



Politechnika  
Śląska



Stowarzyszenie Elektryków  
Polskich



Centrum Energetyki  
Prosumenckiej

STOWARZYSZENIE



# Konwersatorium Inteligentna Energetyka

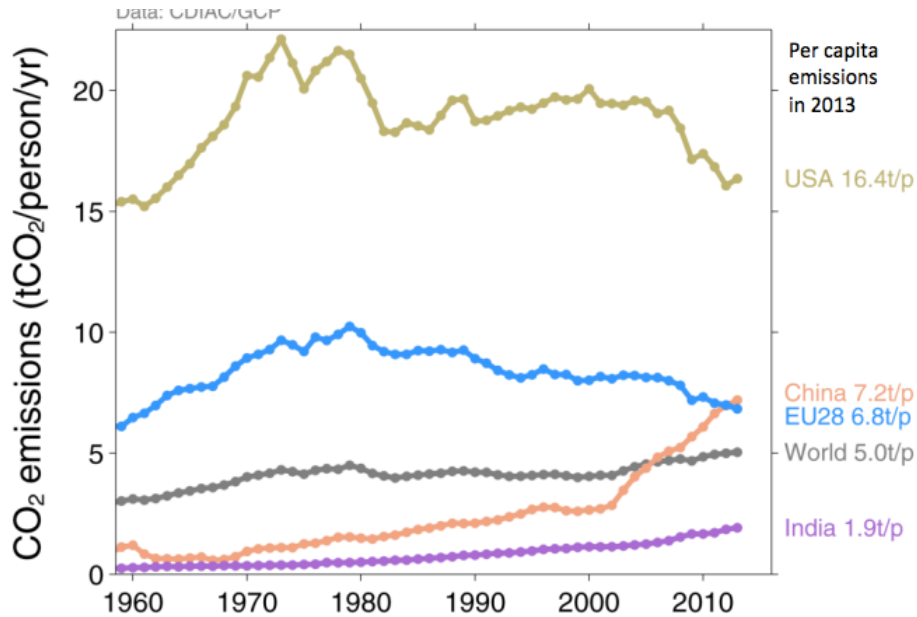
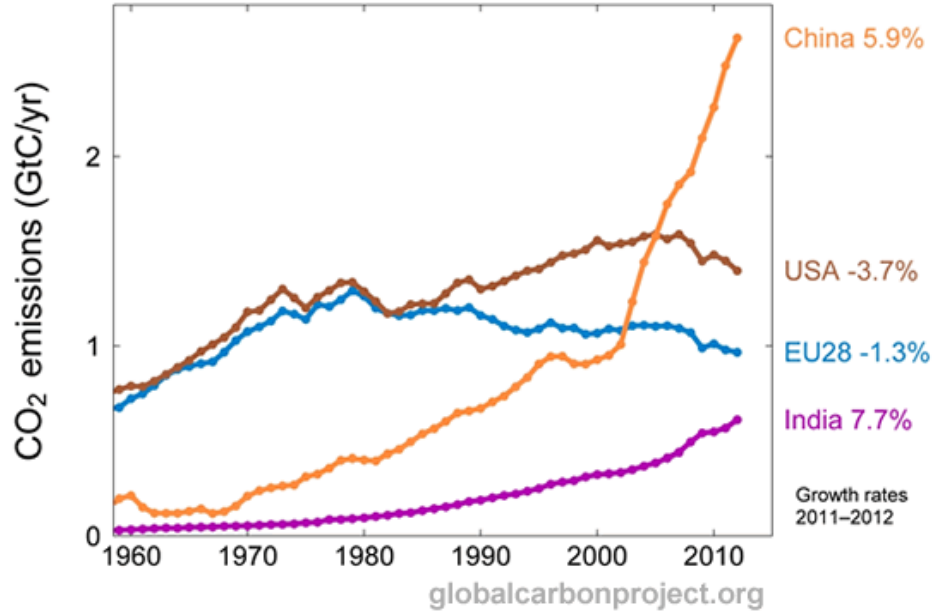
## Energetyka prosumencka na jednolitym rynku energii elektrycznej OZE

**Polityka klimatyczno-energetyczna Indii w horyzoncie 2050**

**Tomasz Müller**

**Gliwice, 27 lutego 2018**

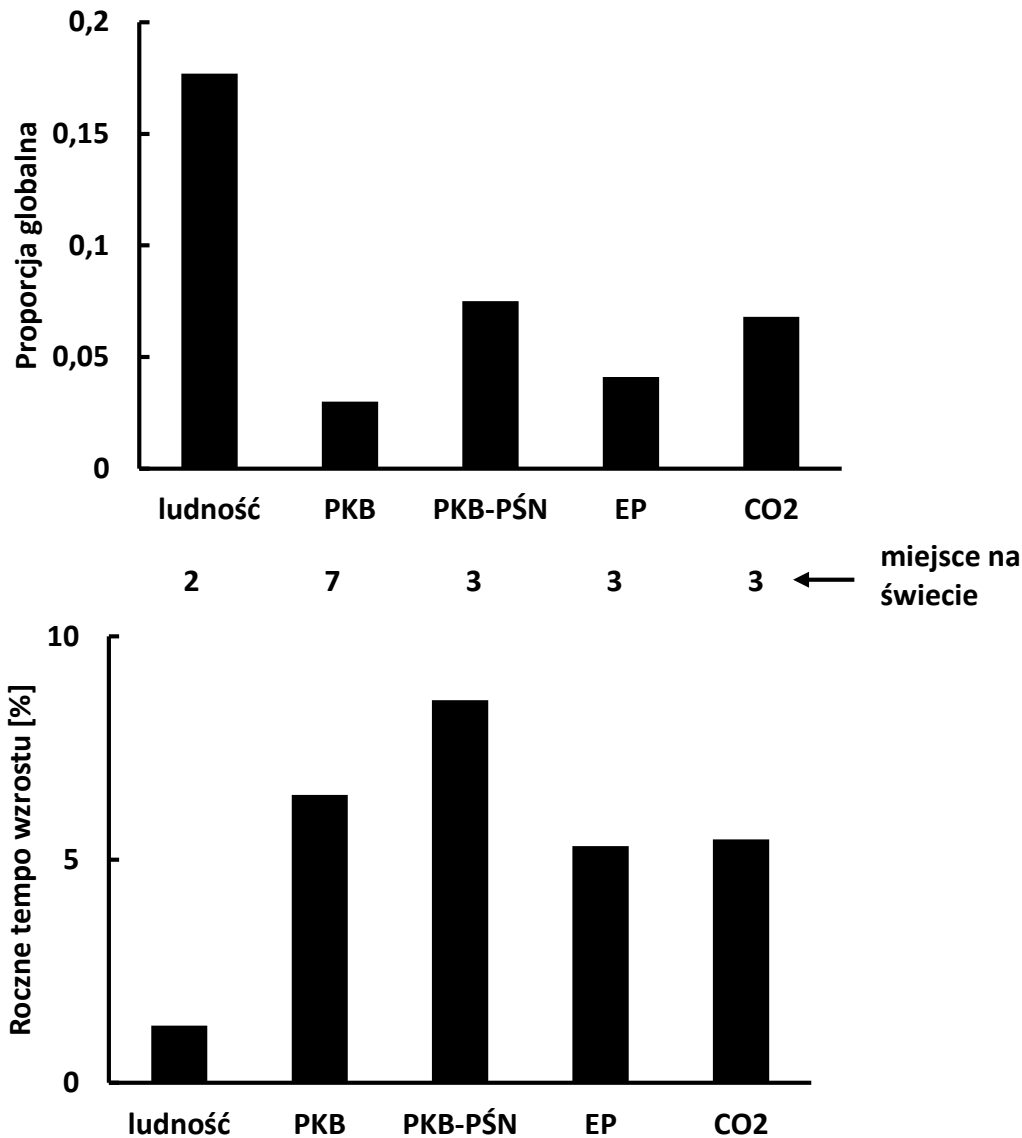
# Emisja CO<sub>2</sub>-dynamika



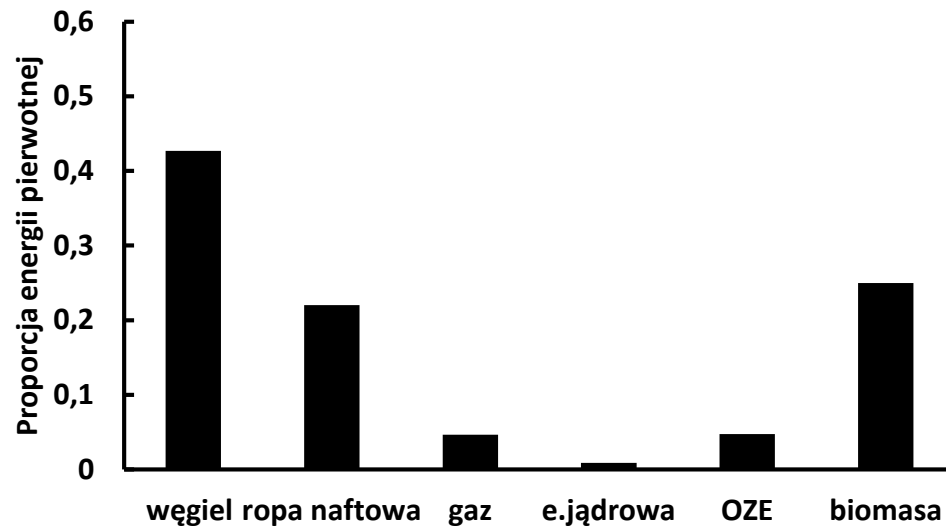
→ Emisja CO<sub>2</sub> Indii rośnie szybko, lecz w przeliczeniu na osobę pozostaje wciąż bardzo niska

# Charakterystyka

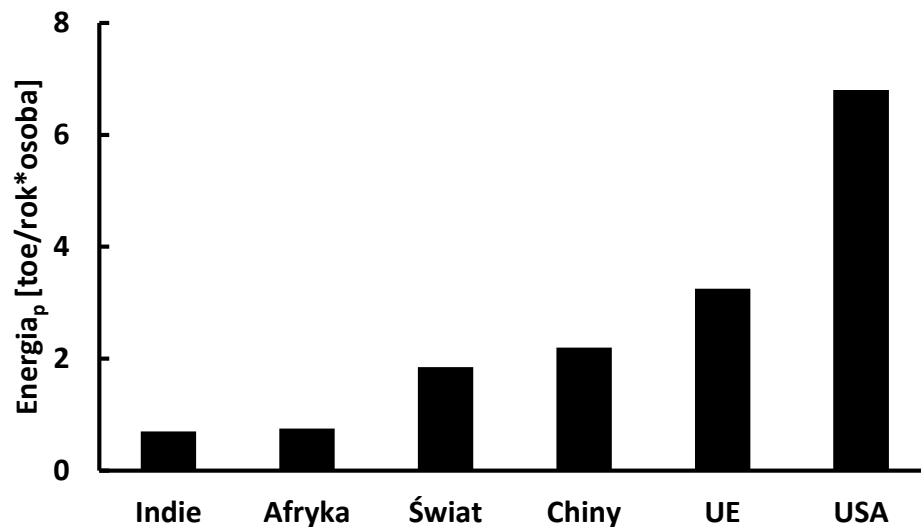
E7-Afryka Subsaharyjska,  
Chiny, **Indie**, Japonia,  
Niemcy, UE i USA.



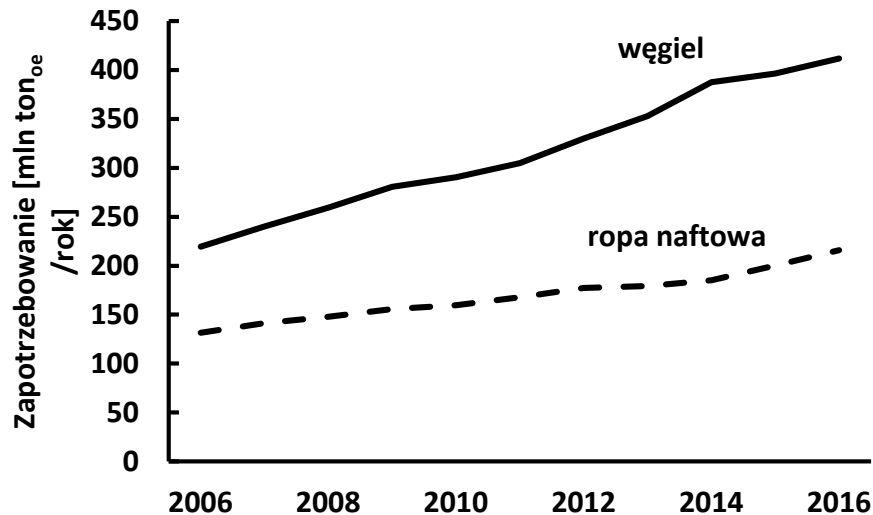
Centrum globalnych usług  
informatycznych (55%  
ryнку, 9,5% PKB w 2015 r.)



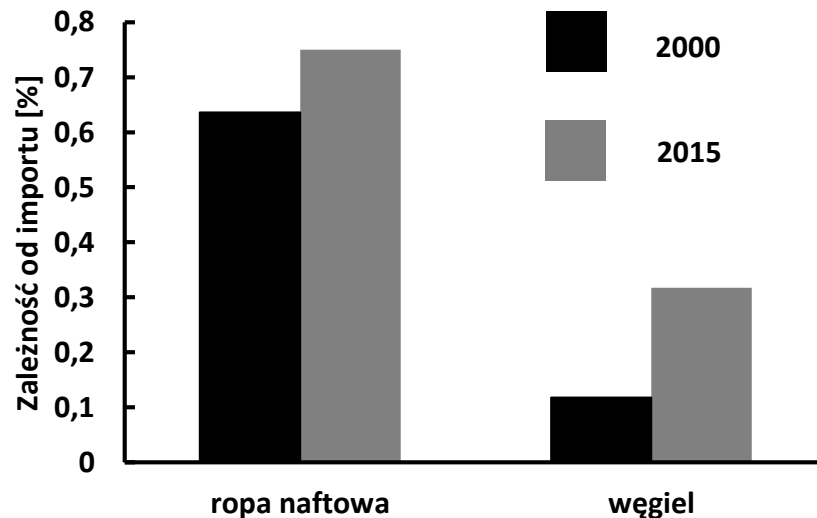
- dominująca rola paliw kopalnych (sektor energii elektrycznej i transportu),
- 840 mln ludzi – biomasa głównym źródłem energii do gotowania



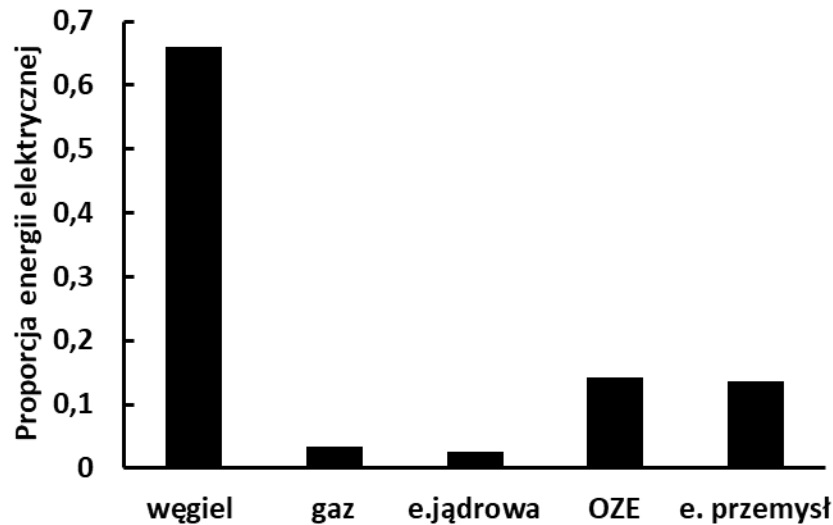
- bardzo niskie roczne zapotrzebowanie na energię pierwotną w przeliczeniu na osobę – około 1/3 średniej światowej.



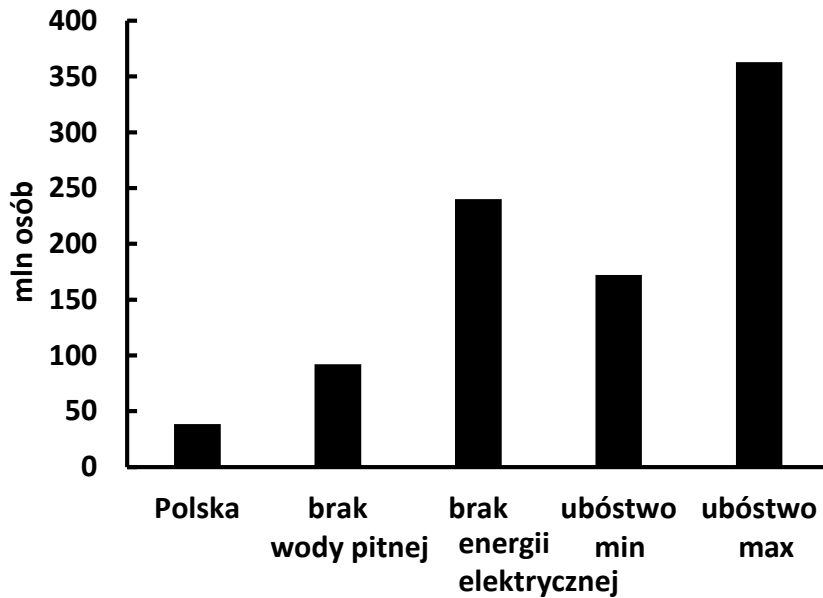
- Indie zamierzają rozwijać produkcję energii elektrycznej z węgla (wydobycie 692 mln ton w 2016 r., rządowe plany - 1 mld ton około 2020 r.)



- rosnące zapotrzebowanie na ropę naftową następstwem bogacenia się społeczeństwa kupującego coraz więcej samochodów



- produkcja EE – 1400 TWh (5,6 % produkcji globalnej – 3 ) ↑
- 240 mln ludzi bez dostępu do EE – 17,9 % ludności, około 500 ↓ mln w 2000 r.
- wysokie straty przesyłowe energii elektrycznej – 24,6% w roku 2014/15, częste kradzieże
- rozległe awarie sieciowe – 620 mln osób w 2012 r., niska jakość energii elektrycznej



→ 30 % globalnej populacji ludzi ubogich zamieszkuje Indie, a 92 mln jest pozbawionych dostępu do wody pitnej

→ wysokie zanieczyszczenie powietrza na obszarach wiejskich i miejskich [Delhi](#)

- spalanie biomasy, w tym drewna, w celu gotowania, ↓
- ruch pojazdów, ↑
- przemysł. ↓

→ Indie zajmują dopiero 131 miejsce na świecie według wskaźnika rozwoju społecznego HDI – *Human Development Index*

# Gotowanie w Indiach

- piece *chullah* używane przez 100 mln gospodarstw domowych,
- paliwo to śmieci i biomasa (odchody zwierząt, drewno, trawa),
- znaczne emisja zanieczyszczeń także wewnątrz pomieszczeń





# Scenariusze 2018-2030-2050-uwarunkowania



- Emisja CO<sub>2</sub> w Indiach będzie prawdopodobnie rosnać przez najbliższe 30 lat (wrzesień 2014),
- USA, EU, także Chiny cieszą się owocami dobrobytu dzięki paliwom kopalnym – teraz kolej na Indie,
- Indie podejmą wysiłki w celu spowolnienia tempa wzrostu emisji, redukcja emisji możliwa po eliminacji problemu ubóstwa.

**Prakash Javadekar**

Minister w rządzie premiera  
Modi; 2014-do teraz

## cele

- wzrost gospodarczy – **likwidacja biedy**, nadrobienie **opóźnienia cywilizacyjnego**,
- **elektryfikacja** pierwotna,
- ochrona **powietrza** i **zasobów wody**,
- ochrona **klimatu**,
- zmniejszenie zależności od importu nośników energii .

## kwestie kluczowe

- rozwój **naśladowczy** czy **innowacyjny**
- usługi informatyczne a rozwój energetyki
- gospodarka wodna w przemianach energetyki; sieć zależności – **woda, energia i żywność**,
- model dostępu do elektryczności – elektryfikacja pierwotna WEK/OZE
- **edukacja** w transformacji energetyki

## 2018-2030

- Bieżąca polityka energetyczna premiera N. Modiego,
- Porozumienie Paryskie 2015 – zobowiązania 2020-2030,
- Narodowy Plan Energetyczny Indii 2016 (2026/27).

## 2030-2050

- Prace badawcze (modelowanie),
- Prognozy, raporty.

### sektor rządowy

- Rozwój energetyki odnawialnej (min. National Solar Mission);
  - 2021/22 – 175 GW (100 GW PV),
  - 2026/27 – 275 GW (243 GW PV).
- International Solar Alliance (2015 r. 121 państw),
- powszechna elektryfikacja i dostęp do elektryczności 24x7 do 2019 r.,
- rozwój transportu elektrycznego; dwu, trzykołowce, autobusy miejskie, potem pozostałe autobusy, pojazdy prywatne.
- Digital India 2015 r. – rozwój społeczeństwa cyfrowego
- zmniejszenie zależności od importu węgla i ropy naftowej,
- Mission Innovation 2015 (20 państw min. Chiny, USA) – podwojenie wydatków na rozwój czystych technologii do 2020 r.,

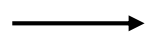
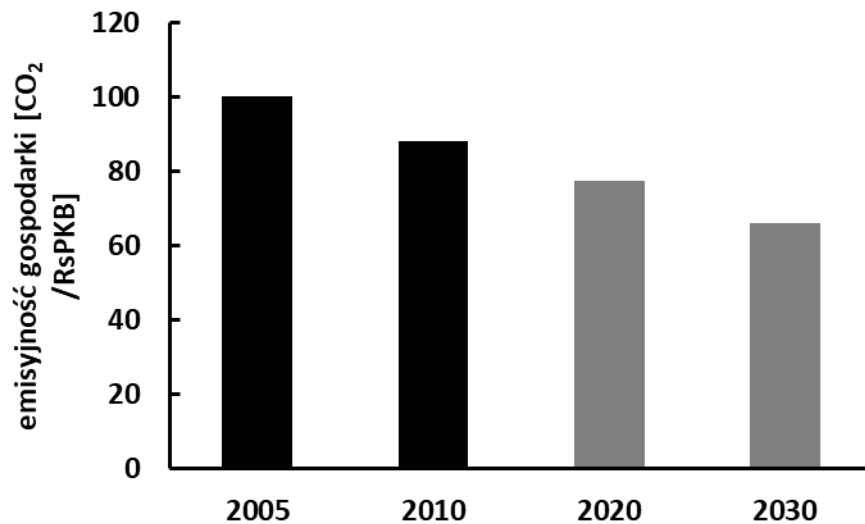
### sektor pozarządowy

- Breakthrough Energy Coalition – grupa 28 inwestorów zawiązana w celu prowadzenia inwestycji w czyste technologie.

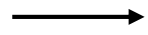


**Narendra Modi**  
Premier Indii 2014-do teraz

# Porozumienie paryskie 2015 - zobowiązania



**harmonogram zmniejszania emisyjności gospodarki; 2005 - 100%**

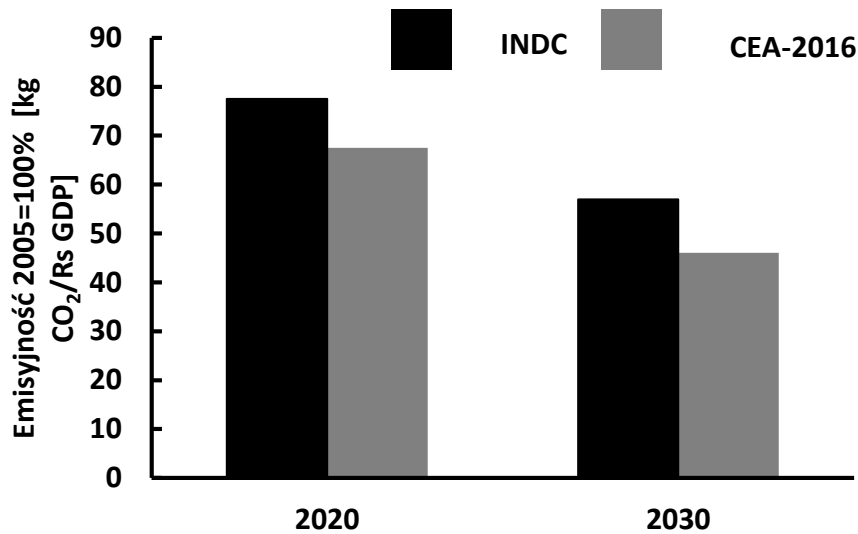


**40 % mocy wytwórczych w elektroenergetyce powstałych do 2030 roku ma być opartych o źródła OZE**

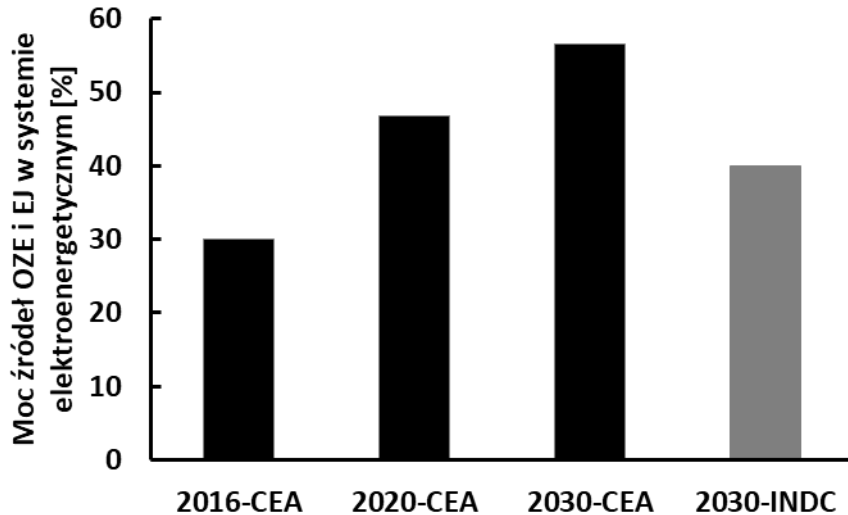


**Zwiększenie zasobów leśnych o 2,5-3 Gt C do 2030 (obecnie 7Gt C)**

# Narodowy Plan Energetyczny Indii 2016

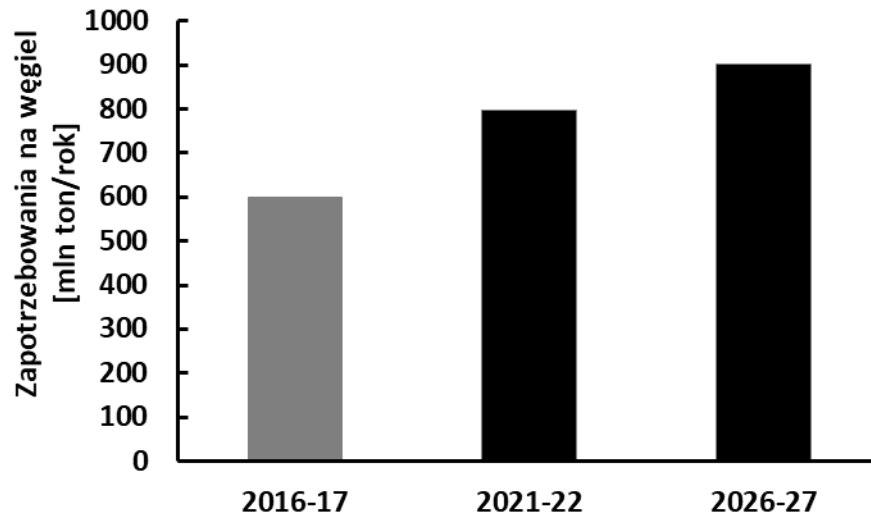


- **INDC** – *Intended Nationally Determined Contribution* (dotyczy całej gospodarki)
- **CEA** – *Central Electricity Authority* Narodowy Plan Energetyczny Indii 2016 projekt (dotyczy sektora energii elektrycznej)

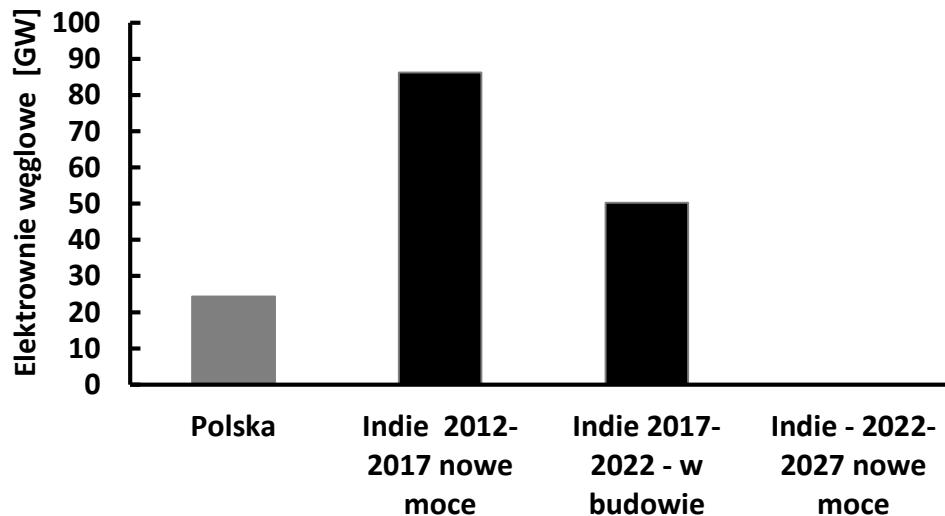


- rozwój energetyki słonecznej i wiatrowej
- zwiększenie sprawności elektrowni węglowych o 4-6%
- rozwój transportu publicznego
- rozpowszechnienie energooszczędnych urządzeń i źródeł światła.

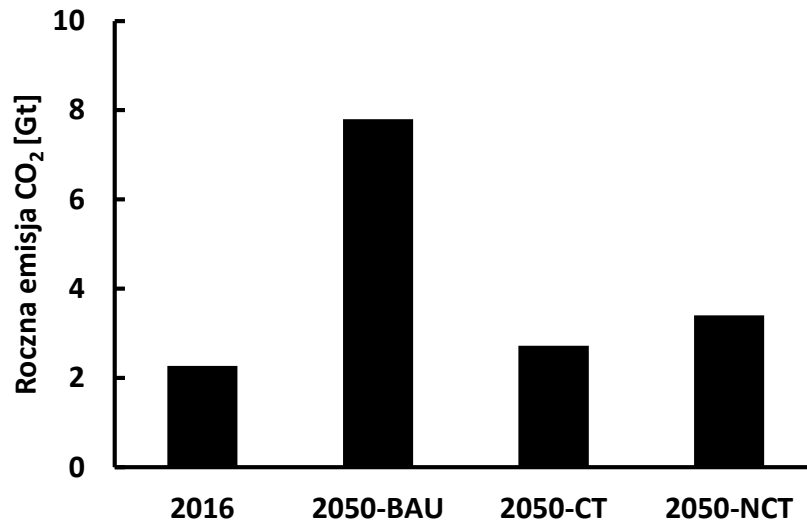
# Narodowy Plan Energetyczny Indii 2016



- wzrost zapotrzebowania na węgiel w elektroenergetyce do 2027 roku,
- według agencji rządowej Niti Aayog, węgiel ma stanowić podstawę sektora energii przez najbliższych 30 lat (maksimum produkcji w 2037 r.), choć jego udział w koszyku energii pierwotnej ma się zmniejszać.



- rezygnacja z budowy nowych elektrowni węglowych od 2022 do 2027 roku.



*Gambhir i inni 2014*

## Sektor energii elektrycznej;

- wzrost znaczenia energii elektrycznej (transport, gotowanie, ogrzewanie i chłodzenie),
- powszechne użycie zasobników
- brak emisji CO<sub>2</sub> do 2050; *Gulagi et al. 2017.*

## Sektor transportu;

- rozwój transportu elektrycznego,
- rozwój transportu zbiorowego w rozrastających się miastach,
- wykorzystanie gazu ziemnego, gazu LPG i biogazu jako paliwa.

## Scenariusze;

- odniesienia BAU – brak ograniczeń dotyczących emisji CO<sub>2</sub>,
- niskoemisyjny NCT bez handlu emisjami (emisja 2 t CO<sub>2e</sub> os./rok),
- niskoemisyjny CT z handlem emisjami (emisja 1,6 t CO<sub>2e</sub> os./rok)

## Uwarunkowania;

- wzrost gospodarczy na poziomie 5-8% rocznie, i wzrost zapotrzebowania na energię (energia elektryczna 2016/17 - 1400 , 2050 - 7000 TWh; *Gulagi et al. 2017,*
- redukcja emisyjności; technologie energooszczędne, CCS, zastępowanie węgla gazem, OZE,
- istotny spadek kosztów technologii PV i zasobników,
- rozwój OZE ze szczególnym uwzględnieniem PV.

**Piśmiennictwo;**

- **BP Statistical Review of World Energy June 2017,**
- **Draft National Electricity Plan, Government of India, Ministry of Power, Central Electricity Authority, New Delhi 2016,**
- **Gambhir, A., Napp, T., Emmott, C. & Anandarajah, G. India's CO<sub>2</sub> emissions pathways to 2050; Energy system, and fossil fuel impacts with and without carbon permit trading. Energy 77 (2014) 791-801,**
- **Global Carbon Budget, Global Carbon Project 2013,**
- **Ferroukhi, R., Nagpal, D., Ommer, V., Garcia-Baños, C., Luo, T., Krishnan, D. & Thanikonda, A. Water use in India's power generation: impact of renewables and improved cooling technologies to 2030. IRENA and WRI 2018,**
- **Growth of Electricity Sector in India from 1947-2017, Government of India, Ministry of Power, Central Electricity Authority, New Delhi 2017,**
- **Gulagi, A., Bogdanov, D. & Breyer, C. The demand for storage technologies in energy transition pathways towards 100 % renewable energy for India. Energy Procedia 135 (2017) 37-50,**
- **Halstead, T., Kober, T. & van der Zwaan, B. Understanding the energy-water nexus. September 2014. ECN,**
- **Human Development Report, United Nations Development Programme 2016,**
- **India Energy Outlook, International Energy Agency 2015,**
- **India's Intended Nationally Determined Contribution, UNFCCC 2015,**
- **Popczyk, J. 2017. Przełom w energetyce. BŻEP. [www.klaster3x20.pl](http://www.klaster3x20.pl),**
- **Popczyk, J. Mono rynek energii elektrycznej (użytecznej). BŻEP. [www.klaster3x20.pl](http://www.klaster3x20.pl),**
- **Popczyk, J., Wójcicki, R., Małyszczuk, M. i Kordas, Ł. 2016. E7-Globalna przebudowa energetyki w perspektywie siedmiu krajów/regionów (USA, Chiny, Niemcy, Indie, Japonia, UE i Afryka Subsaharyjska). BŻEP. [www.klaster3x20.pl](http://www.klaster3x20.pl),**
- **Ram, M., Gulagi, A., Keiner, D. & Breyer, C. Role of solar PV prosumers in enabling the energy transition towards a fully renewables based power system for India. 1st International Conference on Large-Scale Grid Integration of Renewable Energy in India, September 6-8, 2017, New Delhi.**

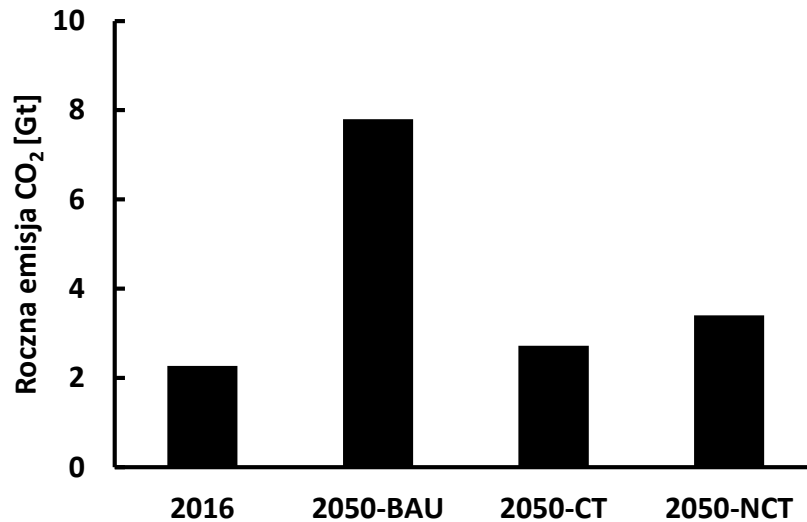
## Źródła sieciowe;

- [www.vox.com](http://www.vox.com), dostęp 19 II 2018 r.,
- [news.nationalgeographic.com](http://news.nationalgeographic.com), dostęp 19 II 2018 r..

## Zdjęcia;

- „The rural stove...”. Air pollution in India, Wikipedia, username; Info-farmer,
- Prakash Javadekar. Prakash Javadekar, Wikipedia, author; US Department of State,
- Narendra Modi. PM Modi during the state visit of the President of the Republic of Singapore to India, 2015., Wikipedia, author; Narendra Modi.





- 
- zmniejszanie roli węgla na rzecz gazu ziemnego i OZE i elektrowni jądrowych,
  - rozpowszechnienie technologii wychwytu i gromadzenia CO<sub>2</sub> CCS także przy wykorzystaniu biomasy
  - zwiększenie znaczenia energii elektrycznej w energetyce,
  - koszt około 1% PKB w 2050

*Gambhir i inni 2014; TIMES*

Integrated Assessment Model

- prognozuje zapotrzebowanie na usługi energetyczne
- wyznacza optymalny (pod względem kosztów) koszyk energii pierwotnej i końcowej

Założenia;

- ludność 2050 1,7 mld,
- wzrost gospodarczy 7,7 % do 2030, 5 % w okresie 2031-2050

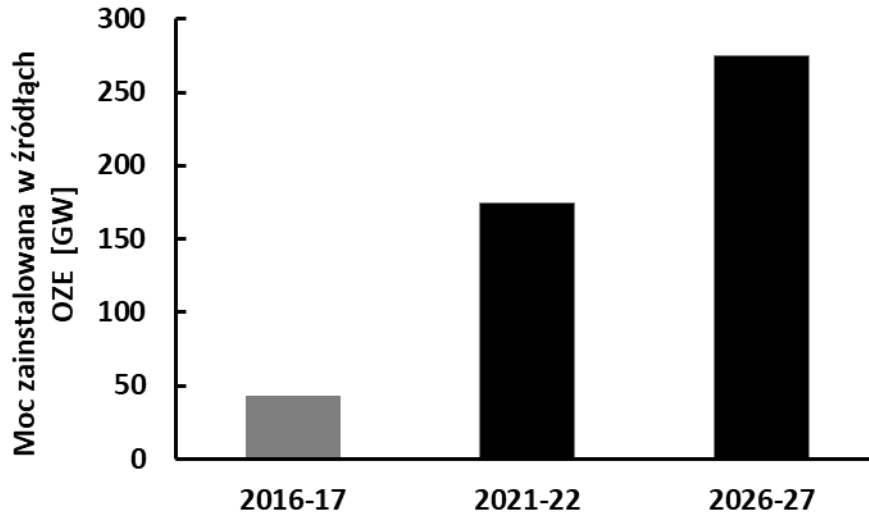
Scenariusze;

- odniesienia BAU – brak ograniczeń dotyczących emisji CO<sub>2</sub>,
- niskoemisyjny NCT bez handlu emisjami (emisja 2 t CO<sub>2e</sub> os./rok),
- niskoemisyjny CT z handlem emisjami (emisja 1,6 t CO<sub>2e</sub> os./rok)

Wątpliwości;

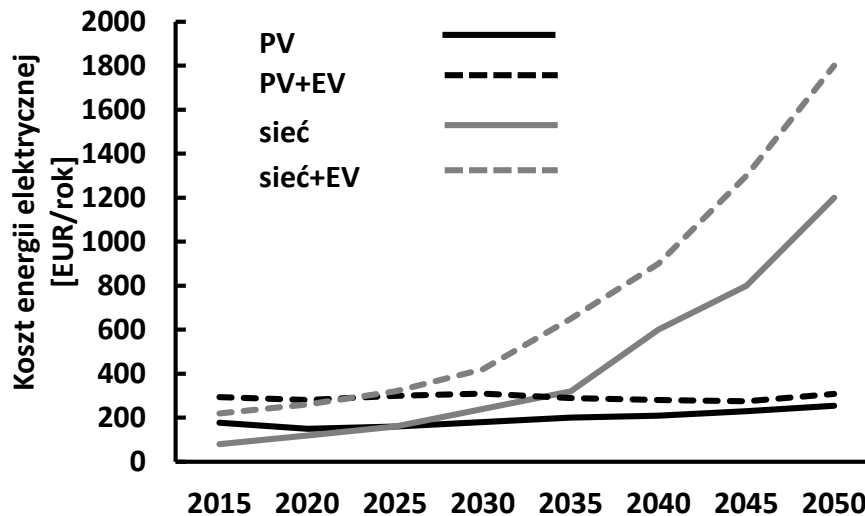
- brak woli politycznej do rozpowszechniania CCS,
- w sektorze transportu dominują paliwa kopalne

# Scenariusze 2050-uwarunkowania



## Rozwój energetyki prosumenckiej (PV+zasobniki)

- spadek cen źródeł PV
- spadek cen zasobników energii
- korzystne warunki do rozwoju źródeł PV



## Ram i inni 2017; główne założenia;

- zapotrzebowanie gospodarstwa domowego na energię elektryczną ; 2015 – 1129, 2050-6024 [kWh],
- koszt zakupu instalacji PV; 2015 – 1360, 2050 – 537 [EUR/kWh],
- koszt zakupu zasobnika; 2015 – 600, 2050 – 75 [ EUR/kWh],
- koszt energii elektrycznej z sieci; 2015 - 0,06, 2050 – 0,23 [EUR/kWh]

**Ashish Gulagi et al. 2017;**

**modelowanie LUT (Lappeeranta University of Technology, Finlandia)**

## Założenia

- minimalizacja rocznych kosztów systemu elektroenergetycznego,
- przyrost mocy w okresach 5 letnich  $\leq 20\%$  całkowitej mocy zainstalowanej w systemie,
- stopniowa rezygnacja z energetyki konwencjonalnej i jądrowej,
- rezygnacja z wychwytu i gromadzenia CO<sub>2</sub>

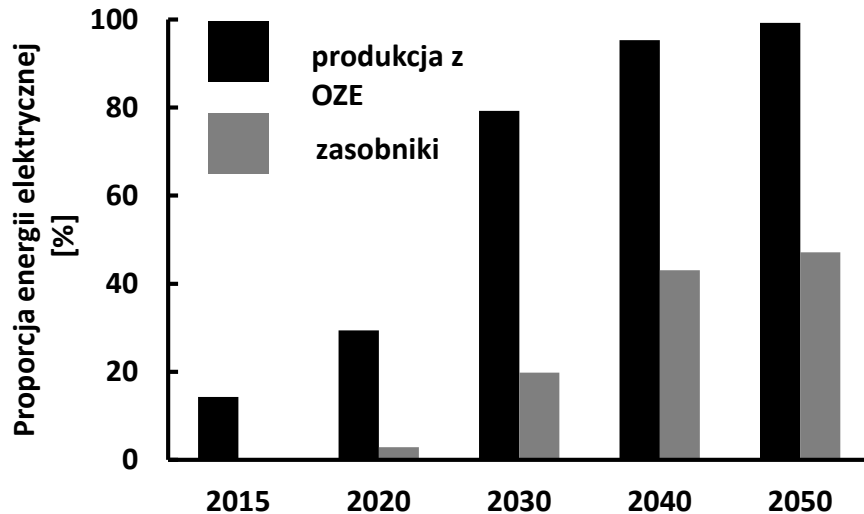
## Technologie

- produkcja energii elektrycznej w wielu źródłach OZE – dominacja PV,
- magazynowanie energii elektrycznej;
  - elektrownie szczytowo-pompowe (głównie do 2020 r.),
  - akumulatory (od 2020 r.),
  - produkcja wodoru (*Power to gas*) (od 2040 r.)

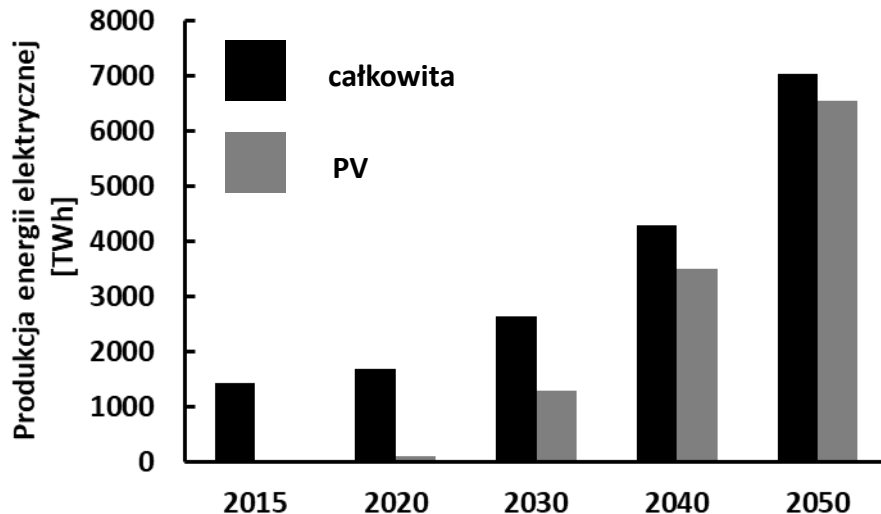
## Scenariusze

- podstawowy – pokrycie zapotrzebowania na energię elektryczną,
- dodatkowy – produkcja energii elektrycznej na potrzeby procesu odsalania wody morskiej i produkcji gazu dla celów nie związanych z energetyką.

# Scenariusze 2050-elektroenergetyka

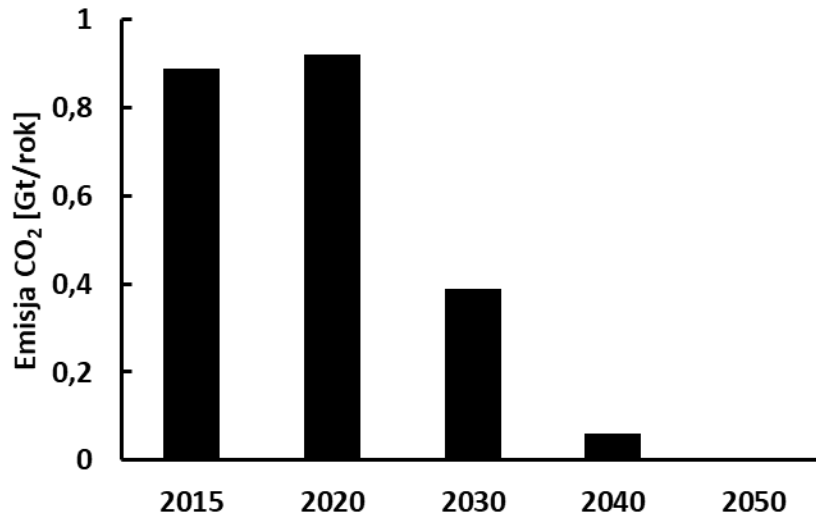


- w horyzoncie 2050 elektroenergetyka oparta wyłącznie o źródła OZE,
- gwałtowny wzrost znaczenia zasobników energii elektrycznej.

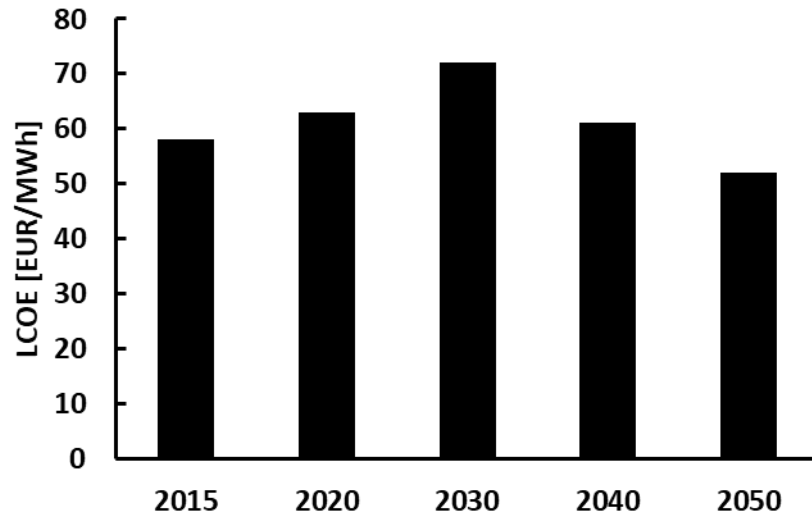


- dominacja źródeł PV w systemie elektroenergetycznym w horyzoncie 2050,
- gwałtowny wzrost produkcji energii elektrycznej.

# Scenariusze 2050-elektroenergetyka



- brak emisji gazów cieplarnianych w elektroenergetyce w horyzoncie 2050.



- wzrost uśrednionego kosztu energii elektrycznej w horyzoncie 2030 min. w następstwie kosztów emisji CO<sub>2</sub>,
- spadek uśrednionego kosztu energii elektrycznej w okresie 2030-2050 w następstwie wzrostu znaczenia OZE i spadku produkcji z wykorzystaniem źródeł kopalnych.