



Politechnika
Śląska

CEP



Wydział
Elektryczny



Instytut Elektroenergetyki
i Sterowania Układów

Wydział Elektryczny Politechniki Śląskiej
Rok ak. 2016/2017 – wykład inauguracyjny

METODA NOWEJ ENERGETYKI

**z domem pasywnym, pompą ciepła, samochodem elektrycznym i Internetem IoT
w centrum**

Jan Popczyk

Współpraca: doktorzy Rafał Setlak, Marcin Fice, Robert Wójcicki

Gliwice, 14 października 2016

DWA UWARUNKOWANIA

Waga i złożoność zmian wynika z faktu, że naruszają one potężny układ interesów: roczna wartość światowego rynku paliw opalnych (ropy, gazu, węgla), to nawet przy obecnych niskich cenach nie mniej niż 2,5 bln dolarów. Podobną wartość ma suma rynków energii elektrycznej na świecie

Waga i dramatyzm sytuacji polega z kolei na tym, że kontynuacja dotychczasowego sposobu wykorzystania paliw kopalnych grozi ich wyczerpaniem nie później niż do końca stulecia, a wcześniej uruchomieniem mechanizmów nieodwracalnych zmian klimatu (już w połowie stulecia roczna emisja CO₂, wynosząca obecnie około 30 mld ton, wzrosłaby do około 80 mld ton, a średni przyrost temperatury Ziemi przekroczyłby 2 °C, czyli wartość powszechnie uznawaną za graniczną)

BILANS ENERGETYCZNY 2014 – ŚWIAT

(liczba ludności: 7 mld; GDP/PKB: 90 bln \$; liczba samochodów: 1,1 mld)

| Roczne zużycie paliw kopalnych, na cele energetyczne ⁽¹⁾ | | | | |
|--|--|--|---|--|
| | węgiel kamienny | węgiel brunatny | ropa | gaz |
| Jednostki naturalne | 7 mld ton | 1 mld ton | 4 mld ton | 2 bln m³ |
| Wartość (giełdowa), mld \$ | 540⁽²⁾ | 46⁽³⁾ | 2200⁽²⁾ | 350–1000⁽⁴⁾ |
| Energia chemiczna, tys. TWh | 35 | 3 | 45 | 20 |
| Emisja CO₂ ⁽⁵⁾, mld ton | 15 | 1 | 9 | 4 |
| Energia użyteczna, tys. TWh | 12_e + 5_c (energia el. + ciepło) | 1_e (energia el.) | 7_t (energia na „kołach”) | 10_e + 5_c (energia el. + ciepło) |
| Roczna produkcja energii elektrycznej w elektrowniach jądrowych, tys. TWh | | | | |
| 1,4 | | | | |
| Roczna produkcja energii w źródłach OZE, tys. TWh | | | | |
| wodne | wiatrowe | PV | biomasowe | |
| 2,1_e | 0,5_e | 0,2_e | (0,03_e + 0,03_c)_{Niemcy} + (0,6_t)_{USA+Brazylia} ⁽⁶⁾ | |

SZACUNKOWE DANE ROCZNE (2014), w mld PLN,
obrazujące wymiar makroekonomiczny energetyki WEK w Polsce

| ENERGETYKA WEK | | | | | |
|---|---------------|---|--------------------|------------------------------------|----------------------------|
| Rynki końcowe (z podatkami i paropodatkami) | ~180 | paliwa transportowe | | energia elektryczna | ciepło |
| | | 100 | | 48 | 30 |
| Import | >75 | paliwa | | | |
| | | ropa | gaz | węgiel | biomasa¹ |
| | | 45 | 15 | 3 | 0,6 |
| | | dobry inwestycyjne | | | |
| | | elektroenergetyka (głównie bloki węglowe) | gazownictwo | sektor paliw transportowych | |
| | | 5 | 3 | 3 | |
| | | <i>know how</i> (usługi konsultingowe) – b.d. | | | |
| Podatki, paropodatki, | ~80 | akcyza – 36 (dominujący udział paliw transportowych) | | | |
| | | VAT – 38 (dominujący udział ludności) | | | |
| | | CO₂ – 6 (dominujący udział energetyki węglowej) | | | |
| Ukryte dopłaty | 5 | górnictwo węgla kamiennego – 5 (dominujący udział) | | | |
| MAKROEKONOMIA KRAJU | | | | | |
| PKB – 1600, zadłużenie – 800, budżet – 330, deficyt budżetowy – 40, osiągalne przychody ludności – 600 | | | | | |

ZMIANA TRAJEKTORII ROZWOJU ENERGETYKI
(istotą zmiany trajektorii są innowacje przełomowe
i pretendenci-przedsiębiorcy
oraz wynalazcy/naukowcy i prosumenci)

po między:

ZMIANĄ PARADYGMATU ROZWOJOWEGO
(zmiana paradygmatu oznacza nowy język opisu energetyki,
jest to zadanie dla instytucjonalnej nauki)

i

REWOLUCJĄ ENERGETYCZNĄ
(istotą rewolucji jest utrata zdolności Imperium/władz
do zarządzania zmianami;
rewolucja oznacza środowisko kryzysowe i degradację nauki)

**Wykład przedstawia zakres tematyczny (niepełny)
wymagający nowego, spójnego opisu – zadanie do zrealizowania
przez instytucjonalną naukę w kolejnych latach !!!**

ZADANIA NAUKI W TRZECH POTENCJALNYCH WARIANTACH PRZEBUDOWY ENERGETKI

| | Istota wariantu | Zadania / skutki dla nauki |
|---------------------------------------|--|---|
| Rewolucja energetyczna | działania w środowisku kryzysowym | marginalizacja nauki |
| Zmiana trajektorii rozwojowej | innowacje przełomowe (twarde/technologiczne oraz miękkie/organizacyjne) | zadania dla nauk technicznych (politechniki) oraz społecznych i ekonomicznych (uniwersytety) |
| Zmiana paradygmatu rozwojowego | nowy język opisu energetyki | zadania dla nauk społecznych i ekonomicznych (uniwersytety) oraz technicznych (politechniki) |

W każdym wypadku przed naukami technicznymi stoi zadanie bardzo rozległej nowej konsolidacji (konwergencji) kompetencji obejmującej elektrotechnikę (w szczególności energoelektronikę) oraz termodynamikę i maszyny przepływowe, ale także: informatykę, elektronikę, wreszcie ochronę środowiska, budownictwo, architekturę, transport, rolnictwo i inne

ROZPOCZYNA SIĘ WIEK ELEKTRYFIKACJI CIEPŁOWNICTWA I TRANSPORTU

z wykorzystaniem energii elektrycznej ze źródeł OZE
i technologii przełomowych w obszarze użytkowania energii i paliw
– usług energetycznych (dom pasywny plus pompa ciepła;
samochód elektryczny; Internet IoT)

Punkt wyjścia

**E7 – GLOBALNA PRZEBUDOWA ENERGETYKI W PERSPEKTYWIE
SIEDMIU KRAJÓW/REGIONÓW (USA, Chiny, Niemcy, Indie,
Japonia, UE i Afryka Subsaharyjska) i wnioski oraz propozycje dla
Polski**

Raport
Biblioteka BŻEP, www.klaster3x20.pl,
także Portal CIRE

Górnictwo węglowe jest na świecie w stanie upadłości (w USA i w Europie jest już masą upadłościową)

Ropa naftowa i gaz ziemny: rozpoczynają się ratunkowe transfery tych paliw na rynki regulacyjno-bilansujące NI/EP[⊕]

PROGNOZY

Czy grożą nam błędy z przeszłości? Już je popełniliśmy!!!

PROGNOZA 2000
z początku lat 70'

Moc elektryczna szczytowa: 105 GW
Roczna produkcja energii elektrycznej : 600 TWh

Roczne wydobycie węgla kamiennego: 270 mln ton
Roczne wydobycie węgla brunatnego: 120 mln ton

Roczny import ropy naftowej: 90 mln ton

RZECZYWISTOŚĆ 1990 – 2016 i antycypacja 2050

| Bilanse dla energetyki bazującej na paliwach kopalnych (I trajektoria rozwojowa) | | |
|---|---------------------------------|----------------------------------|
| | Energia, TWh¹ | Technologie przełomowe |
| Energia elektryczna | 450/440/160/120/80 | Oświetlenie LED |
| Ciepło | 250/240/230/200/40 | Dom pasywny, pompa ciepła |
| Transport | 280/240/220/200/55 | Samochód elektryczny |
| Razem | 980/920/610/520/175 TWh | |
| Bilans dla energetyki bazującej na źródłach OZE (II trajektoria rozwojowa) | | |
| Usługi energetyczne, łącznie | 200-175 TWh | |

¹ Pierwsza liczba i kolejne: energia chemiczna paliw w miejscu wydobycia, energia wytworzonego nośnika, energia nośnika „zakupionego” przez odbiorcę/prosumenta, energia wykorzystana zredukowana (w tendencji) do poziomu po wykorzystaniu technologii proefektywnościowych, przede wszystkim przełomowych

JESZCZE RAZ KRAJOWY BILANS, TWh/rok

I trajektoria rozwojowa

| | | | |
|---------|--------------------|---|---|
| 450 | 440 | 160 | 120 |
| 250 | 240 | 230 | 200 |
| 280 | 240 | 220 | 200 |
| <hr/> | | | |
| 980 | 920 | 610 | 520 |
| ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |
| w złożu | przetransportowana | przetworzona (elektrownia, elektrociepłownia, kotłownia, rafineria) | przesłana/ przetransportowana (zużyta, zakupiona) |

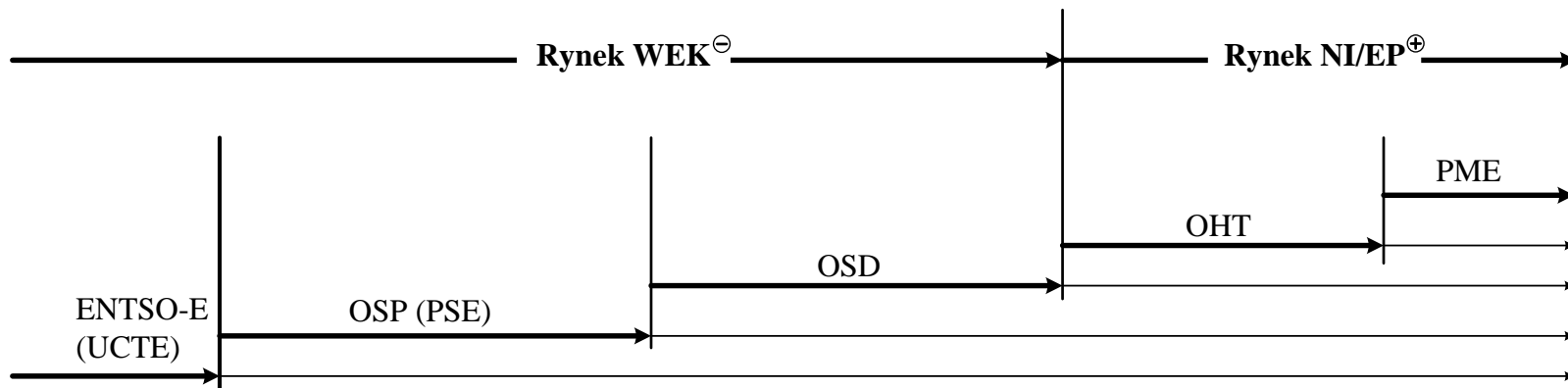
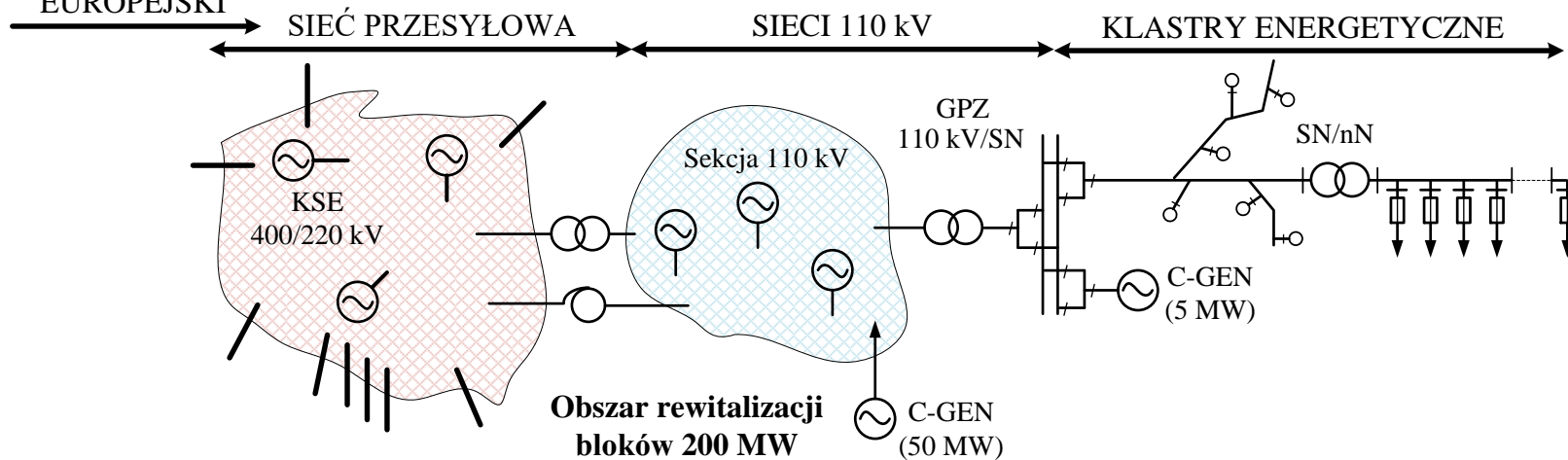
II trajektoria rozwojowa

200
↑
produkcja energii
elektrycznej
w źródłach OZE

175
↑
energia elektryczna
zużyta z wykorzystaniem
technologii przełomowych

JEDNOLITY
RYNEK
EUROPEJSKI

NOWE UKŁADANIE ELEKTROENERGETYKI



Opracowany przez:
J. Popczyk, M.Fice

KLASTER ENERGETYCZNY
Wirtualna elektrownia

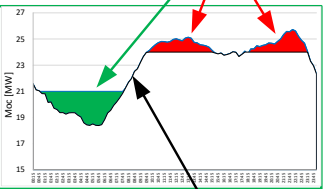


GPZ1

GPZ2

GPZ3

Instalacja C-GEN

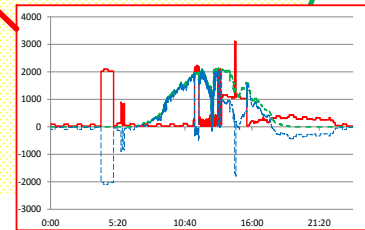
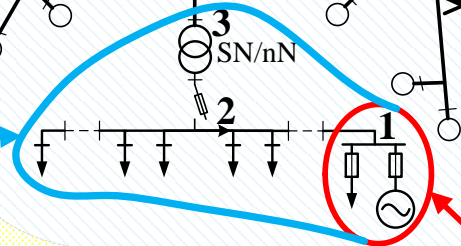
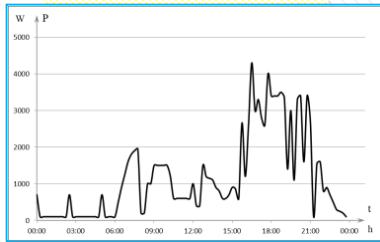


110 kV/SN

110 kV/SN

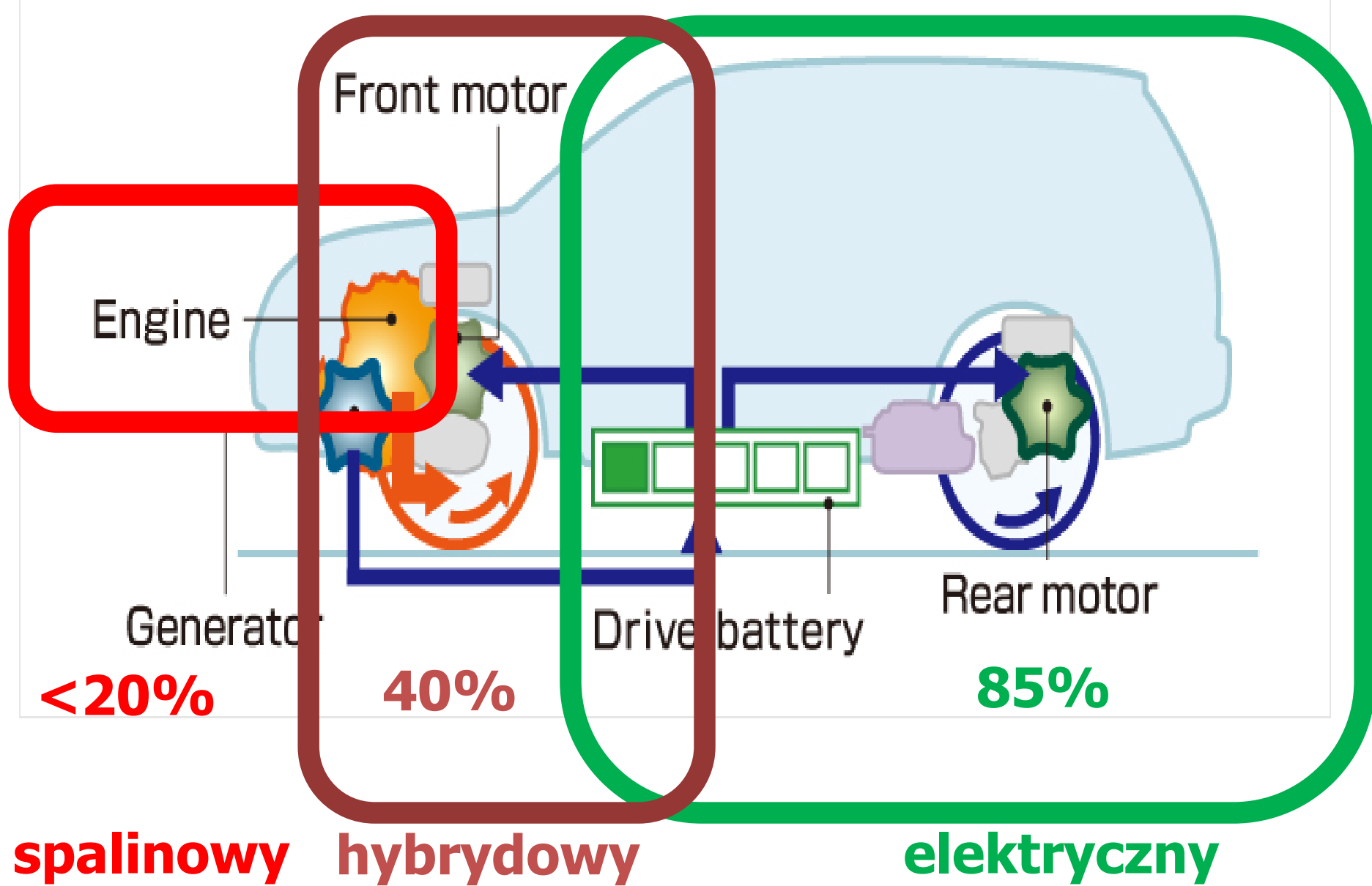
110 kV/SN

1. Przyłącze nN (taryfy C, G)
2. Linia nN
3. Transformator SN/nN
4. Przyłącze SN (taryfa B)
5. Linia SN
6. GPZ



Opracowany przez:
J. Popczyk, M. Fice

SAMOCÓD ELEKTRYCZNY,
na interaktywnej ścieżce multimedialnej
prezentuje doktor R. Setlak i inni





17kWh/100km

vs.

>60 kWh/100km



Charge your electric car in 15 minutes

EPFL researchers propose to store energy from the power grid in a buffer to allow ultrafast charging of hundreds of electric cars with grid overload protection.



Refueling time

Range: 800 km



Gasoline and diesel

96% of today's cars. Rapid refueling and long range, but harmful for the environment.



Charge time

Range: 150 km



Electricity, home charging

Most common charging method for today's electric cars. Growing risk of overloading the electric grid due to increasing popularity and power requirements.



Charge time

Range: 150 km

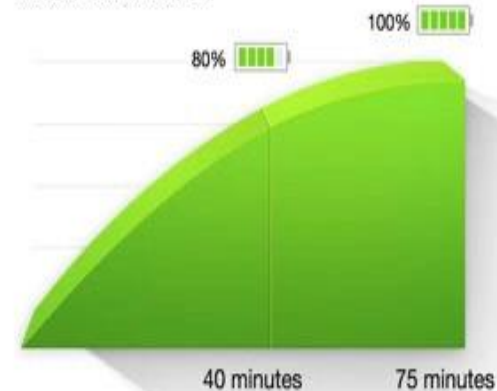


Electricity, ultrafast charging

Buffering allows for rapid charging of hundreds of cars without overloading the electric grid.

Supercharger Charging Profile

Based on 90 kWh Model S



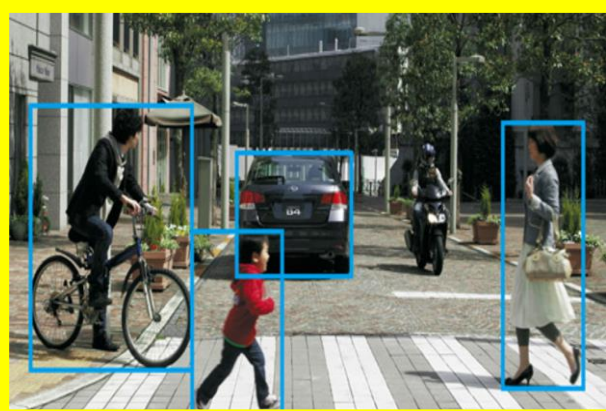
3 MWh/rok

18 tys. km

vs.

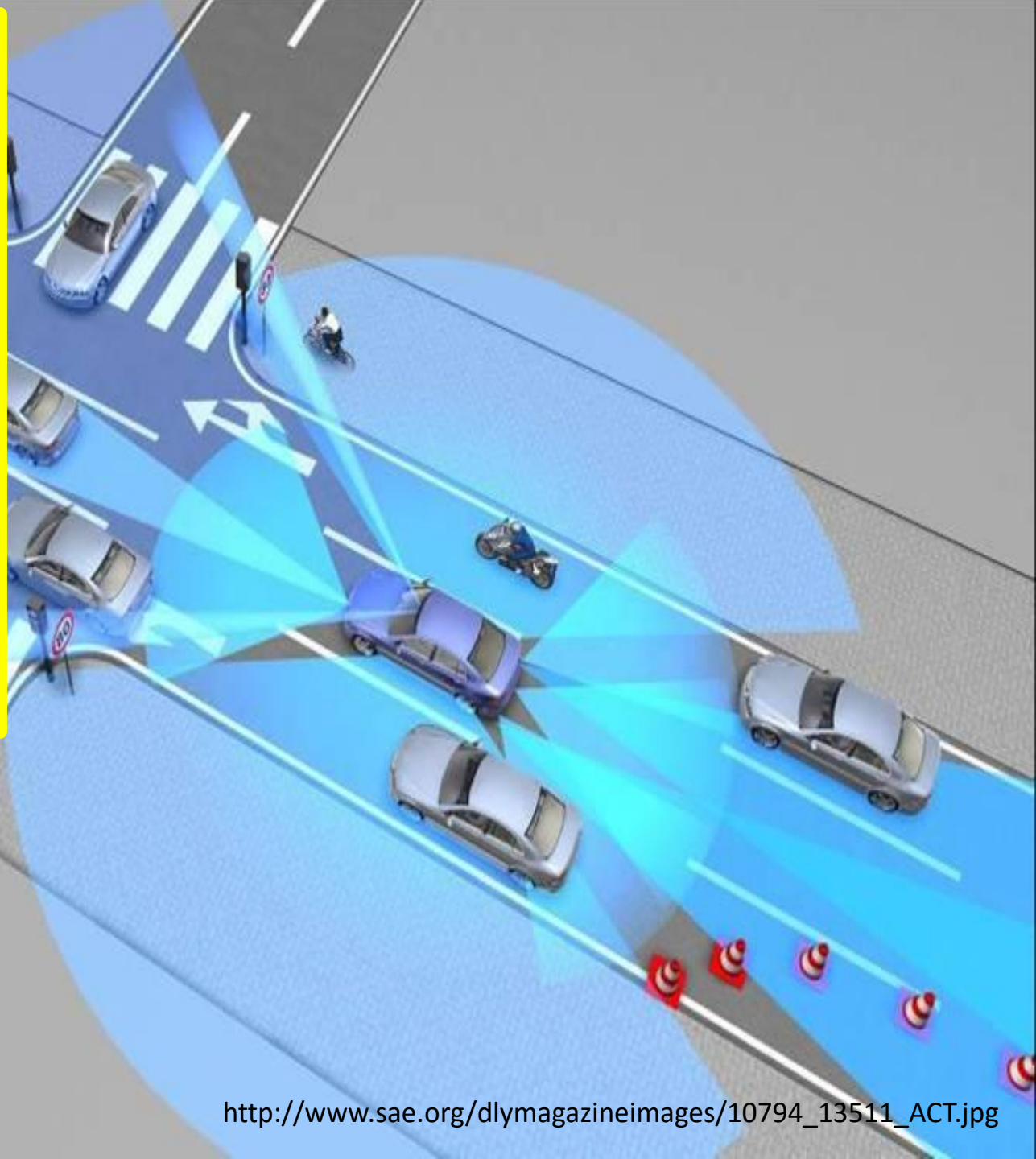
5 tys. km





EyeSight

The logo for EyeSight, featuring a stylized eye icon. To the right of the logo are three small icons: a bicycle, a pedestrian, and a car. Below the logo is a photograph of a silver SUV with blue lines representing sensor beams extending from the front of the vehicle towards a target area.



**DOM ZEROENERGETYCZNY
ORAZ INTERNET IoT,
na interaktywnej ścieżce multimedialnej prezentują
doktorzy M. Fice i R. Wójcicki**



PASYWIZACJA

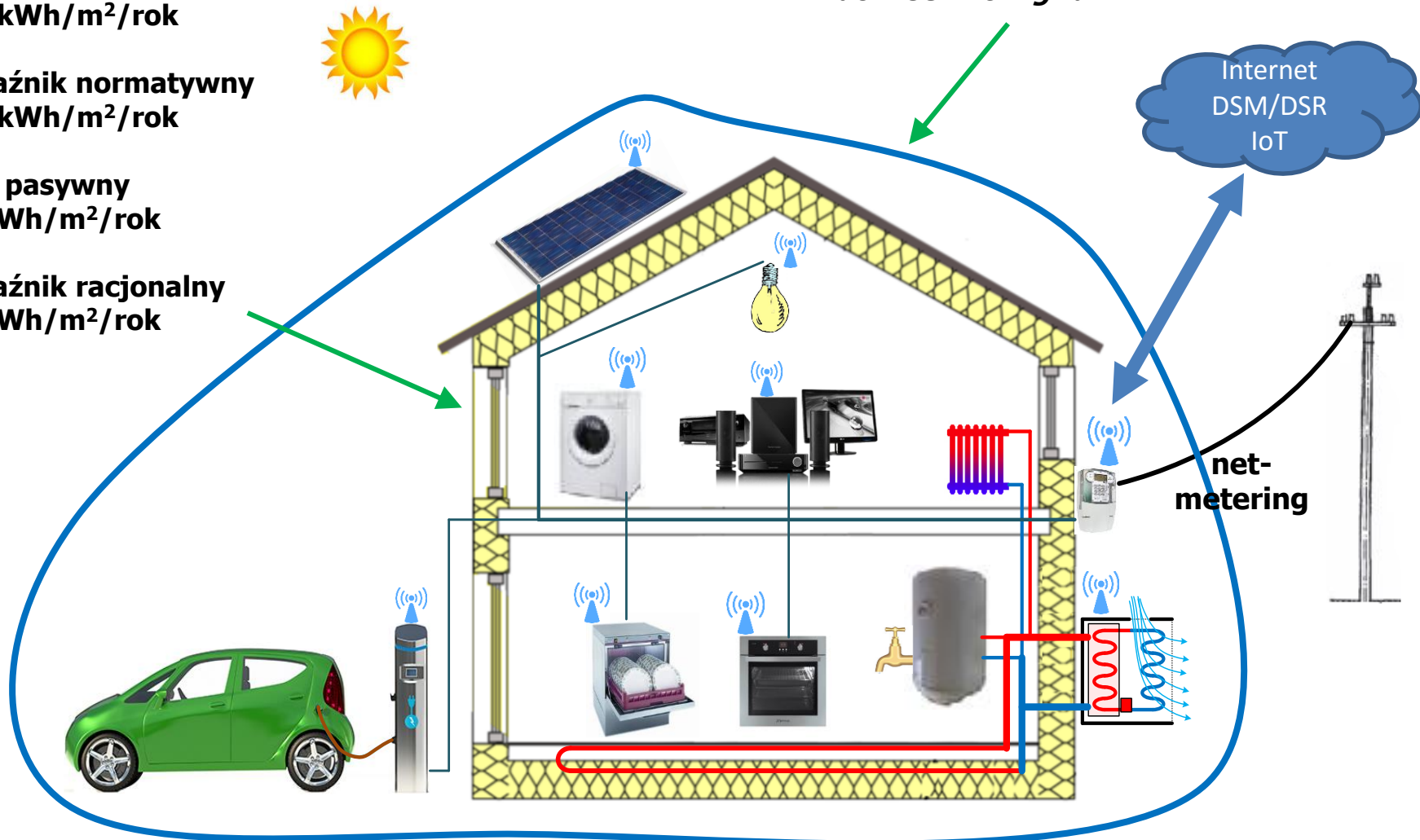
dom z lat 70'
300 kWh/m²/rok

wskaźnik normatywny
120 kWh/m²/rok

dom pasywny
15 kWh/m²/rok

wskaźnik racjonalny
30 kWh/m²/rok

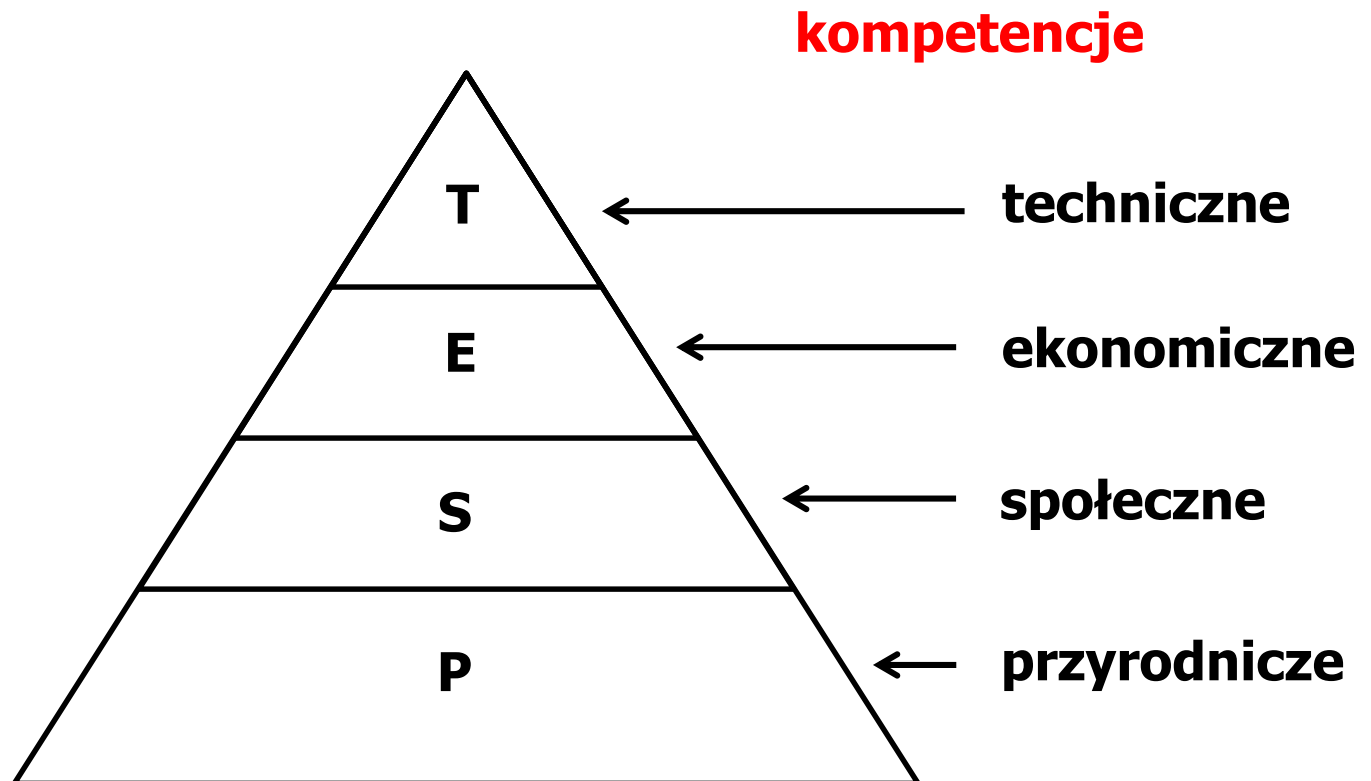
prosumencka osłona
kontrolna (*net-metering*)
dom *semi off-grid*



3/30/10 MWh/rok – I trajektoria
3/2/3 MWh/rok – II trajektoria

KOMPETENCJE

Piramida kompetencji, jako warunek rozwoju energetyki NI oraz EP i skutecznej przebudowy energetyki w ogóle



DOKTRYNA

Trzy „składowe” doktryny

1.WEK-NI-EP: dynamiczny system trójbiegunowego bezpieczeństwa energetycznego w horyzoncie 2050

2.Transformacja rynku WEK[⊖] na infrastrukturze sieciowej NN/110 kV w rynki regulacyjno-bilansujące NI/EP[⊕] na infrastrukturze sieciowej SN/nN – przebudowa rynku energii elektrycznej; ponadto eliminacja wsparcia w horyzoncie 2025

3.Rada Bezpieczeństwa Energetycznego monitorująca trzy wskaźniki (wskaźnik bezpieczeństwa operacyjnego, wskaźnik ryzyka *stranded costs*, wskaźnik ryzyka niewykorzystania szans rozwojowych)

DOKTRYNA ENERGETYCZNA JAKO BAZA DO DEBATY NA TEMAT SPOŁECZNEJ DOKTRYNY BEZPIECZEŃSTWA ENERGETYCZNEGO

- 1. Punkt wyjścia: głęboki kryzys polskiego górnictwa i elektroenergetyki (w wypadku elektroenergetyki częściowo jeszcze „ukryty”)**
- 2. Polska historia: od ustawy elektrycznej 1922 do ustawy OZE 2016 oraz projektu polityki energetycznej 2050**
- 3. Współczesne relacje między: doktryną, polityką, strategią, mapą drogową, celami politycznymi, prawem (w UE: dyrektywa, rozporządzenie) w obszarze energetyki (klimatu i energetyki)**
- 4. Kapitał społeczny a społeczna doktryna energetyczna**

6 PROGRAMÓW

propozycja (2016), horyzont 2050

1. Rozwój połączeń transgranicznych (do 15% zapotrzebowania, horyzont 2030)
2. **Rewitalizacja bloków 200 MW** przyłączonych do sieci 110 kV i NN (potencjalnie około 30 bloków, horyzont 2030)
3. Klastry KE na obszarach wiejskich (samowystarczalność, horyzont 2040) – reelektryfikacja za pomocą OZE, **pierwszy etap transformacji rynku WEK[⊖] w rynki NI/EP[⊕]**
4. Elektryfikacja transportu i ciepłownictwa w miastach, horyzont 2050
5. Prosumeryzm w przemyśle (model endogeniczny energetyki przemysłowej)
6. Integracja gospodarki odpadami z energetyczną (program ciągły)

Spójność 6 działań z segmentacją obecnego rynku energii elektrycznej:
30-45-25 (obszary wiejskie – miasta – wielki przemysł)
75-25 (sieci SN/nN, 110 kV)

6 DZIAŁAŃ KIERUNKOWYCH

propozycja (2016) na perspektywę 2050-2060

- 1. Nie ma miejsca na nowe inwestycje w energetyce węglowej**
- 2. Zapotrzebowanie w podstawie wynoszące w KSE 80% całkowitego zapotrzebowania wyznacza rolę bloków węglowych (istniejących i w budowie), jest to rola bloków podstawowych! Wygaszenie rynku do 2060 roku**
- 3. Stąd wynikają programy OZE: technologie, w tym regulacyjno-bilansujące; także sekwencja inwestycji i mechanizmy służące do ich realizacji**
- 4. Źródła PV (2 tys. MW; wysycenie rynku powinno nastąpić do 2020; mechanizm: *net metering* na prosumenckiej osłonie kontrolnej)**
- 5. Mikroźródła biogazowe μ EB (1 tys. MW; wysycenie rynku do 2025; mechanizm: *net metering* na osłonie spółdzielni energetycznej)**
- 6. Elektrownie biogazowe EB (3 tys. MW; wysycenie rynku do 2030; mechanizmy: *net metering* na osłonie klastra energetycznego, aukcje do 2025)**
- 7. Elektrownie wiatrowe EW (2 tys. MW, wysycenie rynku do 2035, mechanizmy: *net metering* na osłonie klastra energetycznego, aukcje do 2025)**
- 8. Integracja gospodarki odpadami (w tym przemysłowymi) z rynkami NI/EP⁺ (6 tys. MW, wysycenie rynku do 2040, mechanizmy: *net metering* na osłonie spółdzielni energetycznej aukcje do 2025)**
- 9. Dwa transfery paliwowe w horyzoncie 2060. Roczny potencjał produkcji energii elektrycznej: gaz ziemny – 60 TWh, paliwa transportowe – 90 TWh. Mechanizmy: *net metering* na osłonie elektrowni wirtualnej, aukcje do 2025**

ZMIANA OBSZARÓW POSTĘPU NAUKOWO-TECHNOLOGICZNEGO

1. **Nauki górnicze i termodynamika, w tym teoria spalania. Teoria silników spalinowych i maszyn elektrycznych. Teoria turbin: parowych, gazowych, wodnych, wiatrowych – cały XX wiek**
2. **Fizyka jądrowa. W aspekcie tradycyjnych elektrowni jądrowych – lata 1950. do 1970. W aspekcie fuzji termojądrowej i mikro/mini-źródeł – nadal (wysiłek umiarkowany)**
3. **Teoria systemów elektroenergetycznych. Optymalizacja ERO – lata 1960. do 1980. Ceny węglowe na konkurencyjnym rynku energii elektrycznej bazującym na zasadzie TPA – początek lat 1990. i nadal (wysiłek umiarkowany)**
4. **Nauki biologiczne (w aspekcie energetycznym: genetyka roślin energetycznych, biotechnologia środowiskowa) – silne przyspieszenie w ostatniej dekadzie**
5. **Elektronika i teleinformatyka w aspekcie energetycznym: słoneczne technologie energetyczne, przemysł ICT, *smart grid* – bardzo silne przyspieszenie w ostatniej dekadzie**

OD ERO (MONOPOLU) DO TARYFY WĘZŁOWEJ (TPA)

EKONOMIKA KOSZTÓW (MONOPOLU)

Zadanie ERO:

$$K(\mathbf{P}_G) = \sum_{i=1}^{n_G} k_i(P_{Gi})$$

Bilans mocy:

$$\sum_{i=1}^{n_G} P_{Gi} - \sum_{i=1}^{n_w} P_{Li} = 0$$

KKW/KCW (LMP):

$$LMP_i = SRMC_i = \frac{\partial K(\mathbf{P}_G)}{\partial P_{Li}}$$

ERO i OPF:

$$KCZ(\mathbf{P}_{Gp}, \mathbf{P}_{Gr}) = \sum_{i=1}^{n_G} \left[\sum_{p=m+1}^{m+n} C_{ip} P_{Gip} - \sum_{r=1}^m C_{ir} (P_{Gir}^o - P_{Gir}) \right]$$

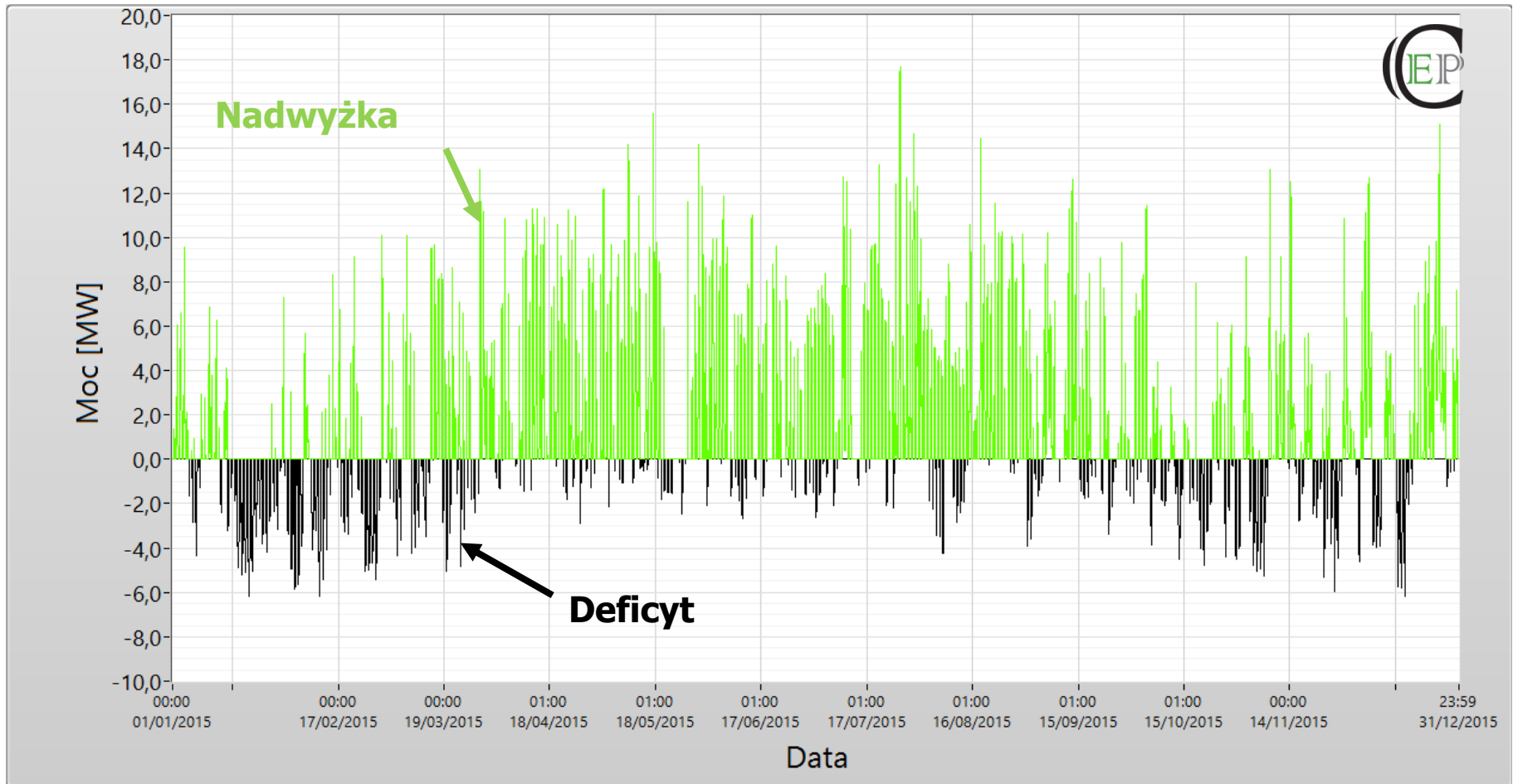
$$LMP_i = SRMC_i = \frac{\partial KCZ(\mathbf{P}_{Gp}, \mathbf{P}_{Gr})}{\partial P_{Li}}$$

Interpretacja:

$$LMP_i = \left(1 + \frac{\partial P_{str}}{\partial P_{Li}} \right) LMP_b + \frac{\partial Q_{str}}{\partial P_{Li}} LMP_{qb} + \sum_{g=1}^{n_g} \mu_g^{\max} \frac{\partial S_g}{\partial P_{Li}} + \sum_{j=1}^{n_w} \left(-\mu_{Uj}^{\min} + \mu_{Uj}^{\max} \right) \frac{\partial U_j}{\partial P_{Li}}$$

Ekonomika wartości (u wytwórców i odbiorców)
EKONOMIKA BEHAWIORALNA (u prosumentów)

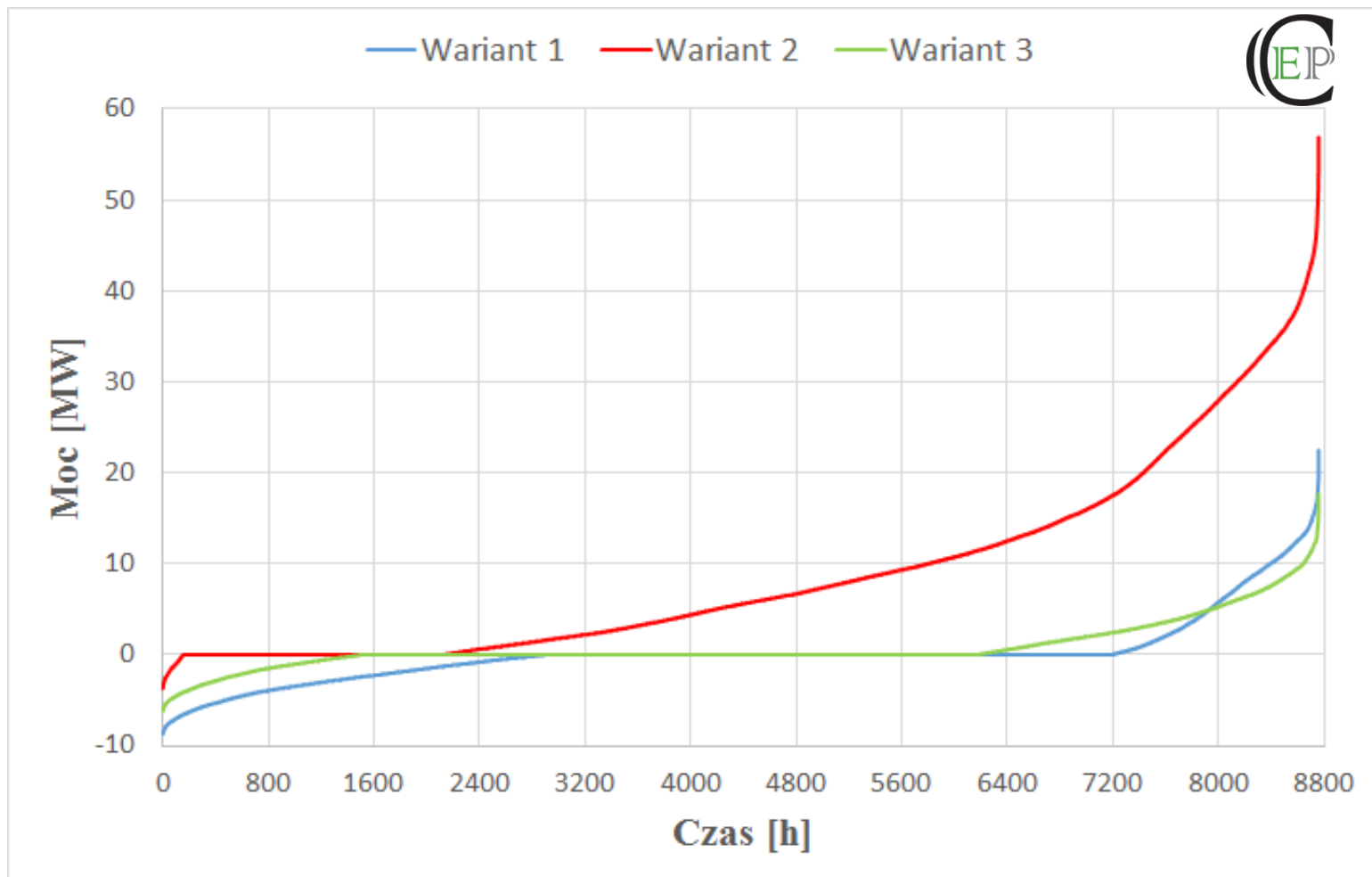
Rok 2015



**GODZINOWY BILANS UWZGLĘDNIAJĄCY
RZECZYWISTE PROFILE PRODUKCJI ŹRÓDEŁ I POBORU KLASTRA KE**

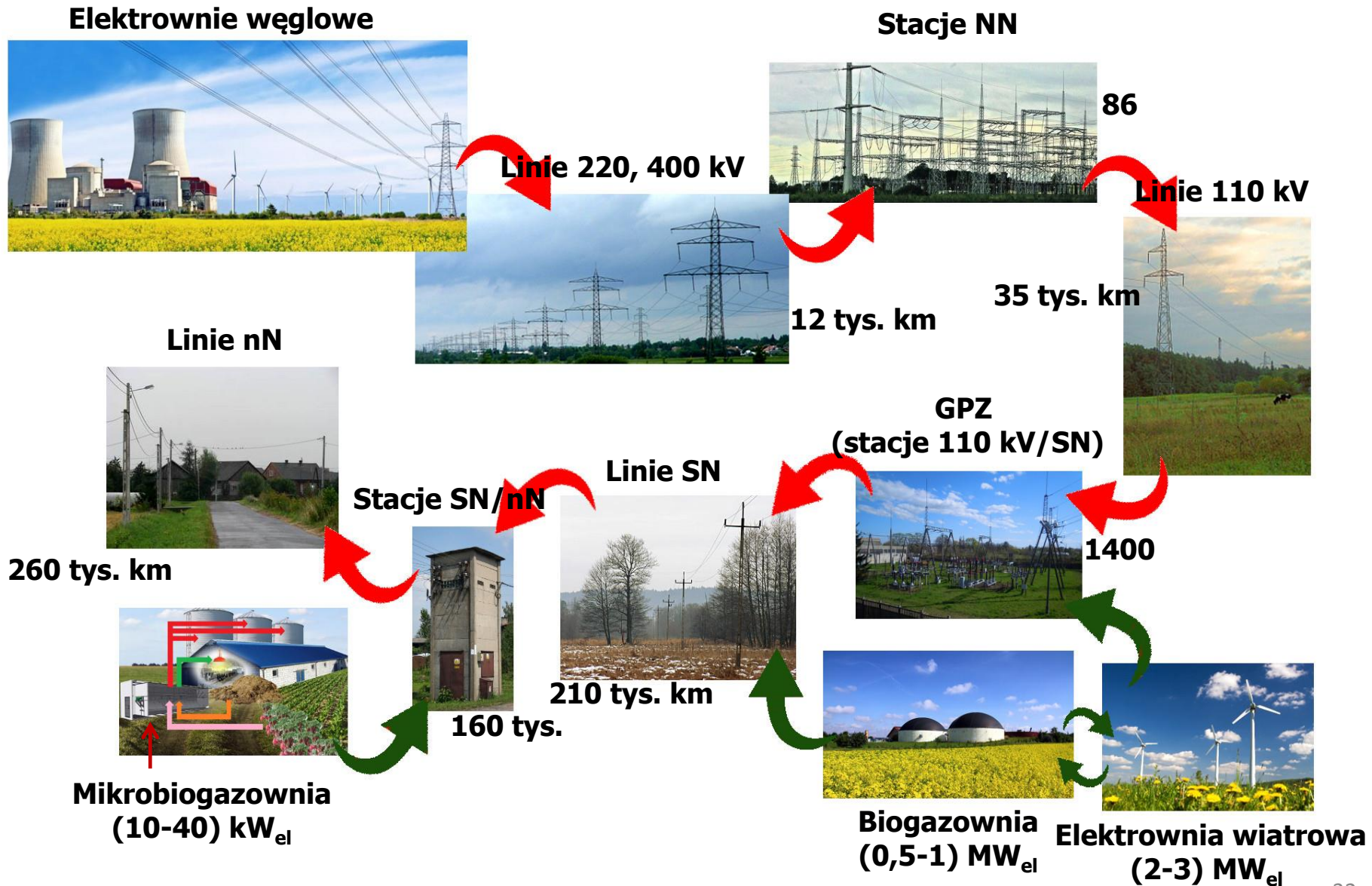
Dr inż. K. Bodzek

PORÓWNANIE UPORZĄDKOWANYCH BILANSÓW KLASTRA KE DLA TRZECH KONFIGURACJI ŹRÓDEŁ



OCHRONA KRAJOBRAZU

Łańcuch technologiczny i krajobrazowy energetyki WEK oraz miejsce źródeł w energetyce NI/EP



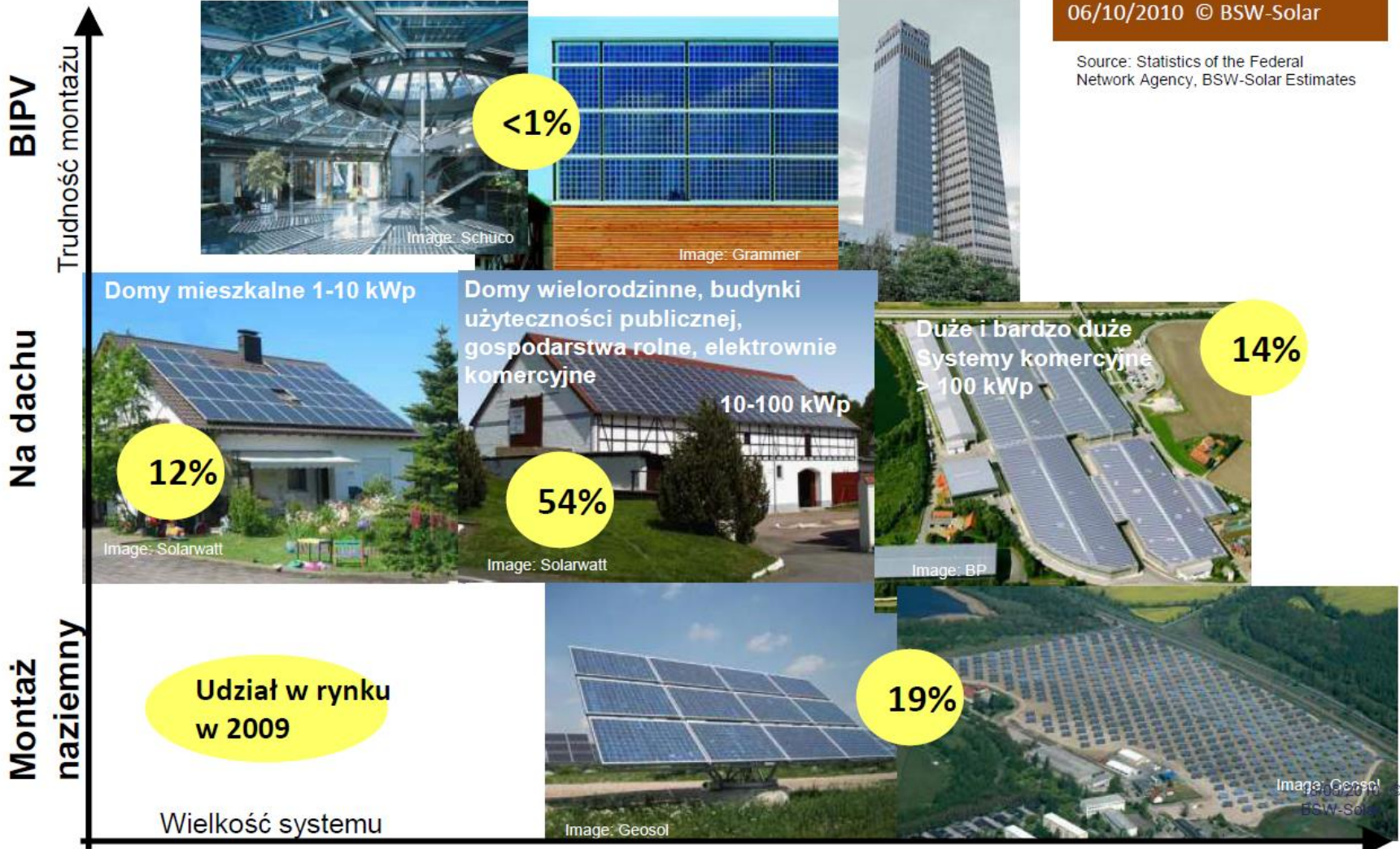


Nowe rozwiązania w energetyce słonecznej prosumenckiej

Kategorie systemów PV dołączonych do sieci w Niemczech

06/10/2010 © BSW-Solar

Source: Statistics of the Federal Network Agency, BSW-Solar Estimates



ŚRODOWISKO

wykorzystane do opracowania wykładu

www.klaster3x20.pl, podstrona BŻEP (Biblioteka Źródłowa Energetyki Prosumenckiej)