfikacja stanu obecnego oraz potencjału zarządzania gospodarką magazynową wybranego przedsiębiorstwa,

- empiryczne badania terenowe podczas wdrożenia systemu identyfikacji w technologii RFID na przykładzie wybranego przedsiębiorstwa,
- wskazanie kierunków wdrożenia nowych technologii identyfikacji aktywów sieciowych oraz optymalizacji gospodarki magazynowej w przypadku Operatorów Systemu Dystrybucyjnego w oparciu o wielokryterialną analizę otoczenia wewnętrznego oraz rynkowego.

Na podstawie celów sformułowano **hipotezę główną**, której nadano brzmienie „Wdrożenie technologii radiowego oznakowania aktywów sieciowych wpływa pozytywnie na zarządzanie operacyjne Operatora Systemu Dystrybucyjnego". Jej weryfikację wspiera sformułowana **hipoteza pomocnicza** o następującym brzmieniu: „Jednoznaczne zidentyfikowanie aktywów sieciowych jest warunkiem niezbędnym do realizacji prac związanych z aktywami sieciowymi w sposób efektywny oraz bezpieczny".

III. Struktura pracy

Przygotowana dysertacja składa się z wstępu, sześciu rozdziałów oraz podsumowania. Całość nosi charakter studium teoretyczno-empirycznego z elementami postulatywnymi, które posłużyły do realizacji wyznaczonych celów oraz weryfikacji przyjętej hipotezy.

W rozdziale pierwszym *Aspekty teoretyczne zarządzania operacyjnego przedsiębiorstwa* scharakteryzowano i dokonano przeglądu zagadnień zarządzania operacyjnego przedsiębiorstwa wychodząc od rysu historycznego, przez osadzenie funkcji operacyjnych w środowisku wewnętrznym oraz zewnętrznym na kanwie koncepcji zwinnych, kończąc na sposobach pomiaru efektywności w ujęciu działalności operacyjnej przedsiębiorstwa.

Rozdział drugi zatytułowany *Zarządzanie gospodarką magazynową i infrastrukturą w przedsiębiorstwie rozproszonym terytorialnie* poświęcono na krytyczną analizę w oparciu o dorobek literatury przedmiotu. Jej tematyka została powiązana z gospodarką magazynową oraz infrastrukturą sieciową podmiotów o wysokim stopniu rozproszenia terytorialnego. Na podstawie wskazanych analiz dokonano scharakteryzowania zarządzania infrastrukturą i aktywami sieciowymi w podmiotach o wysokim poziomie rozproszenia terytorialnego.

Zarządzanie dystrybucją energii elektrycznej w Polsce to tytuł **rozdziału trzeciego**, w którym dokonano opisu i analizy stanu sektora dystrybucji energii elektrycznej w Polsce oraz wykazano specyficzne formy działalności gospodarczej w tym sektorze. Drogą dedukcji

podjęto rozważania, rozpoczynając od pełnego obrazu polskiej elektroenergetyki i charakteryzując poszczególne podmioty, stopniowo ujmując sektor dystrybucji jako krytycznego źródła dostaw energii elektrycznej. To pozwoliło na poddanie pod rozwagę aspekty operacyjne przedsiębiorstwa dystrybucyjnego w wymiarze jakości usług, zarządzania majątkiem sieciowym oraz układami pomiarowo-rozliczeniowymi.

Rozdział czwarty zatytułowany jest *Technologie identyfikacji aktywów przedsiębiorstwa*. Dotyczy on metod identyfikacji aktywów przedsiębiorstwa z uwzględnieniem rozwoju technologii identyfikacji radiowej. Wychodząc od rysu historycznego, dokonano przeglądu stosowanych technik na świecie wraz z analizą zalet oraz wad każdej z nich. Przedstawiono istotę wykorzystania technologii radiowej poprzez jej genezę oraz sposób działania, następnie przytaczając realne przypadki użycia wraz z analizą korzyści i zagrożeń z nich wynikających.

Rozdział piąty o tytule *Badawcze aspekty wdrożenia technologii RFID w obszarze działalności operacyjnej wybranego OSD* zawiera badania własne, które dotyczyły empirycznego podejścia do wdrożenia technologii RFID w zastosowaniach działalności operacyjnej przedsiębiorstwa dystrybucji energii elektrycznej. Wychodząc od inicjacji pomysłu, poprzez przypisanie odpowiedzialności, opis identyfikacji celu i założeń projektowych działań, w sposób kompleksowy zilustrowano działania analityczne oraz decyzyjne w zakresie przygotowania organizacji do efektywnego identyfikowania wybranych składników majątku sieciowego oraz układów pomiarowo-rozliczeniowych na podstawie autorskich wniosków.

Modelowanie wdrożenia technologii RFID w polskim OSD to tytuł **rozdziału szóstego.** Sformułowano autorski model wdrożenia technologii RFID w przedsiębiorstwie dystrybucji energii elektrycznej. W oparciu o analizy opracowano model opisowy potencjalnego wdrożenia technologii RFID w podmiocie realizującym dystrybucję energii elektrycznej, określając stymulanty i destymulanty otoczenia o określonej sferze i sile wpływu niezależnie od jego zwrotu wraz z możliwościami jego rozwoju.

Na **podsumowanie** dysertacji składają się kluczowe wnioski oraz kierunki dalszych rozważań w kontekście ujęcia modelowego oraz rozwoju pogłębionych badań realizowanych w przedmiotowym zakresie.

IV. Źródła i metody badawcze

Przeprowadzone badania zostały oparte na krajowych i zagranicznych źródłach literaturowych, głównie z zakresu zarządzania operacyjnego, logistyki, zarządzania informacją oraz infrastruktury energetycznej (łącznie 153 pozycje). Źródła te zostały uzupełnione w dysertacji przez zasoby informacyjne dostępne w polskich oraz zagranicznych portalach internetowych, a także akty normatywne prawodawstwa polskiego oraz Unii Europejskiej, raporty i normy związane z tematyką identyfikacji, sektora energetycznego oraz zarządzania operacyjnego (łącznie 67 pozycji).

W ramach dysertacji zastosowano krytyczną analizę literatury naukowej oraz ujęcie teoretyczne z zakresu zagadnień dotyczących zarządzania operacyjnego, zarządzania gospodarką magazynową, funkcjonowania przedsiębiorstw infrastrukturalnych rozproszonych terytorialnie ze szczególnym uwzględnieniem tematyki uwarunkowań strategicznych, otoczenia mikro oraz makro, systemu elektroenergetycznego i technik identyfikacji majątku. W rozprawie wykorzystano dokumenty źródłowe takie jak: akty prawne, raporty branżowe oraz tematyczne, sprawozdania oraz dane statystyczne ilustrujące charakterystykę sektora i definiujące specyficzną formę działalności Operatora Systemu Dystrybucyjnego.

W części empirycznej dysertacji zastosowano metody analizy wtórnej dokumentów wybranego OSD, metodę wnioskowania dla zakresu organizacji oraz ram realizacji wdrożenia wraz z operacjonalizacją problemu badawczego i pomiarem w ramach metody obserwacji.

Część postulatywną charakteryzuje w głównej mierze metoda modelowania, podparta metodą wnioskowania, dzięki którym dokonano identyfikacji czynników otoczenia bliskiego oraz dalszego wpływających na wdrożenie pełnoskalowe technologii wraz z występującymi pomiędzy nimi interakcjami. W oparciu o nie dokonano próby wskazania modelu opisowego wskazującego określone stymulanty i destymulanty w przyporządkowanych sferach i o zidentyfikowanej sile wpływu ze zwrotem w obu kierunkach. Zagadnienia częściowe wraz z przyporządkowanym im metodom badawczym zilustrowano w tabeli 1.

Tabela 1. Zastosowane metody badawcze

Nr rozdziału	Zagadnienie	Metoda badawcza
I	Aspekty teoretyczne zarządzania operacyjnego przedsiębiorstwa	• krytyczna analiza literatury przedmiotu
II	Zarządzania gospodarką magazynową i infrastrukturą w przedsiębiorstwie rozproszonym terytorialnie	• krytyczna analiza literatury przedmiotu
III	Zarządzanie dystrybucją energii elektrycznej w Polsce	• krytyczna analiza literatury przedmiotu • metoda analizy porównawczej
IV	Technologie identyfikacji aktywów przedsiębiorstwa	• krytyczna analiza literatury przedmiotu • metoda analizy porównawczej
V	Badawcze aspekty wdrożenia technologii RFID w obszarze działalności operacyjnej wybranego OSD	• analiza wtórna dokumentów • metoda analizy porównawczej • metoda modelowania • metoda obserwacji
VI	Modelowanie wdrożenia technologii RFID w polskim OSD	• metoda wnioskowania logicznego • metoda modelowania

Źródło: Opracowanie własne.

V. Charakterystyka i wyniki przeprowadzonych badań

5.1 Opis postępowania badawczego

Inicjacja działań związanych z pracami w technologii RFID dokonała się na drodze przedstawienia przez autora krytycznej analizy technologii, jej potencjału, kosztów oraz wstępnie zidentyfikowanych ograniczeń dla zarządu oraz kadry menadżerskiej wysokiego szczebla odpowiedzialnej w organizacji za zarządzanie majątkiem sieciowym. Uzyskana zgoda na realizację pilotażowych badań i wdrożenia technologii w działalności operacyjnej pozwoliła na uszczegółowienie planu, zakresu oraz koniecznych zasobów. Harmonogram prac podzielono na kilka etapów, w których następowało przenikanie ich równoległej realizacji z klasycznym, kaskadowym podejściem.

Całość badań empirycznych została podzielona na trzy główne etapy. Pierwszy etap prac nadzorowany przez kierownika projektu polegał na realizacji testów pierwotnych przez doświadczone na rynku podmioty realizujące wdrożenia technologii RFID w innych sektorach gospodarki. Określono wstępne wymagania techniczne dla stosowania technologii radiowej, do których należały następujące zagadnienia:

1. Czas życia znacznika:
    a. Słupy elektroenergetyczne – 40 lat.
    b. Pozostałe składniki majątku – 15 lat.
2. Wprowadzenie zabezpieczenia przed zapisem w pamięci znacznika.
3. Odległość skutecznego odczytu:
    a. Układy pomiarowo-rozliczeniowe – nie więcej niż 2 m.
    b. Majątek SN – nie więcej niż 6 m.
    c. Urządzenia na wysokości oraz WN – bez ograniczeń.

Wszystkie podmioty realizujące prace przy testach pierwotnych zostały poddane ocenie przez zespół projektowy wraz z konsultacjami mającymi na celu wyszczególnienie zasadniczych wniosków z tego etapu.

Kolejny, drugi etap stanowił ocenę i ewaluację użyteczności zrealizowanych prac. Na drodze zebranych doświadczeń dokonano propozycji standaryzacji rozwiązania przedstawiając je jednostce badawczej. Dokonano wyboru najlepiej funkcjonujących znaczników podczas testów pierwotnych i zaproponowano rozwiązania mające na celu uwzględnienie łatwego montażu na elementach majątku sieciowego. Dokonano realizacji prac związanych z opracowaniem uniwersalnej konstrukcji montażowej. Opracowano i przygotowano do testów zestaw różnych rodzajów podkładów do znaczników.

Współpraca w tym zakresie zaowocowała rozwiązaniami, które można było zaadaptować w operacyjnym funkcjonowaniu pilotażu, reprezentującym trzeci etap badań. Realizacja pilotażu została wykonana pod nadzorem i z uwzględnieniem bieżących korekt wskazywanych przez kierownika oraz zespół projektowy. Dokonano badań wtórnych odrębnie dla majątku sieciowego oraz dla układów pomiarowo-rozliczeniowych.

Badania majątku sieciowego objęły 4 ciągi liniowe SN o zróżnicowanej konstrukcji (napowietrznej oraz kablowej) na terenach o różnym stopniu urbanizacji. Łącznie liczba urządzeń objętych oznakowaniem na wszystkich liniach elektroenergetycznych wyniosła 1126 szt., z czego 76 procent stanowiły słupy linii napowietrznych. Po zrealizowaniu powyższych założeń dokonano weryfikacji ich użyteczności operacyjnej na drodze badań terenowych realizowanych przy pomocy pomiarów czasów odpowiedzi, niezawodności odczytu, a także odległości odczytu, co pozwoliło na opracowanie wniosków i rekomendacji do dalszych realizacji prac pełnoskalowych.

Działania dotyczące układów pomiarowo-rozliczeniowych zostały potraktowane w odmienny sposób z uwagi na względy natury praktycznej i ekonomicznej. W danym okresie OSD realizował wdrożenie kompletnej infrastruktury obejmującej systemy informatyczne oraz telekomunikacyjne służące do dwukierunkowej wymiany danych z infrastrukturą układów pomiarowych. Doprowadziło to do rozdzielenia jednolitości realizacji działań związanych z wdrożeniem technologii RFID na dwa strumienie, realizowane w sposób symultaniczny.

W przypadku liczników z uwagi na charakter rotujący składnika majątkowego należało zapewnić jego unikalność oraz brak identyfikowalności przez osoby postronne. W związku z tym, postanowiono opracować indywidualny numer identyfikujący zgodnie ze standardem tej instytucji pod postacią GIAI (*ang. Global Individual Asset Identifier),* który stanowi dodatkową warstwę zabezpieczającą znacznika.

W wyniku zrealizowanych testów oraz dialogu technicznego, obecnie znacznik montowany jest w konstrukcji na etapie produkcji, następnie producent dokonuje jego odczytu i kodowania zgodnie z utajnionymi wymaganiami zamawiającego.

W przedsiębiorstwie dokonano wyposażenia w stanowiska odczytu oraz zapisu danych do znaczników, a także skanerów paletowych, które zostały zabudowane na wyposażeniu magazynów centralnych. W całej organizacji został przyjęty jednolity projekt stanowisk.

Co równie istotne, zmianie uległ globalnie proces zarządzania układami pomiarowymi w przedsiębiorstwie, do momentu wprowadzenia nowego obiegu tych urządzeń, dostawy były realizowane bez identyfikacji każdego z nich, na zasadach liczby sztuk przeznaczonych do poszczególnych przesunięć magazynowych lub wydań na sieć. W związku z tym działaniem poprzedzającym badania było opracowanie kompletnej procedury opisującej proces obiegu zapasów liczników w lokalizacjach magazynowych.

5.2 Wyniki przeprowadzonych badań

Pierwszy etap, stanowiący testy pierwotne zaowocował przetestowaniem przez trzech wykonawców ponad 42 modeli znaczników różnego typu w różnych konfiguracjach montażowych, co ilustruje rysunek 1.

Rysunek 1. Przykłady sposobów montażu znaczników zaproponowane przez wykonawców testów pierwotnych.

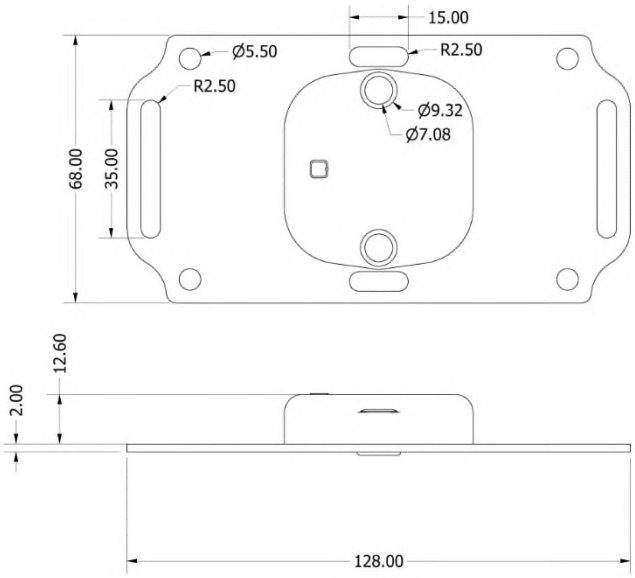
Źródło: raporty wewnętrzne przedsiębiorstwa OSD.

Każdy ze znaczników został sprawdzony pod kątem niezawodności (powtarzalności) odczytu, maksymalnej jej odległości, charakterystyki podłoża oraz odporności na uszkodzenia.

Na podstawie powyższych badań wskazano docelowo dwa modele znaczników zgodnie z kryterium zasięgu, powtarzalności odczytu oraz łatwości montażu. Dla układów pomiarowych przyjęto zastosowanie znacznika Smartrac Dogbone z mikroukładem Monza R6. Dla pozostałych urządzeń dokonano wyboru znacznika Omni-ID Exo 750, który ze względu na niewielkie wymiary geometryczne oraz odporną na warunki zewnętrzne obudowę, pozwala na szerokie zastosowanie na większości składników majątku sieciowego.

W ramach drugiego etapu, przy współpracy zewnętrznej jednostki naukowej dokonano zaproponowania wzorów oraz badań zasięgu i możliwości odczytu konstrukcji uniwersalnego podkładu montażowego dla znacznika Omni-ID Exo 750. W pierwszej kolejności zweryfikowano zasięg pracy znaczników bez podkładu w postaci uniwersalnej konstrukcji montażowej. Następnie zbadano wszystkie zestawy znacznika zabudowanego na konstrukcji montażowej z uwzględnieniem orientacji poziomej oraz w części z nich w orientacji pionowej znacznika (łącznie 12 konstrukcji). Wyniki badań wykazały wysokie zróżnicowanie odległości maksymalnego odczytu w funkcji użytego w pomiarach profilu czytnika. Uwzględniając opisane uwarunkowania oraz wartości zmierzonego zasięgu podjęto decyzję o wdrożeniu rozwiązania dedykowanego Operatorowi Systemu Dystrybucyjnego do zastosowania znacznika Omni-ID Exo750 z podkładem 128x68 mm zgodnie z projektem na rysunku 2.

Rysunek 2. Konstrukcja montażowa do zastosowania znacznika EXO 750 opracowana do zastosowań w energetyce dystrybucji energii elektrycznej [mm].



Źródło: materiały przedsiębiorstwa OSD.

Powyższe badania i opracowanie konstrukcji posłużyło do przejścia w przedsiębiorstwie do kolejnego, trzeciego etapu – przygotowania i realizacji testów terenowych przez przedsiębiorstwo w kontekście pomiaru czasochłonności, weryfikacji procesów operacyjnych oraz kapitałochłonności wykorzystania technologii RFID. Pierwszym produktem prac było określenie procesu realizacji oznakowania w terenie. Podjęto się jego opracowania przy pomocy schematu blokowego ze szczegółowym opisem każdego z kroków. Dzięki niemu powstał szczegółowo opisany diagram blokowy realizacji prac terenowych w zakresie numeracji obiektów sieciowych składający się z 23 działań.

Zgodnie z powyżej ujętymi założeniami rozpoczęto realizację prac w ramach testów wtórnych – pilotażu realizowanego siłami własnymi. Prace zostały zrealizowane przez dwie ekipy elektromonterów po 3 osoby w każdej, które dokonały przenumerowania obiektów, prace koordynował delegowany i przeszkolony pracownik działu zarządzania majątkiem sieciowym.

W ramach prac dokonano oznakowania siłami własnymi 1076 obiektów na 4 ciągach liniowych w układzie mieszanym napowietrznym oraz kablowym. Prace zostały zrealizowane w trakcie 1 kwartału 2021 roku i pochłonęły łącznie 1180,25 roboczogodzin dla prac terenowych oraz koordynatora prac. Obiekty te zostały wyposażone w nowe oznakowania tablicowe z opisem alfanumerycznym oraz dodatkowy dedykowany znacznik RFID.

Po przeprowadzeniu prac montażowych przystąpiono do zbadania obiektów oraz czasu ich odczytów podczas symulacji dokonywania oględzin. Do symulacji posłużyło łącznie 55 obiektów z linii nr 3. W jej skład na początku pomiarów weszło również 5 obiektów oznakowanych przez zewnętrznego kontrahenta, który zaproponował autorskie rozwiązania zintegrowanej tablicy numeracyjnej z wbudowanym znacznikiem RFID.

Przy jego pomocy dokonano oględzin i identyfikacji wyżej wymienionych obiektów. Podczas symulacji każdy z nich został zbadany pod kątem trzech zmiennych: czasu identyfikacji przy pomocy RFID, czasu identyfikacji zgodnie z obecnym procesem oraz odległości odczytu.

Wykonanie symulacji umożliwiło sformułowanie zaprezentowanych poniżej wniosków.

1. Identyfikacja obiektów majątku sieciowego przy pomocy technologii fal radiowych RFID pozwoliła na ponad dwukrotnie szybsze określenie obiektu poddawanego badaniu. Uśredniony uzysk czasu identyfikacji to ponad 2-krotność (2,18) szybkości wywołania formatki obiektu. Wartość ta była liczona w sekundach, średnio czas identyfikacji w technologii RFID wyniósł 5,5 s w stosunku do 11,9 s dla wariantu określenia obiektu w sposób tradycyjny.

2. Uśredniona odległość odczytu obiektów sieciowych wyniosła 3,7 m. Jest to wartość, która spełnia pierwotne wymagania dotyczące odległości zapewniając przy tym bezpieczeństwo personalne pracowników.

3. Znaczniki, które były autorskim rozwiązaniem jednego z kontrahentów okazały się znacząco niestabilne w odczycie (brak było powtarzalności odległości odczytu) i charakteryzowały się niższą wartością odległości, aniżeli opracowane dedykowane rozwiązanie dla OSD (wartość uśredniona na poziomie 2 m).

W ramach wdrożenia technologii dla urządzeń pomiarowo-rozliczeniowych dokonano badania poprzez obserwację na terenie jednego z magazynów centralnych w zakresie porównania czasu koniecznego do inwentaryzacji poprzez odczyt oraz zapis liczników w pokazanym powyżej procesie. Celem badania było porównanie czasu identyfikacji poszczególnych wolumenów liczników względem różnych modeli ich identyfikacji dla sprawdzenia i wyznaczenia najlepszego rozwiązania. W ramach próby dokonano pomiaru następujących czynności:

- odczyt palety liczników wyposażonych w zaprogramowane RFID składający się ze 140 urządzeń wraz z ich inwentaryzacją na podstawie listy przewozowej,
- odczyt 20 liczników wyposażonych w zaprogramowane RFID przy pomocy stanowiska odczytu pojedynczych obiektów,
- ręczny odczyt numerów seryjnych 20 liczników oraz ich wprowadzenie do systemu zarządzania układami pomiarowymi.

Dla każdego z odczytów wykonano 20 iteracji odczytowych wraz z pomiarem czasu. Przeprowadzane one były w warunkach operacyjnych zgodnie z codziennym planem pracy przedstawicieli Magazynu Centralnego. Wartości dla kategorii prac po ujednoliceniu poprzez przeliczenie czasu odczytu na 1 układ pomiarowo-rozliczeniowy przedstawiały się w sposób następujący:

1. Paleta - średni czas odczytu: 0,39 s; minimalny czas odczytu: 0,34 s; maksymalny czas odczytu: 0,43 s.
2. Pojedyncze - średni czas odczytu: 3,7 s; minimalny czas odczytu: 3,43 s; maksymalny czas odczytu: 3,94 s.
3. Ręczne - średni czas odczytu: 10,93 s; minimalny czas odczytu: 13,43 s; maksymalny czas odczytu: 11,89 s.

VI. Model wdrożenia pełnoskalowego technologii RFID w przedsiębiorstwie stanowiącym OSD

6.1 Główne założenia

Działalność operacyjna przedsiębiorstwa realizującego kluczowe z punktu bezpieczeństwa narodowego zadanie - zapewnienia dystrybucji energii elektrycznej - podlega znaczącej regulacji rynkowej przy jednoczesnym monopolu o charakterze terytorialnym. Taki układ wpływa na możliwości kwantyfikacji dla klasycznych metod modelowania finansowego. Charakter regulacyjny przychodu spółek spełniających rolę OSD powoduje, iż kluczowy możliwy do obliczenia efekt wdrożenia technologii RFID zostaje wyłącznie w wymiarze czasowym, w sposób znikomy wpływający na jego przychody. Funkcjonujący w ramach ściśle określonej logiki obliczania obszar kosztów uzasadnionych (wynikający z regulacji taryfowej), w swoim zakresie nie zawiera kosztów pracy służb terenowych przedsiębiorstwa dystrybucji energii elektrycznej, a więc nie znajduje on odzwierciedlenia w przychodzie regulowanym. Do

kosztów uzasadnionych zaliczane są nakłady inwestycyjne, w szczególności w zakresie majątku sieciowego. W takim przypadku, CAPEX (*ang. Capital Expenditures* oznaczający nakłady inwestycyjne*)*, który będzie przeznaczony na znaczniki może podlegać uwzględnieniu w modelu taryfowym. Niemniej, po pierwsze, wartość nakładów na znacznik w stosunku do majątku jakim jest przykładowo żerdź słupa energetycznego jest zbyt niska dla uzyskania wymiernego efektu skali (stanowi on mniej niż 1% wartości takiego składnika majątkowego), po wtóre, realizacja tego rodzaju inwestycji odbywałaby się bez gwarancji uwzględnienia tego wydatku przez URE, które każdorazowo zatwierdza katalog kwalifikowanych nakładów.

Potencjalnie, klasyczny efekt finansowy z punktu widzenia organizacji działającej na zasadach rynkowych można by było uzyskać pośrednio dzięki zwiększeniu efektywności pracy służb terenowych przy tym samym czasie pracy na dobę, a co za tym idzie optymalizacji zatrudnienia bądź obniżenia kosztów pracy w wyniku szybszego czasu realizacji zadań operacyjnych. W tym przypadku również na przeszkodzie stoi specyfika działalności samego przedsiębiorstwa. Przedsiębiorstwa energetyczne w swojej specyfice funkcjonowania, również poprzez uwarunkowania natury historycznej posiadają silne i sformalizowane organizacje związków zawodowych. Na tle tych działań w ramach wskazanej grupy przedsiębiorstw energetycznych funkcjonują stosowne regulacje pracownicze, umowy społeczne oraz zakładowe układy zbiorowe pracy wynikające z Kodeksu pracy. W praktyce uniemożliwiają one optymalizację zatrudnienia, a w zakresie ograniczania kosztów pracowniczych, zgodnie ze sposobem wynagradzania pracowników służb terenowych w trybie miesięcznym, nie występuje efekt ograniczenia tych kosztów. Na drodze powyższych argumentów oraz niewystarczającego monitoringu danych ilościowych podjęto analizę potencjału i strategii wdrożenia pełnoskalowego technologii RFID przy pomocy analizy SWOT/TOWS oraz PEST. Realizowana jest w nich integracja obu metod dla identyfikowania mikro- oraz makrootoczenia i zależności występujących pomiędzy nimi w badaniu uzasadnienia dla wdrożenia nowych rozwiązań do organizacji. Wykorzystana integracja metod pozwoliła na identyfikację głównych czynników wewnętrznych i zewnętrznych, które mają wpływ na sukces wdrożenia technologii z uwzględnieniem specyfiki funkcjonowania przedsiębiorstwa stanowiącego OSD.

6.2 Uwarunkowania otoczenia wewnętrznego i zewnętrznego

Wynikiem przeprowadzonych przez OSD działań o charakterze pilotażowym oraz badań obserwacyjnych wdrożonych rozwiązań jest określenie mocnych i słabych stron, które wiążą się w organizacji z wdrożeniem pełnoskalowym technologii RFID w przedsiębiorstwie

realizującym dystrybucję energii elektrycznej. Na drodze doświadczeń oraz wnioskowania i analizy otoczenia przedsiębiorstwa dokonano również identyfikacji szans i zagrożeń potencjalnego wdrożenia, które zebrano w tabeli 2.

Tabela 2. Analiza SWOT wdrożenia pełnoskalowego technologii RFID do działalności operacyjnej OSD.

MOCNE STRONY	SŁABE STRONY
• jednoznaczność i powtarzalność identyfikacji obiektu, • skrócenie czasu identyfikacji obiektu, • poprawa jakości informacji związanych z ewidencją pracy pracowników terenowych, • możliwość przebudowy i ujednolicenia niektórych procesów operacyjnych przedsiębiorstwa, • możliwość lokalizacji w czasie rzeczywistym oznakowanego obiektu, • możliwość implementacji algorytmów optymalizujących wewnętrzne łańcuchy dostaw poszczególnych komponentów, • możliwość uspójnienia informacji w bazach danych.	• relatywnie wysoki koszt całkowity wdrożenia z uwagi na zróżnicowany i duży wolumen majątku, • ryzyko kradzieży, dewastacji lub zniszczeń znaczników na urządzeniach w wyniku szczególnych warunków atmosferycznych, • niska dojrzałość organizacji w zakresie *data governance*, • problemy natury społecznej, • niska elastyczność i wysoka dywersyfikacja systemów informatycznych, • ograniczone możliwości sfinansowania pełnoskalowego wdrożenia, • wysoki poziom niespójności baz danych przedsiębiorstwa.
SZANSE	**ZAGROŻENIA**
• innowacyjność rozwiązania pozwalająca na wyznaczanie standardów na rynku elektroenergetycznym, • wykorzystanie RFID u dostawców pozwala na wcześniejsze planowanie informacji o dostawach i planowaniu ich harmonogramu, • rosnące zapotrzebowanie na inwestycje sieciowe, • dynamiczny rozwój rodzajów znaczników RFID, • postępujący proces digitalizacji sieci elektroenergetycznej w Europie, • pogłębianie automatyzacji sieci w dokumentach perspektywy rozwoju Polski, • rosnące możliwości finansowania rozwiązań innowacyjnych w elektroenergetyce.	• niski poziom implementacji technologii RFID w energetyce zawodowej, • brak standaryzacji pod kątem sektora elektroenergetycznego, • ryzyko wykorzystania warstwy informacji do ataku cybernetycznego, • zagrożenia związane z prywatnością danych, • niechęć producentów komponentów do implementacji technologii RFID na etapie produkcji i dostawy, • ryzyko ograniczonego w czasie wsparcia technicznego przez producentów komponentów RFID, • problemy z globalnymi łańcuchami dostaw w kontekście produkcji i dystrybucji mikroprocesorów.

Źródło: opracowanie własne.

Powyższe czynniki dla każdej z kategorii posłużyły do przeprowadzenia analizy SWOT oraz TOWS, podczas których dokonano analizy zależności pomiędzy każdymi z nich zgodnie z metodyką wskazaną w literaturze. Zbiorcze zestawienie wyników analizy zilustrowano w tabeli 3.

Tabela 3. Zbiorcze zestawienie wyników SWOT/TOWS.

	SZANSE			ZAGROŻENIA		
SIŁY	strategia agresywna			strategia konserwatywna		
	TOWS	liczba interakcji	62	TOWS	liczba interakcji	36
		ważona liczba interakcji	8,92		ważona liczba interakcji	5,30
	SWOT	liczba interakcji	58	SWOT	liczba interakcji	44
		ważona liczba interakcji	9,21		ważona liczba interakcji	6,40
	TOWS/SWOT	**liczba interakcji**	**120**	**TOWS/SWOT**	**liczba interakcji**	**80**
		ważona liczba interakcji	**18,13**		**ważona liczba interakcji**	**11,70**
SŁABOŚCI	strategia konkurencyjna			strategia defensywna		
	TOWS	liczba interakcji	24	TOWS	liczba interakcji	20
		ważona liczba interakcji	4,06		ważona liczba interakcji	3,28
	SWOT	liczba interakcji	34	SWOT	liczba interakcji	32
		ważona liczba interakcji	5,17		ważona liczba interakcji	4,95
	TOWS/SWOT	**liczba interakcji**	**58**	**TOWS/SWOT**	**liczba interakcji**	**52**
		ważona liczba interakcji	**9,23**		**ważona liczba interakcji**	**8,23**

Źródło: opracowanie własne.

Otrzymane na drodze przeprowadzonych analiz sumy wskazują na przewagę szans oraz mocnych stron we wdrożeniu pełnoskalowym technologii RFID do działalności operacyjnej przedsiębiorstwa. To zgodnie z metodyką analizy SWOT wskazuje na strategię agresywną wdrożenia.

Dla dalszej analizy uwarunkowań makrootoczenia do wdrożenia pełnoskalowego technologii posłużono się metodą PEST. Określono listę zidentyfikowanych czynników dla każdej ze sfer. Ich lista została zilustrowana w tabeli 4.

Tabela 4. Zestawienie czynników analizy PEST

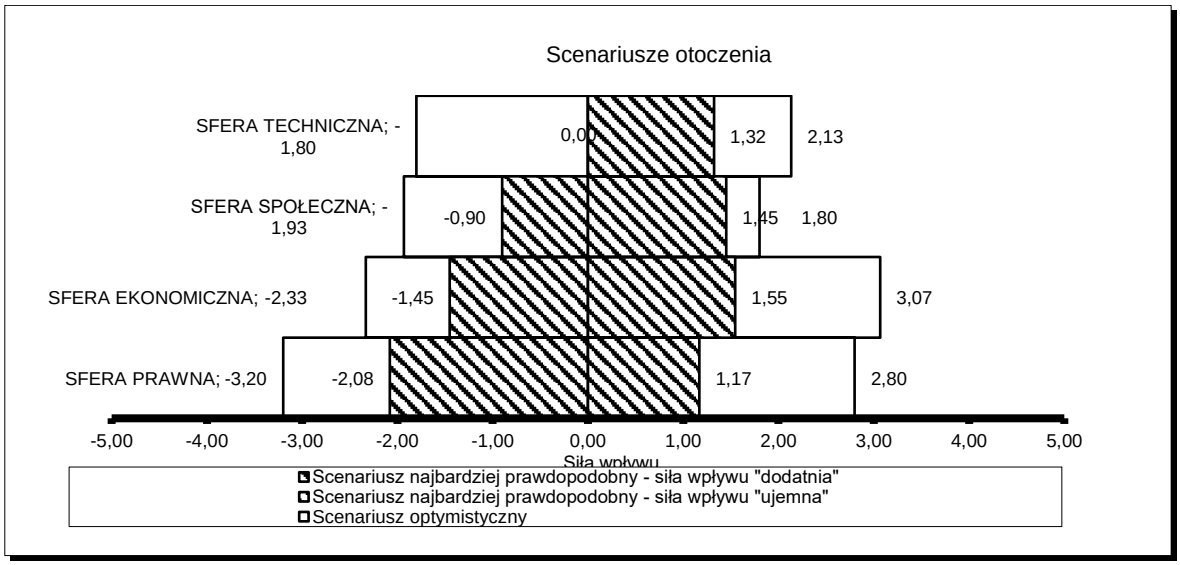
SFERA PRAWNA	SFERA EKONOMICZNA
Polityka energetyczna państwa	Rosnący udział nakładów na innowacje w przedsiębiorstwach OSD
Regulacje w zakresie urządzeń wykorzystujących komunikację radiową	Wdrażanie technologii RFID w innych gałęziach gospodarki
Sposób wynagradzania OSD	Finansowanie zewnętrzne innowacji
Standaryzacja rozwiązań RFID	Uwzględnienie szerszego zakresu kosztów uzasadnionych
Regulacje usprawniające procesy inwestycyjne przedsiębiorstw energetycznych	Stabilność globalnych łańcuchów dostaw
SFERA SPOŁECZNA	**SFERA TECHNICZNA**
Znaczenie ochrony prywatności społecznej	Rosnące zapotrzebowanie na inwestycje sieciowe

Znaczenie ochrony danych sensytywnych	Przekształcenie sieci z pasywnej w aktywną
Zmiana zachowań konsumentów	Digitalizacja sieci
Zmiany klimatyczne	Automatyzacja sieci
Poprawa bezpieczeństwa pracy	Wzrost znaczenia cyberbezpieczeństwa sieci

Źródło: Opracowanie własne

Na podstawie powyższych czynników oraz założeń wykorzystanych do ich interpretacji w myśl metodyki analizy PEST zbudowano narzędzie, które posłużyło do oceny stymulantów i destymulantów w zakresie otoczenia zewnętrznego. Wyniki z zebranych informacji rozpoczyna analiza burzliwości otoczenia oraz stopnia uzależnienia od zachodzących w nim zmian. Zilustrowano to na rysunku 3.

Rysunek 3. Analiza burzliwości oraz stopnia uzależnienia od otoczenia.



Źródło: opracowanie własne.

W każdej ze sfer występuje stosunkowo duża rozpiętość pomiędzy scenariuszem pozytywnym i negatywnym. Największa dotyczy sfery prawnej. Większość ze sfer wykazuje w ujęciu scenariusza prawdopodobnego pozytywną siłę wpływu, co wskazuje na pozytywny wpływ zachodzących zmian w tym otoczeniu na proces wdrożeniowy. Stymulująco wpływa również otoczenie społeczne, które w ramach rozwoju powinno wspierać procesy implementacji w przedsiębiorstwie. Sfera ekonomiczna to obszar, w którym rozpiętość jest stosunkowo duża, lecz w ostatecznym ujęciu przeważają aspekty pozytywne. Największym zagrożeniem w układzie powyższej analizy stanowi otoczenie prawne. Docelowo należy się spodziewać negatywnego wpływu wynikającego z charakteru regulacyjnego zachodzących na

horyzoncie zmian. Wskazuje to na konieczność podjęcia działań przygotowawczych wewnątrz organizacji przed procesem wdrożenia dla potrzeb rzetelnego opracowania uwarunkowań prawnych wewnętrznych oraz zewnętrznych dla należytej mitygacji ryzyka niepowodzenia. Tym niemniej w ujęciu wszystkich sfer należy spodziewać się pozytywnego wpływu otoczenia na potencjał wdrożeniowy zgodnie z przeważającymi siłami na jej korzyść.

6.3 Modelowe ujęcie wdrożenia pełnoekranowego

Ujęcie modelowe, zaproponowane w dysertacji stanowi syntezę wyników wcześniejszych analiz i badań. Próba ujęcia modelu w formie graficznej, na podstawie opisu otoczenia i wnętrza organizacji decydującej się na wdrożenie technologii RFID została podjęta na kanwie działań, realizowanych przez jednego z OSD w Polsce. Dokonano gradacji najbardziej prawdopodobnych czynników zewnętrznych oraz uszeregowanych czynników wewnętrznych. Charakterystyka czynników zewnętrznych podjęta została w oparciu o najbardziej prawdopodobny scenariusz wynikający z poprzedzającej analizy. Listę rankingową wpływu określono dla najbardziej prawdopodobnego scenariusza, segregując je w wartości od największej do najmniejszej.

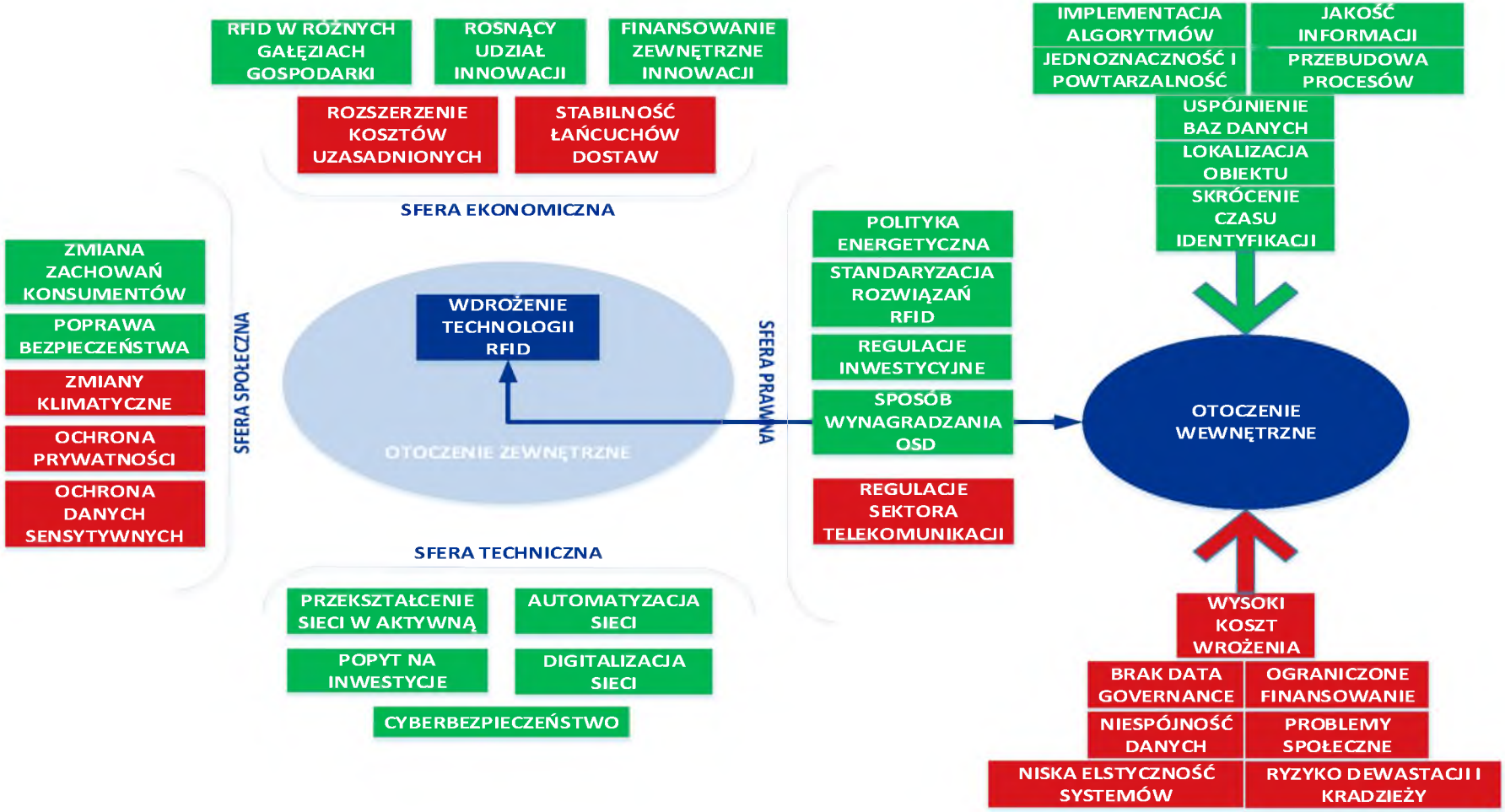
Do zestawienia wpływu poszczególnych sił i zagrożeń na organizację w otoczeniu zewnętrznym dokonano sumowania poszczególnych iloczynów w dwóch kategoriach, a następnie przeprowadzono ich zestawienie od najbardziej do najmniej wpływających. Założono wpływ szans jako wpierających potencjał wdrożeniowy dla technologii oraz demotywujący charakter słabości w ogólnym modelu. Wychodząc od otoczenia wewnętrznego zidentyfikowane zostały czynniki, które w największym stopniu wpływają na stymulację możliwości implementacji rozwiązania oraz wykorzystania jej wartości dodanej w działalności operacyjnej przedsiębiorstwa. Stanowią one trzon informacji zarządczej, która decyduje o podjęciu działań związanych z implementacją technologii do planów inwestycyjnych organizacji.

Naprzeciw stymulantom stoją zidentyfikowane czynniki zagrażające wykorzystaniu wartości dodanej wdrożenia. Obejmują one działalność operacyjną OSD i specyfikę jego funkcjonowania na określonych ramami prawnymi zasadach. Obie te części, składają się na większą całość otoczenia wewnętrznego, które stoi w stałej współzależności z otoczeniem zewnętrznym.

Otoczenie zewnętrzne możliwości wdrożenia podzielone zostało na cztery zasadnicze sfery, w których występują wzajemne oddziaływania wpływające na decyzję oraz powodzenie

wdrożenia. Wymienione zagadnienia, wzajemna, dwukierunkowa relacja o charakterze ciągłym oznacza konieczność dynamicznego reagowania organizacji w przypadku zmian zachodzących zarówno w otoczeniu zewnętrznym, gdzie należy rozpatrywać inicjatywy wdrożeniowe od zewnątrz, aktualizując założenia wewnętrzne organizacji, przy symultanicznym reagowaniu dla aktywności zachodzących w kierunku o przeciwnym zwrocie. Modelowe ujęcie w formie graficznej zestawionego otoczenia OSD w kontekście wdrożenia pełnoskalowego technologii RFID zilustrowano na rysunku 4.

Rysunek 4. Modelowe ujęcie otoczenia stymulującego oraz dysymulującego wdrożenie technologii RFID w przedsiębiorstwie stanowiącym OSD.



Źródło: opracowanie własne.

VII. Wnioski końcowe

Problematyka badawcza dysertacji zilustrowała niestandardową specyfikę podmiotów gospodarczych realizujących usługi dystrybucji energii elektrycznej. Wysoce rozproszony terytorialnie i w znacznym stopniu regulowany obszar ich funkcjonowania na rynku stanowi wyzwanie dla procesów działalności operacyjnej. Na podstawie dostępnej literatury przedmiotu, doświadczeń z wdrożeń w innych sektorach, a także iteracyjnej formie sprawdzania skuteczności i doboru technologii dokonano jej realizacji i implementacji do działalności operacyjnej. Pozwoliło to na sformułowanie następujących wniosków.

W zakresie badań dotyczących majątku sieciowego:

1. Możliwość szybszej identyfikacji badanych obiektów wpływa na efektywność prac zespołów oględzinowych oraz usuwających awarie w przyszłości.
2. Realizacja oględzin terenowych przy pomocy technologii RFID pozwala na niezawodne i jednoznaczne określenie badanego obiektu. 100% obiektów zostało odczytanych oraz zidentyfikowanych poprawnie w systemie.
3. Podczas badań, niektóre ze znaczników zostały zamontowane w układzie poziomym, zamiast pionowym. W trakcie nierównoległego odczytu, gdzie oś czytnika była obrócona o 90 stopni względem osi znacznika zauważono blisko trzykrotny spadek zasięgu odczytu urządzenia. W kontekście operacyjnym konieczne jest uwzględnienie odpowiednich zapisów w instrukcji oględzin.

W zakresie badań dotyczących układów pomiarowo-rozliczeniowych:

1. Najwolniej realizowany był proces odczytu przy pomocy ręcznego wpisywania numerów seryjnych do systemu.
2. W przypadku identyfikacji liczników przy pomocy RFID, dokonano w 100% poprawnego odczytu znacznika w liczniku, co gwarantowało poprawność i spójność danych dotyczących przesunięć magazynowych.
3. Podczas odczytów przy pomocy RFID, wydajność skanera paletowego RFID pozwalała na ponad dziewięciokrotnie szybszą identyfikację liczników na palecie.
4. Identyfikacja liczników przy pomocy technologii RFID determinuje spójność informacji o ich aktualnych stanach zapasów magazynowych oraz przepływach

międzymagazynowych, zapewniając częściową automatyzację tych procesów w działalności operacyjnej OSD.

Prace badawcze związane z wdrożeniem technologii RFID pozwoliły na pozytywną weryfikację hipotezy, stanowiącej że wdrożenie technologii radiowego oznakowania aktywów sieciowych wpływa pozytywnie na zarządzanie operacyjne Operatora Systemu Dystrybucyjnego. Umożliwiły one również opracowanie modelu opisowego.

Do jego realizacji posłużyła pogłębiona analiza wielokryterialna mikro- oraz makrootoczenia organizacji, skutkująca modelem opisowym wskazującym stymulanty i destymulanty działań wdrożeniowych. Szczególnie negatywnym czynnikiem, którego można się spodziewać przy implementacji jest zaostrzenie polityki w zakresie wykorzystania mocy fal radiowych. Drugim z potencjalnie groźnych obszarów destymulujących implementację to sfera ekonomiczna. Fundamentalnym problemem jest w tym zakresie forma regulowanego przychodu i kwalifikacji kosztów uzasadnionych przedsiębiorstwa dystrybucyjnego. Niemniej, pomimo wysokiego poziomu negatywnego zwrotu siły wpływu czynników, przeważają te pozytywne, które uwzględniają możliwości inwestycji w modernizację i rozwoju sieci elektroenergetycznych przy pomocy instrumentów finansowych krajowych oraz europejskich. W zakresie społecznym przeważają czynniki o charakterze pozytywnym. W szczególności problematyka bezpieczeństwa danych oraz osób pozwala na wykorzystanie wartości dodanej technologii. Sfera techniczna na obecnym etapie charakteryzuje się jednorodnym zwrotem w stronę pozytywnego aspektu poprawy działalności operacyjnej dystrybucji energii elektrycznej. Postępująca digitalizacja oraz automatyzacja dzięki jednoznacznej identyfikacji usprawnią realizację i dążenie do odtworzenia cyfrowej formy obecnie analogowej sieci.

Zestawienie powyższych czynników i aspektów funkcjonowania OSD w kontekście wdrożenia technologii RFID doprowadziło do zaproponowania modelu opisowego, który będąc skonstruowany na fundamentach analiz, ma za zadanie określać ramowy przekrój analiz funkcjonowania otoczenia i określenia ich wpływu przed podjęciem decyzji o kierunku działań wdrożeniowych. Równolegle wskazuje wpływ wewnętrznych aspektów funkcjonowania organizacji zgodnie z wcześniejszą analizą. W szczególności model znajduje zastosowanie w przypadku trudności z kwantyfikacją finansowych korzyści implementacji, jak miało to miejsce w badanym przypadku.

Otrzymane wyniki mogą stanowić wkład dla organów zarządzających przedsiębiorstw, realizujących dystrybucję energii elektrycznej, w zakresie procesu decyzyjnego dla sposobu wdrożenia identyfikacji jego aktywów. Aspekty czterech sfer stanowią fundamentalny zakres badawczy konieczny do uwzględnienia. Dalsze analizy i badania związane z rozważaną problematyką powinny w związku z powyższym dotyczyć pogłębionych badań i pomiarów w zakresie implementacji technologii dla pozostałych aktywów, przy równoległej ewaluacji czynników otoczenia ewoluującego z konwencjonalnej energetyki do jego rozproszonej, odnawialnej i elastycznej formy.