



PTPiREE

IX KONFERENCJA

POMIARY I DIAGNOSTYKA

W SIECIACH ELEKTROENERGETYCZNYCH

11-12 CZERWCA 2024 R., KOŁOBRZEG

ORGANIZATOR



PTPiREE

PARTNER



APATOR

SPONSORZY



FOXYTECH



iskraemeco  
BY ELSEWEDY ELECTRIC

Szczegółowe informacje:  
<http://pomiar.ptpiree.pl>



PTPiREE





IX Konferencja

# Pomiary i diagnostyka w sieciach elektroenergetycznych

11-12 czerwca 2024 r., Kołobrzeg

Organizator



Partner



Sponsorzy



Materiały konferencyjne  
zostały przygotowane na podstawie  
składów komputerowych  
dostarczonych przez Autorów

Wydawca: Polskie Towarzystwo Przesyłu i Rozdziału Energii Elektrycznej  
ul. Wołyńska 22, 60-637 Poznań  
tel. +48 61 846-02-00, fax +48 61 846-02-09  
www.ptpiree.pl e-mail: ptpiree@ptpiree.pl

Źródło obrazu na okładce i bannerze: [Obraz PixxlTeufel / Pixabay](#)

## SPIS TREŚCI

*Referaty zostały umieszczone w materiałach zgodnie z kolejnością nadsyłania*

2/5	<b>Wdrożenie technologii PRIME (w Oddziale Olsztyn) oraz rozszerzenie interfejsu ZK</b> <i>Ludwik Tomaszewski (Energa-Operator SA) .....</i>	5
3/1	<b>Bezobsługowy magazyn liczników, czyli jak sprawnie korzystać z zasobów magazynowych</b> <i>Krzysztof Frontczak (Enea Operator Sp. z o.o.) .....</i>	13
3/2	<b>Cyfrowy bliźniak dla energetycznych sieci dystrybucyjnych – rzeczywistość czy przyszłość?</b> <i>Bernard Hajduk (Iskraemeco Sp. z o.o.) .....</i>	27
4/4	<b>Jak połączyć wymagania narodowe z globalnymi standardami – podejście bieżące i na przyszłość</b> <i>Klemen Belec (Iskraemeco Sp. z o.o.) .....</i>	37
5/1	<b>Nadzór nad jakością energii elektrycznej w Enea Operator – wdrożenie systemu Mobisys</b> <i>Łukasz Kasperski (Enea Operator Sp. z o.o.) .....</i>	43
5/4	<b>Wpływ małych instalacji fotowoltaicznych na sieć niskiego napięcia – przykłady</b> <i>Grzegorz Wiczyński, Piotr Kuwałek (Politechnika Poznańska) .....</i>	51



WDROŻENIE TECHNOLOGII PRIME (W ODDZIALE OLSZTYN)  
ORAZ ROZSZERZENIE INTERFEJSU ZK

Ludwik Tomaszewski (Energa-Operator SA)

**ROK 2023**  
Wdrożenie pilotażowe  
PLC PRIME 1.4 FCC

Porównanie wyników KPI PRIME 1.4 & 1.3.6

Kołobrzeg, 11/12.06.2024.



**ROK 2024**  
Wdrożenie produkcyjne  
PLC PRIME 1.4 FCC

Prezentacja wyników KPI PRIME 1.4  
metody przejścia na nową technologię

Kołobrzeg, 11/12.06.2024.



## Dlaczego OSD jest zmuszone do szukania alternatywnych rozwiązań?

W latach 2017-2021 w normach europejskich można zaobserwować niekorzystne zmiany dla PLC wąskopasmowych, które zawarte są w następujących dokumentach:

- PN-EN 61000-2-2:2003 „Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Część 2-2: Środowisko. Poziomy kompatybilności zaburzeń przewodzonych małej częstotliwości i sygnałów przesyłanych w publicznych sieciach zasilających niskiego napięcia ” – poziomy dopuszczalnej emisyjności dla przedziału 20 kHz - 148,5 kHz nie zostały zdefiniowane, natomiast poprawka 1: 2017 (publikacja 2017-06-27) wprowadza stosunkowo wysokie dopuszczalne limity emisji (wbrew stanowisku OSD).
- NORMA : PN-EN IEC 61000-3-2:2019-04 - wersja angielska.
- Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) - Część 3-2: Poziomy dopuszczalne - Poziomy dopuszczalne emisji harmonicznego prądu (fazowy prąd zasilający odbiornika  $\leq 16$  A) PN-EN IEC 61000-6-1:2019-03 - wersja angielska
- Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) - Część 6-1: Normy ogólne - Norma dotycząca odporności w środowiskach: mieszkalnym, handlowym i lekko uprzemysłowym.

**Sprzecznosc norm i lekceważenie pasma zarezerwowanego do transmisji danych w komunikacji PLC przez producentów elektroniki zmusza OSD do szukania alternatywnych rozwiązań**

3



Kolobrzeg, 11/12.06.2024.

## Decyzja o instalacji rozproszonej LZO...



**ENERGA-OPERATOR SA od 2020r. Instaluje Liczniki Zdalnego odczytu w trybie rozproszonym**

4



Kolobrzeg, 11/12.06.2024.



## Decyzja o instalacji rozproszonej LZO, konsekwencje i wyzwanie

typ licznika	obsługa	komentarz
S/T213	PRIME 1.3.6	Wyłączenie KANAŁ 1 w PR 1.3.6
S/T214	PRIME 1.3.6 i PRIME 1.4, poprzez zmianę firmware	Wyłączenie KANAŁ 1 w PR 1.3.6 i PR 1.4.
S/T217	PRIME 1.4 BC dodana zmiana kanałów poprzez zmianę w VIEWER lub zdalnie przy połączeniu z CBP	Wszystkie kanały komunikacji w PRIME 1.4
S/T219	PRIME 1.4 BC automatyczna zmiana pasm poprzez zmianę kanałów + ręczne/zdalnie wskazanie kanałów	Wszystkie kanały komunikacji w PRIME 1.4 W produkcyjnej wersji w planie pasm kanał 1,6,7 - licznik sam dobiera po zmianie pasma w ZKB
S/T220	PRIME 1.4 BC automatyczna zmiana pasm poprzez zmianę kanałów + ręczne/zdalnie wskazanie kanałów	Wszystkie kanały komunikacji w PRIME 1.4 W produkcyjnej wersji w planie pasm kanał 1,6,4 - licznik sam dobiera po zmianie pasma w ZKB
OTUS PRIME2020	PRIME 1.3.6 i PRIME 1.4, poprzez zmianę w smartPatronus lub zdalnie przy połączeniu (dot. EXC40717)	Wyłączenie KANAŁ 1 w PR 1.3.6 i PR 1.4.
OTUS PRIME2021	PRIME 1.4 BC dodana zmiana kanałów poprzez zmianę w smartPatronus lub zdalnie przy połączeniu z CBP	Wszystkie kanały komunikacji w PRIME 1.4
OTUS PRIME 2022	PRIME 1.4 BC dodana automatycznie zmiana pasm poprzez zmianę kanałów + ręczne/zdalnie wskazanie kanałów	Wszystkie kanały komunikacji w PRIME 1.4 W produkcyjnej wersji w planie pasm kanał 1,6,7 - licznik sam dobiera po zmianie pasma w ZKB
OTUS PRIME 2024	PRIME 1.4 BC automatyczna zmiana pasm poprzez zmianę kanałów + ręczne/zdalnie wskazanie kanałów	Wszystkie kanały komunikacji w PRIME 1.4 W produkcyjnej wersji w planie pasm kanał 1,6,4 - licznik sam dobiera po zmianie pasma w ZKB

5



Kolobrzeg, 11/12.06.2024.

## Liczniki od 2022 realizują automatykę przełączenia



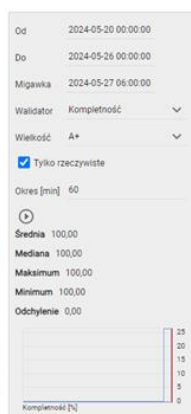
6



Kolobrzeg, 11/12.06.2024.

## Wyniki testów – rok 2023

KANAŁ 3 (151-198 kHz)



KPI odczytowe 100%



2 prosumentów



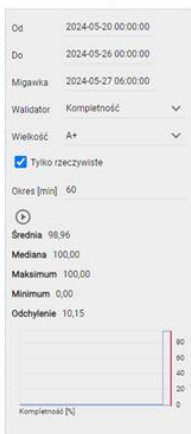
7



Kołobrzeg, 11/12.06.2024.

## Wyniki testów – rok 2023

KANAŁ 6 (315-362 kHz)



KPI odczytowe 98,96%

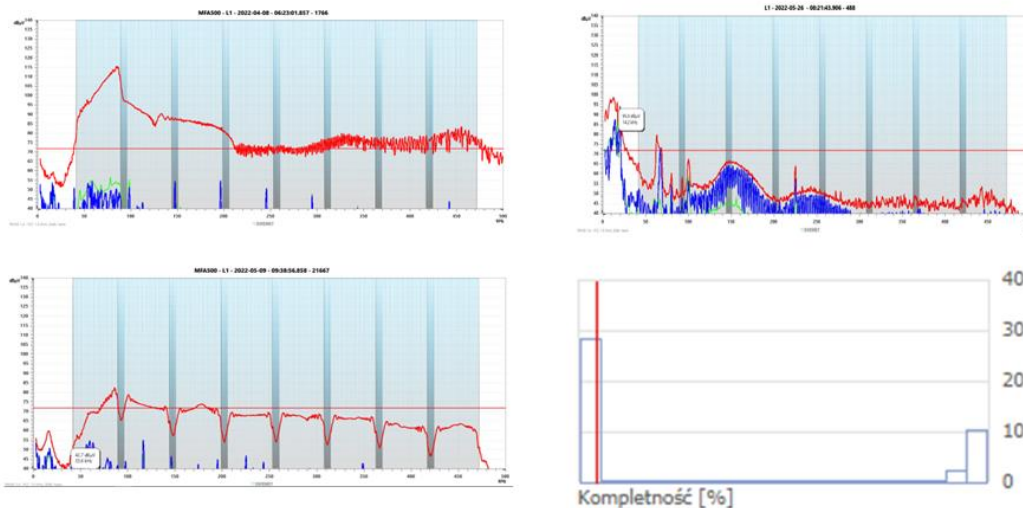


24 prosumentów

STACJA STA1-0252 TORUŃ



## Przetestowano kanały: 1,3,4,6,7 na obszarach miejskich i wiejskich



Kolobrzeg, 11/12.06.2024.

## Wdrożenie REJON DYSTRYBUCJI LIDZBARK WARMIŃSKI

1

## Analiza

- 10 894 układy pomiarowe
- 2 713 układy pomiarowe obsługujące PRIME 1.4 FCC
- 189 stacji SN/Nn
- KPI 63% (liczba zainstalowanych LZO 4 758 szt.)

2

## Przygotowanie procesu

- instalacja liczników PLC FCC w CELENEC A,
- wymiana koncentratora na KNCN-11,
- przełączenie zdalne liczników S/T217 i OTUS PRIME z FW0113 na kanał 6 (z utratą komunikacji),
- przełączenie ZKB w kanał 6,
- weryfikacja liczników S/T217 czy powróciły do łączności w kanale 6
- weryfikacja liczników OTUS PRIME czy automatycznie przełączyły się w kanał 6
- ręczna zmiana kanału komunikacji w licznikach S/T217 gdzie nie powiodło się zdalne przełączenie.
- Weryfikacja skuteczności odczytu.
- Liczniki nowe same przechodzą w Kanał 6 korzystając z planu pasm

**Cel wdrożenia to analiza skuteczności odczytu na obszarze wiejsko-miejskim przy dużym zagęszczeniu. Wdrożenie to dało możliwość oceny technologii.**



Kolobrzeg, 11/12.06.2024.

## Wdrożenie REJON DYSTRYBUCJI LIDZBARK WARMIŃSKI c.d.

### 3 Wdrożenie

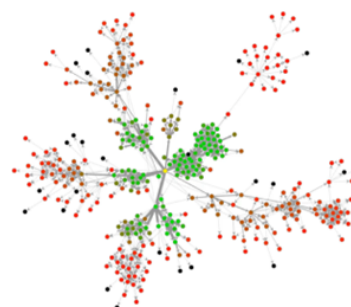
- Weryfikacja zaszumienia dla kanałów 4, 6 i 7 zakłócenia zbliżone w kanałach 6 i 7.
- Ręczne przełączenie liczników w 4 typach urządzeń S/T217 i OTUS PRIME 2021

Wyzwanie:

- a. Nie da się zdalnie przełączyć wszystkich liczników bez automatycznego wyszukiwania. Problem wynikał z budowy topologii PLC.
- b. Brak komunikatu zwrotnego o przełączeniu. Problem wynikał ze sposobu implementacji realizacji zleceń w liczniku

- KPI na terenach miejskich, droga do celu. Wynik testów pojedynczych stacji pilotażowych na terenie miejskim wskazywał poprawę KPI. Podczas wdrożenia na obszarze miejskim w wielu stacjach okazało się, że zajętość pasma jest na tyle duża, że powoduje niski współczynnik. Analiza wskazała, że powodem jest wysoka dostępność liczników oraz zajętość pasma przez wykorzystywanie funkcji robust.

APA9900002189	100%
APA2111412531 (27)	100%
APA2311992716 (2)	99%
APA2311992683	99%
APA2311992695	99%



Kołobrzeg, 11/12.06.2024.

## Wdrożenie REJON DYSTRYBUCJI LIDZBARK WARMIŃSKI c.d.

### 4 Wyniki

Całkowita kompletność profilu A+ na obszarze wiejskim + miejskim obejmująca 183 stacje – 93,04%, przy czym:

- 71 stacji osiągnęło KPI 7 = 100% kompletnego profilu A+
- 37 stacje KPI 7 = 99.9-95.0% kompletnego profilu A+
- 75 stacji KPI 7 = 94-50% kompletnego profilu A+
- 6 stacji poniżej 50%, z tym, że w okresie oceny na 5 stacjach wystąpił brak łączności z ZKB.

UWAGA! KPI jest liczony razem z licznikami, które są wyłączone przez odbiorców oraz tymi gdzie nie udało się przełączyć komunikacji w kanał 6.



Kołobrzeg, 11/12.06.2024.

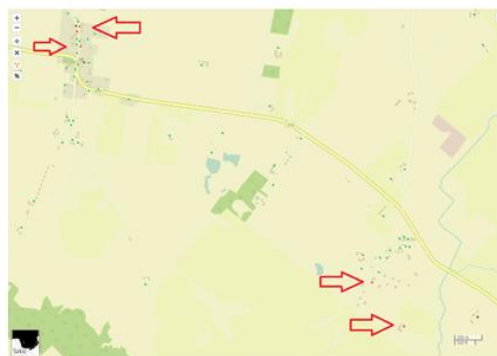
## Wdrożenie REJON DYSTRYBUCJI LIDZBARK WARMIŃSKI c.d.

Na obszarze wdrożeniowym dodatkowy nakład pracy przyniesie dalszy wzrost KPI

Obszar miejski nie przełączone liczniki  
S217/T217



Obszar wiejski nie przełączone liczniki  
S217/T217



13



Kołobrzeg, 11/12.06.2024.

## Wdrożenie REJON DYSTRYBUCJI LIDZBARK WARMIŃSKI c.d.

5

### Wnioski

W wyniku prac wdrożeniowych stwierdza się następujące wnioski:

1. Kierunek wdrożenia PLC FCC jest bardzo dobrym kierunkiem skomunikowania liczników,
2. Automatyczne przełączanie kanałów komunikacji w licznikach LZO – dokonano zmiany w specyfikacji przetargowej kanał 1,6 i 7 na kanały 1,4 i 6. Różnica zakłóceń w sieci PLC pomiędzy kanałami 6 i 7 jest zbliżona.
3. Wdrożono w całej populacji EOP firmware ZKB z bez robust. Ograniczyło to zajętość pasma i zwiększyło KPI odczytowe. Robust do wykorzystania tylko na silnie zaszumionych stacjach.
4. Należy położyć większy nacisk na wdrożenie obszarowe PLC FCC, celem zoptymalizowania kosztów wdrożenia i podniesienia KPI odczytowego.
5. KPI na Lidzbarku Warmińskim można jeszcze zwiększyć poprzez wykonanie clean up

Obecnie na wszystkich stacjach z trudnościami osiągnięcia progu KPI wdrażana jest komunikacja z wykorzystaniem kanału 6. W ENERGA-OPERATOR SA wdraża FCC we wszystkich Oddziałach.

14



Kołobrzeg, 11/12.06.2024.

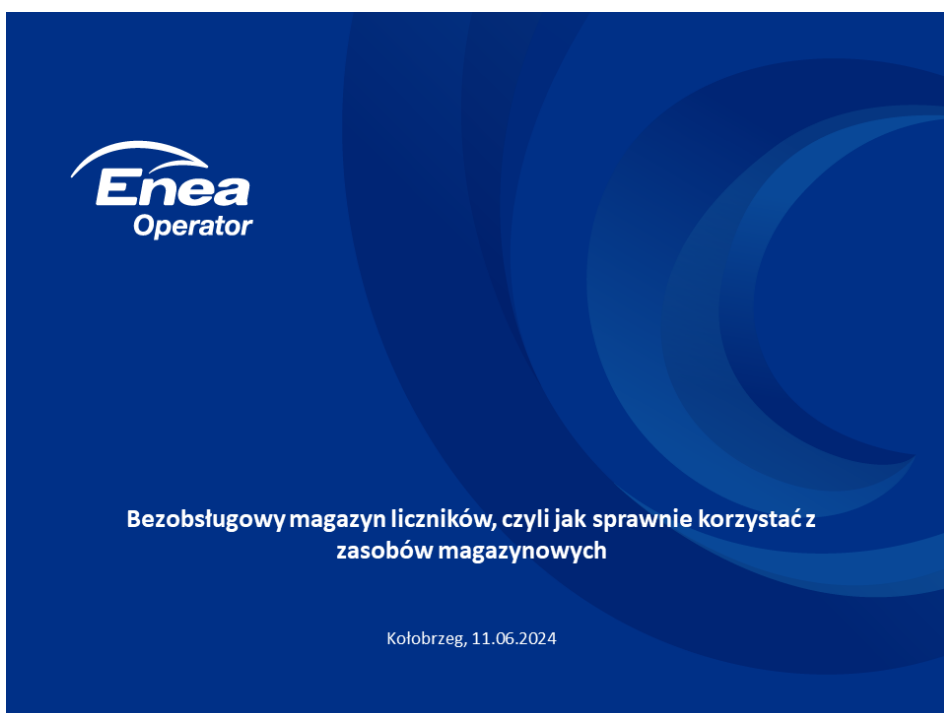
ENERGA-OPERATOR SA

Dziękuję za uwagę



BEZOBŚLUGOWY MAGAZYN LICZNIKÓW,  
CZYLI JAK SPRAWNIE KORZYSTAĆ Z ZASOBÓW MAGAZYNOWYCH

Krzysztof Frontczak (Enea Operator Sp. z o.o.)



Bezobsługowy magazyn licznikowy wykorzystujący technologię RFID





Bezobsługowy magazyn licznikowy wykorzystujący technologię RFID

## Zalety samoobsługowych magazynów



Baza: Kontener morski 40 stopowy HC

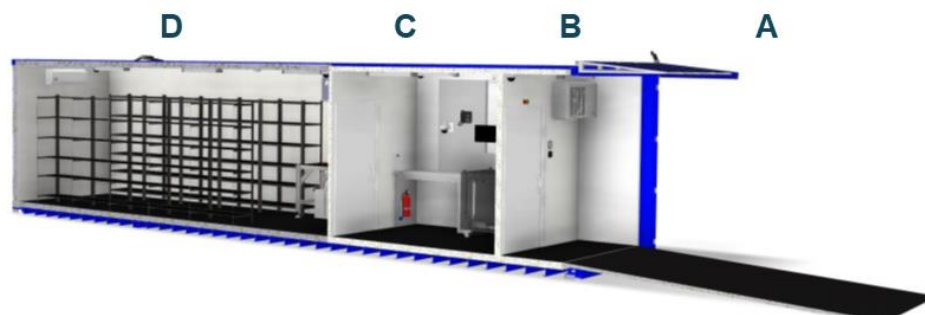
- + Dostępność
- + Samoobsługa
- + Bezpieczeństwo
- + Elastyczność
- + Oszczędność czasu
- + Niezawodność

3



Bezobsługowy magazyn licznikowy wykorzystujący technologię RFID

## Przekrój magazynu z podziałem na strefy



- A - Rampa podjazdowa
- B - Strefa recepcji
- C - Strefa identyfikacyjna
- D - Magazyn

4





Bezobsługowy magazyn licznikowy wykorzystujący technologię RFID

## Strefy magazynowe



Strefa recepcji



Strefa identyfikacji RFID



Magazyn

5



Bezobsługowy magazyn licznikowy wykorzystujący technologię RFID



6



Bezobsługowy magazyn licznikowy wykorzystujący technologię RFID



## Wyposażenie dodatkowe

- ✓ Lampy zewnętrzne z czujnikiem zmierzchowym
- ✓ Alarm
- ✓ Klimatyzacja
- ✓ Czujniki dymu
- ✓ UPS
- ✓ Bezpośrednie łącze telefoniczne z administratorem



7

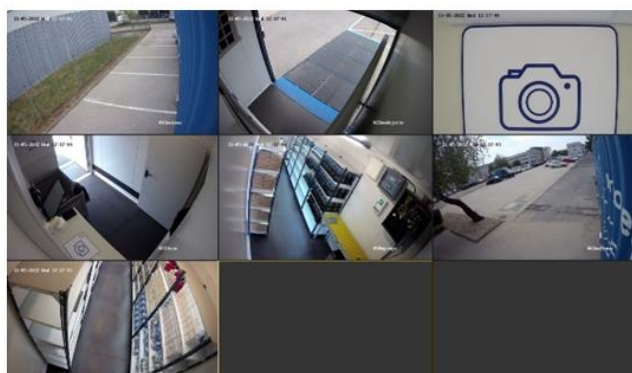


Bezobsługowy magazyn licznikowy wykorzystujący technologię RFID



## Monitoring

- ✓ System rejestracji obrazu składa się z 7 kamer
- ✓ Obraz jest rejestrowany oraz zapisywany
- ✓ Dostęp do obrazu z kamer on-line



8



Bezobsługowy magazyn licznikowy wykorzystujący technologię RFID



## Harmonogram projektu



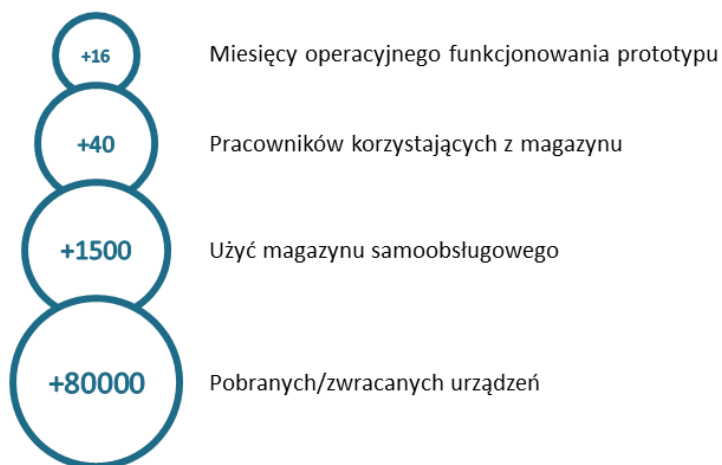
9



Bezobsługowy magazyn licznikowy wykorzystujący technologię RFID



## Podsumowanie działania prototypu bezobsługowego magazynu:



10



Bezobsługowy magazyn licznikowy wykorzystujący technologię RFID



## Różnice pomiędzy prototypem, a wersją produkcyjną

- ✓ Zmiana umiejscowienia rozdzielni elektrycznej i szafy rackowej
- ✓ Zmiana czujnika zmierzchowego na zmierzchowo-ruchowy
- ✓ Wymiana kamer zewnętrznych na inny model
- ✓ Zwiększenie nośności podjazdu
- ✓ Brak FV i magazynu energii
- ✓ Zmiana elektrozamka w drzwiach na zamek magnetyczny



11



Bezobsługowy magazyn licznikowy wykorzystujący technologię RFID



## Różnice pomiędzy prototypem, a wersją produkcyjną

- ✓ Rezygnacja z czytnika kart przy drzwiach (NFC)
- ✓ Automatyczne sterowanie temperaturą w BML
- ✓ Automatyczne sterowanie roletą podczas autoryzacji
- ✓ Zmiana monitora
- ✓ Umieszczenie dodatkowych anten RFID w części magazynowej
- ✓ Poprawa ergonomii pracy w aplikacji BML
- ✓ Rezygnacja z oświetlenia LED pod regałami

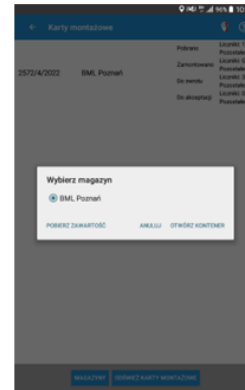
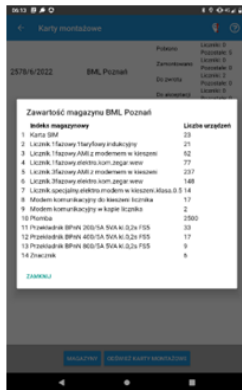


12



Bezobsługowy magazyn licznikowy wykorzystujący technologię RFID

## Aplikacja mobilna



13



Bezobsługowy magazyn licznikowy wykorzystujący technologię RFID

## Aplikacja centralna obsługująca magazyny – stan obecny

Aktualny status magazynu

Ostatnia zarejestrowana data wejścia/wyjścia

Informacja o poziomach zatowarowania

Name	Warehouse status	Logged in user	Opening/closing date and time	Shortcut	Lack of activity	Current status
BML Poznań	Closed	Andrzej Okiewicz	2023-12-10 16:24:51	Camera preview	NO	Warning status
BML Szczecin	Open	Adam Kowalski	2023-12-11 11:12:12	Camera preview	NO	Current status normal
BML Bydgoszcz	Closed	Tomasz Zieliński	2023-12-11-10:54:19	Camera preview	NO	Current status normal

14



Bezobsługowy magazyn licznikowy wykorzystujący technologię RFID

## Zarządzanie magazynami z poziomu aplikacji centralnej

Magazyn	Data wejścia	Data wyjścia	Monitor/Magazynier	Liczba urządzeń zewnętrznych	Liczba urządzeń wewnętrznych
BML Poznań	2023-03-27 19:48:04	2023-03-27 20:19:31	Andrzej Oikiewicz	20	12
BML Poznań	2023-03-27 14:34:05	2023-03-27 14:49:24	Filip Mikołajczak	16	12
BML Poznań	2023-03-27 10:26:53	2023-03-27 10:33:27	Adam Kowalski	0	14
BML Poznań	2023-03-27 10:24:19	2023-03-27 10:26:05	Jan Matysiak	0	100
BML Poznań	2023-03-27 19:16:53	2023-03-27 19:22:29	Przemysław Jaki	11	22
BML Poznań	2023-03-26 13:12:01	2023-03-25 13:23:52	Tomasz Zieliński	5	3
BML Poznań	2023-03-25 13:12:01	2023-03-25 13:23:52		0	9

Alarmowanie o stanach magazynowych

MAGAZYN	BML	Indeks magazynowy	Stan normalny	Stan alarmujący	Stan pełnego obciążenia	Stan blokady	Obecny status
BML Poznań	Licznik, Mierny elektryczny kom.zarządzenie	10	25	50	30	Stan blokady w normalnym trybie	2023-03-27 19:48:04
BML Poznań	Przebieg BHM 200/DA 10kV 60,2kV F15 (0404000)	20	30	30	25	Przebieg stanu przeladowanego	2023-03-27 14:34:05
BML Poznań	Przebieg BHM 400/DA 10kV 60,2kV F15 (0404000)	15	30	30	12	Przebieg stanu normalnego	2023-03-27 10:26:53
BML Poznań	Modem komunikacyjny do kłosać koparka (01010)	15	30	50	40	Stan blokady w normalnym trybie	2023-03-27 10:24:19
BML Poznań	Licznik specjalny elektryczny modernizacyjny BML03	20	40	60	75	Przebieg stanu przeladowanego	2023-03-27 19:16:53
BML Poznań	Licznik, Mierny AMU z modelem w kłosać (01010)	20	40	60	48	Stan blokady w normalnym trybie	2023-03-27 19:16:53
BML Poznań	Licznik, Mierny elektryczny kom.zarządzenie (01010)	20	50	150	135	Stan blokady w normalnym trybie	2023-03-27 13:12:01
BML Poznań	Flomba (01010)	1000	4000	6200	6200	Stan blokady w normalnym trybie	2023-03-27 13:12:01

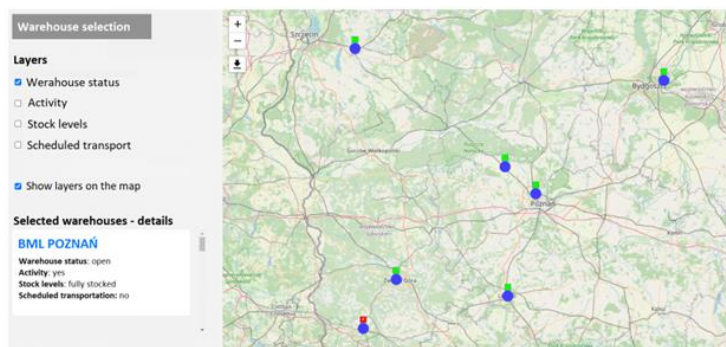
Rejestrowanie historii wejść/wyjść

15



Bezobsługowy magazyn licznikowy wykorzystujący technologię RFID

## Aplikacja centralna obsługująca magazyny – rozwój



16



Bezobsługowy magazyn licznikowy wykorzystujący technologię RFID

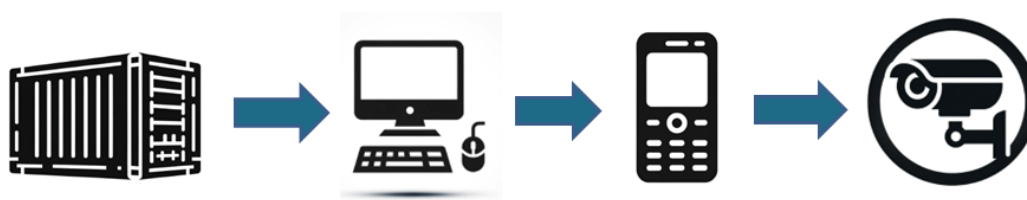


### System bezpieczeństwa

Informacja o nieaktywności

Limit czasu i spersonalizowane informacje dla administratora

Weryfikacja przez system monitoringu



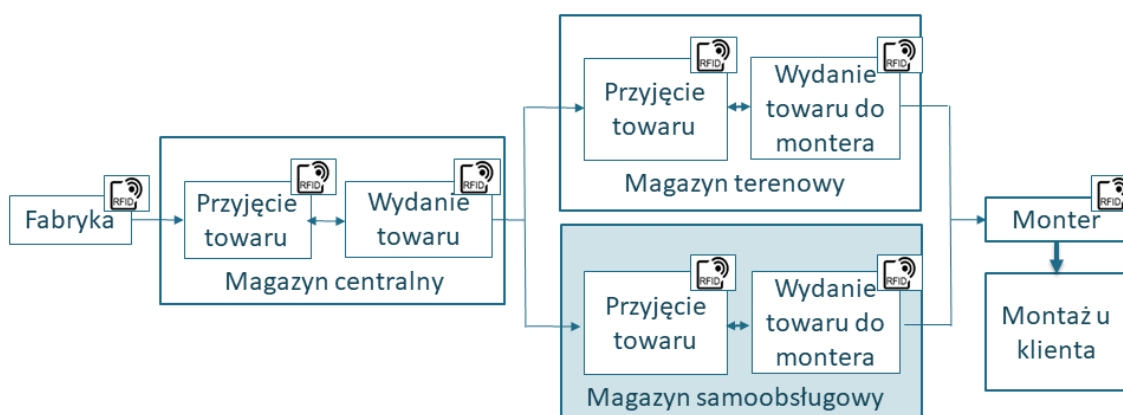
17



Bezobsługowy magazyn licznikowy wykorzystujący technologię RFID

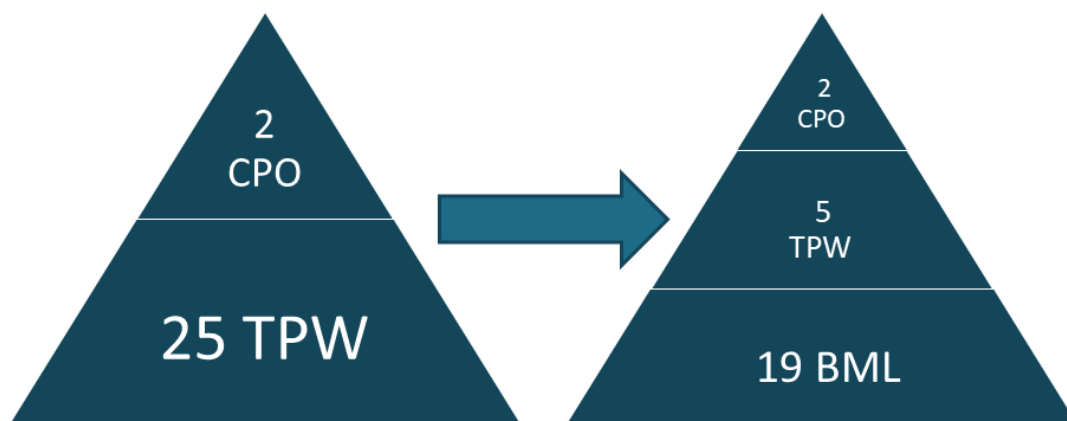


### Obieg elementów układów pomiarowych



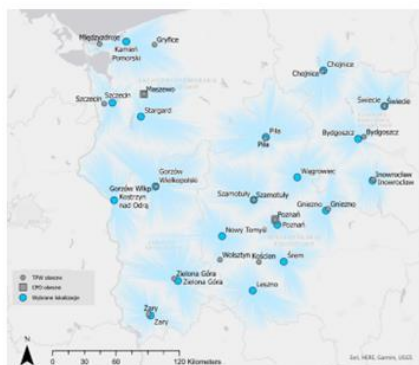
18

## Reorganizacja struktury logistycznej z uwzględnieniem samoobsługowych magazynów



19

## Mapa rozmieszczenia BML



Lokalizacja magazynu kontenerowego	Liczba PPE	Udział	Liczba monterów
Zary	84 860	3,05%	16
Leszno	148 541	5,34%	29
Zielona Góra	202 175	7,26%	45
Śrem	104 131	3,74%	9
Nowy Tomyśl	103 515	3,72%	18
Poznań	487 888	17,53%	57
Gniezno	118 882	4,27%	25
Kostrzyn nad Odrą	67 643	2,43%	15
Szamotuły	88 788	3,19%	32
Gorzów Wlkp.	171 000	6,14%	44
Inowrocław	97 464	3,50%	22
Wągrowiec	67 522	2,43%	11
Bydgoszcz	263 805	9,48%	49
Pila	136 005	4,89%	24
Stargard	108 984	3,92%	21
Szczecin	291 553	10,47%	63
Świecie	51 587	1,85%	9
Chojnice	72 803	2,62%	15
Kamień Pomorski	116 537	4,19%	25
	2 783 683	100,00%	529

20



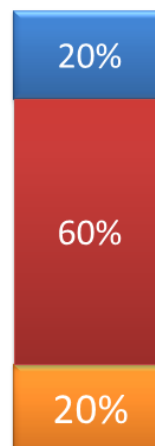


Bezobsługowy magazyn licznikowy wykorzystujący technologię RFID



## Finanse

- ✓ Optymalnym rozwiązaniem jest budowa 19 BML
- ✓ Obniżenie kosztów magazynowania o 7,5%
- ✓ Obniżenie kosztów transportu o 15,5%
- ✓ Oszczędności w skali roku na poziomie 1 000 000 zł
- ✓ Zwrot z inwestycji w ciągu 2 lat
- ✓ Koszt budowy 1 BML z posadowieniem ok. 500 000 zł



20 % - koszt zakupu kontenera

60% - koszt wyposażenia wraz z instalacją

20% - koszt przygotowania terenu wraz z przyłączem

21



Bezobsługowy magazyn licznikowy wykorzystujący technologię RFID



## Korzyści

- ✓ Zwiększenie przepustowości procesu magazynowego
- ✓ Optymalizacja lokalizacji magazynów
- ✓ Ograniczenie kosztów
- ✓ Skalowalność
- ✓ Elastyczność

22



Bezobsługowy magazyn licznikowy wykorzystujący technologię RFID

## Budowa prototypu

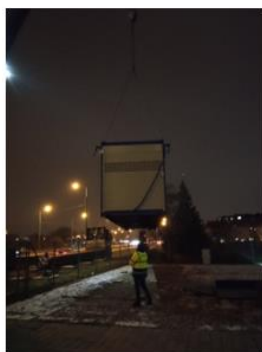


23



Bezobsługowy magazyn licznikowy wykorzystujący technologię RFID

## Transport i posadowienie magazynu



24



Bezobsługowy magazyn licznikowy wykorzystujący technologię RFID



25



- ZARZĄDZANIE
- BEZPIECZEŃSTWO
- IDENTYFIKACJA

Bezobsługowy magazyn licznikowy wykorzystujący technologię RFID



CYFROWY BLIŹNIAK DLA ENERGETYCZNYCH SIECI DYSTRYBUCYJNYCH  
– RZECZYWISTOŚĆ CZY PRZYSZŁOŚĆ?

Bernard Hajduk (Iskraemeco Sp. z o.o.)



**Cyfrowy bliźniak  
dla sieci energetycznych –  
rzeczywistość czy przyszłość?**

[www.symbiot.iskraemeco.com](http://www.symbiot.iskraemeco.com)

**SYMBIOT**  
Twiner



**SYMBIOT**  
Twiner

**TRENDY I WYZWANIA  
TRANSFORMACJI  
ENERGETYCZNEJ**



## ROSNĄCE TRENDY



Pompy Ciepła



Fotowoltaika



Pojazdy elektryczne



Elektrownie wiatrowe



Magazyny energii



Monitoring w czasie rzeczywistym



Cyfryzacja



Sztuczna inteligencja

**13 bilionów EURO\***  
potrzebne do inwestycji w globalną sieć elektryczną

Inwestycje w sieci energetyczne powinny rosnąć rocznie o **222 mld EURO\***

\*Źródło: BloombergNEF

**SYMBIOT**Twiner

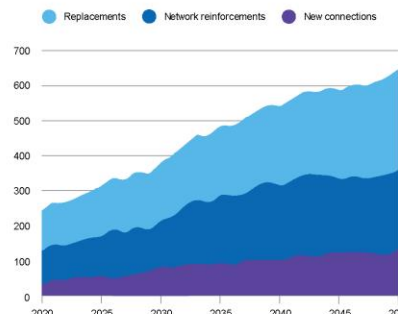
## WYZWANIA DLA OSP i OSD

W obecnej transformacji energetycznej

- **Gdzie inwestować?**  
W co? Ile? Dla jakiego zwrotu z inwestycji?
- Jaki **wpływ społeczny i środowiskowy** ma być zapewniony?
- **Jak ewoluuje sieć?**  
Które zmiany transformacji energetycznej będą miały największy wpływ na sieć?

**Monitoring, przewidywanie i symulacja sieci nie jest już opcją – to wymaganie**

**Globalne roczne inwestycje w sieć elektryczną (mld USD)**



Stan na 23 lutego 2021 r. Źródło: BloombergNEF

**SYMBIOT**Twiner

## CYFROWE ROZWIĄZANIA SIECIOWE

W obecnej transformacji energetycznej

- **Zwiększona konsumpcja** (stacje ładowania EV, pompy ciepła) i **rozproszone wytwarzanie** energii ze źródeł odnawialnych (energia słoneczna, elektrownie wiatrowe z magazynami energii) powodują niestabilność sieci elektrycznej.
  - Przeciążenie infrastruktury
  - Przepięcie w sieci niskiego napięcia
- **Nowe wyzwania dla OSD**
  - Mniejsza widoczność w części sieci NN
  - Utrzymywanie stabilnego napięcia
  - Zapobieganie przeciążeniom (kable, transformatory)
  - Inteligentne inwestycje w dodatkowe moce sieci
- **Propozycja Iskraemeco**
  - wykorzystanie zainstalowanej bazy AMI (LZO) do inteligentnego zarządzania siecią
  - udowodnienie inwestycji w AMI, planowanie z wyprzedzeniem dużych inwestycji w infrastrukturę
  - umożliwienie aktualizacji poprzez moduł obliczeniowy EDGE
- **Rozwiązania Digital Grid są oparte na oprogramowaniu Symbiot i platformach Energy IoT EDGE z dodatkowymi aplikacjami i inteligentnymi licznikami nowej generacji IE.x.**



## SYMBIOT TWINNER – CO TO JEST?

Zintegrowana platforma technologiczno-ekonomiczna dotycząca sieci, mikrosieci i odnawialnych źródeł energii:

- Instalacja lokalna (nie wymaga chmury)
- Wolne od jakiejkolwiek zastrzeżonej technologii
- Przetwarzanie danych sieciowych w czasie zbliżonym do rzeczywistego na dużą skalę

Zadania jakie realizuje:

- Gromadzenie i czyszczenie danych
- Planowanie sieci i konserwacja
- Symulacje
- Monitorowanie sieci
- Operacje sieciowe
- Zarządzanie elastycznością
- Prognozowanie popytu i sprzedaży



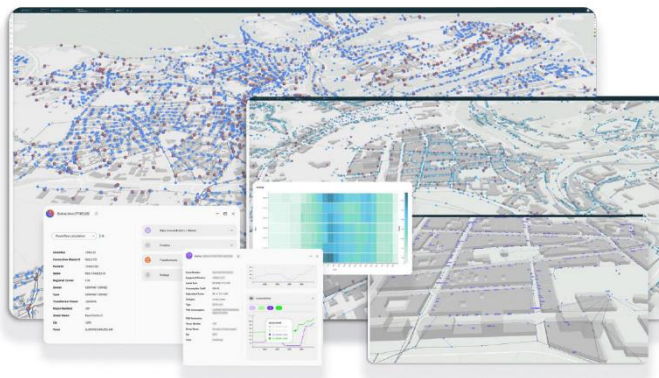
## SYMBIOT TWINNER – CO TO JEST?



Cyfrowy bliźniak sieci elektroenergetycznej, zasilany na żywo danymi z różnych systemów, np. GIS, ERP, HES, dane pogodowe, zarządzanie majątkiem.

Modele AI umożliwiające prognozowanie każdego pojedynczego konsumenta i producenta w sieci.

Zaawansowane symulacje (co-jeśli).



## SYMBIOT TWINNER – DEMO







**SYMBIOT**  
Twiner

## FUNKCJONALNOŚCI TECHNICZNE



## CECHY ROZWIĄZANIA

Inteligentniejsze niż kiedykolwiek zarządzanie siecią

Dla każdego indywidualnego zasobu sieci (węzły, kable, szafy/rozdzielnie, podstacje itp.), możliwe jest:

- Monitorowanie na żywo (w tym zasobów WN, SN i NN)
- Dokładne prognozy (np.: zużycie w węzle, obciążenie kabli)
- Łatwe symulacje (uwzględniające bieżący i prognozowany stan sieci)
- Obliczanie przepływu mocy
- Mapy cieplne (zużycie, prądy, napięcia, odczyty liczników)
- Nawigacja geograficzno-czasowa na wszystkich danych zasobu w formie widoku mapy z maszyną czasu (suwakiem) do nawigacji w dowolnym miejscu siatki i natychmiastowej wizualizacji jej przeszłego, obecnego i prognozowanego stanu.
- Natychmiastowa wizualizacja wyników na urządzeniach przenośnych przy minimalnych kosztach obliczeniowych (najlepiej hostowanych lokalnie).
- Wykrywanie i identyfikacja niespójności danych (algorytm wykrywa błędy w początkowej fazie i dostarcza prawidłowe i dokładne informacje)

Nie jest to tylko narzędzie do planowania, ale w pełni funkcjonalne rozwiązanie monitorujące, którego celem jest dostarczanie zaleceń dotyczących rekonfiguracji sieci i umożliwiania precyzyjną współpracę między wszystkimi zainteresowanymi stronami (generowanie zadań i śledzenie biletów/zadań).



**SYMBIOT**Twiner



11

## UNIKALNOŚĆ ROZWIĄZANIA

Symbiot Twinner bierze pod uwagę wszystkie informacje kontekstowe, aby dostarczyć unikalny i specyficzny model dla każdego indywidualnego zasobu

Symbiot Twinner pomaga OSD zarządzać siecią w oparciu o rzeczywiste dane dotyczące produkcji i zużycia. Ujednocina dane pochodzące z różnych systemów i kontekstualizuje je:

- System informacji geograficznej
- System planowania zasobów przedsiębiorstwa
- Dane pomiarowe (dane z inteligentnych liczników nie są obowiązkowe)
- Czujniki (czasu rzeczywistego) rozmieszczone w całej sieci
- Dane adresowe i informacje kalendarza specyficzne dla regionu
- Dane dotyczące temperatury i prognozy pogody
- Stacje ładowania pojazdów elektrycznych
- Dowlone dane punktu generowania (turbiny wiatrowe, fotowoltaika, elektrownie...)
- Dowlone urządzenie podłączone do sieci i dostarczające dane, które można wyodrębnić i przesłać do jeziora danych.



Każdy zasób sieci jest profilowany indywidualnie przez dedykowany model uczenia maszynowego, który może być bez ograniczeń aktualizowany w ciągu kilku sekund - na poziomie całej sieci - biorąc pod uwagę najświeższe dane, które zostały wygenerowane w ciągu ostatnich minut, zapewniając bezprecedensową dokładność modelu sieci do monitorowania teraźniejszości - i przewidywania przyszłości z dokładnością do 95%.

SYMBIOT Twinner

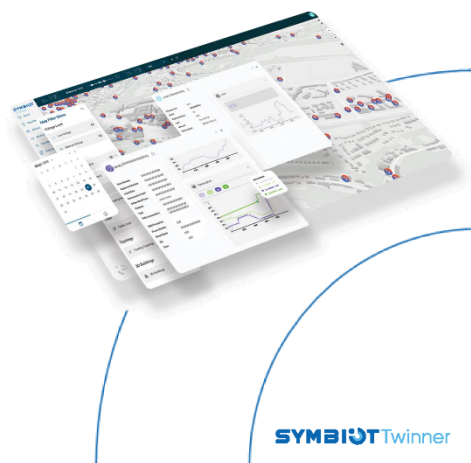
## UNIKALNA PLATFORMA z AI



12

Z najbardziej ekologicznym stylem uczenia maszynowego na rynku

- Nie ma potrzeby stosowania wysokowydajnych obliczeń lub uruchamiania kosztownych modeli w chmurze: rozwiązanie może być hostowane lokalnie lub w dowolnym centrum danych, które jest odporne na przerwy w dostawie prądu i działa na serwerach o rozsądnych rozmiarach, aby przetwarzać dowolny rozmiar „jeziora danych” sieci, niezależnie od dostępności pamięci RAM.
- Rozwiązanie modeluje wszystkie elementy sieci w ich kontekście z nieograniczoną złożonością, aby zapewnić symulacje na żywo w oparciu o najnowsze dane wejściowe (na żywo): dowolna wirtualna sieć może zostać wygenerowana lub symulowana.
- Przewidywania zagregowanych pomiarów osiągają: do 95% dokładności dla krótkich okresów, od 80% do 95% dokładności dla 1-tygodniowej prognozy, od 72% do 95% dla dłuższych okresów.
- Import dziennych danych i profilowanie całej sieci 100 000 węzłów POD ze wszystkimi powiązanymi elementami odbywa się w czasie krótszym niż 1 minuta na lokalnej infrastrukturze serwerowej.
- Rozwiązanie umożliwia grupowanie profili POD na podstawie wykrytych cech lub wzorców i umożliwia uzyskanie odpowiednich informacji na temat zasobów sieciowych.



SYMBIOT Twinner

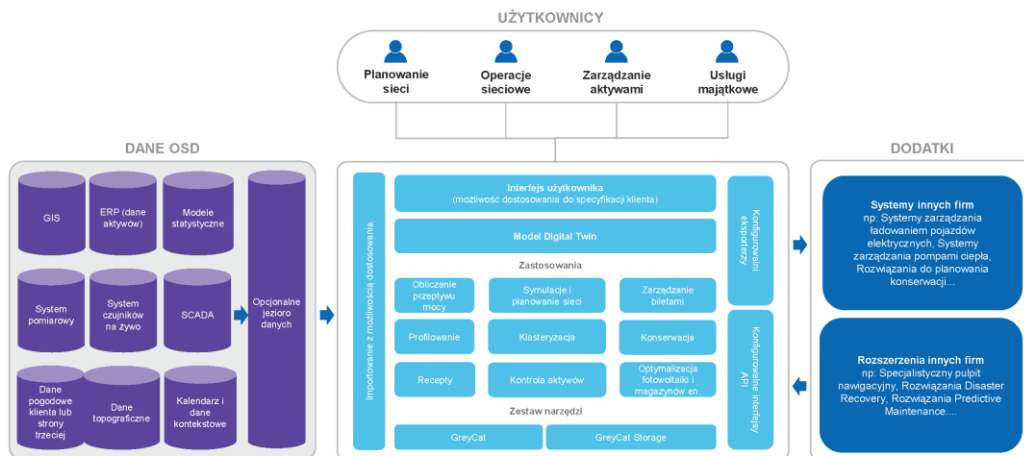


**SYMBIOT**  
Twiner

**ARCHITEKTURA  
WYSOKIEGO  
POZIOMU**



**ARCHITEKTURA ROZWIĄZANIA**





**SYMBIOT**  
Twiner

STUDIUM PRZYPADKU  
=  
RZECZYWISTOŚĆ



## Rzeczywistość SYMBIOT Twiner



16

**350.000**

wdrożone **inteligentne**  
**liczniki** generujące 4  
rodzaje danych co 15 minut.

**SYMBIOT**  
**Twiner**

Zaprojektowany razem z  
DSO dla DSO.

**150 mld**

**wartości**  
**pomiarowych** w  
ciągu ostatnich 3 lat.

**10.300**

**Kilometry kabli**  
w bieżących przepływach  
energii.

Wdrożony w całym kraju  
w Luksemburgu.

**4 min**

**czas aktualizacji stanu**  
**modelowanych urządzeń**  
na terenie całego kraju.

**SYMBIOT**Twiner



## PROJEKT REFERENCYJNY

Krajowy operator sieci energii elektrycznej i gazu ziemnego w Luxemburgu

Pomogliśmy zarządzać siecią w oparciu o rzeczywiste dane dotyczące produkcji i zużycia. Twinner ujednotniza dane pochodzące z różnych systemów i i nadaje im kontekst.

- 350 000 wdrożonych inteligentnych liczników generujących 4 profile danych co 15 minut
- 3 lata gromadzenia danych: 150 miliardów danych pomiarowych tylko dla inteligentnych liczników
- 10 300 km kabli, które mogą być "zasilane" natychmiastowo, wszystkie poszczególne modele są aktualizowane w czasie krótszym niż 4 minuty - w całym kraju.
- Wdrażane są pełnowartościowe i nowe projekty innowacyjne na rok 2024:
  - Pilotowanie sieci w czasie rzeczywistym (najpierw na poziomie miasta) - zapewnienie stałego i optymalnego równoważenia przepływów mocy dzięki uczeniu maszynowemu. Polecenia będą wysyłane w celu autonomicznej regulacji zasobów sieci poprzez aktywację / dezaktywację głównych urządzeń (pompy ciepła, EV, PV...).
  - Klasteryzacja majątku za pomocą wielu funkcji, które segmentują rynki klientów i wspierają rozwój nowych ofert handlowych.



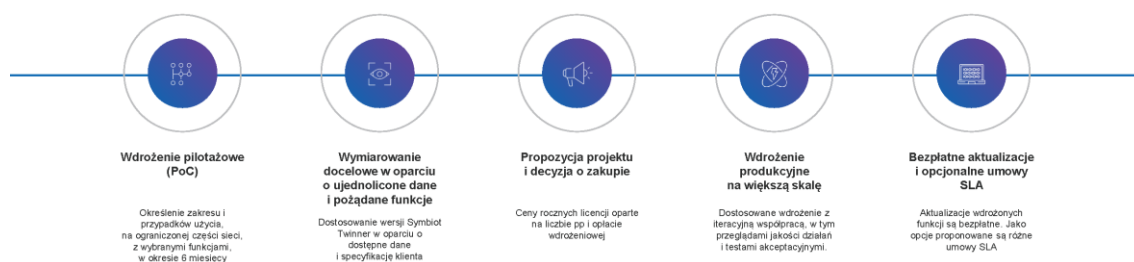
## WDROŻENIE ROZWIĄZANIA

- Określenie zakresu i przypadków użycia dla Proof-of-Concept (PoC)
- Wdrożenie PoC (6 miesięcy)
  - wybrany obszar geograficzny (do 10 000 inteligentnych punktów pomiarowych)
  - zdefiniowane przypadki użycia: 3-fazowa topologia, prognozy, symulacje, obliczenia przepływu mocy, ...
- Wdrożenie na pełną skalę

SYMBIOT Twinner

## PROCES WDRAŻANIA

Dzięki któremu każdy OSD może wdrożyć **Symbiot Twinner** jako swojego bliźniaka sieci energetycznej



Model cenowy Symbiot Twinner opiera się na rocznym modelu subskrypcji opartym na liczbie pp i wymaganych funkcjach (przypadki użycia) Symbiot Twinner.

**SYMBIOT**Twinner



Dziękuję

[www.symbiot.iskraemeco.com](http://www.symbiot.iskraemeco.com)

**SYMBIOT**  
Twinner



JAK POŁĄCZYĆ WYMAGANIA NARODOWE Z GLOBALNYMI STANDARDAMI  
— PODEJŚCIE BIEŻĄCE I NA PRZYSZŁOŚĆ

*Klemen Belec (Iskraemeco Sp. z o.o.)*

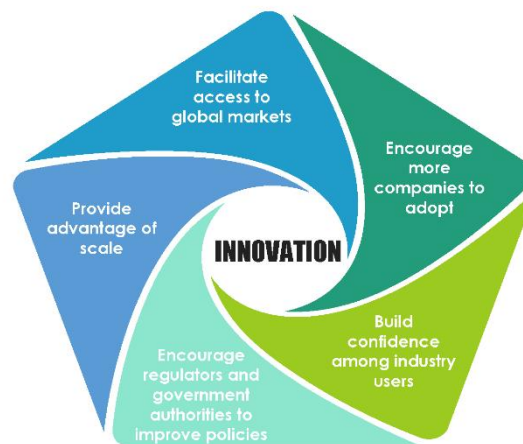


**Why use standards.**

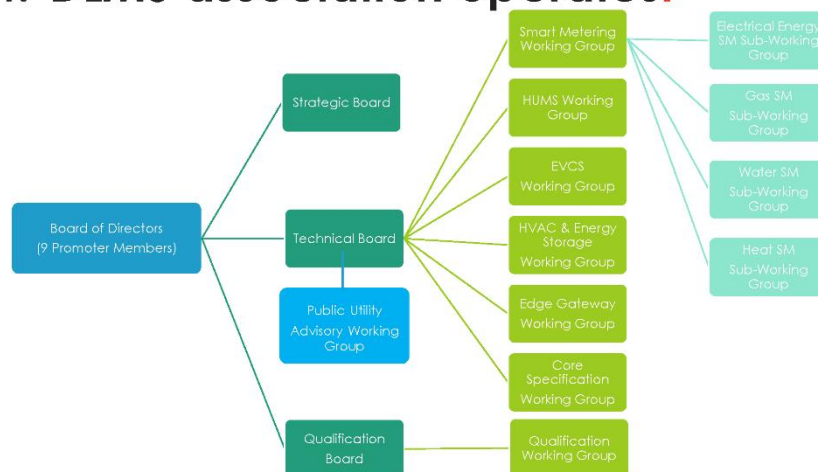
The fast evolution of Smart Grid & IoT results in a complex and moving landscape...



## Standardization: A Catalyst for Innovation.



## How DLMS association operates.





## What DLMS standard offers.



## What is new.






## IDIS P2 > P3.

- communication stream optimization
- Security
- Compression
- Quality of supply
- Multi utility meter reading enhan.
- Customer information configuration
- Communication supervision – more granular information available
- Function control
- Confirmed data notification, ...

## Security.



Security Suite Id	Security suite name	Authenticated encryption	Digital signature	Key agreement	Hash	Key-transport	Compression
0	AES-GCM-128	AES-GCM-128	–	–	–	AES-128 key wrap	–
1	ECDH-ECDSA-AES-GCM-128-SHA-256	AES-GCM-128	ECDSA with P-256	ECDH with P-256	SHA-256	AES-128 key wrap	V.44
2	ECDH-ECDSA-AES-GCM-256-SHA-384	AES-GCM-256	ECDSA with P-384	ECDH with P-384	SHA-384	AES-256 key wrap	V.44
All other reserved	–	–	–	–	–	–	–



## How to combine global and national standard.



- Instantiated 21 use cases serves 90% needs of DSOs
- Option for „customer specific objects“ inside GCP Profile
- Country specific extensions to the GCP Profile (legal, regulatory specifics)
- DLMS UA is open for discussion
- Energy transition will join multiple industry verticals (Elect., EV, HeatPump, HVAC, DERMS, EMS...)

## Iskraemeco IE.5 family



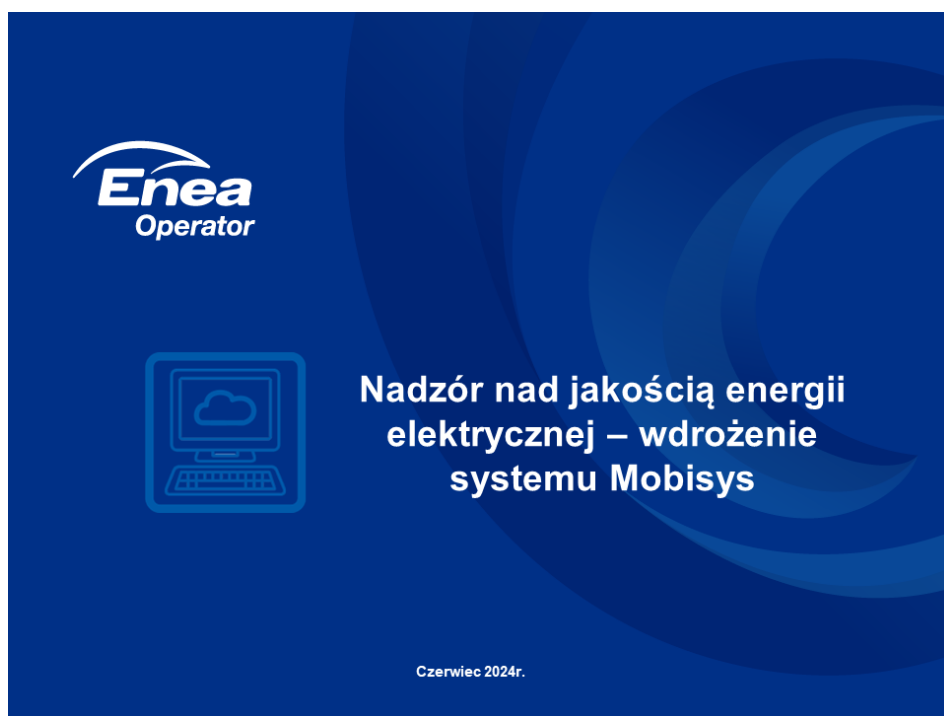
- Compliance with the latest Green & Blue book
- IDIS P3 compatibility certificate
- ACESM GCP Certification ready
- Security according to CC



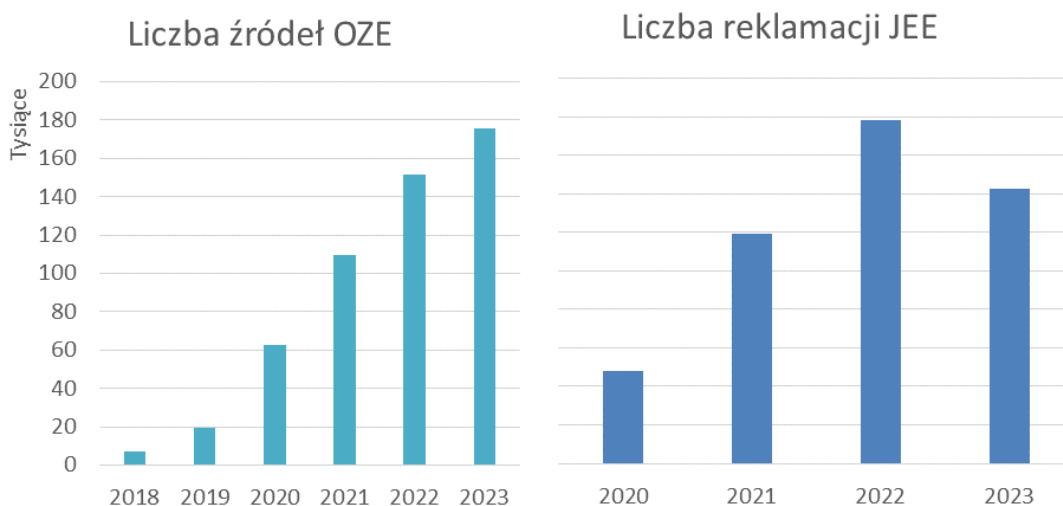


NADZÓR NAD JAKOŚCIĄ ENERGII ELEKTRYCZNEJ W ENEA OPERATOR  
– WDROŻENIE SYSTEMU MOBISYS

*Łukasz Kasperski (Enea Operator Sp. z o.o.)*



**Czy jakość energii elektrycznej jest istotna?**



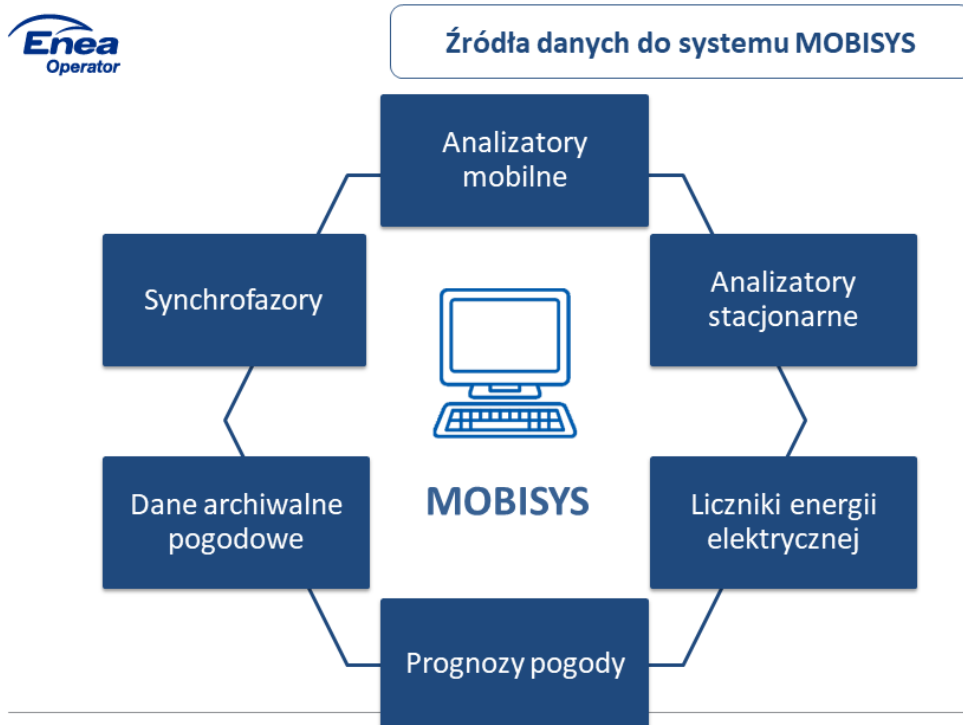
3



Zadania systemu MOBISYS

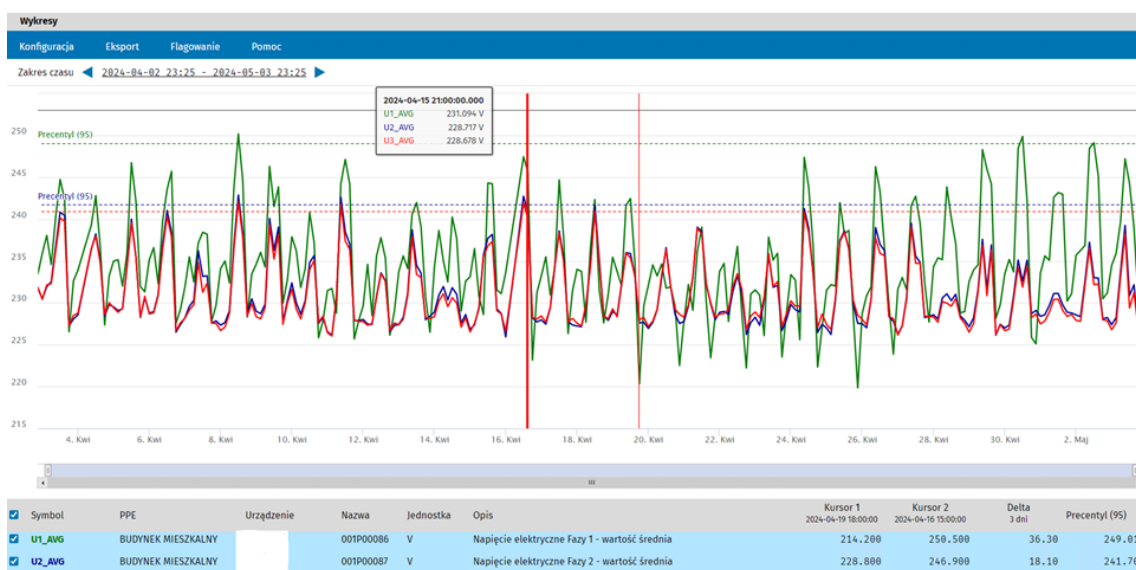


4



5

**Wykresy**



6



### Analizator vs licznik

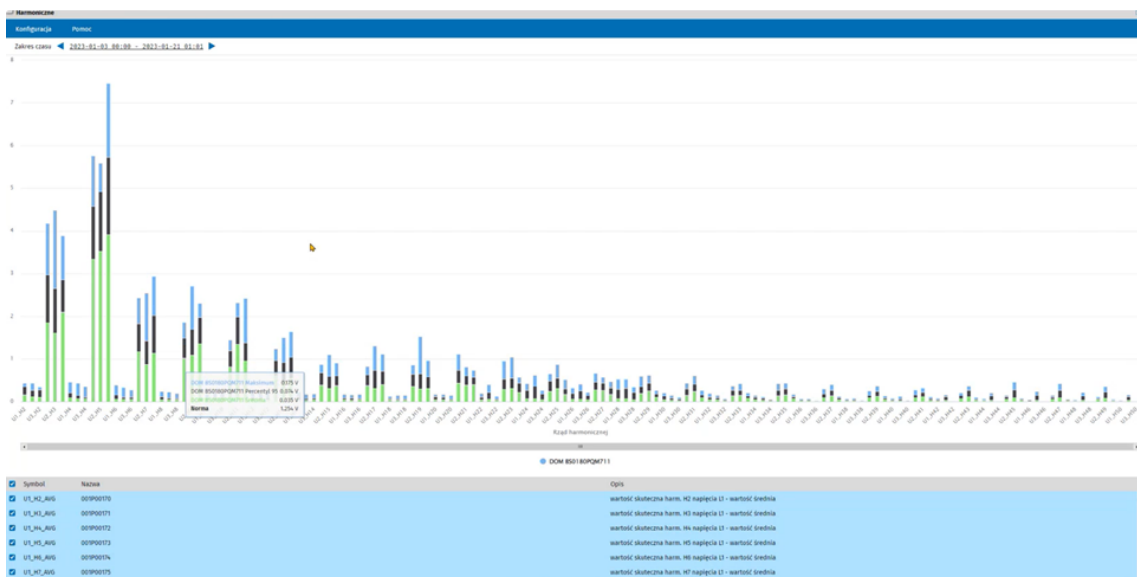
Zakres czasu ◀ 2022-11-17 19:27 - 2022-11-24 19:27 ▶



7



### Harmoniczne

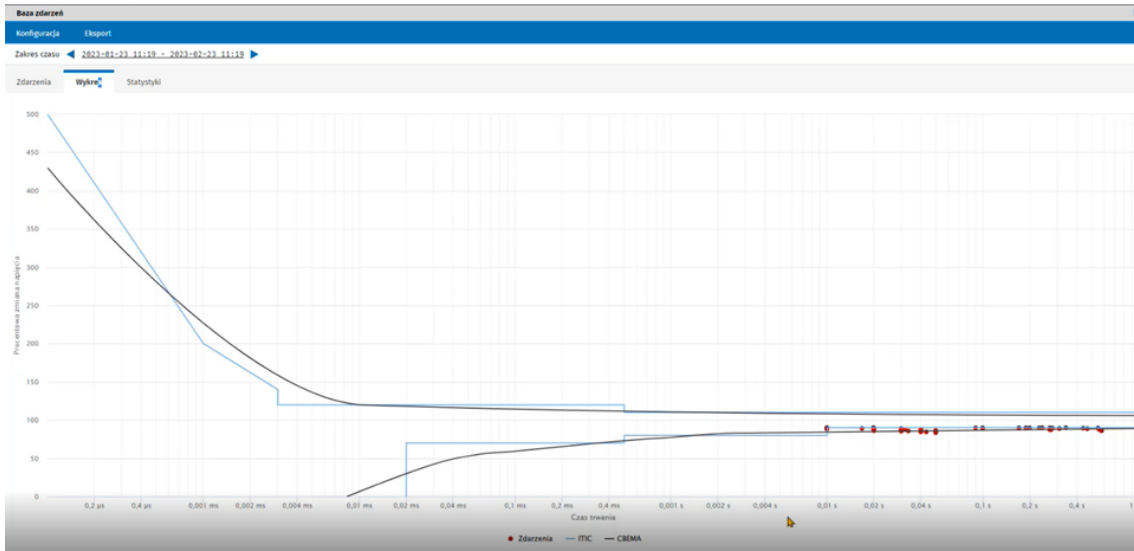


8





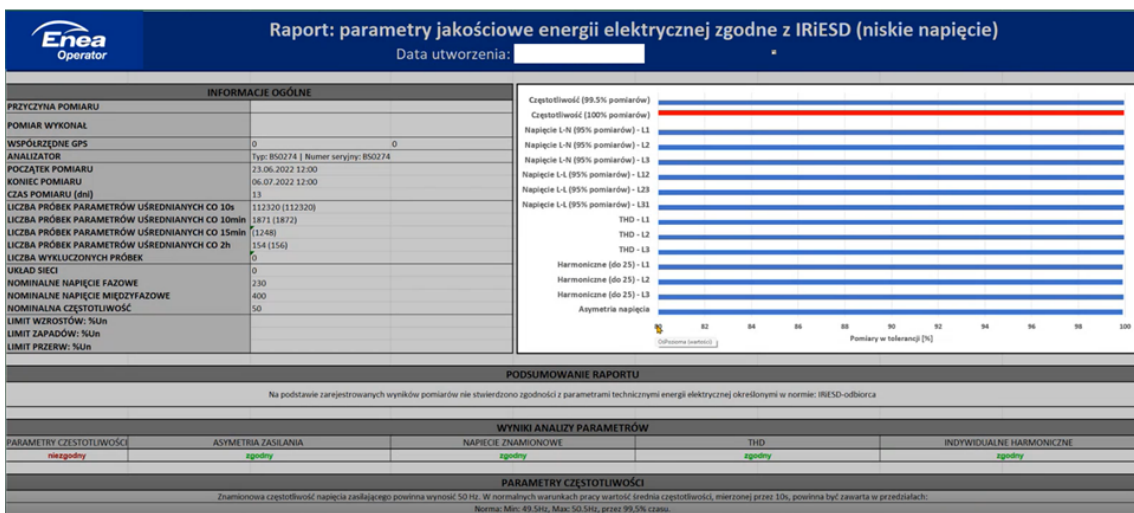
## Zdarzenia



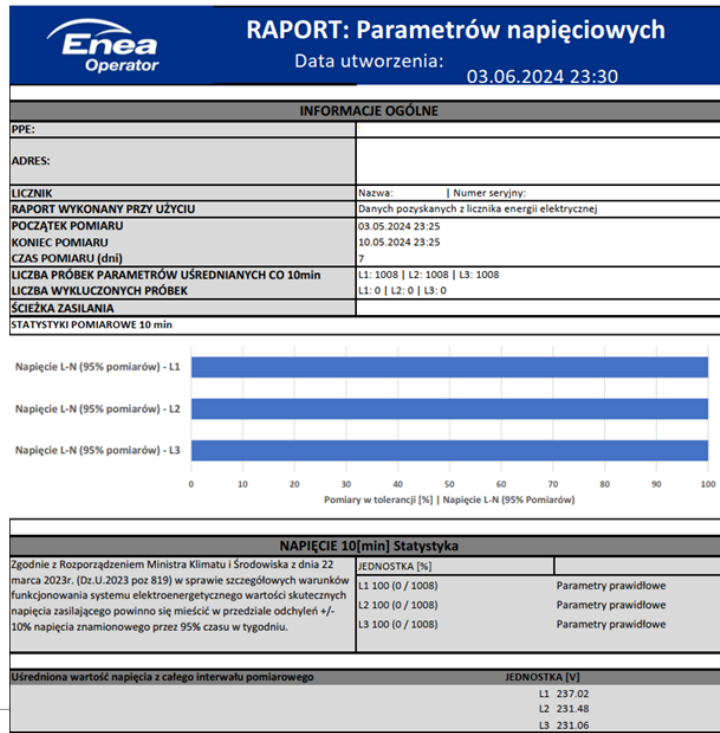
9



## Report analizatorowy



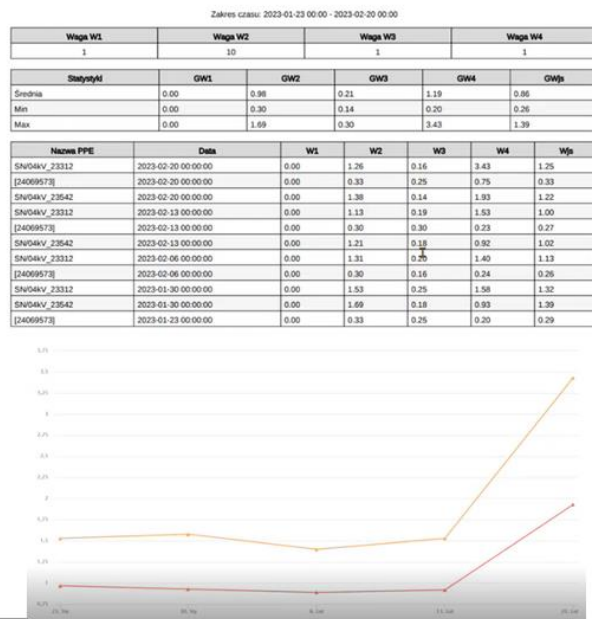
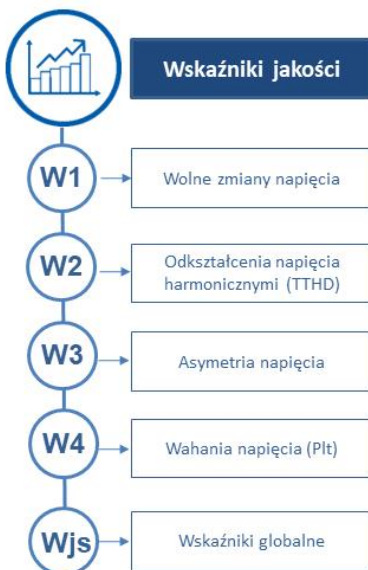
10



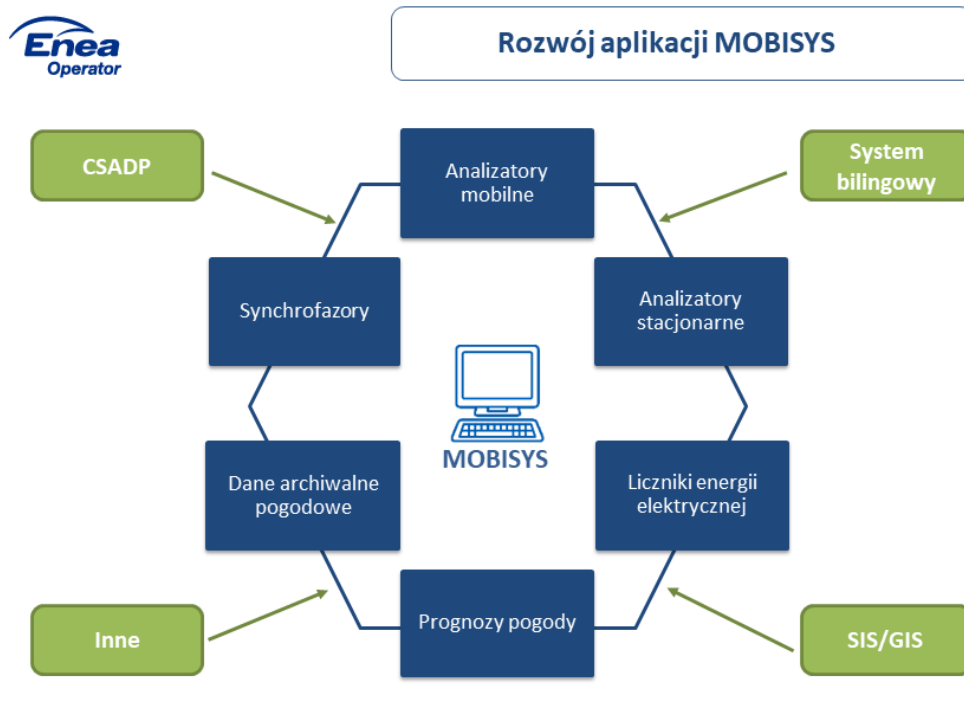
11



## Ocena jakości energii elektrycznej



12



13

**Enea Operator**

System MOBISYS umożliwia skuteczne monitorowanie i analizę jakości energii elektrycznej, co jest niezbędne w kontekście dynamicznej transformacji energetycznej i rosnących wymagań dotyczących stabilności dostaw energii.



## WPŁYW MAŁYCH INSTALACJI FOTOWOLTAICZNYCH NA SIEĆ NISKIEGO NAPIĘCIA – PRZYKŁADY

Piotr Kuwałek, Grzegorz Wiczyński (Politechnika Poznańska)

**Streszczenie**

Małe instalacje fotowoltaiczne dołączane są do sieci elektroenergetycznych niskich napięć. Dostarczają one energię elektryczną zależnie od aktualnego nasłonecznienia. Z tego powodu są to źródła o dużej zmienności dostarczanej mocy. Taka zmienność może wpływać na stan sieci nn zasilającej instalację fotowoltaiczną. W referacie zamieszczono wyniki pomiarów fazowych (mocy czynnej  $P$ , wartości skutecznej  $U$ , maksymalnej wartości chwilowej  $U_{peak}$ , współczynnika odkształcenia THD oraz częstotliwości) w trzech mikro instalacjach fotowoltaicznych. Pokazano dużą zmienność mocy dostarczanej przez te instalacje. Zobrazowano wpływ dostarczanej mocy na wartość skuteczną napięcia. Wykazano, że przy ocenie takiego wpływu należy wnikliwie analizować wyniki pomiarów. W diagnozowanych instalacjach fotowoltaicznych nie stwierdzono wpływu dostarczanej mocy na maksymalną wartość chwilową, odkształcenie i częstotliwość napięcia. Przedstawiono zależność spadku napięcia od mocy czynnej w liniach zasilających wybrane instalacje.

**1. Wprowadzenie**

Instalacje fotowoltaiczne (PV) to źródła energii elektrycznej dołączane do sieci elektroenergetycznej. Małe instalacje fotowoltaiczne, w tym mikroinstalacje, dołączane są do sieci niskiego napięcia. W polskich warunkach klimatycznych są to źródła nieciągłej dostawy energii o bardzo dużej zmienności dostarczanej mocy. Instalacja fotowoltaiczna składa się z paneli fotowoltaicznych, inwerterów oraz osprzętu dodatkowego (np. okablowanie, monitoring, ochrona, itd.). Zmienność dostarczanej mocy wynika ze zmienności irradiancji promieniowania optycznego padającego na panele fotowoltaiczne. Inwertery to układy energoelektroniczne przetwarzające energię elektryczną z paneli fotowoltaicznych na energię elektryczną dostosowaną do parametrów sieci elektroenergetycznej. Wpływ instalacji fotowoltaicznych na jakość napięcia zależy od właściwości inwerterów oraz parametrów sieci elektroenergetycznej.

Zgodnie z aktualnie obowiązującym Rozporządzeniem Ministra Klimatu i Środowiska w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego [1] dla sieci niskich napięć ocenie podlegają następujące wielkości: częstotliwość  $f$ , wartość skuteczna  $U$ , wskaźnik  $P_{it}$  długookresowego migotania światła, składowa symetryczna kolejności przeciwnej, wartości wyższych harmonicznych  $u_h$  oraz współczynnik odkształcenia THD. Uwzględniając specyfikę instalacji fotowoltaicznych uwzględniono wartość skuteczną i maksymalną wartość chwilową napięć fazowych, współczynnik odkształcenia THD oraz częstotliwość.

W referacie opisano przykłady wpływu trzech instalacji fotowoltaicznych zlokalizowanych w okolicach Poznania. Podstawowe informacje o instalacjach fotowoltaicznych poddanych diagnostyce zawarto w tabeli 1.

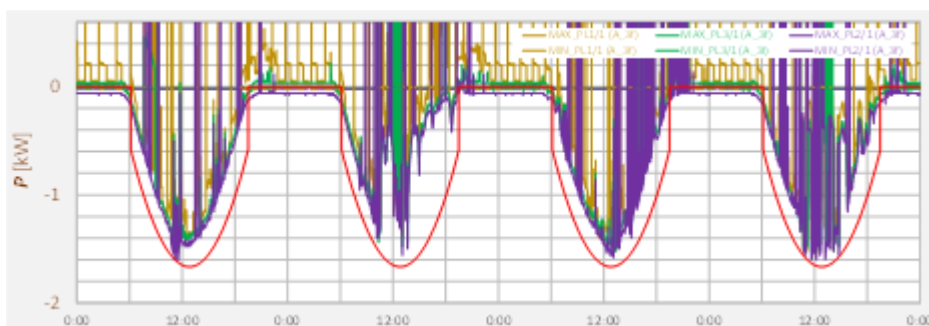
**Tabela 1.** Specyfikacja wybranych instalacji fotowoltaicznych

symbol instalacji	orientacja instalacji	moc znamionowa instalacji	moc znamionowa inwerterów	uwagi
A	południowa	5,83 kW <sub>p</sub>	5 kW	od 3.06.2021 do 6.06.2021, $T_D = 1$ min
				od 26.06.2021 do 27.06.2021, $T_D = 1$ min
B	południowa	3,9 kW <sub>p</sub>	3,7 kW	od 20.05.2021 do 23.05.2021, $T_D = 1$ min
C	południowa	-	39 kW	29.07.2022, $T_D = 10$ s

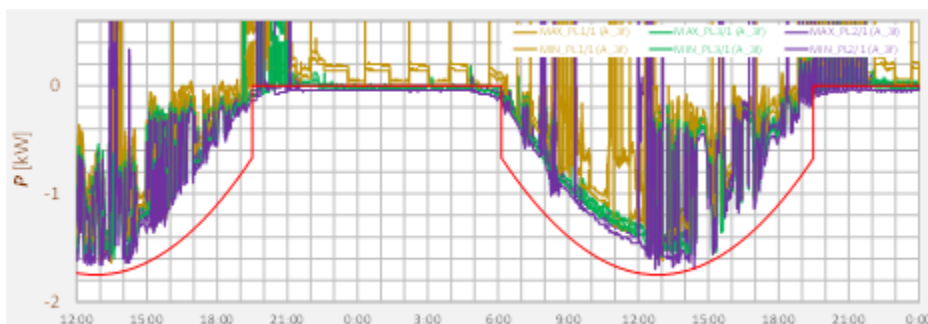
Wpływ wybranych instalacji zobrazowano za pomocą przebiegów czasowych wybranych parametrów napięcia skorelowanych z mocą czynną  $P$ . Jest to kontynuacja opisu działania instalacji fotowoltaicznych przedstawionych na konferencjach w latach 2022 i 2023 [2,3]. Do opisu wykorzystano wyniki pomiarów w złączach posesji z instalacjami fotowoltaicznymi rejestrowanych z okresem uśredniania/dyskryminacji  $T_D = 1$  min lub 10 s. Dlatego w zaprezentowanych danych moc czynna jest sumą dostawy energii z instalacji PV oraz poboru energii przez odbiorniki znajdujące się na posesji. Zestawiając przebiegi czasowe parametrów napięcia i aproksymacji dostarczanej mocy, można ocenić wpływ instalacji PV na stan sieci nn. Jednak należy pamiętać, że współcześnie do danego obwodu nn dołączonych jest więcej niż jedna instalacja PV (czyli niż tylko wybrana diagnozowana instalacja). Tym samym, ocenie podlega grupowe oddziaływanie instalacji PV.

## 2. Moc czynna dostarczana przez wybrane instalacje fotowoltaiczne

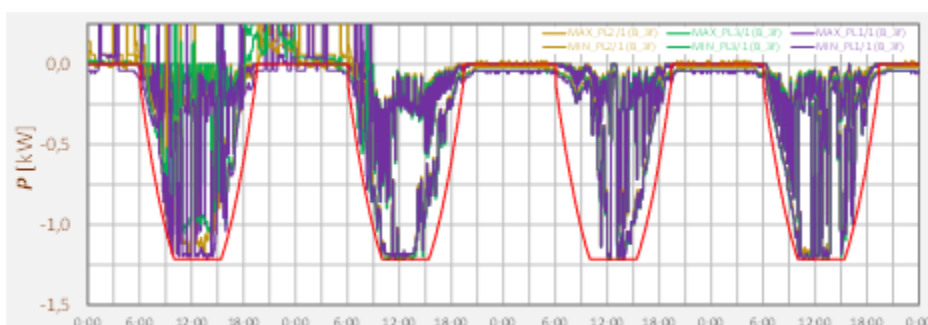
Do przedstawienia mocy czynnej  $P$  dostarczanej przez analizowane instalacje fotowoltaiczne wykorzystano przebiegi czasowe wartości maksymalnych i minimalnych mocy fazowych. Na te przebiegi czasowe nałożono obwiednię w postaci paraboli. Wartości współczynników równania kwadratowego dobrano ręcznie tak, aby jak najlepiej dopasować parabolę do wartości ekstremalnych. W ten sposób dokonano aproksymacji mocy możliwej do pozyskania z instalacji fotowoltaicznej dla stanu w pełni czystego nieba. Jednak ze względu na pomiar w zasilaniu posesji – a nie tylko instalacji PV – w dalszej części referatu wyznaczona parabola będzie nazywana „aproksymacją” (zamiast krzywą czystego nieba). Na rys. 1-4 zamieszczono wyniki pomiarów w złączach zasilających trzy posesje z instalacjami A, B i C. Ujemna wartość mocy oznacza, że energia jest dostarczana do sieci elektroenergetycznej. Ograniczenie mocy wynikające z parametrów inwerterów wystąpiło w instalacjach B i C (rys. 3-4).



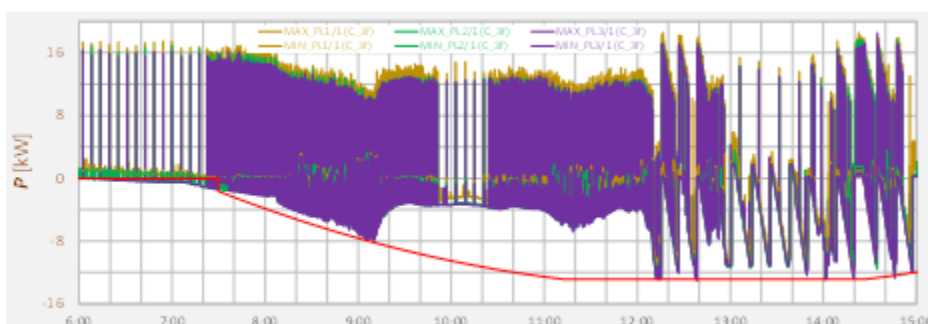
**Rys. 1.** Przebiegi czasowe maksymalnych i minimalnych fazowych mocy czynnych  $P$  z aproksymacją (linia czerwona) w złączu zasilającym posesję z instalacją fotowoltaiczną A w dn. 3-6.06



**Rys. 2.** Przebiegi czasowe maksymalnych i minimalnych fazowych mocy czynnych  $P$  z aproksymacją (linia czerwona) w złączu zasilającym posesję z instalacją fotowoltaiczną **A** w dn. 26-27.06



**Rys. 3.** Przebiegi czasowe maksymalnych i minimalnych fazowych mocy czynnych  $P$  z aproksymacją (linia czerwona) w złączu zasilającym posesję z instalacją fotowoltaiczną **B** w dn. 20-23.05



**Rys. 4.** Przebiegi czasowe maksymalnych i minimalnych fazowych mocy czynnych  $P$  z aproksymacją (linia czerwona) w złączu zasilającym posesję z instalacją fotowoltaiczną **C** w dn. 29.07

Na przebiegach czasowych fazowych mocy czynnych widoczna jest dostawa energii z instalacji PV oraz pobór energii przez odbiorniki na posesji. Umożliwia to wnioskowanie o oddziaływaniu instalacji PV na sieć elektroenergetyczną nn w interakcji z odbiornikami na tej posesji i zasilanymi z tej sieci.

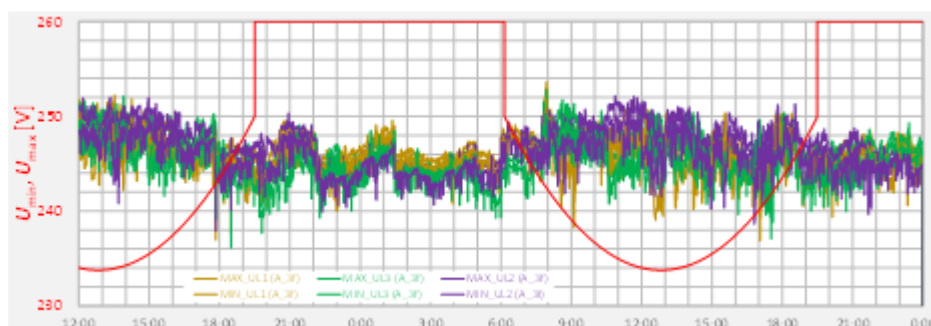
### 3. Wpływ instalacji fotowoltaicznych na wartość skuteczną napięcia

Powszechnie znane jest, że dostawa energii elektrycznej przez instalacje PV wywołuje przyrost napięcia. Przyrost ten zależy od parametrów sieci elektroenergetycznej, mocy elektrycznej dostarczanej przez inwertery oraz wartości napięcia przy nieaktywnej instalacji PV. Zestawiając przebiegi czasowe miar napięcia i aproksymacji dostarczanej mocy, można ocenić wpływ instalacji PV na napięcie. Do prezentacji wybrano dwie miary napięcia: wartość skuteczną  $U$  i maksymalną wartość chwilową  $U_{\text{peak}}$ . Na rys. 5-8 zestawiono przebiegi czasowe maksymalnych

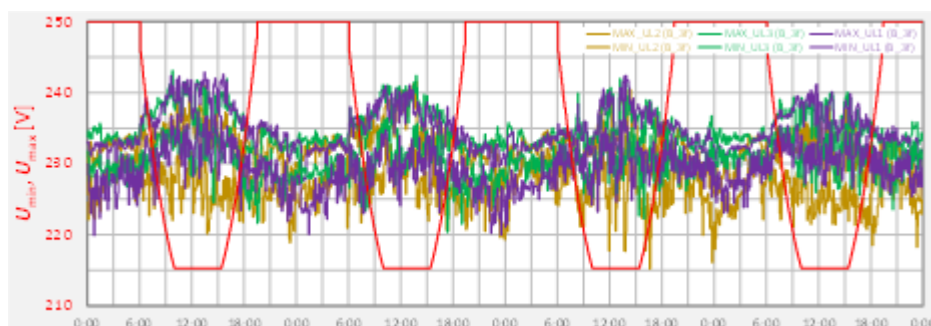
i minimalnych wartości skutecznych napięć fazowych instalacji A, B i C. Analizując te przebiegi czasowe warto pamiętać o potencjalnym wpływie innych niż diagnozowane instalacje PV (w tym z innymi nastawami maksymalnych wartości skutecznych napięcia).



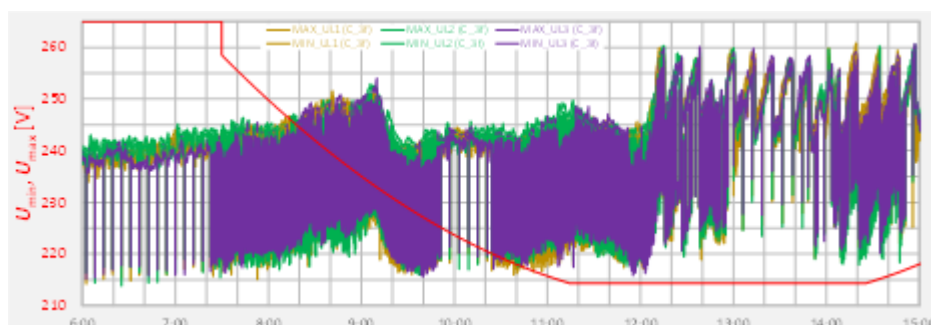
**Rys. 5.** Przebiegi czasowe maksymalnych i minimalnych wartości skutecznych  $U$  napięć fazowych i aproksymacji mocy (linia czerwona) w złączu zasilającym posesję z instalacją fotowoltaiczną **A** w dn. 3-6.06



**Rys. 6.** Przebiegi czasowe maksymalnych i minimalnych wartości skutecznych  $U$  napięć fazowych i aproksymacji mocy (linia czerwona) w złączu zasilającym posesję z instalacją fotowoltaiczną **A** w dn. 26-27.06



**Rys. 7.** Przebiegi czasowe maksymalnych i minimalnych wartości skutecznych  $U$  napięć fazowych i aproksymacji mocy (linia czerwona) w złączu zasilającym posesję z instalacją fotowoltaiczną **B** w dn. 20-23.05

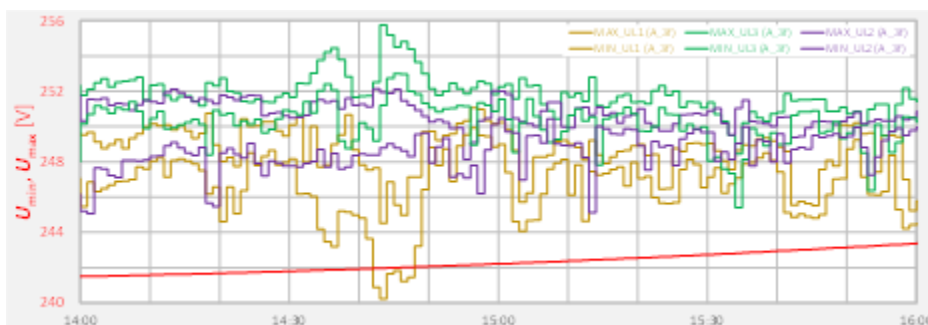


**Rys. 8.** Przebiegi czasowe maksymalnych i minimalnych wartości skutecznych  $U$  napięć fazowych i aproksymacji mocy (linia czerwona) w złączu zasilającym posesję z instalacją fotowoltaiczną **C** w dn. 29.07

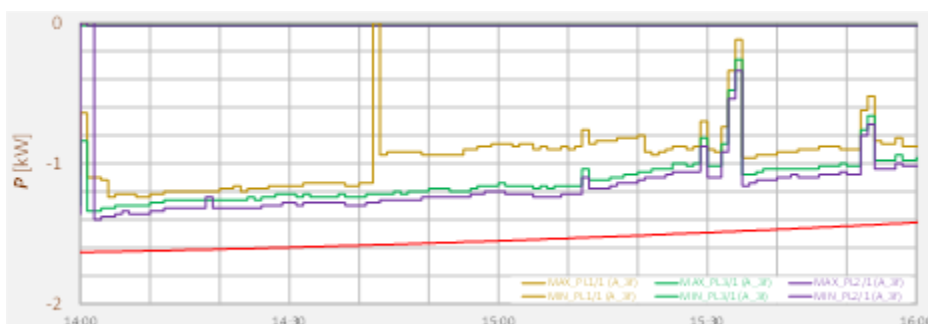


W instalacji A stwierdzono występowanie wartości większych niż 252 V (chwilowo do ok. 256 V), przy czym w nocy wystąpiły wartości zbliżone do 250 V. Dla instalacji B wartości maksymalne nie przekroczyły 243 V. Najbardziej złożone przebiegi czasowe opisują napięcie w złączu posesji z instalacją C. Zaniżenia napięcia są skorelowane z przyrostami pobieranej mocy (rys. 4). Na bardziej wnikliwą uwagę zasługują wyniki pomiarów po godzinie 12:00.

Na przebiegu czasowym z rys. 5 w dn. 3.06 ok. godziny 15 w instalacji A widoczny jest przyrost napięcia do ok. 256 V. Na rys. 9 i 10 pokazano przebiegi czasowe wartości skutecznych napięć fazowych i fazowych mocy czynnych w ograniczonym horyzoncie czasowym (do 14:00 do 16:00).



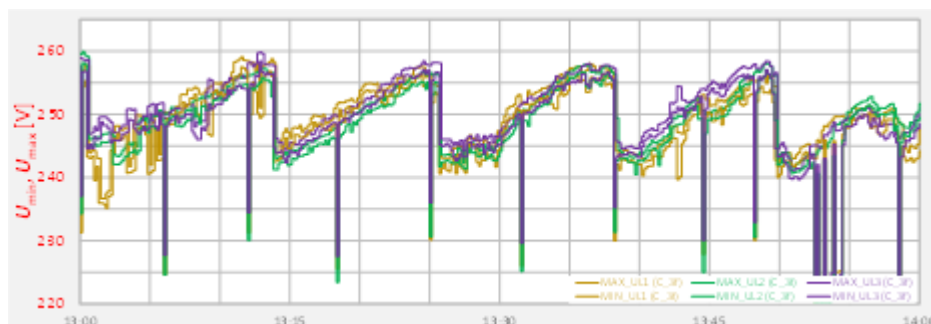
**Rys. 9.** Przebiegi czasowe maksymalnych i minimalnych wartości skutecznych  $U$  napięć fazowych i aproksymacji mocy (linia czerwona) w złączu zasilającym posesję z instalacją fotowoltaiczną A w dn. 3.06



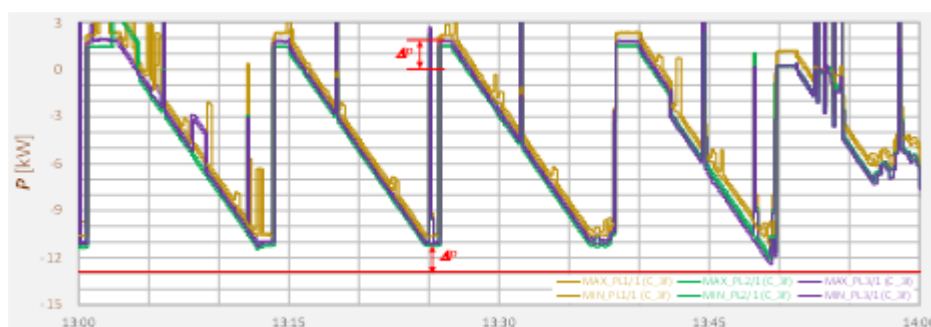
**Rys. 10.** Przebiegi czasowe maksymalnych i minimalnych fazowych mocy czynnych  $P$  z aproksymacją (linia czerwona) w złączu zasilającym posesję z instalacją fotowoltaiczną A w dn. 3.06

Przebiegi czasowe z rys. 9 i 10 potwierdzają, że wartość napięcia zależy od różnych czynników. Przyrost napięcia w fazie oznaczonej kolorem zielonym nie jest skorelowany ze zmiennością mocy czynnej. Tym samym nie jest związany z oddziaływaniem instalacji PV. Przyrost napięcia w jednej fazie przy jednoczesnym zaniżeniu w innej fazie i braku korelacji ze zmiennością mocy czynnej, skłania do wniosku, że przyczyną tego przyrostu jest oddziaływanie asymetrycznego odbiornika zasilanego z innego punktu sieci niż diagnozowane złącze posesji. Analiza wyników pomiarów napięcia ograniczona do horyzontu czasowego z rys. 1 mogłaby prowadzić do błędnego skojarzenia przyrostu napięcia z oddziaływaniem instalacji PV.

W wynikach pomiarów w instalacji C zaobserwowano piłokształtne przebiegi czasowe mocy czynnej i wartości skutecznej napięcia. Dla ułatwienia analizy na rys. 11 i 12 zamieszczono przebiegi czasowe wartości skutecznych napięć fazowych i fazowych mocy czynnych w zawężonym horyzoncie czasowym - od 13:00 do 14:00.



Rys. 11. Przebiegi czasowe maksymalnych i minimalnych wartości skutecznych  $U$  napięć fazowych w złączu zasilającym posesję z instalacją fotowoltaiczną C w dn. 29.07



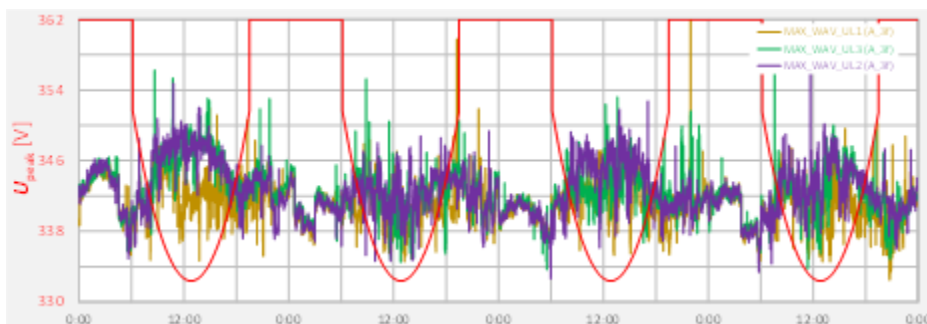
Rys. 12. Przebiegi czasowe maksymalnych i minimalnych fazowych mocy czynnych  $P$  i aproksymacji mocy (linia czerwona) w złączu zasilającym posesję z instalacją fotowoltaiczną C w dn. 29.07

Porównując przebiegi czasowe z rys. 11 i 12 łatwo zauważyć, że wzrost dostarczonej mocy czynnej wywołuje przyrost napięcia - napięcia fazowe przekraczają 257 V. Nie jest pewne co jest przyczyną ograniczenia narastanie mocy – zbyt wysokie napięcie czy ograniczenie mocy inwertera. Poszukując tej przyczyny należy pamiętać, że pomiar wykonano w złączu zasilającym posesję z instalacją PV, a nie w wydzielonym obwodzie tej instalacji. Po wyłączeniu inwertera moc czynna nie jest równa zero, lecz wynosi  $\Delta P$ . Uwzględniając wyznaczoną wartość  $\Delta P$  można domniemywać, że przyczyną wyłączenia jest ograniczenie mocy inwertera.

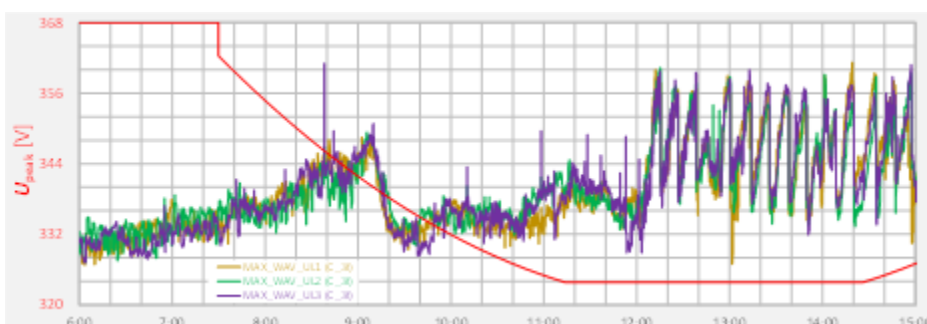
Na podstawie zamieszczonych wyników pomiarów napięć można stwierdzić, że w złączach zasilających instalacje fotowoltaiczne A i C podczas ich nieaktywności (noc) napięcia są zbyt wysokie.

#### 4. Wpływ instalacji fotowoltaicznych na maksymalną wartość chwilową napięcia

Dla sinusoidalnego napięcia pomiędzy maksymalną wartością chwilową  $U_{\text{peak}}$  i wartością skuteczną  $U$  zachodzi relacja:  $U_{\text{peak}} = \sqrt{2} \cdot U$  (co odpowiada:  $U_{\text{peak}} \cong 358 \text{ V}$  dla  $U = 253 \text{ V}$ ). Za wysoka wartość  $U_{\text{peak}}$  może negatywnie wpływać na sieć nn i odbiorniki zasilane z tej sieci. Najwyższe wartości  $U_{\text{peak}}$  stwierdzono w instalacjach A i C, najniższe w B. Na rys. 13 i 14 pokazano przebiegi czasowe maksymalnych wartości chwilowych w instalacjach A i C.



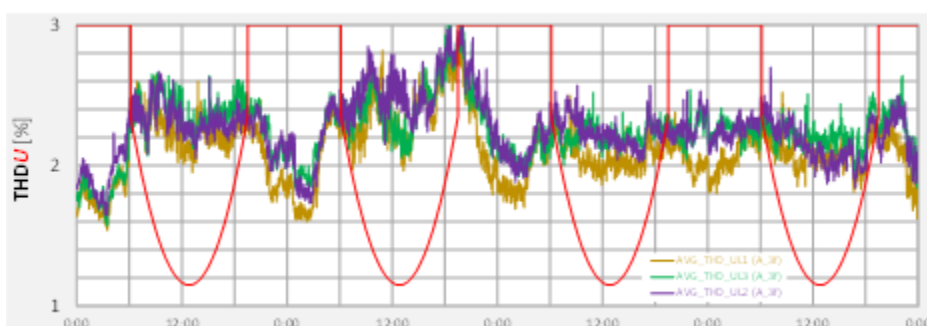
**Rys. 13.** Przebiegi czasowe maksymalnych  $U_{peak}$  wartości chwilowych napięć fazowych i aproksymacji mocy (linia czerwona) w złączu zasilającym posesję z instalacją fotowoltaiczną A w dn. 3-6.06



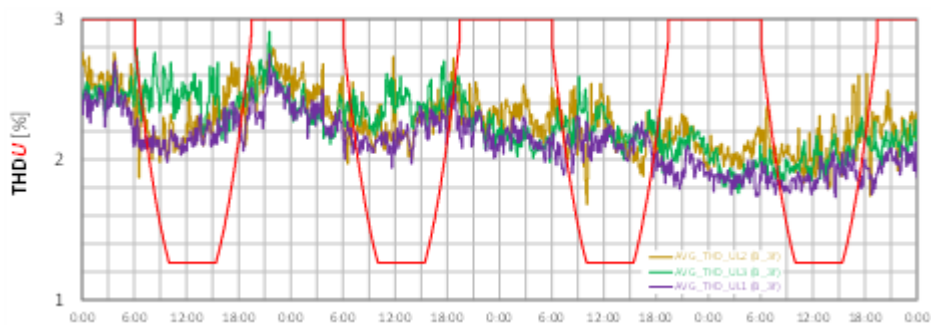
**Rys. 14.** Przebiegi czasowe maksymalnych  $U_{peak}$  wartości chwilowych napięć fazowych i aproksymacji mocy (linia czerwona) w złączu zasilającym posesję z instalacją fotowoltaiczną C w dn. 29.07

## 5. Wpływ instalacji fotowoltaicznych na odkształcenie napięcia

Dla oceny wpływu instalacji fotowoltaicznych na odkształcenie napięcia jako miarę wybrano współczynnik THD napięć fazowych. Nie zaobserwowano korelacji pomiędzy aktywnością instalacji a odkształceniem napięcia. Na rys. 15-16 zamieszczono przebiegi czasowe współczynnika THD w instalacjach A i C.



**Rys. 15.** Przebiegi czasowe współczynnika THD napięć fazowych i aproksymacji mocy (linia czerwona) w złączu zasilającym posesję z instalacją fotowoltaiczną A w dn. 3-6.06

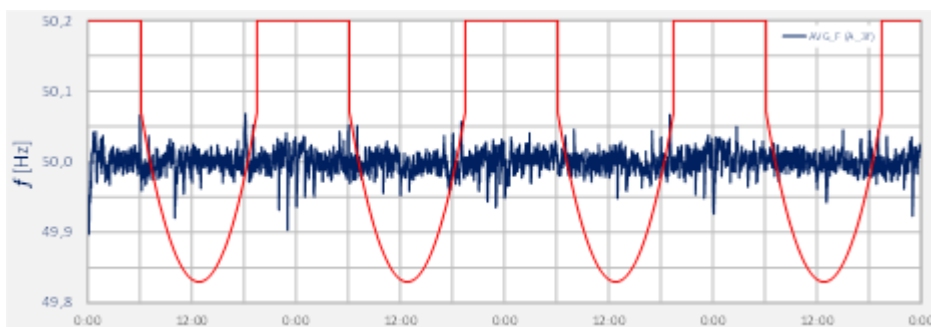


**Rys. 16.** Przebiegi czasowe współczynnika THD napięć fazowych i aproksymacji mocy (linia czerwona) w złączu zasilającym posesję z instalacją fotowoltaiczną B w dn. 20-23.05

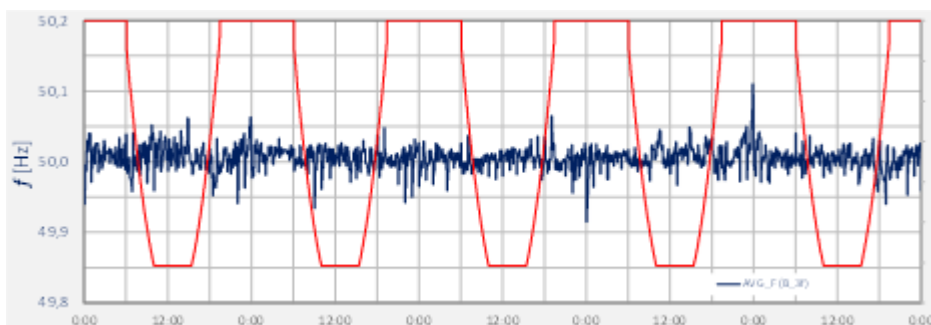
Ze względu na małe wartości współczynnika THD zaniechano analizy poszczególnych wyższych harmonicznych napięcia.

## 6. Wpływ instalacji fotowoltaicznych na częstotliwość napięcia

Aktywne instalacje fotowoltaiczne są źródłami energii elektrycznej (dokładniej przetwornikami energii promieniowania optycznego na energię elektryczną). Dlatego mogą wpływać na częstotliwość napięcia w sieci elektroenergetycznej. Wystąpienia zauważalnego wpływu raczej dotyczy układów wyspowych. Diagnostowane instalacje były zasilane z sieci nn dołączonych do głównego źródła zasilania (czyli nie pracujących w układzie wyspowym). Mimo to dokonano oceny wpływu aktywności diagnostowanych instalacji fotowoltaicznych na częstotliwość napięcia. Nie zaobserwowano korelacji pomiędzy aktywnością instalacji a częstotliwością. Na rys. 17-18 przedstawiono przebiegi czasowe częstotliwości napięcia w instalacjach A i B.



**Rys. 17.** Przebiegi czasowe częstotliwości napięcia  $f$  i aproksymacji mocy (linia czerwona) w złączu zasilającym posesję z instalacją fotowoltaiczną A w dn. 3-6.06

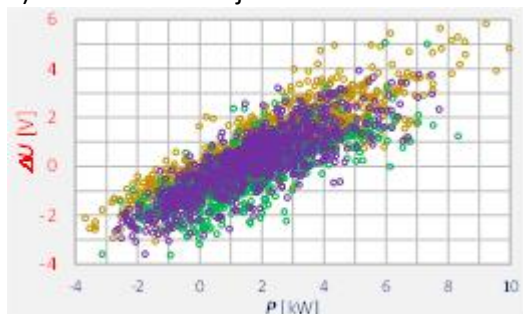


**Rys. 18.** Przebiegi czasowe częstotliwości napięcia  $f$  i aproksymacji mocy (linia czerwona) w złączu zasilającym posesję z instalacją fotowoltaiczną B w dn. 20-23.05

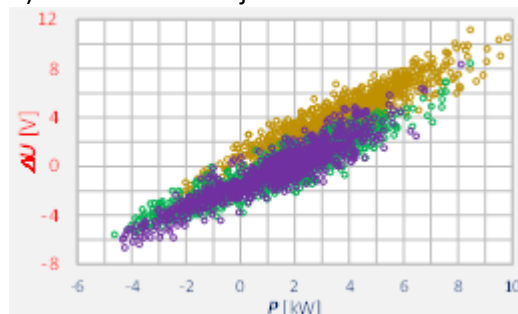
## 7. Wpływ instalacji fotowoltaicznych na spadek napięcia w linii zasilającej

W trakcie pomiarów w złączach posesji z instalacjami A i B symultanicznie wykonano pomiary na szynach nn transformatorów SN/nn zasilających te instalacje. Umożliwiło to wyznaczenie zależności spadku napięcia  $\Delta U$  od prądu  $I$  w linii zasilającej daną instalację. Spadek napięcia  $\Delta U$  to różnica średnich wartości skutecznych napięć fazowych na szynach nn transformatora SN/nn i w złączu posesji (po uzgodnieniu faz w obu punktach pomiarowych). Pomiar mocy  $P$  wykonano przy szynach nn transformatora SN/nn w linii zasilającej instalację PV. Taki sposób pomiaru oznacza, że dokonano oceny wypadkowego oddziaływania wszelkich instalacji PV dołączonych do opomiarowanej linii. Na rys. 19 przedstawiono zależności  $\Delta U=f(P)$  dla instalacji A i B, przy czym  $\Delta U < 0$  oznacza, że napięcie w złączu jest wyższe niż na szynach nn.

a) zasilanie instalacji A w dn. 3-6.06

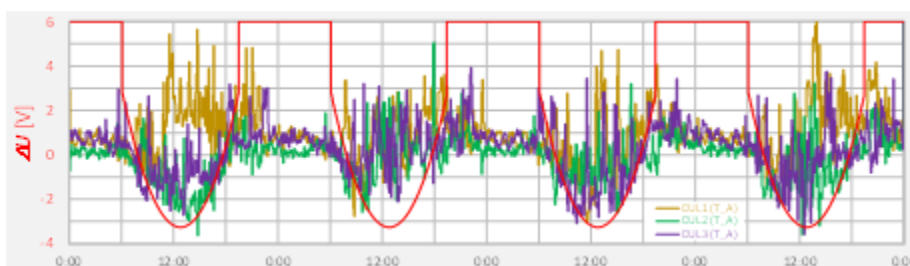


b) zasilanie instalacji B w dn. 20-23.05

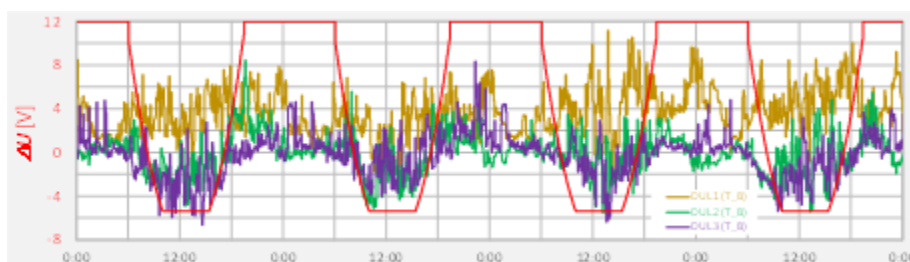


Rys. 19. Zależności  $\Delta U=f(P)$  dla instalacji A i B

Charakterystyki z rys. 19 są zgodne z spodziewanym wpływem instalacji fotowoltaicznych na spadek napięcia w linii zasilającej. Dla aktywnej instalacji ( $P < 0$ ) napięcie w złączu jest wyższe niż na szynach nn transformatora SN/nn. Warto zauważyć, że dla  $P \approx 0$  (czyli nieaktywnej instalacji) także  $\Delta U < 0$ . To z kolei jest skutkiem pojemnościowego charakteru odbiorników dołączonych do opomiarowanych linii. Na rys. 20 i 21 pokazano przebiegi czasowe spadku napięcia  $\Delta U$  w instalacjach A i B.



Rys. 20. Przebiegi czasowe spadków napięć fazowych  $\Delta U$  i aproksymacji mocy (linia czerwona) w złączu zasilającym posesję z instalacją fotowoltaiczną A w dn. 3-6.06



Rys. 21. Przebiegi czasowe spadków napięć fazowych  $\Delta U$  i aproksymacji mocy (linia czerwona) w złączu zasilającym posesję z instalacją fotowoltaiczną B w dn. 20-23.05

## 8. Podsumowanie

Linie elektroenergetyczne niskich napięć to obwody elektryczne o zróżnicowanej impedancji. Małe instalacje fotowoltaiczne dołączane są do sieci elektroenergetycznych niskich napięć. Wpływ takich instalacji na jakość napięcia zależy od właściwości inwerterów oraz parametrów sieci elektroenergetycznej. Najczęściej dostrzeganym skutkiem aktywności instalacji PV jest wzrost napięcia. Siła wpływu zależy od relacji pomiędzy właściwościami inwerterów (przed wszystkim mocy) i impedancji linii nn w punkcie dołączenia instalacji PV.

W referacie wykorzystano wyniki pomiarów w złączach posesji z instalacjami fotowoltaicznymi. Tym samym wynik pomiaru mocy jest sumą dostawy energii z instalacji PV oraz poboru energii przez odbiorniki znajdujące się na posesji. Mimo tego utrudnienia uzyskano pożyteczne dane diagnostyczne. Na podstawie analizy wyników pomiarów potwierdzono wpływ aktywności instalacji PV na wartość skuteczną napięcia. Zwrócono uwagę na konieczność wnikliwego analizowania wyniki pomiarów przy ocenie takiego oddziaływania. W diagnozowanych instalacjach fotowoltaicznych nie stwierdzono wpływu dostarczanej mocy na maksymalną wartość chwilową, odkształcenie i częstotliwość napięcia. Na podstawie wyników symultanicznych pomiarów w złączach posesji i na szynach nn transformatora SN/nn wyznaczono zależność spadku napięcia od mocy czynnej w liniach zasilających wybrane instalacje. Wyznaczone wartości spadku napięcia stanowią ważny składnik inżynierskiej oceny sensowności stosowania mikro i małych instalacji PV.

## Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 22 marca 2023 r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego, Dz.U. 2023 poz. 819.
- [2] Wiczyński G., *Zmienność generacji mocy w mikro i małych instalacjach fotowoltaicznych*, mat. konf. „Pomiary i diagnostyka w sieciach elektroenergetycznych”, Kołobrzeg, 7-8.06.2022, s. 107–116.
- [3] Wiczyński G., *Zmienność generacji mocy małych instalacjach fotowoltaicznych*, mat. konf. „Prosument energii odnawialnej jako aktywny uczestnik systemu elektroenergetycznego”, Warszawa, 13-14.06.2023, s. 21-28.











**PTPiREE**

**Polskie Towarzystwo Przesyłu i Rozdziału Energii Elektrycznej**  
**ul. Wołyńska 22, 60-637 Poznań**  
**tel. +48 61 846-02-00, fax: +48 61 846-02-09, [www.ptpiree.pl](http://www.ptpiree.pl), [ptpiree@ptpiree.pl](mailto:ptpiree@ptpiree.pl)**  
**NIP: 777-00-04-090, REGON: 004845964**  
**SANTANDER Bank Polska 30 1090 1362 0000 0000 3601 8167**