



AGH UNIVERSITY OF SCIENCE
AND TECHNOLOGY



JAKOŚĆ DOSTAWY ENERGII ELEKTRYCZNEJ

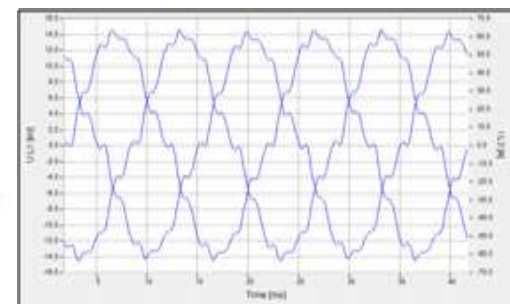
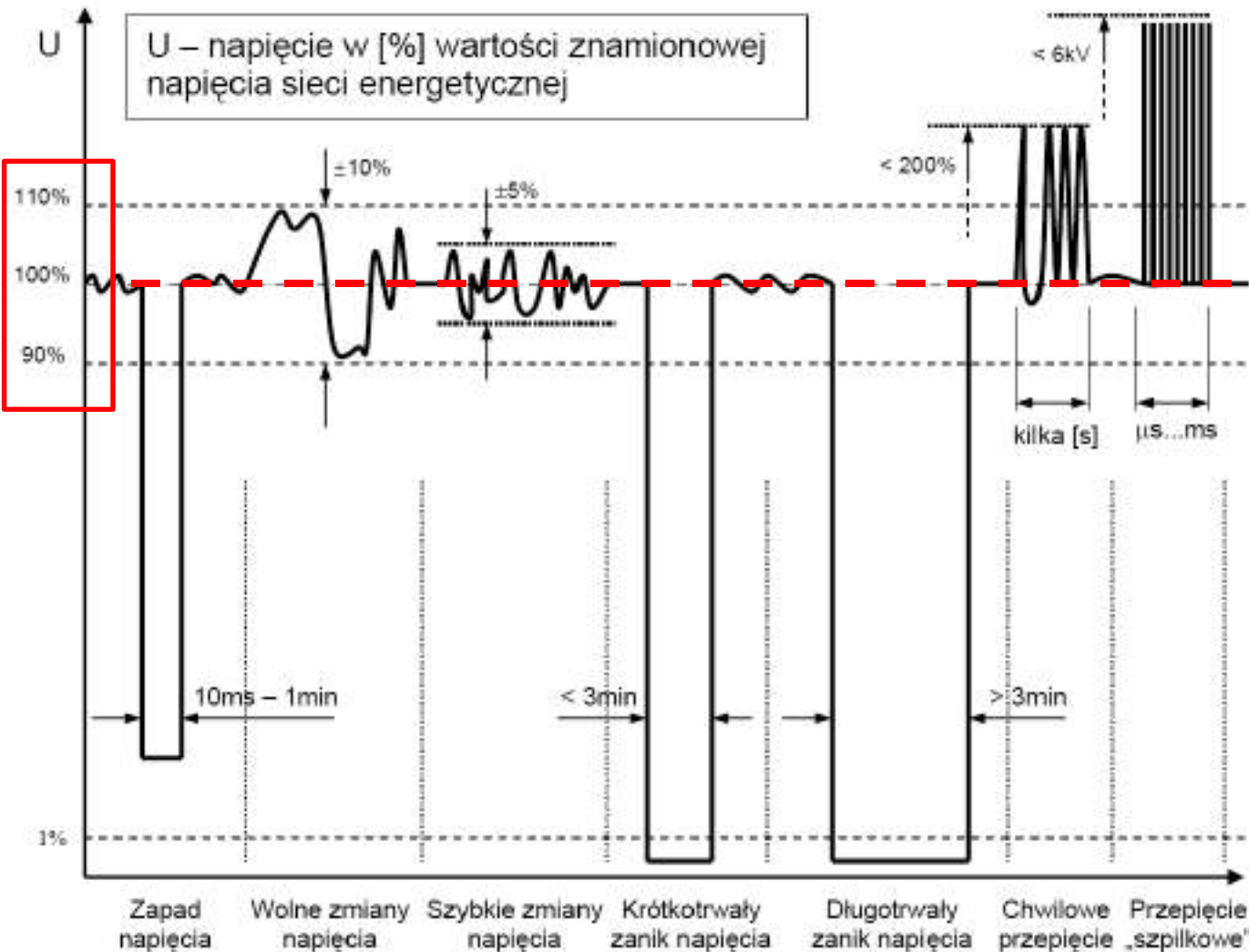
DOSTĘP DO DANYCH POMIAROWYCH

Tomasz Rodziewicz
Łukasz Topolski
TAURON Dystrybucja

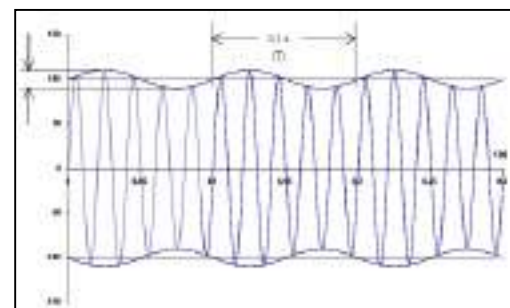
Grzegorz Marciniak
Enea Operator

Andrzej Firlit – Zespół JEE AGH, Katedra EiASPE

SEMINARIUM NR 8B
ROZPROSZONE ŹRÓDŁA ENERGII – WYBRANE ASPEKTY TECHNICZNE
KRAKÓW, 26.11.2019, PROJEKT KLASTER – GOSPOSTRATEG – NCBR



ODKSZTAŁCENIE



WAHANIA NAPIĘCIA

PN-EN 50160:2010/A1:2015-02 – w języku polskim

**Parametry napięcia zasilającego w publicznych
sieciach elektroenergetycznych**

poprzednie wersje: 1999, 2002, 2005, 2008, 2010, 2015

Rozporządzenie Ministra Gospodarki

**w sprawie szczegółowych warunków
funkcjonowania systemu elektroenergetycznego**

z dnia 04 maja 2007 r. (+późniejsze zmiany)

**Dz. Ust. z 2007 Nr 93, poz. 623
(poprzednia wersja 2004 r.)**

**Instrukcja Ruchu i Eksploatacji
Sieci Dystrybucyjnej (IRIESD)**

Zatwierdzenie:

TAURON 18 kwietnia 2019 r.

PGE, RWE Stoen, ENEA, ENERGA



Parametry „jakościowe” wg Rozporządzenia Relacja dostawca – odbiorca Lista zaburzeń JDEE jest dłuższa ...

ZMIANY NAPIĘCIA (PRĄDU) – NORMALNE WARUNKI PRACY !!!

- ❑ częstotliwość (10 s, CP99,5→min/max)
- ❑ wartość skuteczna napięcia U (CP95→min/max), prąd
- ❑ współczynnik asymetrii napięcia K_U (CP95→max), prąd
- ❑ współczynniki migotania światła: P_{lt} (2 h, CP95→max)
- ❑ współczynnik odkształcenia napięcia THD_U (CP100=max), prąd
- ❑ harmoniczne napięcia $U_{(h)}$ (do 25.) (CP95-max), prąd

❑ współczynnik $\text{tg}(\varphi) < 0,4$

❑ moc umowna

~ 8 godz. 30 min.

brak prądu i mocy !!!
brak ZDARZEŃ !!!

❑ interwał agregacji/uśredniania danych: 10 minut



Lab. JEE w Centrum Energetyki AGH
TESTY LICZNIKÓW AMI 2017-2018

URZĄD REGULACJI ENERGETYKI

AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA

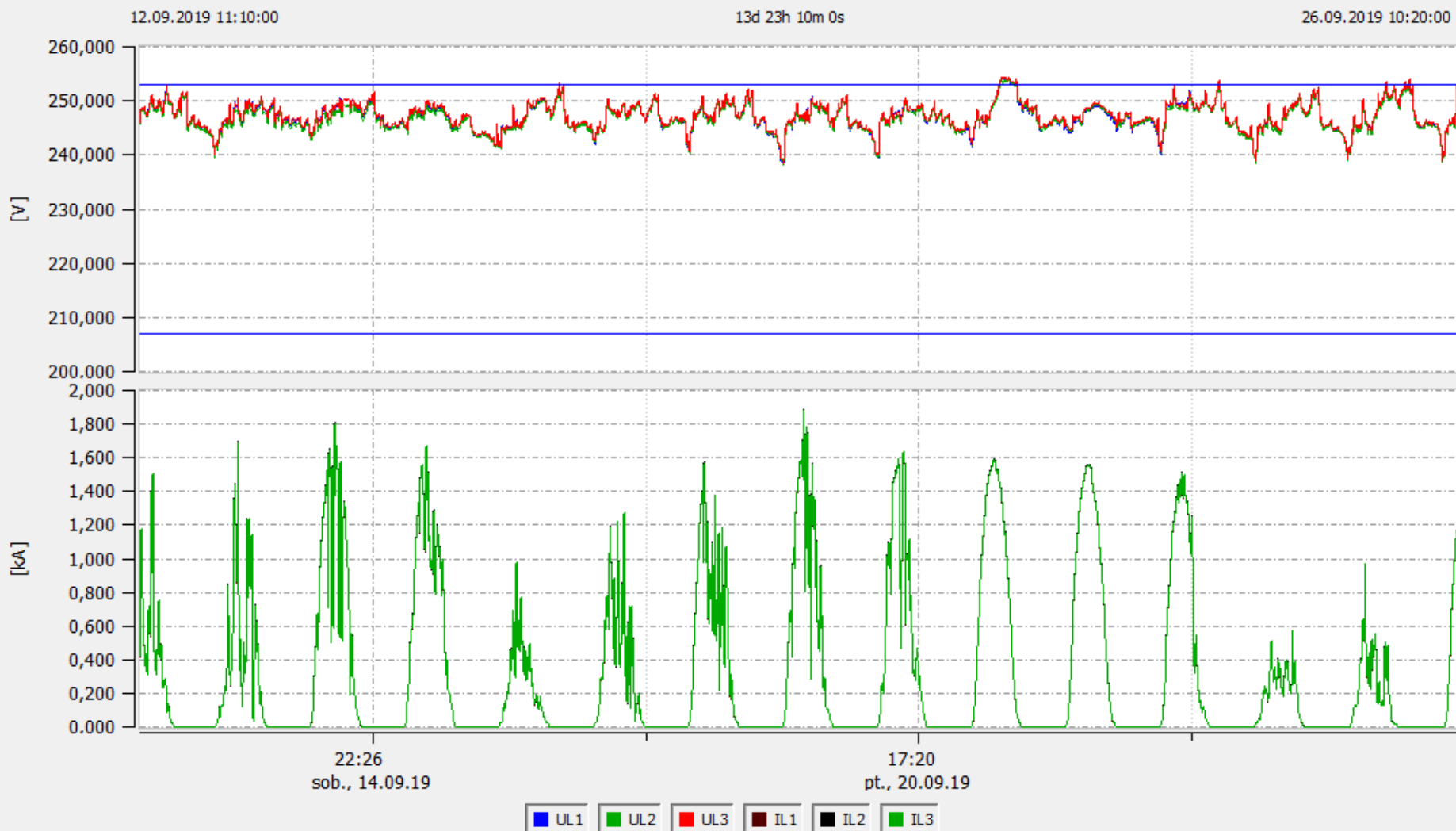


Urząd Regulacji
Energetyki

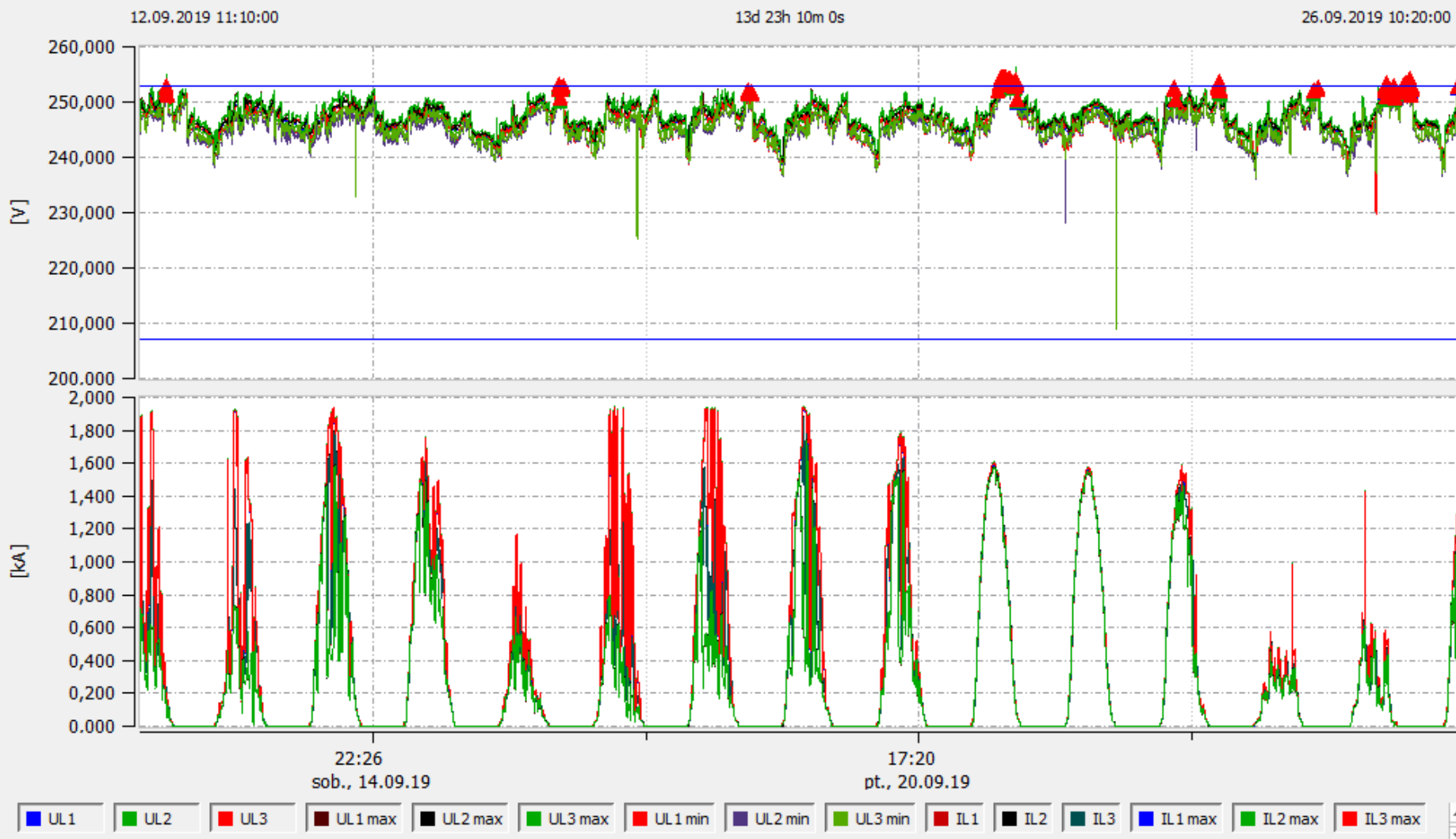
**GLOBALNE WSKAŹNIKI JEE DLA
LICZNIKÓW SMART METER (AMI)**

**Operatorzy OSD i OSP wyposażają się
w analizatory jakości energii
elektrycznej oraz systemy ciągłego
monitorowania wskaźników JDEE**

Elektrownia PV – 1,5 MWp – 10 minut

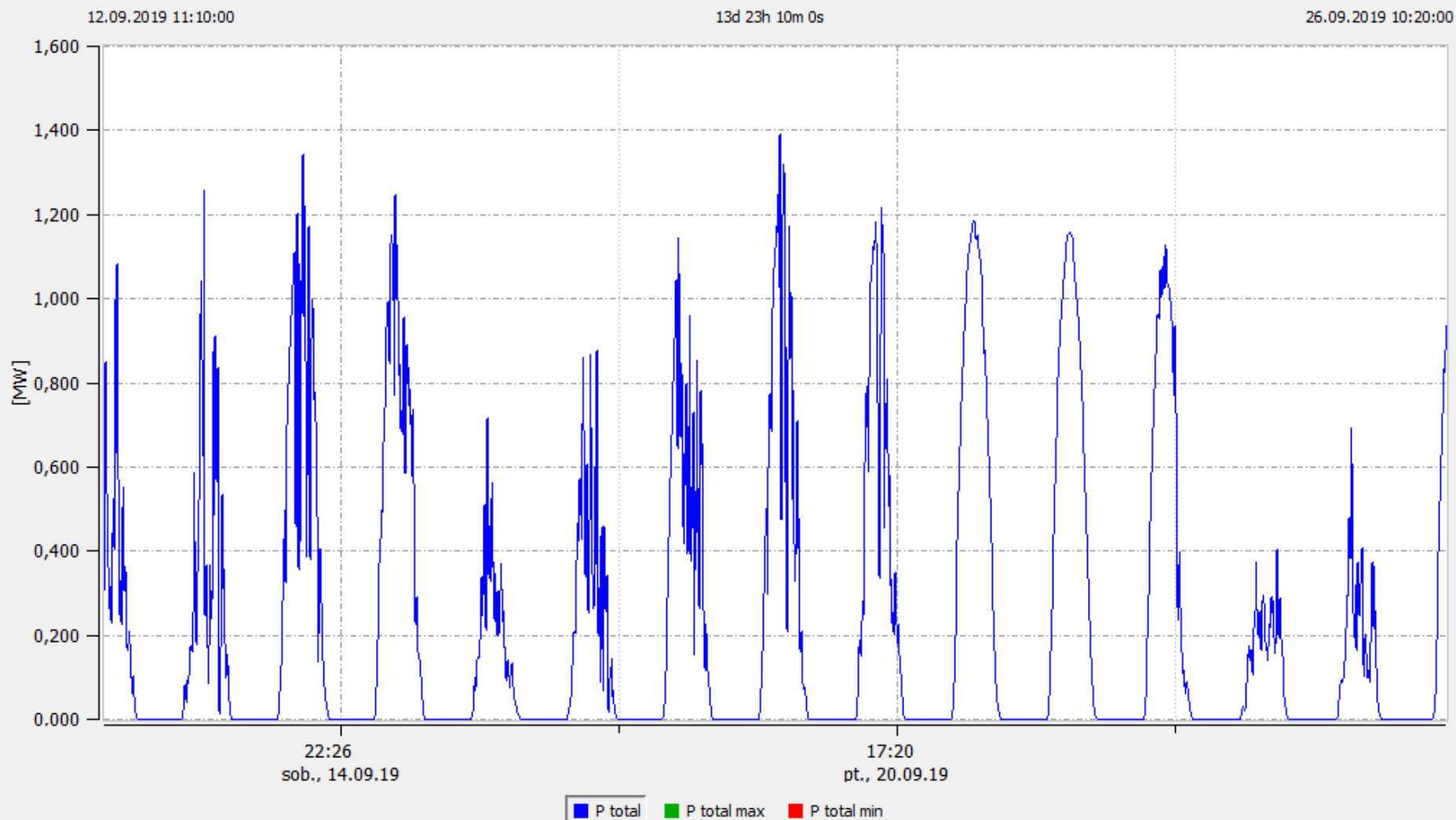


Elektrownia PV – 1,5 MWp – 10 minut + 10/20 ms – min/max



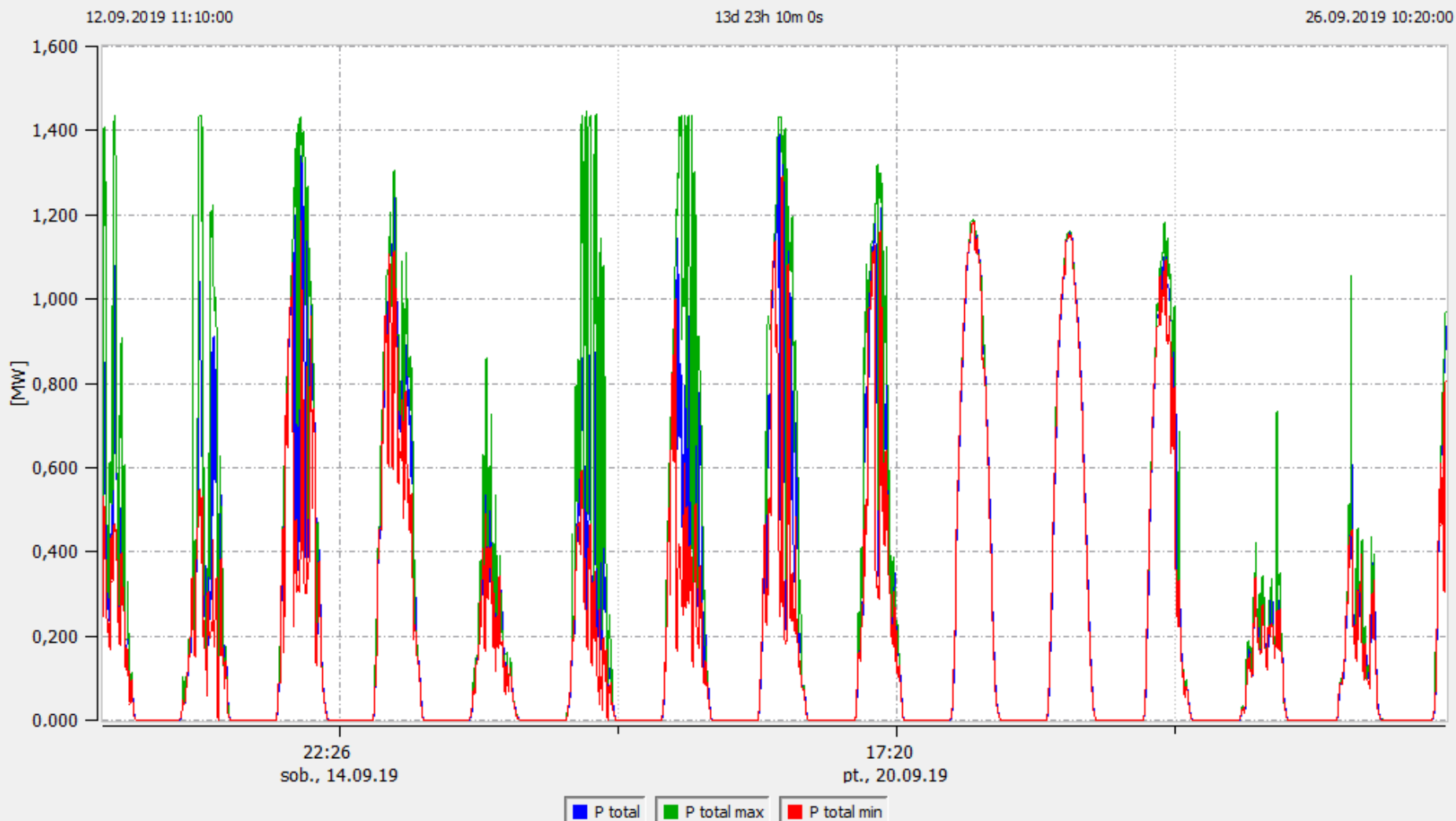


Elektrownia PV – 1,5 MWp – 10 minut



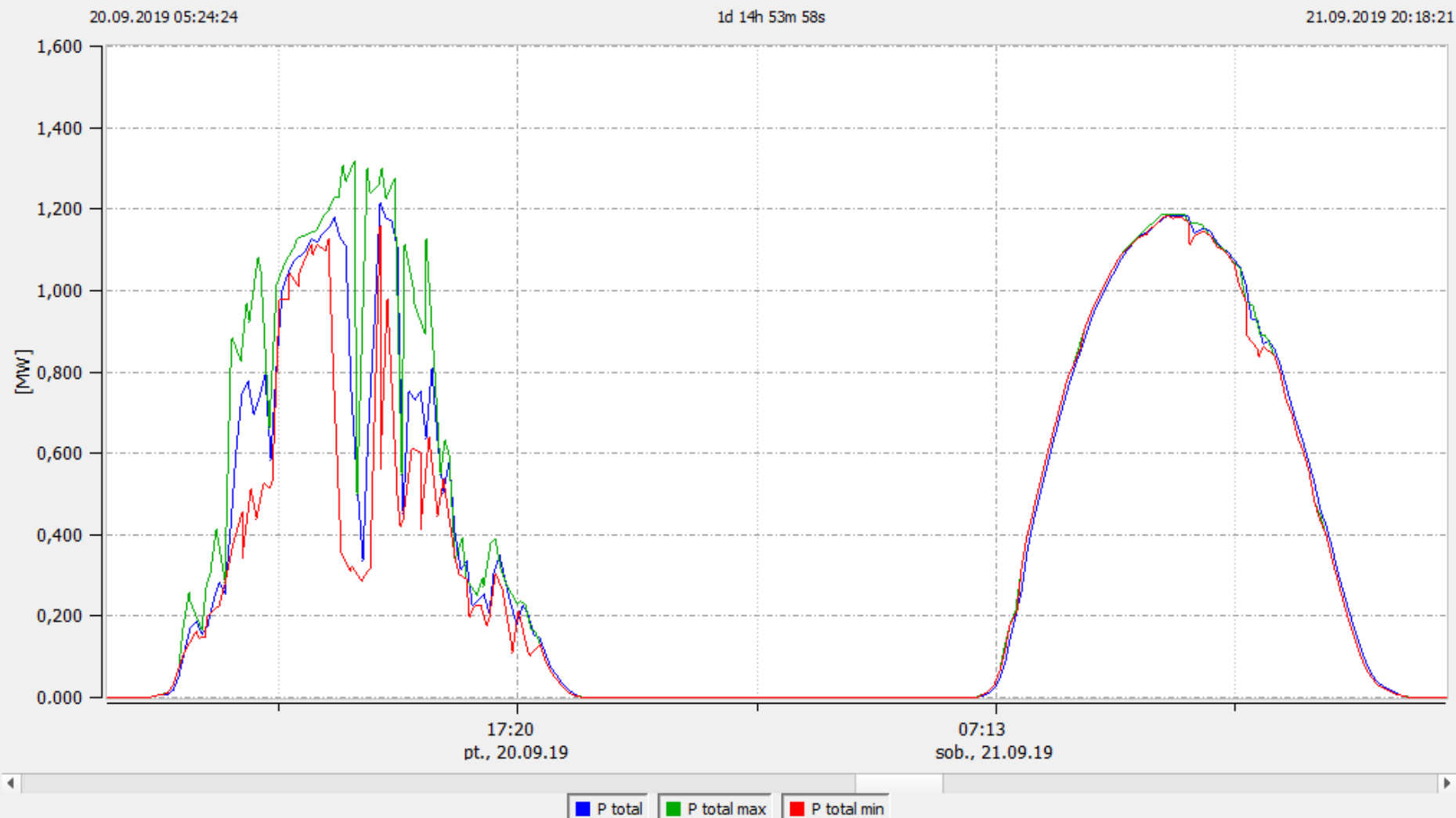


Elektrownia PV – 1,5 MWp – 10 minut + 200 ms – min/max



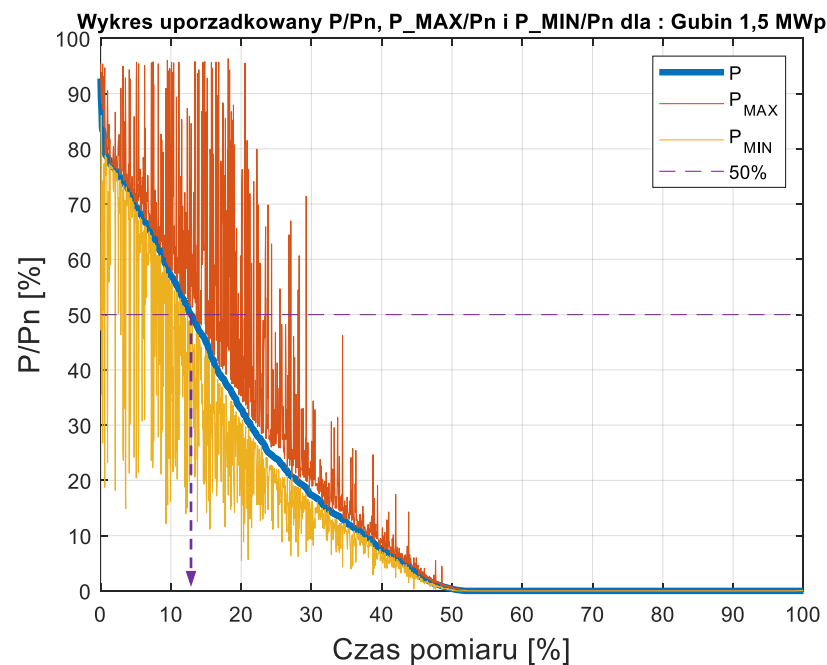
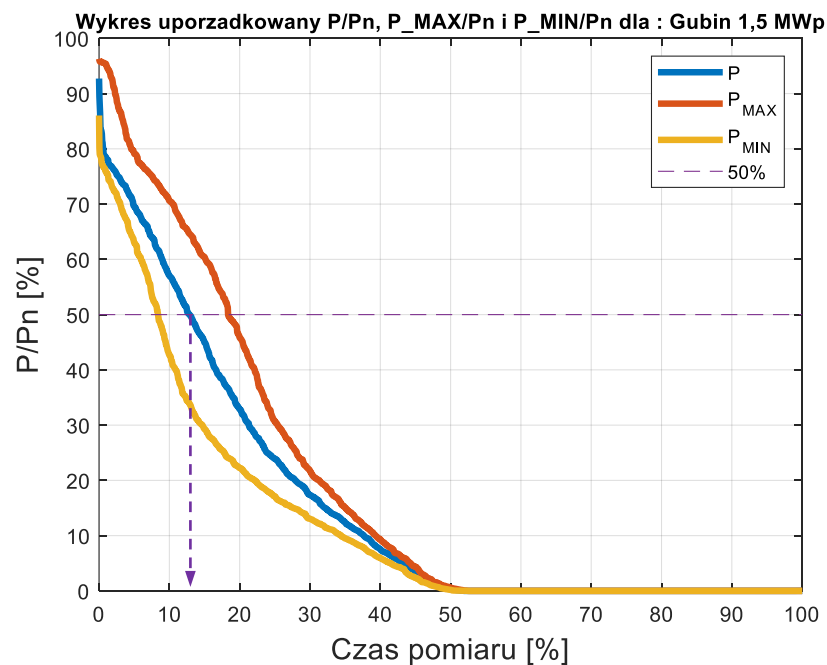
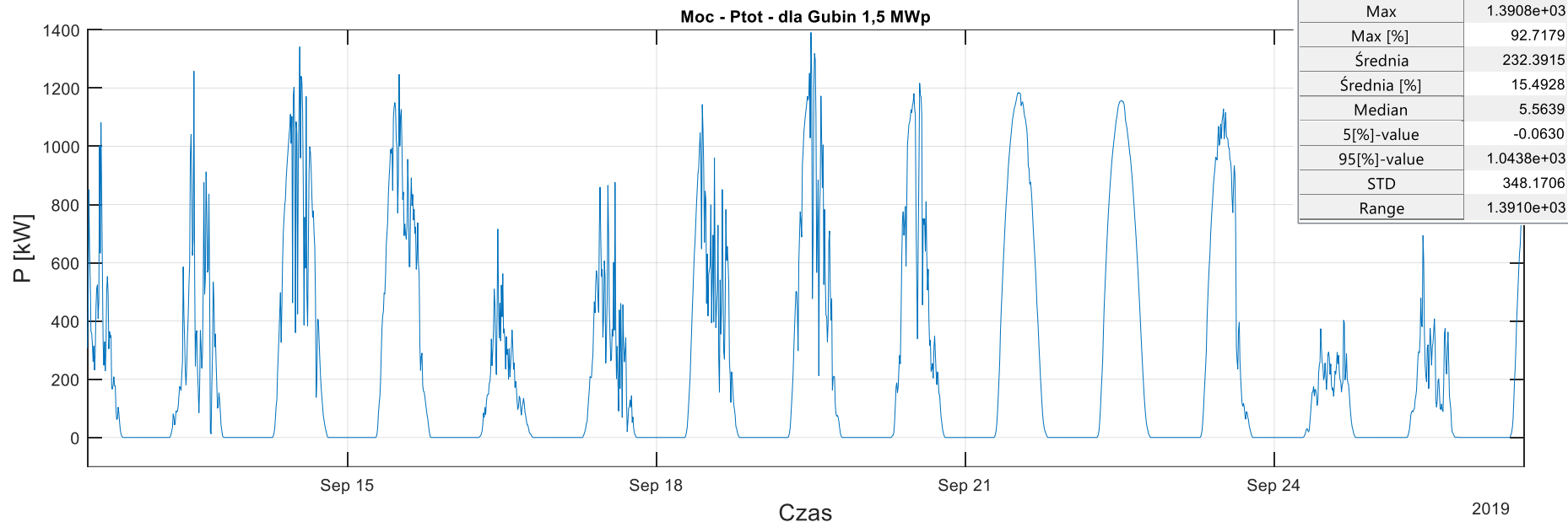


Elektrownia PV – 1,5 MWp – 10 minut + 10/20 ms – min/max



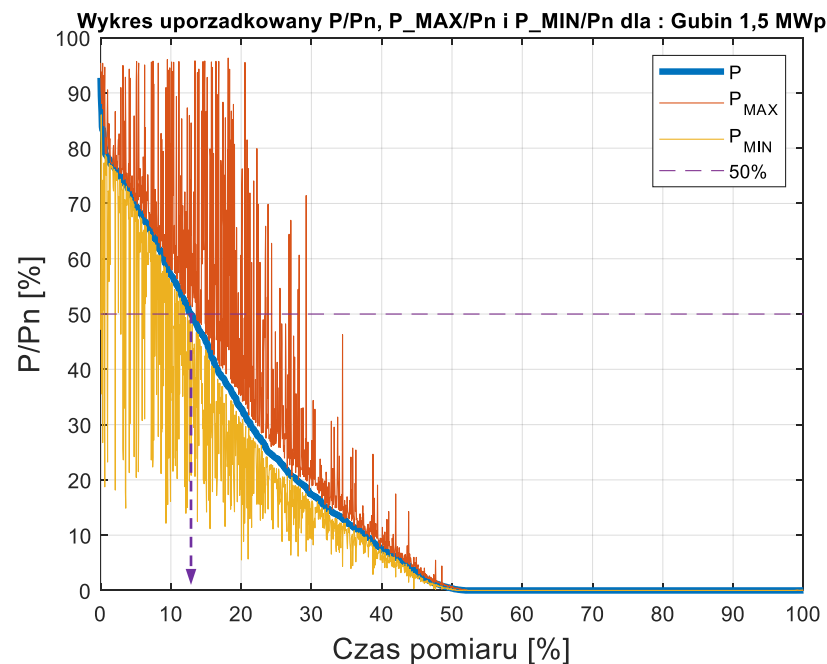
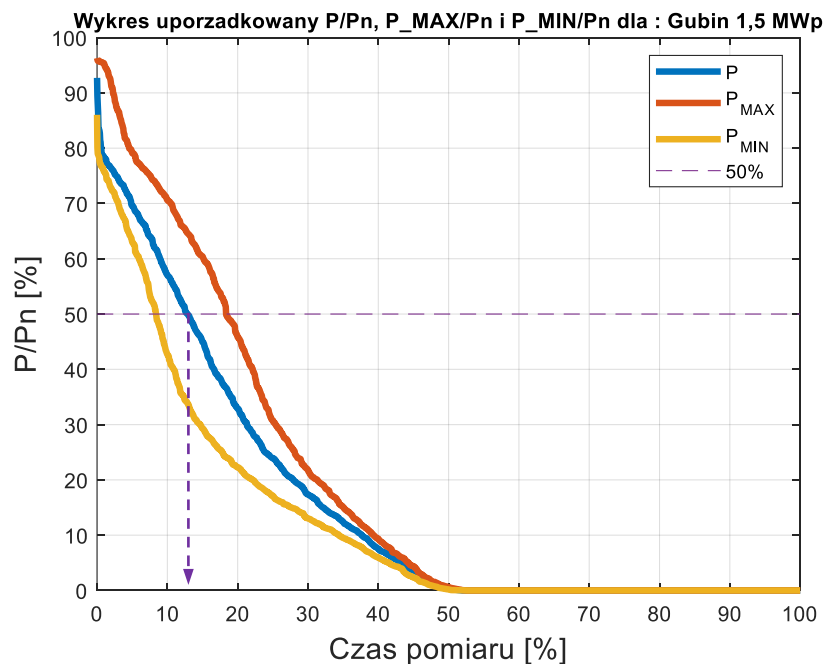
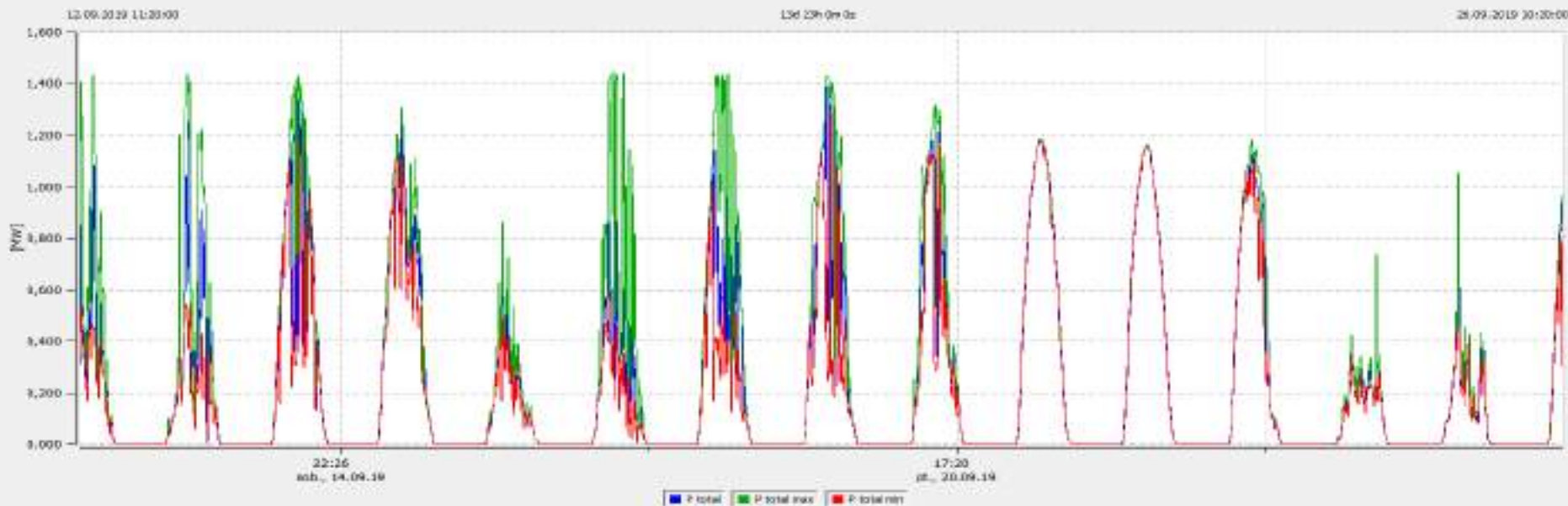


Elektrownia PV – 1,5 MWp



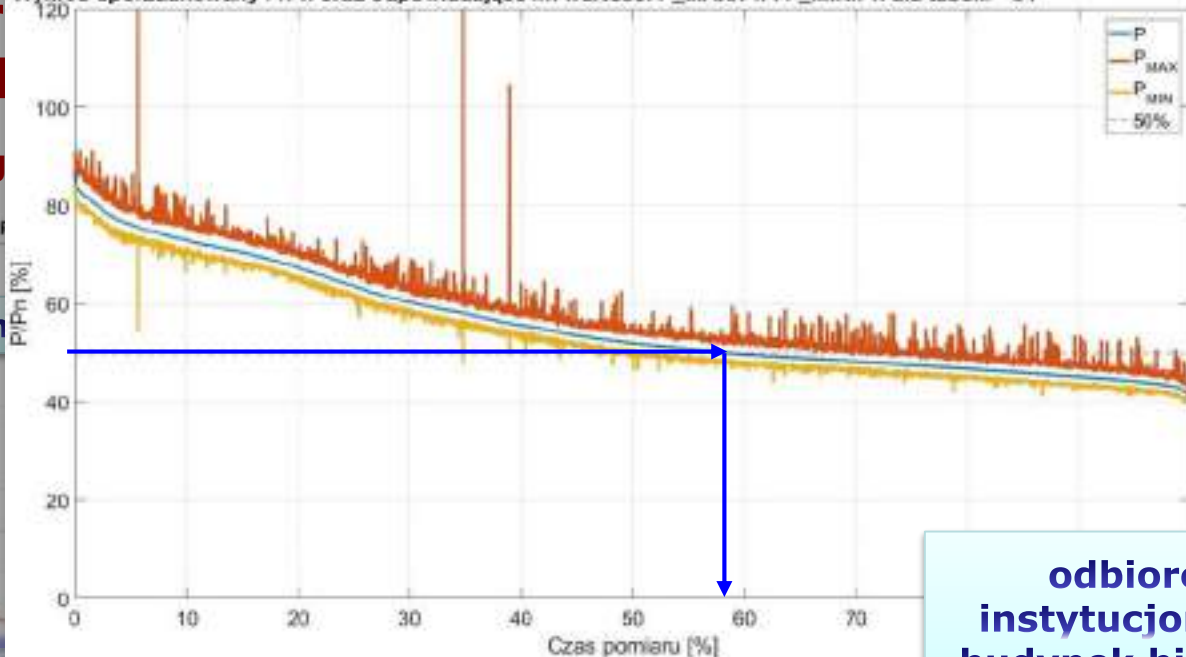


Elektrownia PV – 1,5 MWp





Wykres uporządkowany P/Pn oraz odpowiadające im wartości P_MAX/Pn i P_MIN/Pn dla tabeli: b1

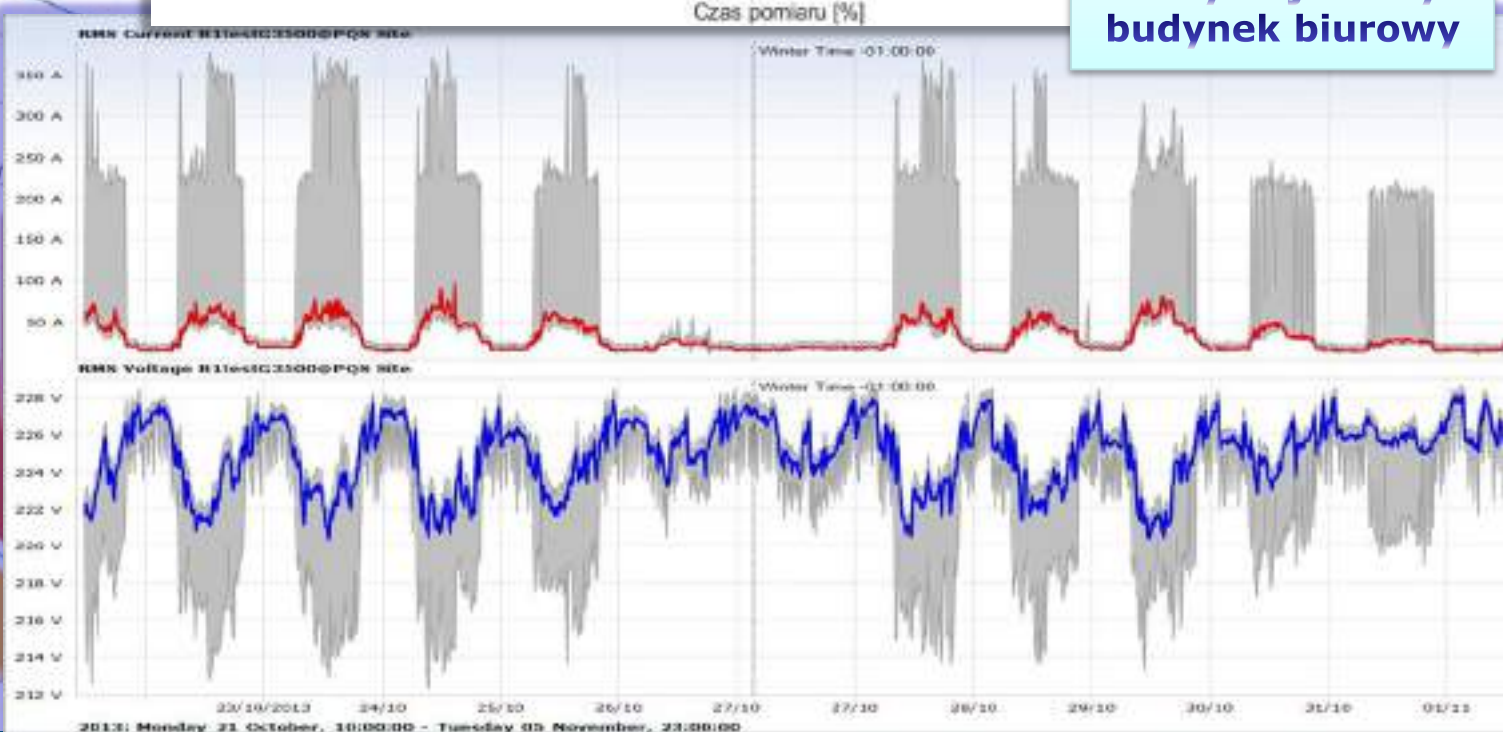
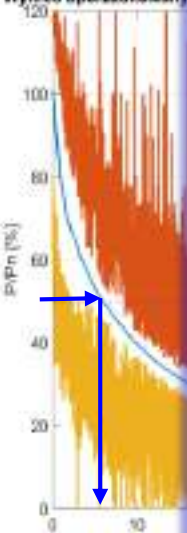


gen

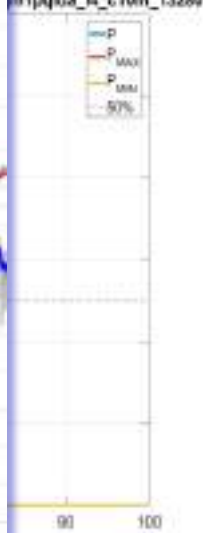
czna

**odbiorca
instytucjonalny
budynek biurowy**

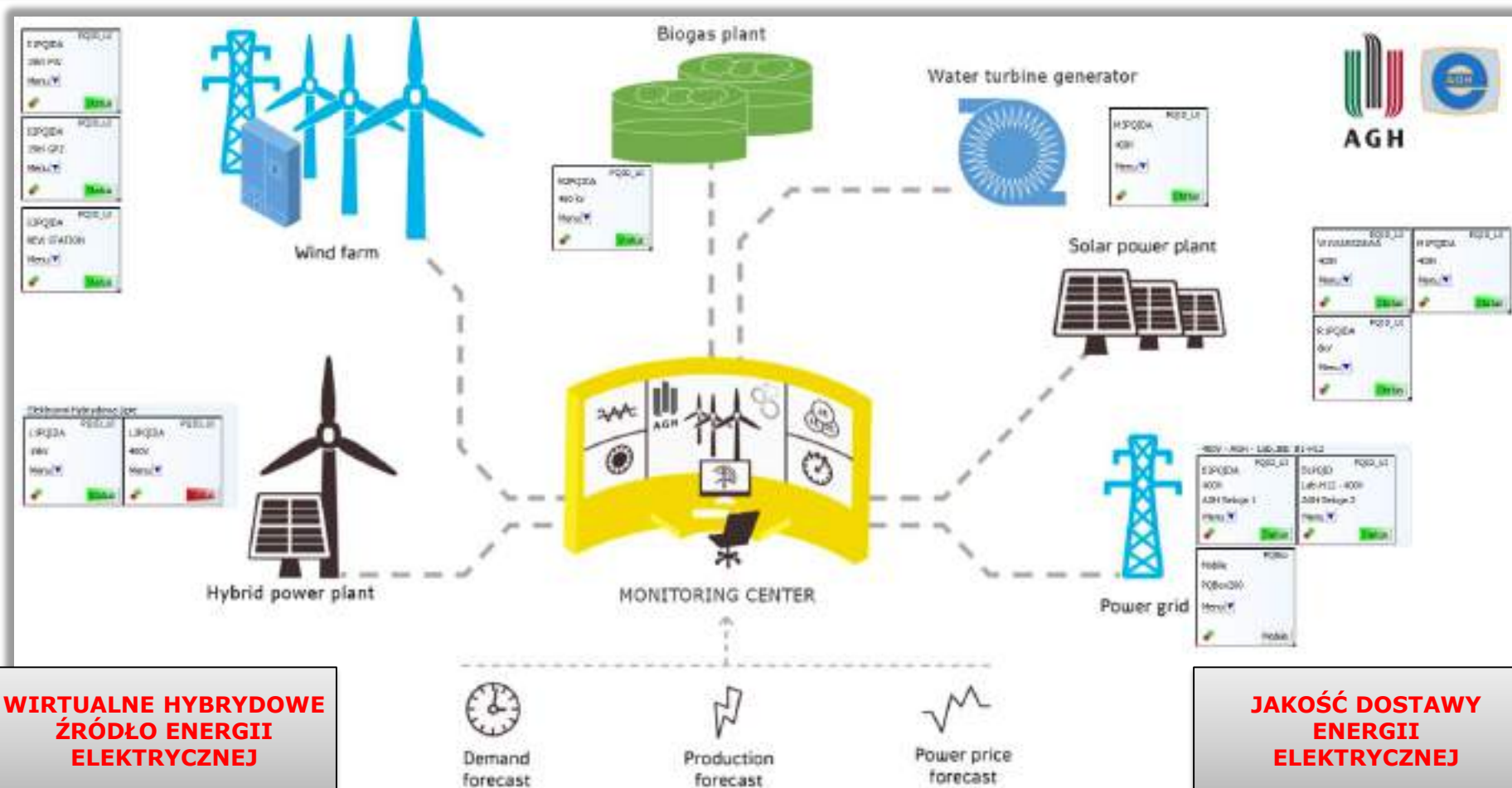
Wykres uporządkowany



Wykres uporządkowany

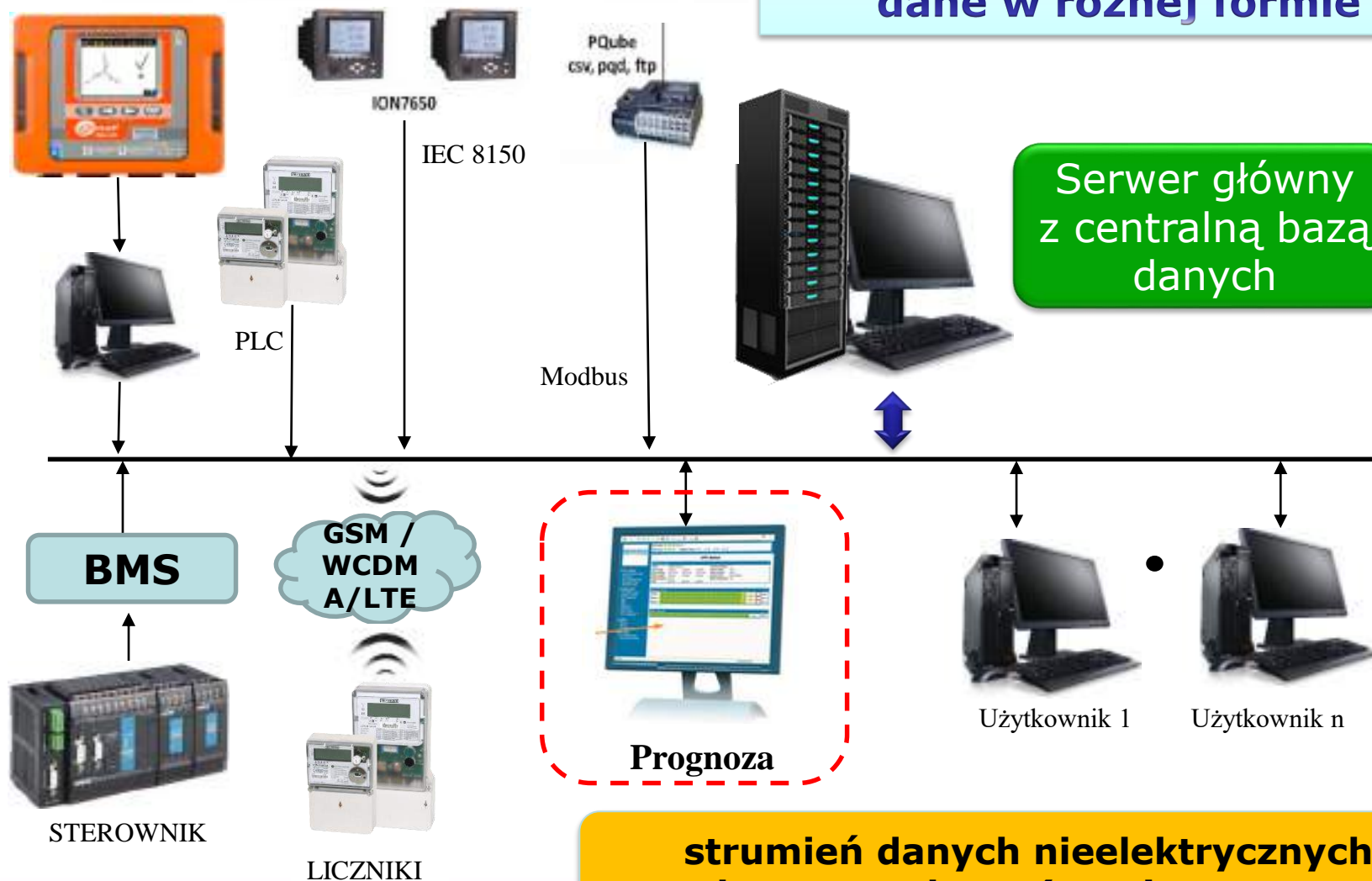


ROZPROSZONY SYSTEM MONITOROWANIA PARAMETRÓW PRACY SIECI ELEKTROENERGETYCZNYCH Z ROZPROSZONYMI I ODNAWIALNYMI ŹRÓDŁAMI ENERGII ELEKTRYCZNEJ



Struktura systemu

**Systemy pomiarowe
i analizatory udostępniają
dane w różnej formie**



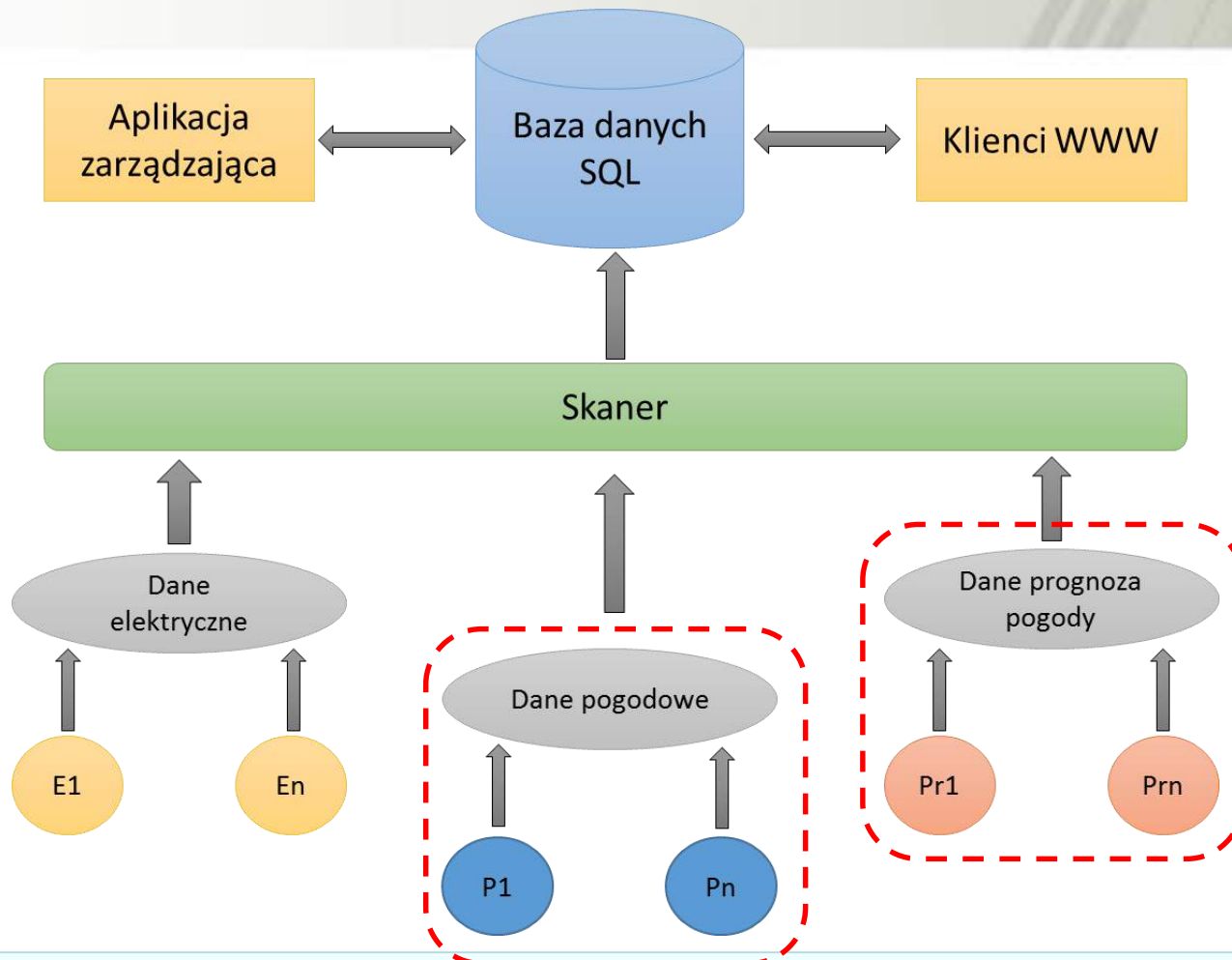
**strumień danych nielektrycznych
np. dane pogodowe (pomiar, prognozy)**



Zbiór danych

- **zbiór „minimalny RMG”** dotyczący tylko parametrów określonych w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dn. 04.05.2007 (wartości 10-minutowych oraz 2-godzinnych dla współczynników długoterminowego migotania światła P_{lt}). **Zawiera 86 wartości.**
- **zbiór „rekomendowany maksymalny”** obok wartości 10-minutowych zawiera również wartości min i max (20/200 ms). Zawiera zbiór parametrów „minimalny RMG” oraz parametry dotyczące prądów, mocy i współczynników mocy. **Liczy 621 wartości**, w tym: 211 wartości 10-minutowych, 205 wartości minimalnych i 205 wartości maksymalnych.
- **zbiór „rekomendowany minimalny”** bazuje na zbiorze „rekomendowany maksymalny”. Ograniczono liczbę wartości minimalnych. **Liczy 440 wartości**, w tym: 211 wartości 10-minutowe, 24 wartości min i 205 wartości max.
- **zbiór „kompromisowy”** bazuje na zbiorze „rekomendowany minimalny”. Ograniczono liczbę parametrów rezygnując z: wyższych harmoniczných prądu oprócz 1. harmonicznej oraz mocy fazowych. Ograniczono również liczbę wartości min i max. **Rejestracji podlega 293 wartości**, w tym: 180 wartości 10-minutowych, 11 wartości minimalnych i 102 wartości max.

Integracja mierników i systemów strumień danych nieelektrycznych np. dane pogodowe (pomiar, prognozy)



**Schemat poglądowy systemu monitorowania OZE i RZE,
gdzie: E1-En – mierniki parametrów elektrycznych, P1-Pn
stacje pogodowe, Pr1-Prn – prognozy pogody**



Centrum Energetyki AGH
www.cjee.agh.edu.pl



**„JAKOŚĆ to pewien stopień
doskonałości” – PLATON**

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ



Katedra Energoelektroniki
i Automatyki Systemów
Przetwarzania Energii

dr inż. Andrzej Firlit
Akademia Górniczo-Hutnicza
Katedra Energoelektroniki
i Automatyki Systemów Przetwarzania Energii
Centrum Energetyki AGH
30-059 Kraków, Al. Mickiewicza 30
tel.: 12 617 35 93, 603 877 809, fax. 12 633 22 84
afirlit@agh.edu.pl





Jakość energii elektrycznej

Dyrektywa UE 85/374/EEC

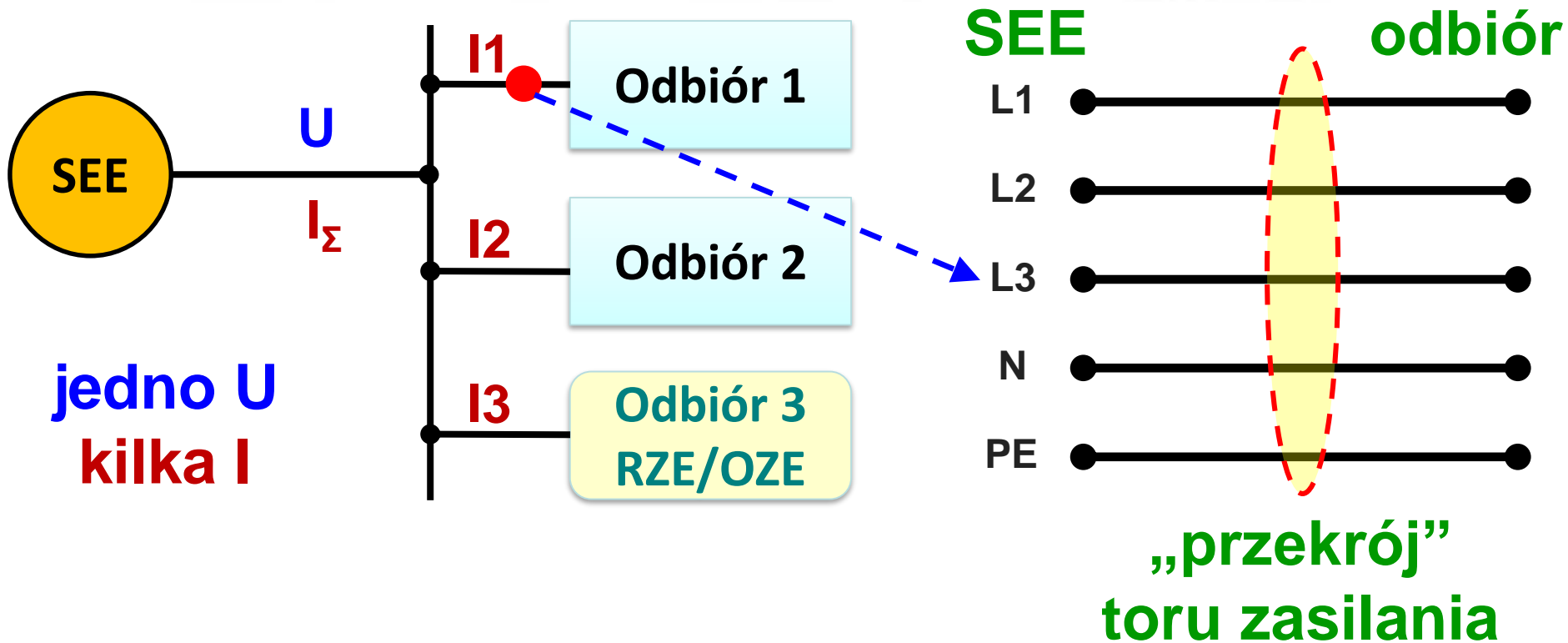
ENERGIA ELEKTRYCZNA (SPOSÓB TRAKTOWANIA W ZAGADNIENIACH JEE)

- ☐ jest towarem,
- ☐ który jest sprzedawany
- ☐ klientowi spodziewającemu się, że otrzymuje dobry produkt
- ☐ w formie odpowiadającej jego potrzebom, a charakteryzowanej zbiorem wyróżnionych właściwości
- ☐ które, jeżeli są złej jakości to mogą zagrażać własności użytkownika, jego zdrowiu, a nawet życiu

Chcę mieć wiedzę o parametrach pracy SEE.

Co powinienem mierzyć?

Jakimi miernikami?



woltomierze, amperomierze, częstotłiwościomierze, watomierze, varomierze, oscyloskopy, analizatory widma, liczniki energii, i inne ...
 – pamięć, komunikacja, synchronizacja czasu, mobilność, praca w terenie, klasa IP i inne ... (3 fazy+N+PE, U-fazowe, U-przewodowe)

Jakość dostawy energii elektrycznej

Warunki zasilania

rozporządzenie normy

Cel pomiarów ?

- ✓ harmoniczne i interharmoniczne prądu
- ✓ asymetria prądów
- ✓ moc bierna, $\text{tg}(\varphi)$
- ✓ prądy udarowe
- ✓ ...



Oddziaływanie odbiorcy

(zasadniczo brak wymogów formalnych dotyczących gwarancji odbiorcy energii w zakresie ograniczenia emisji zaburzeń elektromagnetycznych)

Dostawca energii elektrycznej

Licznik energii el.
15 minut

Granica własności
stron PWP
UMOWA

**ZNACZENIE
SYSTEMU CIĄGŁEGO
MONITOROWANIA JDEE
A kto mierzy?
10 minut**

Odbiorca energii elektrycznej

Gwarancje dostawcy
w zakresie jakości
dostawy energii



- ✓ wartość napięcia
- ✓ wahania napięcia
- ✓ odkształcenie napięcia
- ✓ symetria napięcia
- ✓ **zapady/wzrosty napięcia**
- ✓ **ciągłość zasilania (przerwy w zasilaniu)**
- ✓ ...
- ✓ ...



Jakość dostawy energii elektrycznej

Warunki zasilania

rozporządzenie normy

Cel pomiarów ?

- ✓ harmoniczne i interharmoniczne prądu
- ✓ asymetria prądów
- ✓ moc bierna, $\text{tg}(\varphi)$
- ✓ prądy udarowe
- ✓ ...



Oddziaływanie odbiorcy
(zasadniczo brak wymogów formalnych dotyczących gwarancji odbiorcy energii w zakresie ograniczenia emisji zaburzeń elektromagnetycznych)

Dostawca energii elektrycznej

Licznik energii el.
15 minut

Granica własności
stron PWP
UMOWA

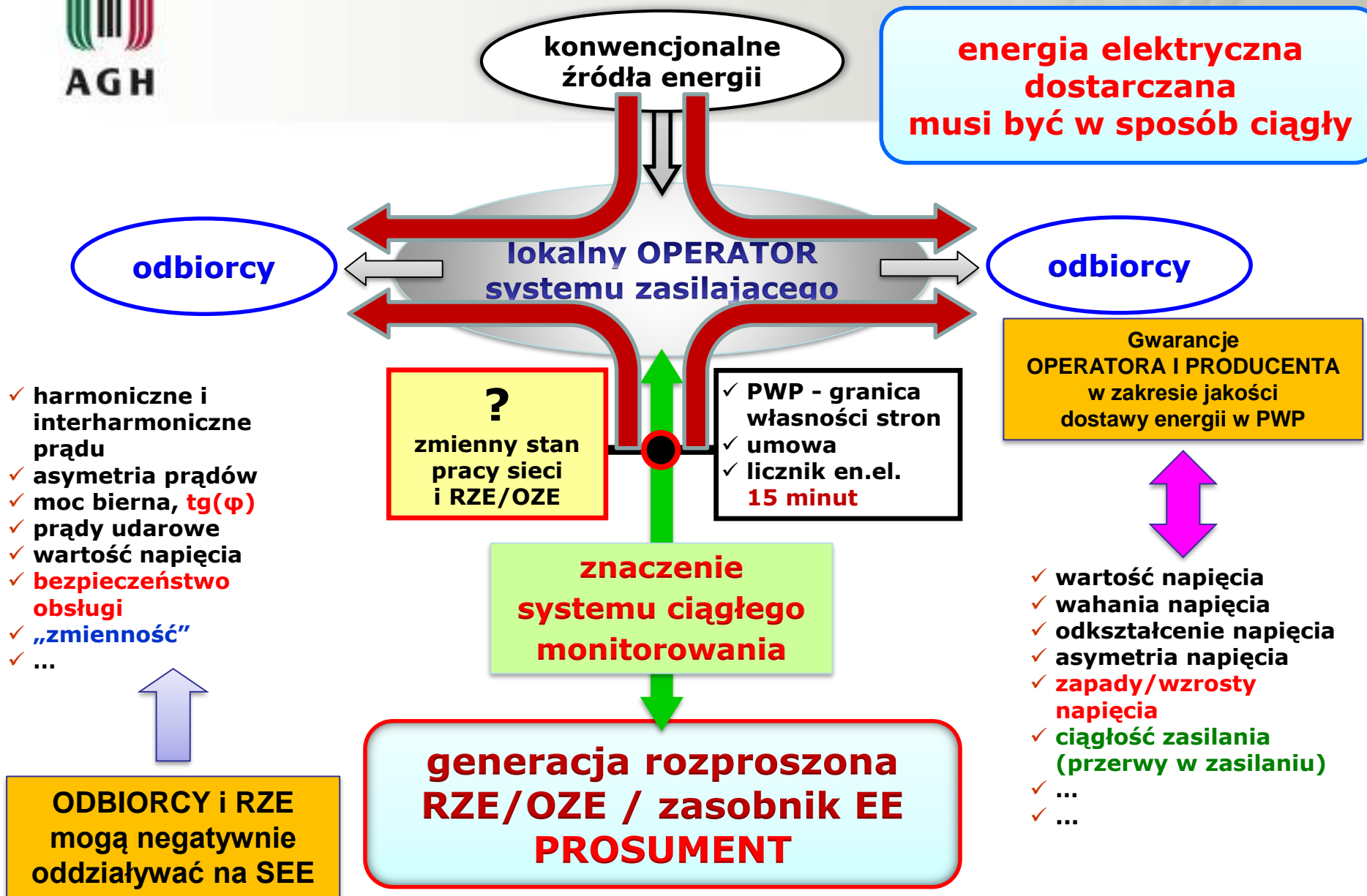
**ZNACZENIE
SYSTEMU CIĄGŁEGO
MONITOROWANIA JDEE
A kto mierzy?
10 minut**

**KONSUMENT
PROSUMENT**
generacja rozproszona
RZE/OZE / zasobnik EE

Gwarancje dostawcy
w zakresie jakości
dostawy energii



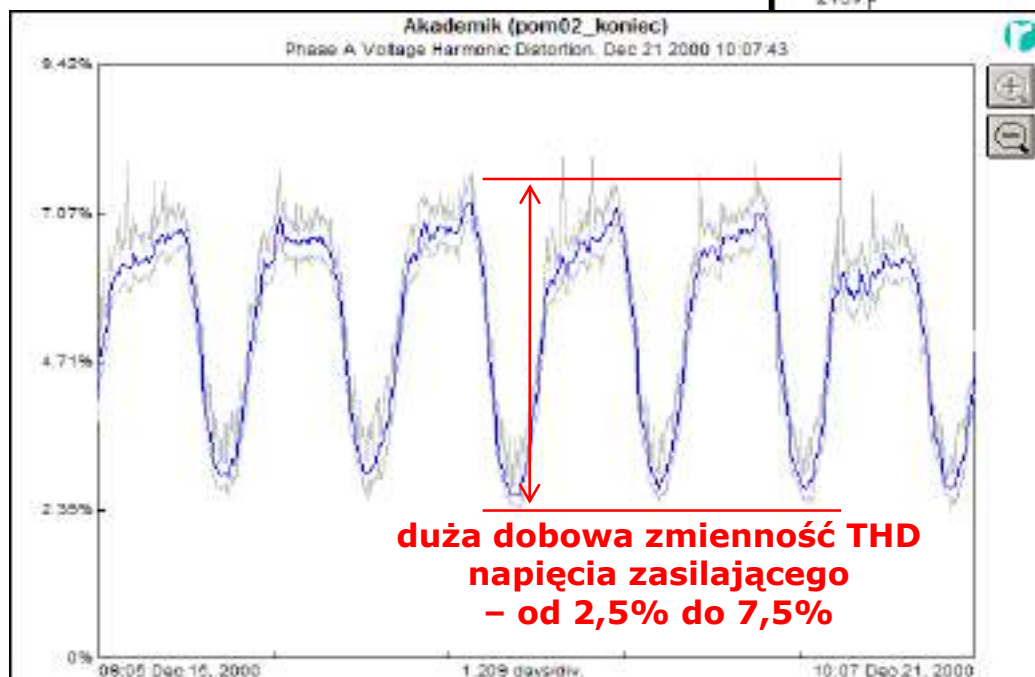
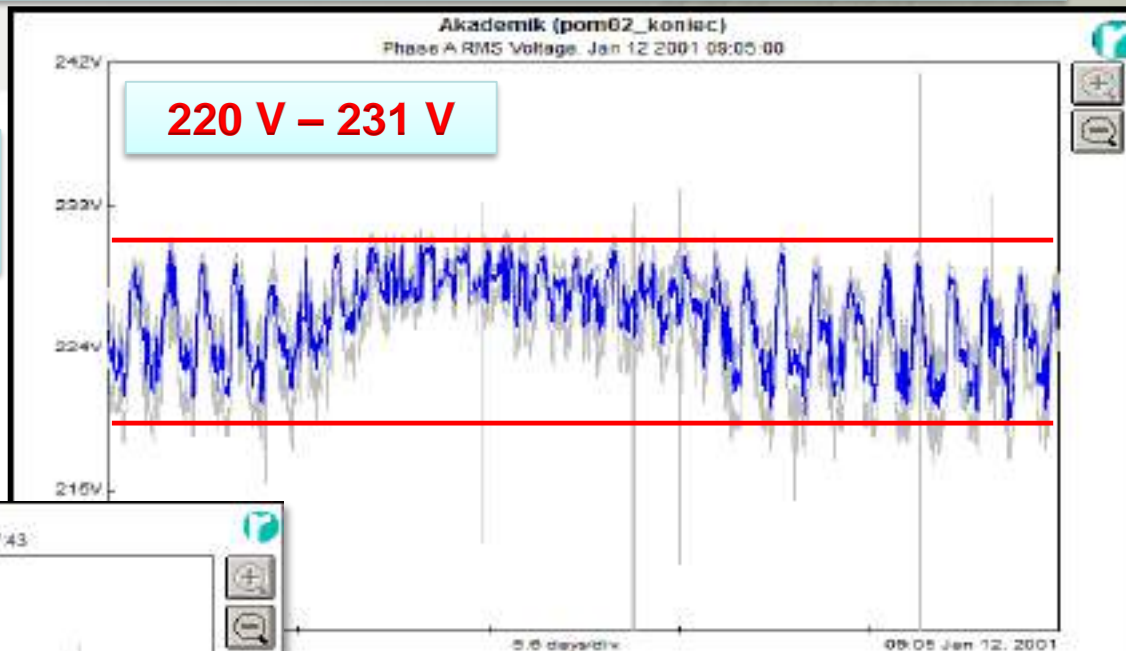
- ✓ wartość napięcia
- ✓ wahania napięcia
- ✓ odkształcenie napięcia
- ✓ symetria napięcia
- ✓ **zapady/wzrosty napięcia**
- ✓ **ciągłość zasilania (przerwy w zasilaniu)**
- ✓ ...
- ✓ ...



Jakość energii elektrycznej lub inaczej **jakość napięcia zasilającego** obejmuje dwie grupy zaburzeń: **zmiany** i **zdarzenia**.

AGH

zmiana – przebieg wartości skutecznej napięcia U_{rms}

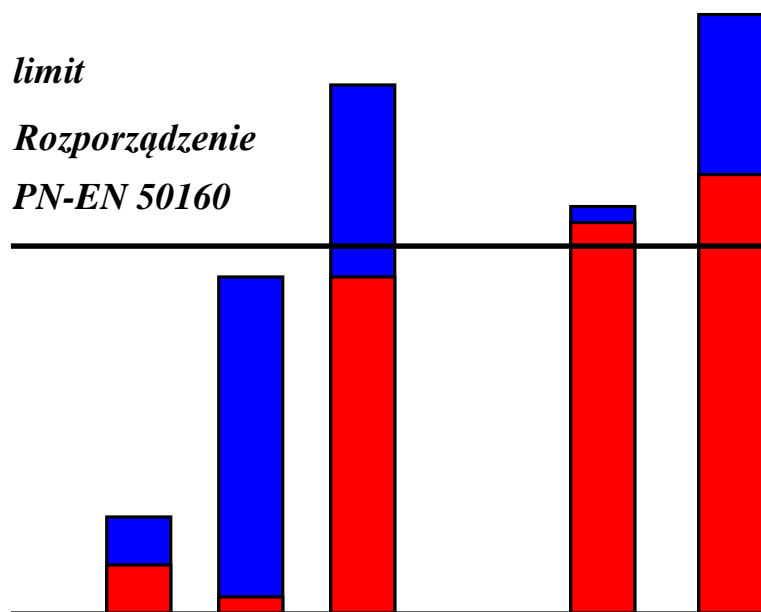


zmiana – przebieg wartości THD napięcia zasilającego

Tabela 5 Proponowane limity i miary liczbowe (U_N – napięcie znamionowe, U_c – napięcie deklarowane, CP – perecentyl liczony dla tygodniowego okresu pomiarowego)

poziom napięcia	nN		SN		WN	
	wartość dopuszczalna	miara liczbową	limit	miara liczbową	limit	miara liczbową
wartość skuteczna napięcia	$\pm 10\% U_N$	CP95 (CP05)	$\pm 10\% U_N$	CP95 (CP05)	$\geq 110\text{kV}$: $\pm 10\% U_N$ 440kV : $+5\%/-10\% U_N$	CP95 (CP05)
częstotliwość	$50\text{Hz} \pm 1\%$ $50\text{ Hz} +4/-6\%$	CP99,5 (CP0,5) 100% wartości	$50\text{Hz} \pm 1\%$ $50\text{ Hz} +4/-6\%$	CP99,5 (CP0,5) 100% wartości	$50\text{Hz} \pm 1\%$ $50\text{ Hz} +4/-6\%$	CP99,5 (CP0,5) 100% wartości
migotanie światła (wahania napięcia, szybkie zmiany napięcia)	$P_{lt} \leq 1$	CP95	$P_{lt} \leq 1$	CP95	$P_{lt} \leq 0,8$	CP95
wyższe harmoniczne napięcia	zgodnie z tabelą nr 2	CP95	zgodnie z tabelą nr 2	CP95	zgodnie z tabelą nr 3	CP95
współczynnik odkształcenia napięcia THDu	$< 8\%$	100% wartości	$< 8\%$	100% wartości	$< 3\%$	100% wartości
współczynnik asymetrii napięcia	$< 2\%$	CP95	$< 2\%$	CP95	$< 1\%$	CP95

Ocena warunków zasilania wg Rozporządzenia / PN-EN 50 160 Wartość 95% (5%), CP95 (CP05)



warunki zasilania
POPRAWNE

warunki zasilania
NIEPOPRAWNE

1 TYDZ. \Rightarrow **1 008** okien 10-minutowych

Max. liczba wartości 10min leżąca poza dopuszczalnymi przedziałami = 51 wartości!!
Temu odpowiada 8h 30min czasu trwania pomiarów 1tygodniowych.

Jak wybrać CP95 przy innej długości pomiaru?

•liczba okien 10min = 100

\Rightarrow CP95 odpowiada 95 wartość z wykresu uporządkowanego

•liczba okien 10min = 928

$$\underline{0,95 \cdot 928 = 881,6}$$

\Rightarrow CP95 odpowiada 882 wartość z wykresu uporządkowanego

Jakość energii elektrycznej lub inaczej **jakość napięcia zasilającego** obejmuje dwie grupy zaburzeń: **zmiany** i **zdarzenia**.

AGH

Akademik (pom02_koniec)

Phase A Voltage. (Event 420). Jan 08 2001 05:36:39.672

$U_r = 100 \text{ V}$
 120 ms

zdarzenie – zapad
napięcia – przebieg
wartości chwilowej $u(t)$

zdarzenie – przerwa w
zasilaniu; przebiegi
wart. chwil.: $u(t)$, $i(t)$

ELPLAST (SN20kV)

Phase A-B Voltage. (Event 140). Oct 01 2007 16:59:20.468 (K=200)

920 ms

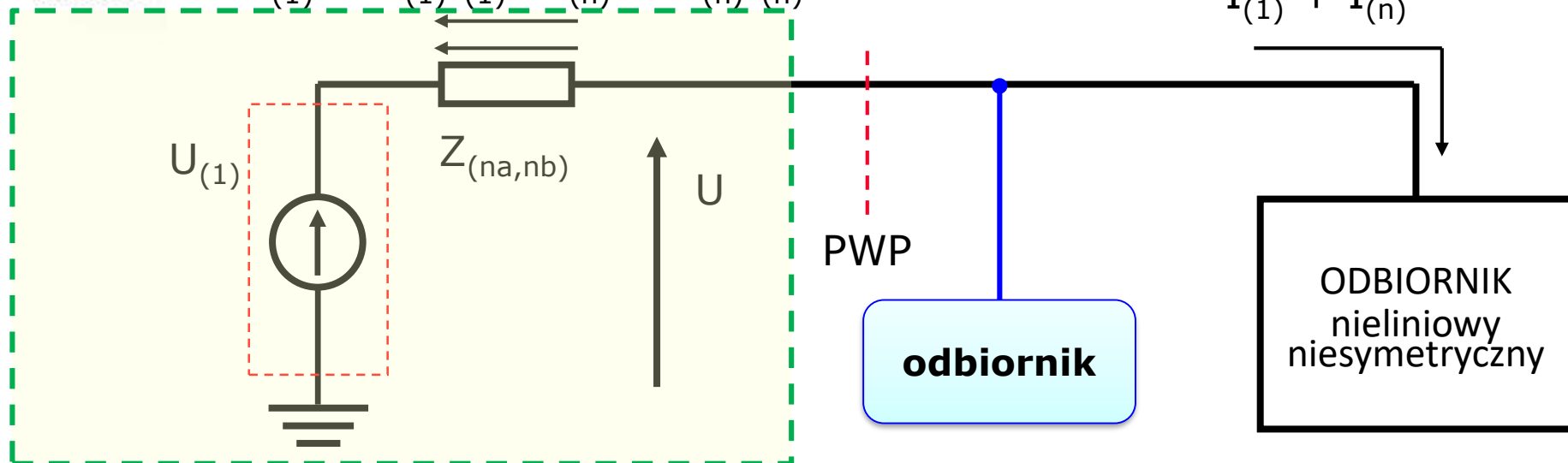


Uproszczony schemat obwodu elektrycznego

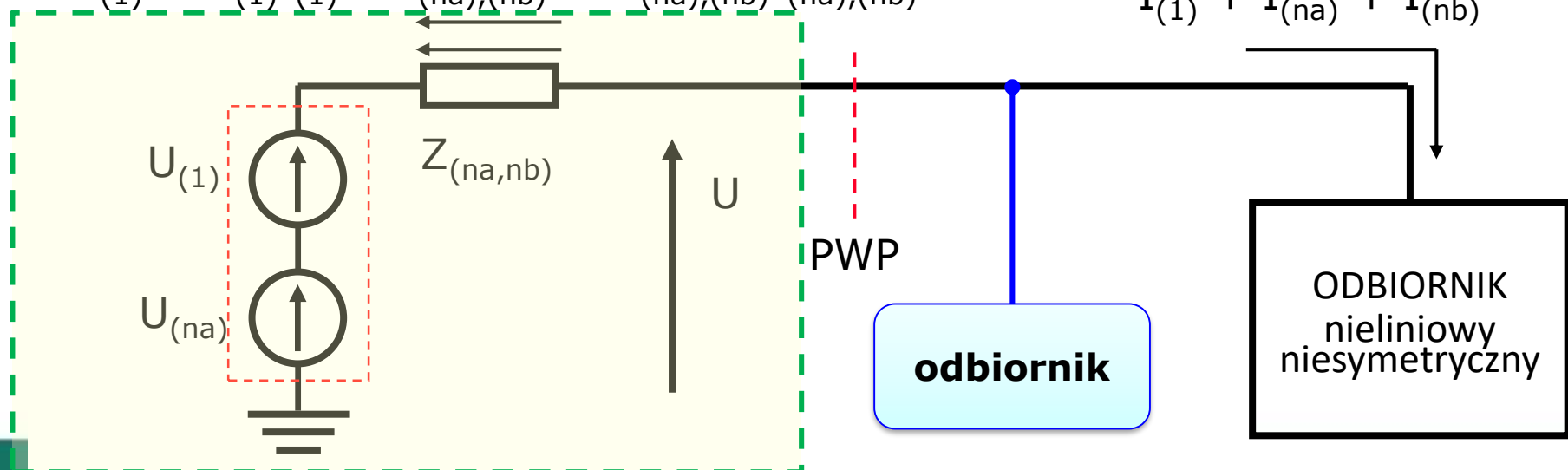
Propagacja zaburzeń **Odkształcenie napięcia w PWP będące rezultatem spadku napięcia $\Delta U_{(na)}$ $\Delta U_{(nb)}$**

AGH

$$\Delta U_{(1)} = Z_{(1)} I_{(1)} \quad \Delta U_{(n)} = Z_{(n)} I_{(n)}$$



$$\Delta U_{(1)} = Z_{(1)} I_{(1)} \quad \Delta U_{(na),(nb)} = Z_{(na),(nb)} I_{(na),(nb)}$$





normy, standaryzacja
Katedra EiASPE
Centrum Energetyki

**„JEŚLI NIE MOŻESZ CZEGOŚ ZMIERZYĆ,
NIE MOŻESZ TEGO ULEPSZYĆ”**

**Słowa te wypowiedział w połowie XIX wieku
William Thomson – słynny Lord Kelvin**

PRAWIDŁOWA INTERPRETACJA !!!

**ANALIZA I OCENA JAKOŚCI
DOSTAWY ENERGII ELEKTRYCZNEJ**

ANALIZATOR JAKOŚCI ENERGII ELEKTRYCZNEJ



Urząd Regulacji
Energetyki



02.01.2014, na podstawie 11 aktów prawnych



Prawa Konsumenta

**BRAK SYMETRII
WE WZAJEMNEJ
RELACJI !!!**

Konsument energii elektrycznej ma prawo do:

1) dostępu do sieci

2) zakupu energii elektrycznej – od wybranego sprzedawcy

6) korzystania ze standardów jakościowych

- ☐ otrzymywania energii elektrycznej o określonych w przepisach rozporządzenia systemowego parametrach jakościowych
- ☐ zwrócenia się do dystrybutora o dokonanie sprawdzenia dotrzymania parametrów jakościowych energii elektrycznej dostarczanej z sieci, poprzez wykonanie odpowiednich pomiarów, w przypadku zgodności zmierzonych parametrów ze standardami określonymi w przepisach prawa lub w umowie koszty sprawdzenia i pomiarów ponosi konsument na zasadach określonych w taryfie dystrybutora – „STRASZAK”



**kilka prostych pytań
na temat energii...**

**BRAK SYMETRII
WE WZAJEMNEJ
RELACJI !!!**

**Jak to mierzyć parametry jakości energii
elektrycznej w gospodarstwie domowym?**

Bonifikata:

- ☐ pisemny wniosek
- ☐ uznanie zasadności
- ☐ warunki w umowie, OWU oraz taryfie

SMART METERING

Wzory do wyliczenia bonifikaty:

- ☐ trudno dostępne
- ☐ niezrozumiałe
- ☐ niemożliwe do wykorzystania przez konsumenta indywidualnego

Kamil Pluskwa-Dąbrowski
Prezes Rady Krajowej Federacji Konsumentów
Piknik Jakości Energii, Kraków, 23.10.2014



Fluke1760



PQBox200 AEberle



Fluke435



Sonel PQM-711/703



**BlackBox G3500
Elspec**



**Unilyzer902
Unipower AB**



Centrum Jakości Energii Elektrycznej Centrum Energetyki AGH

www.cjee.agh.edu.pl
ZAPRASZAMY DO WSPÓŁPRACY

☎ (12) 617 55 22 ☎ 781 417 237 ✉ [ccjee@agh.edu.pl](mailto:cjee@agh.edu.pl)

CENTRUM JAKOŚCI
ENERGII ELEKTRYCZNEJ

STRONA GŁÓWNA

OFERTA

LABORATORIUM

POMIARY ELEKTRYCZNE

KONTAKT



EKSPERTYZY TECHNICZNE

Wiedza i doświadczenie na rzecz polskiej energetyki

Weryfikacja poprawnej realizacji inwestycji w branży energetycznej

LABORATORIUM JAKOŚCI ENERGII ELEKTRYCZNEJ

Wspólna inicjatywa AGH i TAURON Dystrybucja

Realizacja zadań z zakresu jakości energii elektrycznej

Jesteśmy dynamicznie rozwijającym się zespołem o ugruntowanym doświadczeniu w realizacji prac na rzecz polskiej energetyki, przemysłu oraz obiektów użyteczności publicznej. Działamy w strukturach Centrum Energetyki AGH zapewniając zaangażowanie najlepszych ekspertów branżowych oraz najwyższej klasy aparatury pomiarowej i badawczej.



Ekspertyzy techniczne

Zapewniamy merytoryczne wsparcie w realizacji procedur inwestycyjnych branży energetycznej, przez rozstrzygnięcie sporów na linii INWESTOR-WYKONAWCA-DOSTAWCA.



Pomiary elektryczne

W naszej pracy korzystamy z najwyższej klasy aparatury pomiarowej spełniającej aktualne wymagania norm branżowych. Działamy na obszarze całego kraju.



Doradztwo

Rozwiązanie techniczne dla poprawy warunków załadowania, ograniczenia ryzyka awarii oraz zwiększenia efektywności energetycznej.



Badania i rozwój

Innowacyjne rozwiązania w zakresie systemów monitorowania parametrów energii elektrycznej, prognozowanie zużycia oraz generacji energii.





Centrum Energetyki AGH
www.cjee.agh.edu.pl



**„JAKOŚĆ to pewien stopień
doskonałości” – PLATON**

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ



Katedra Energoelektroniki
i Automatyki Systemów
Przetwarzania Energii

dr inż. Andrzej Firlit
Akademia Górniczo-Hutnicza
Katedra Energoelektroniki
i Automatyki Systemów Przetwarzania Energii
Centrum Energetyki AGH
30-059 Kraków, Al. Mickiewicza 30
tel.: 12 617 35 93, 603 877 809, fax. 12 633 22 84
afirlit@agh.edu.pl

