

ROZPROSZONA ENERGETYKA JĄDROWA SZANSA DLA POLSKI ?

Reaktory małej mocy: szanse i wyzwania

**Rozproszona Energetyka Jądrowa
Szansa dla Polski?**

**Warszawa
25 października 2013**

Ludwik PIENKOWSKI

AGH Akademia Górniczo – Hutnicza im Stanisława Staszica w Krakowie

Wydział Energetyki i Paliw

e-mail: ludwik.pienkowski@agh.edu.pl

Po pierwsze wizja gospodarki, „gospodarka, głupcze”

Jaka energetyka jądrowa jest nam potrzebna?

- Dostępność paliwa, ani jego transport nie wpływają na lokalizację i nie determinują mocy elektrowni jądrowych
 - Inaczej jest dla elektrowni wodnych, wiatrowych, słonecznych, gazowych, zasilanych węglem brunatnym, kamiennym, czy też biomasą
- **Idea: budować elektrownie jądrowe tam gdzie są potrzebne i o takiej mocy, która odpowiada potrzebom**
- Ale, koszt budowy dużych elektrowni jądrowych jest wysoki i jest wyzwaniem nawet dla najsilniejszych inwestorów*

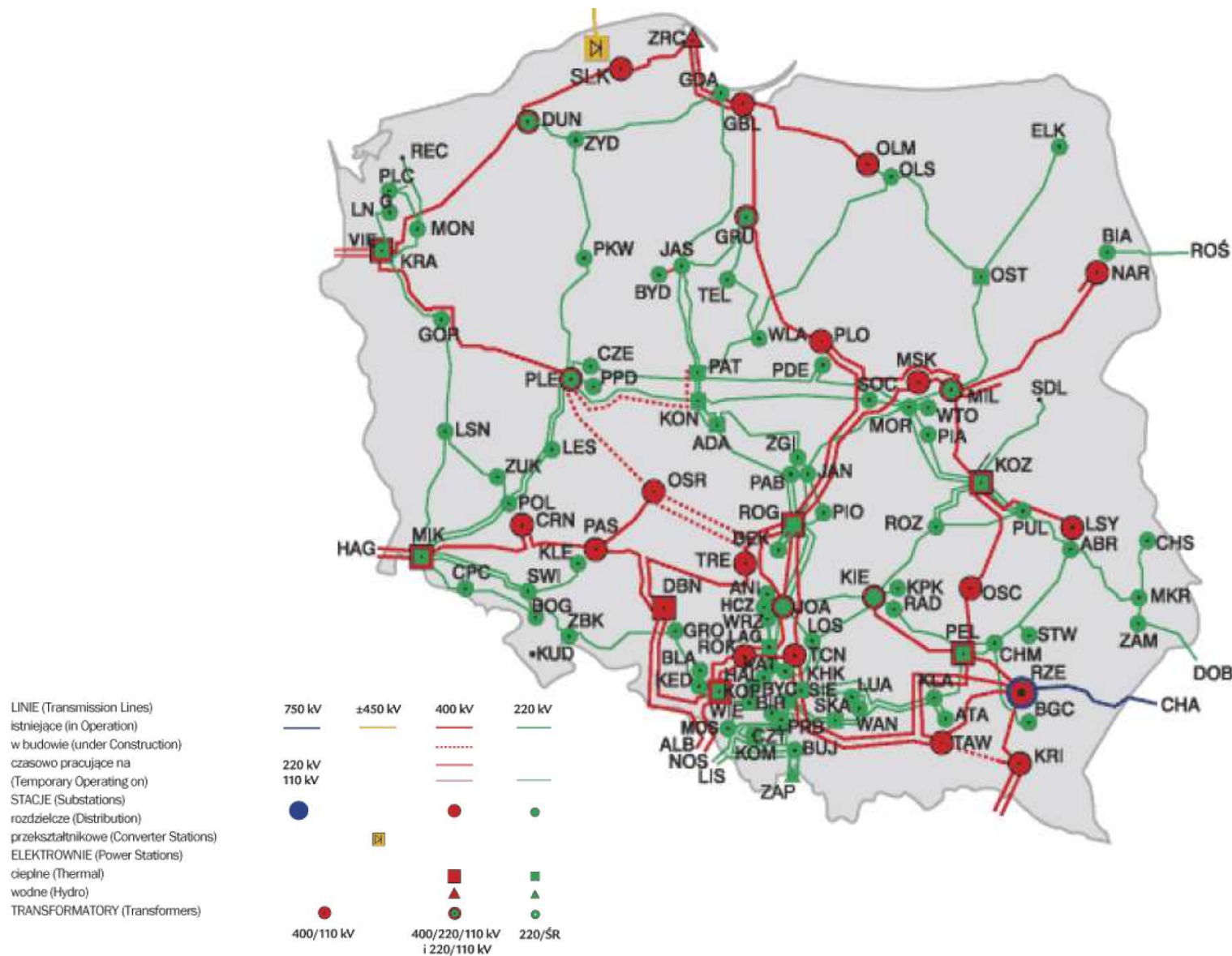
(*) Teza z dokumentu „Nuclear Energy Research and Development Roadmap”
DOE Report to Congress, April 2010

Modularne reaktory małej mocy (SMR, <300 MWe)

Dwie strategie wykorzystania

- Elektrownie budowane z modułów
 - których łączna moc odpowiada potrzebom,
 - rozbudowywane o kolejne moduły w miarę potrzeb i możliwości
 - Strategia dla każdej technologii SMR. Dominująca dla zintegrowanych lekkwodnych reaktorów ciśnieniowych, **iPWR**
- Źródła zasilania dla przemysłu (kogeneracja jądrowa).
 - Elektrociepłownie przemysłowe,
 - w których pracują pojedyncze moduły
 - Strategia szczególnie atrakcyjna dla wysokotemperaturowych reaktorów chłodzonych helem, **HTR**, nazywanych też **HTGR**
- **HTR** i **iPWR** - pierwsze wdrożenia przemysłowe za 5 – 10 lat
- Maksymalne temperatury:
iPWR $T_{\max} \sim 320^{\circ}\text{C}$ oraz **HTR** $T_{\max} \sim 750^{\circ}\text{C}$

Gdzie potrzebne są elektrownie systemowe i o jakiej mocy?



Przemysłowi odbiorcy energii elektrycznej w Polsce

Gdzie jest przestrzeń dla kogeneracji jądrowej?

➤ Zapotrzebowanie przemysłowe to:

- 100 MW lub więcej
- 500 GWh/rok lub więcej

➤ Koszt energii elektrycznej w 2011 roku dla przemysłu:

300 PLN/MWh

200 – elektryczność

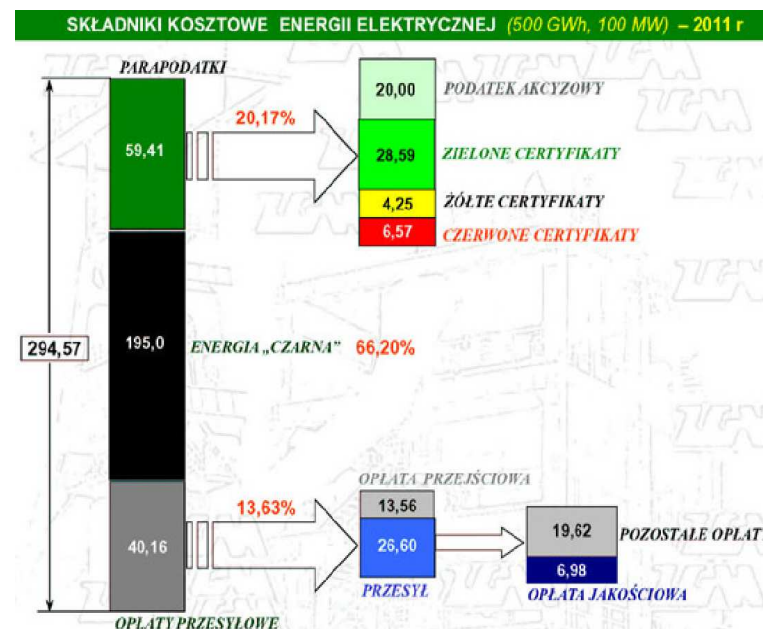
60 – parapodatki

40 – opłaty przesyłowe

➤ Przemysł często ma własne elektrociepłownie gazowe, lub węglowe

Uwaga: dla innych odbiorców całkowity koszt brutto poboru energii elektrycznej jest znacznie większy i przekracza **600 PLN/MWh**

Popatrzcie Państwo na swoje rachunki za prąd



H. Kaliś, „Odbiorca przemysłowy na nowym rynku energii”,
Forum Odbiorców Energii Elektrycznej i Gazu
<http://www.prezentacje.cire.pl/st,42,285,item,57205,1,0,0,0,0,0,prezentacja-odbiorca-przemyslowy-na-nowym-rynku-energii.html>

Polski przemysł zużywa rocznie około 16 mln toe
w tym około 30 TWh (16%) energii elektrycznej

Reaktory małej mocy HTR i iPWR

Bezpieczeństwo

- Reaktory o mniejszej mocy mają większy potencjał bezpieczeństwa
- Reaktory mają same się wyłączyć gdy nastąpi nagły, duży i groźny wzrost mocy
- Mają być bezpieczne w momencie wyłączenia
- Projekty są oparte o dojrzałe, sprawdzone od kilkudziesięciu lat technologie, ale są to nowe projekty

Reaktory małej mocy HTR i iPWR

Ekonomia

- **Nie można ich dziś kupić, nie ma ich na rynku**
 - Pierwsze wdrożenia z 5 – 10 lat (w tym w Chinach i USA)
- Szacowane koszty inwestycyjne wybudowanie 1 MW mocy porównywalne z kosztami dla dużych elektrowni jądrowych
- Moc elektryczna pojedynczego modułu od kilkudziesięciu do 300 MW



Narodowe
Centrum
Badań
i Rozwoju
(NCBR)



Rozwój wysokotemperaturowych reaktorów do zastosowań przemysłowych HTRPL

HTRPL synergiczne zbliżenie z przemysłem

strategiczny program w Polsce



Narodowe
Centrum
Badań
i Rozwoju
(NCBR)



- Program „**Rozwój wysokotemperaturowych reaktorów do zastosowań przemysłowych**” jest realizowany od roku
 - AGH Akademia Górniczo – Hutnicza, lider konsorcjum HTRPL
 - NCBJ, INS, GIG, IChPW, PŚ, UW, PSSE – uniwersytety i instytuty badacze (jądrowe, chemii węgla, chemii nawozów sztucznych, badań podstawowych, społecznych)
 - PROCHEM S.A. – firma inżynierska
 - KGHM S.A. – przemysł energochłonny
 - TAURON PE S.A. – operator energetyczny
 - 30 miesięcy, 6 milionów złotych
 - Cele przemysłowe:
 - **Wstępna analiza możliwości wdrożenia przemysłowego w ciągu najbliższych kilkunastu lat**
 - Współpraca międzynarodowa, w tym: Nuclear Cogeneration Industrial Initiative w Europie (SNETP, EURATOM), współpracy dwustronne
 - Reaktory jądrowe HTR dla przemysłu – wykorzystanie ciepła procesowego
 - Połączenie systemów jądrowych i klasycznych w przemyśle

HTRPL synergiczne zbliżenie z przemysłem

zadania badawcze, technologiczne



Narodowe
Centrum
Badań
i Rozwoju
(NCBR)



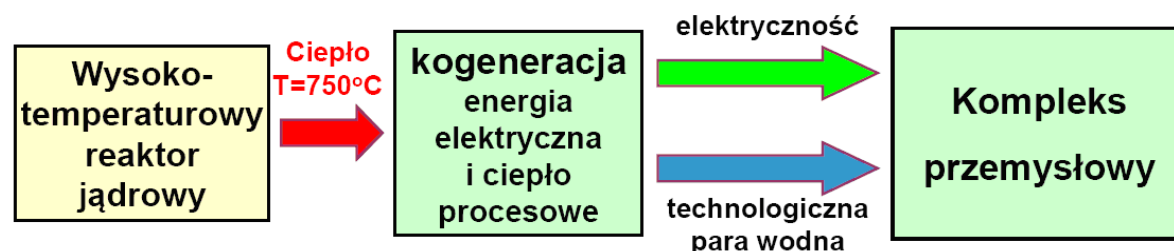
AGH

Badania w obszarach:

- Fizyka rdzenia reaktorów HTR
- Modelowanie matematyczne cyklu paliwowego, systemów kontrolnych i bezpieczeństwa
- Analizy termo-hydrauliczne generacji ciepła i jego transportu
- Allotermicznego zgazowania węgla z wykorzystaniem ciepła z reaktora HTR
- Konwersji CO₂ z użyciem ciepła z reaktora HTR
- Katalizatory i procesy pozyskiwania gazu syntezowego z metanu w instalacjach chemicznych z wykorzystaniem ciepła z reaktorów HTR
- Katalizatory do suchego reformingu metanu
- Opracowanie założeń demonstracji laboratoryjnego układu kogeneracyjnego
- Analiza termodynamiczna wykorzystania ciepła z reaktora wysokotemperaturowego



Europejski program EURATOM zrealizowany w latach 2009 - 2011



- EUROPAIRS – nakreślenie warunków wdrożenia w przemyśle kogeneracji jądrowej
 - o Partnerzy z Polski: **AGH**, PROCHEM, ZAK Kędzierzyn
- NC2I-R (Coordination Action), kontynuacja EUROPAIRS , 24 miesiące, rozpoczęty w październiku 2013 roku, 20 partnerów, 2.5 miliony EUR (1.8 miliona EUR dotacja)
 - o Cel zasadniczy – wsparcie dla programów w krajowych, w tym programu polskiego **HTRPL**
 - o Pokazanie programów narodowych było warunkiem złożenia oferty
 - o Koordynator projektu: NCBJ Świerk,
 - o Pozostali partnerzy z Polski: **AGH**, PROCHEM, PW

Europejskie programy badawcze EURATOM

- ARCHER obecnie realizowany (z Polski partnerem jest **AGH**)
- RAPHAEL, PUMA (z udziałem **AGH**) – wykonane programy badawcze

Podsumowanie

- SMRy w technologiach HTR i iPWR są gotowe do pierwszych wdrożeń przemysłowych przez
 - Energochłonny przemysł do zasilania w energię elektryczną i ciepło (jądrowa kogeneracja)
 - Energetykę do budowy modularnych elektrowni jądrowych
- *Lekkowodne reaktory dużej mocy są dostępne i są to konstrukcje sprawdzone*
 - *Reaktory te są zbyt kosztowne dla wielu inwestorów i za duże dla wielu zastosowań,*
 - *są one za duże do osiągnięcia celów stawianych SMR-om*