



AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE



Nowe technologie i przyszłość energetyki

Prof. dr hab. inż. Wojciech Nowak
Centrum Energetyki AGH

**I KONGRESU INNOWACJI W ENERGETYCE 26 października 2017 r, Hotel Airport
Okęcie, ul. 17 stycznia 24, 02-146 Warszawa**

Węgiel to moc energetyzująca świat

W ciągu jednego dnia:



Populacja na świecie
wzrośnie o

210,000

Tyle ludności przeniesie się
do miast w Chinach i Indiach



85,000+



1,100,000

Tyle osób otworzy
konto internetowe



225,000

Tyle sprzeda się
nowych samochodów

21

Zużyje się
tyle
milionów
ton
węgla



950,000

Tyle pojawi się
nowych kont na twiterze

Kierunki rozwoju sektora - Polska

Rozwój systemu przesyłowego i
połączeń transgranicznych

Energetyka rozproszona
i prosumencka

Inteligentne sieci
i liczniki

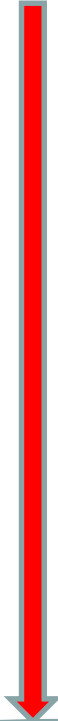
Efektywność
energetyczna

Elastyczność paliwowa
i eksploatacyjna

Minimalizacji emisji
zanieczyszczeń

Energetyka jądrowa,
gaz łupkowy

Redukcja CO₂, wzrost
OZE



Nowy model
sektora
energetycznego

Maleje rola węgla, rośnie rola źródeł niskoemisyjnych

W energetyce trwa rewolucja

Przebudowa systemów energetycznych

- Obniżanie kosztów wytwarzania energii z OZE
- Ograniczenie oddziaływania energetyki na zdrowie
- Inna rola węgla
- Nowe modele biznesowe

Energetyka zachowa węgiel, ale jego rola będzie spadać

Energetyka rozproszona i prosumencka

Wysokosprawna kogeneracja

Energetyka jądrowa



Energetyka przyszłości

- Energetyka chce być smart – inteligentne liczniki, systemy zdalnego odczytu danych, zarządzanie i monitorowanie energią, smart city, smart Home
- Inteligentne oświetlenie z wykorzystaniem LED
- Rozwiązania mobilne
- Meter data management (MDM) w obszarze sprzedaży
- Demand response – reagowanie na zmiany zapotrzebowania na energię
- Konieczność rozwijania projektów innowacyjnych i elastycznego testowania nowych rozwiązań z zachowaniem rozsądnych wydatków

MIX ENERGETYCZNY – MAGAZYNY- DEMAND RESPONSE

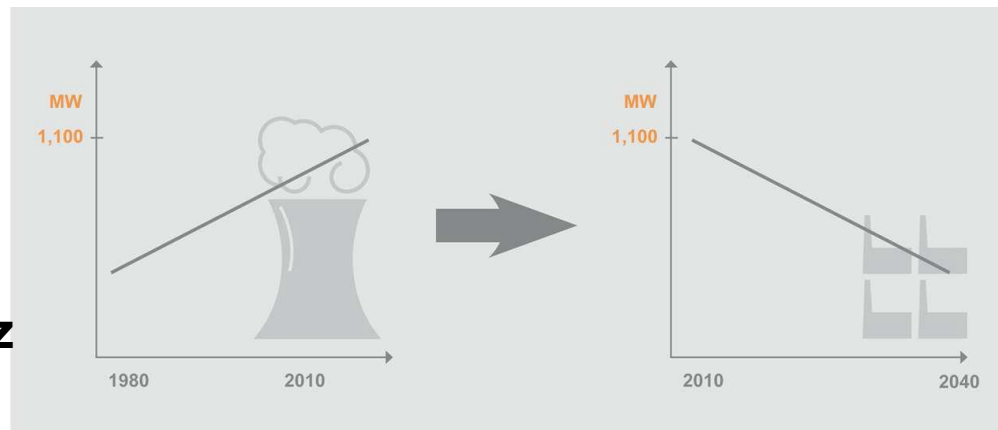
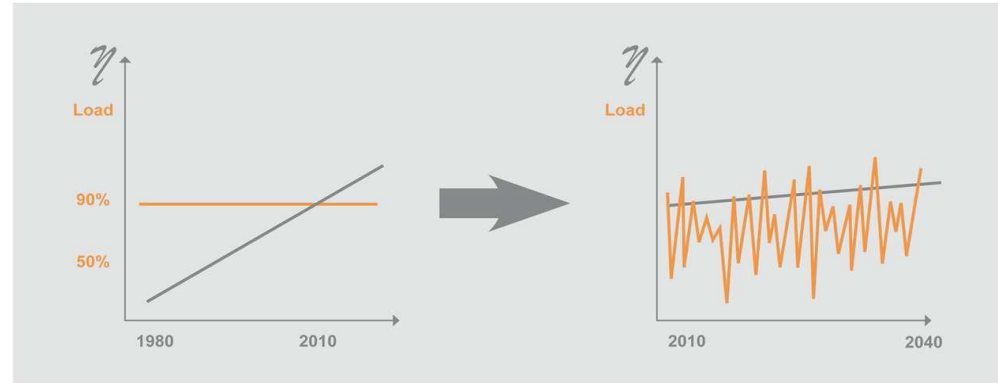
Rozwój technologii i O & M koncepcje muszą dostosować się do zmieniających się wymagań rynku. Potrzebne jest nowe myślenie w kierunku mniejszych, elastycznych i tanich bloków

System energetyczny z centralizowanego opartego o węgiel na zdecentralizowany i OZE

Odbiorcy przemysłowi inwestują w budowę własnych mocy wytwórczych

Elastyczność eksploatacyjna przy wysokich sprawnościach

Ekonomia skali zastąpiona przez tanie i pewne rozwiązania energetyczne



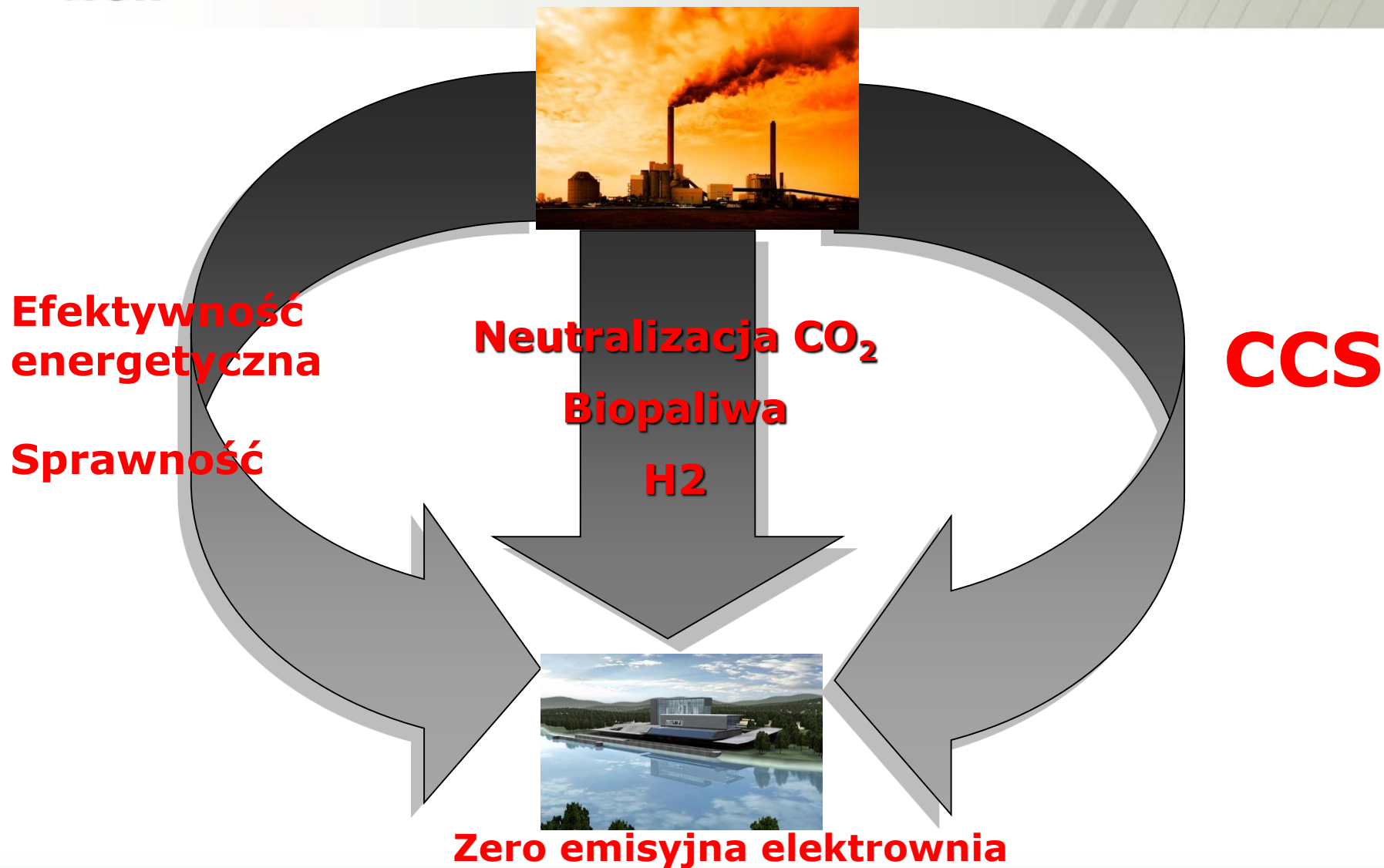
CO₂ a innowacje



**Problem CO₂
stanowi obecnie
siłę postępu
technologicznego;**

**to on kreuje nowe pomysły
nie tylko w energetyce**

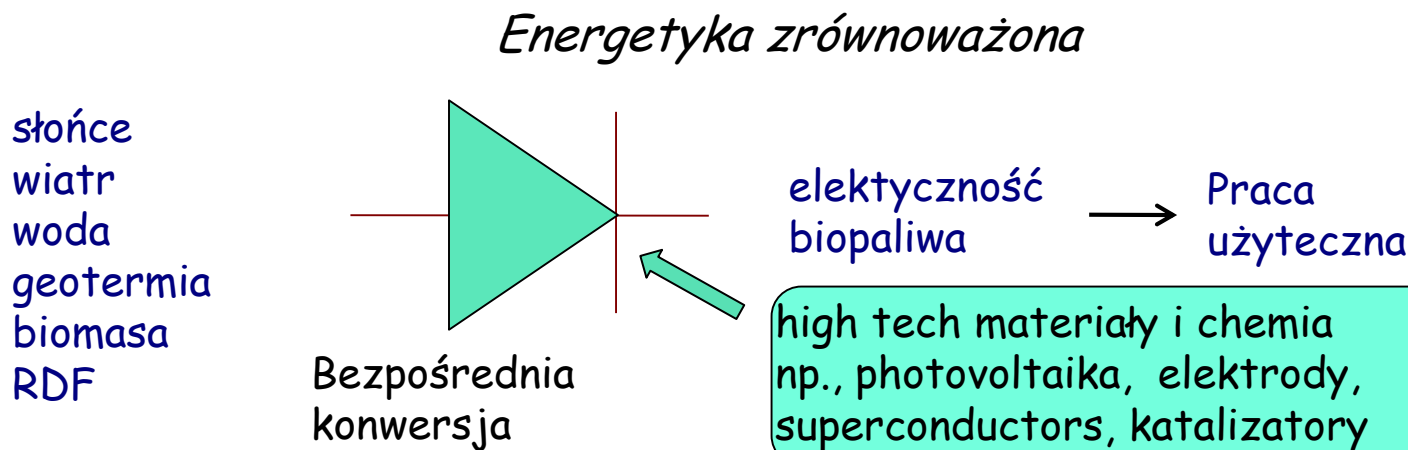
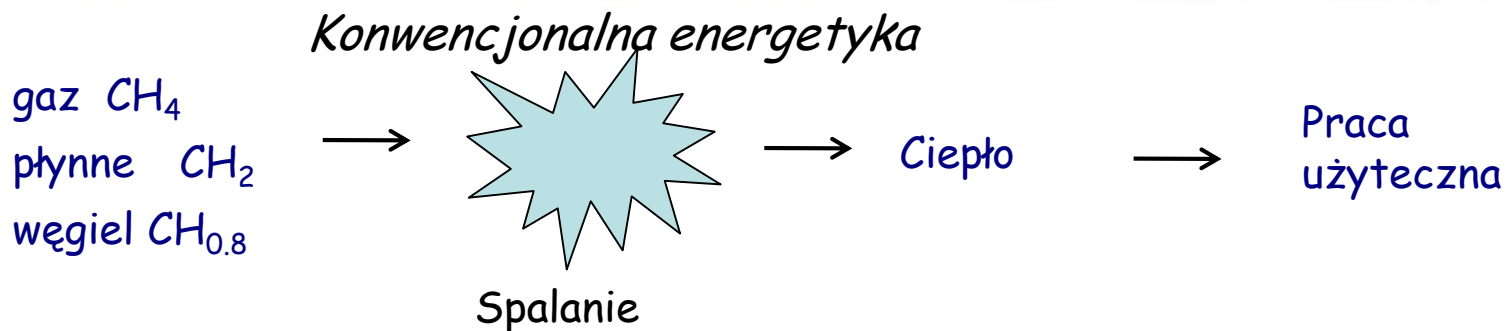
Różne sposoby redukcji emisji CO₂



Są i pozytywne aspekty globalnego ocieplenia

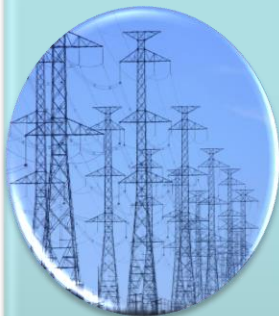


Energetyka Przyszłości to High Tech Materiały i Procesy Chemiczne



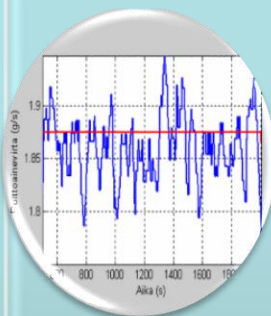
Potrzeba kontroli kompleksowych, funkcjonalnych, high tech materiałów i procesów chemicznych

Energetyka przyszłości



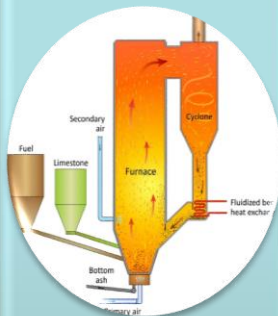
Inteligentna sieć energetyczna

inteligentne odbiorniki,
magazynowanie,
procesory, małe generatory



Elastyczność eksploatacyjna

zintegrowana dynamiczna optymalizacja bloków,
dopasowanie podaży do popytu,
układy rozproszone



Generacja energii

Nowe koncepcje wysokosprawnych bloków
Zgazowanie
Oxy spalanie
Poprawa sprawności
Biomasa i RDF



Turbiny

Szybkie zmiany obciążeń
Nowe materiały
Ceramika
Turbiny CO₂/H₂



Paliwa

optymalizacja w zależności od obciążenia i emisji
Biopaliwa II generacji
Gaz łupkowy
Paliwa alternatywne

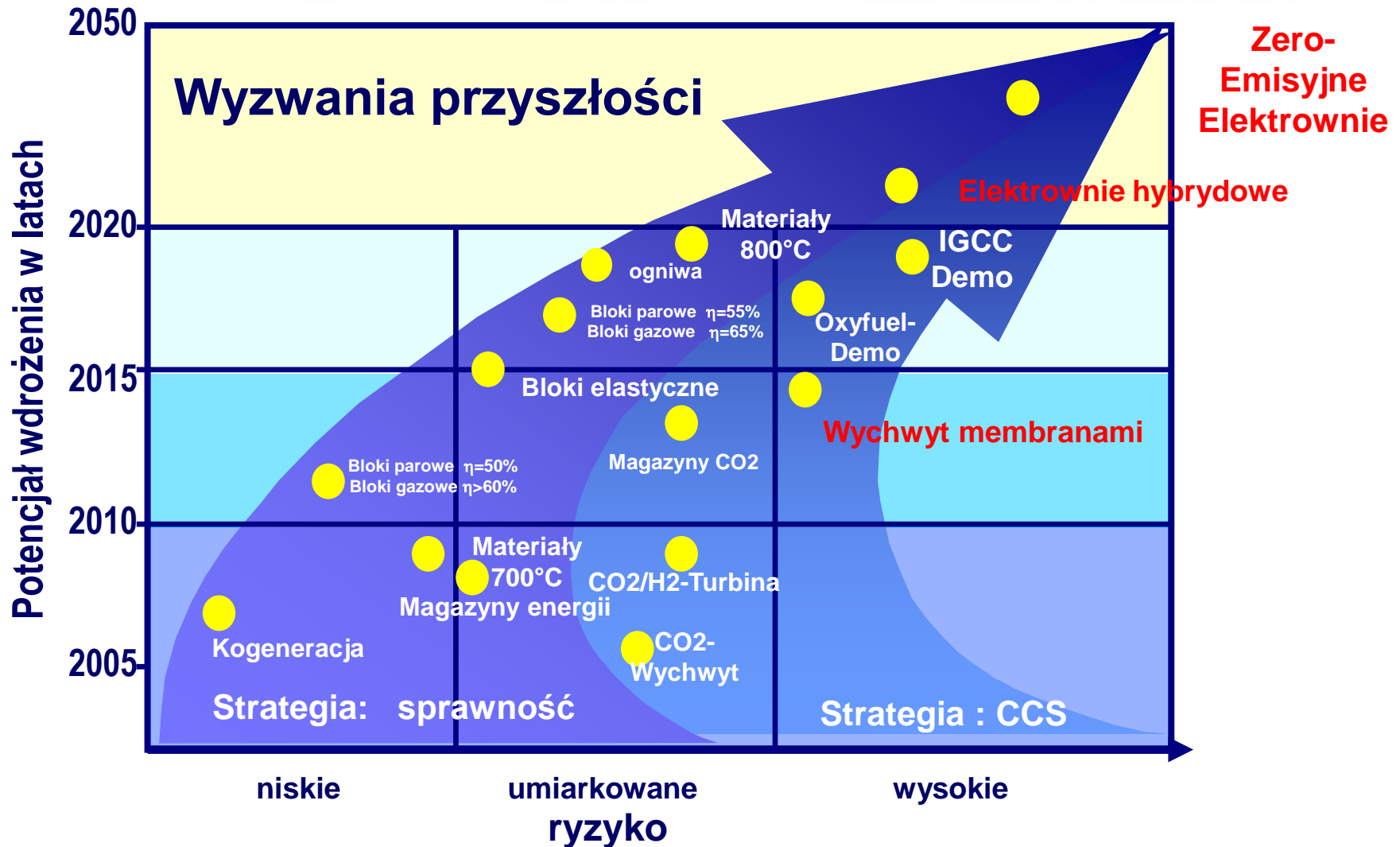


Bloki hybrydowe Zero emisyjne

CCS, CCSU
RES + węgiel
PV
Ogniwa paliwowe

Priorytetowe obszary rozwoju energetyki

Energetyka przyszłości





Energetyka oparta na węglu co dalej?

Czy koniec bloków na węglu?

Jakie jest rozwiązanie ?

Jakie są możliwości ?

Idea i opcje technologiczne

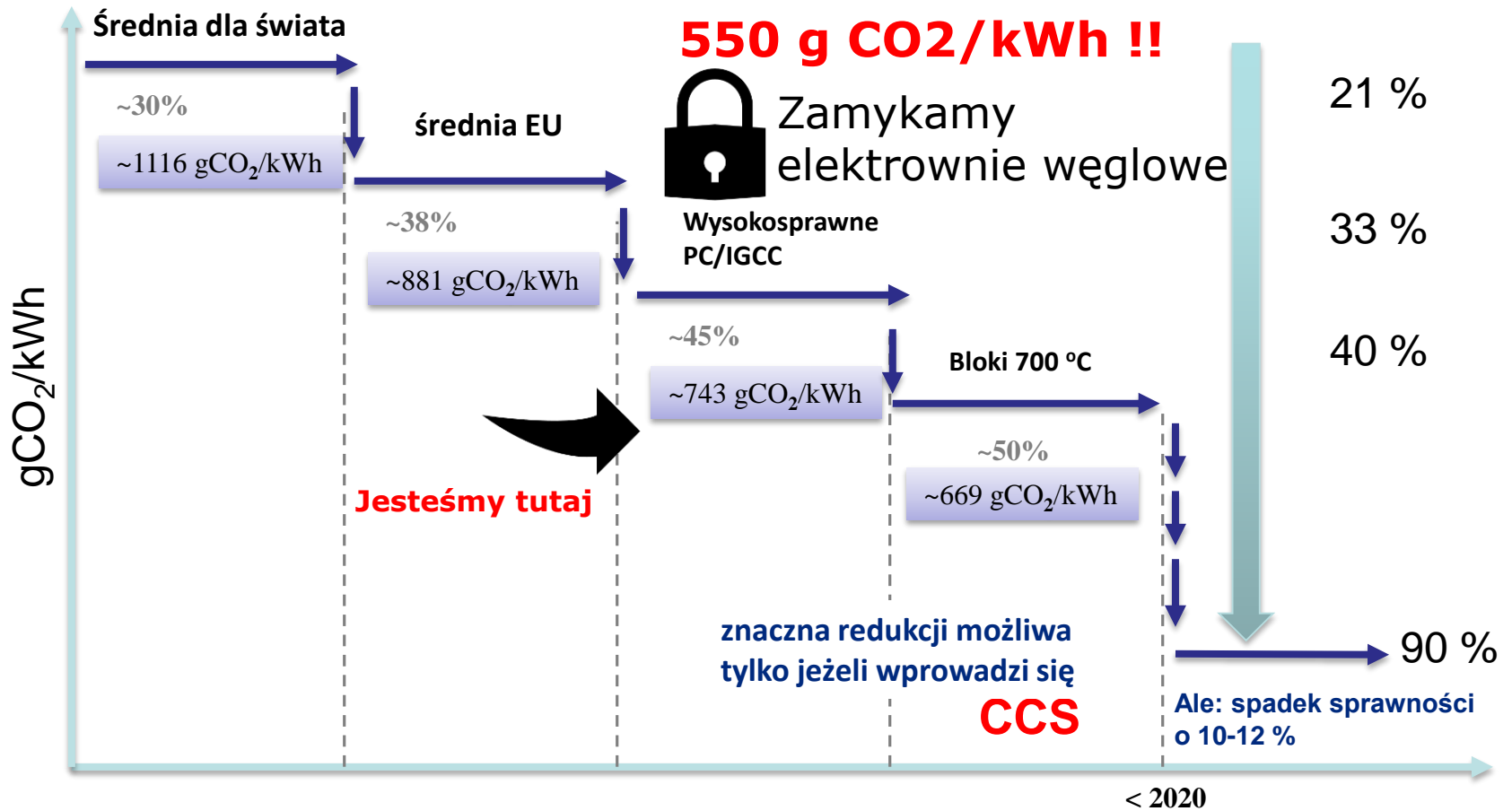
Jakie rozwiązania?

Poprawa efektywności energetycznej procesów pozyskania, przetwarzania, transportu i użytkowania nośników energii

Poprawa efektywności energetycznej zaś, to przede wszystkim zmniejszenie niedoskonałości termodynamicznej procesów energetycznych, tzn. m.in.:

- podwyższenie sprawności termicznej obiegów cieplnych,**
- skojarzone wytwarzanie ciepła i elektryczności,**
- wykorzystanie energii odpadowej**

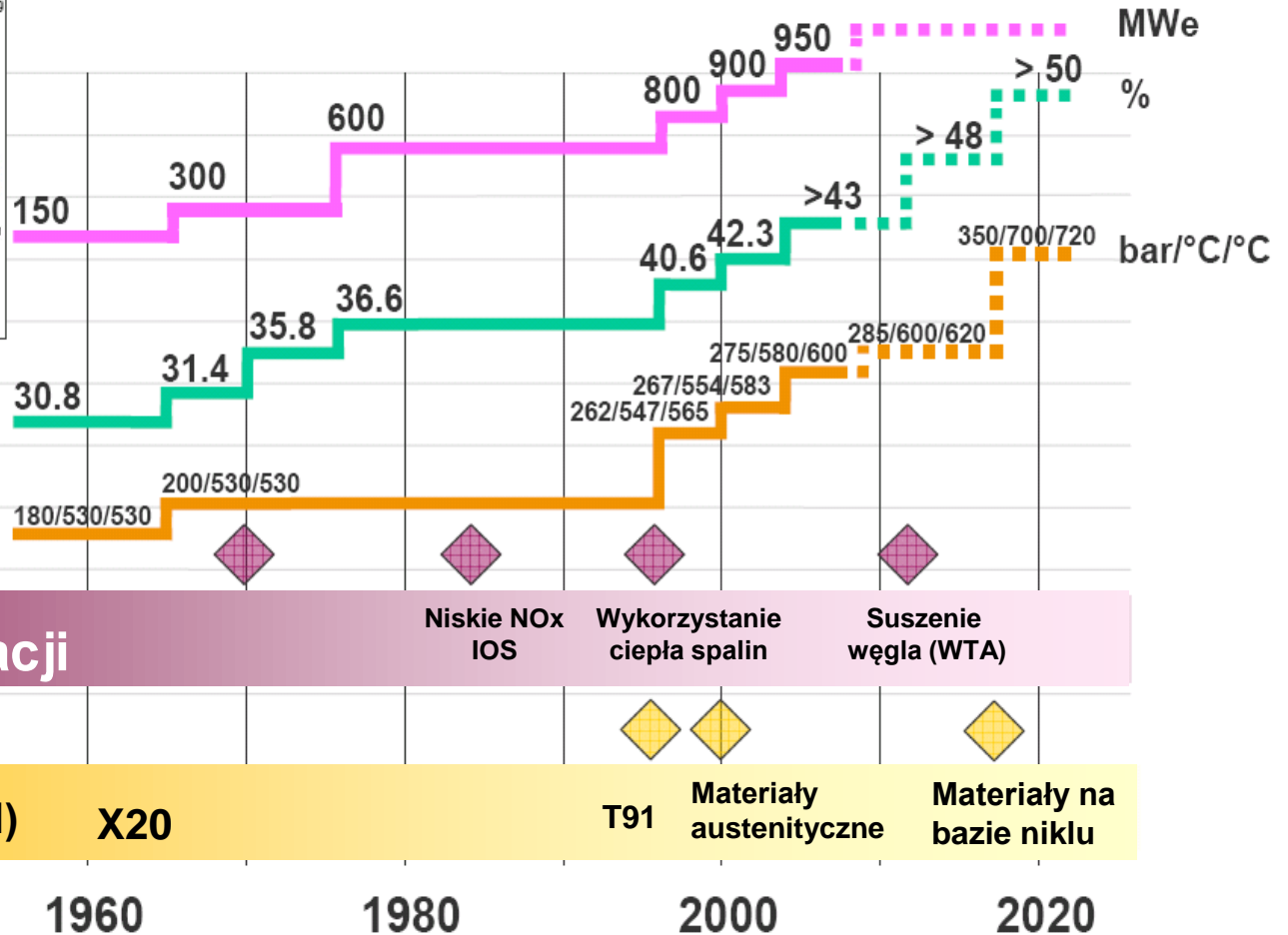
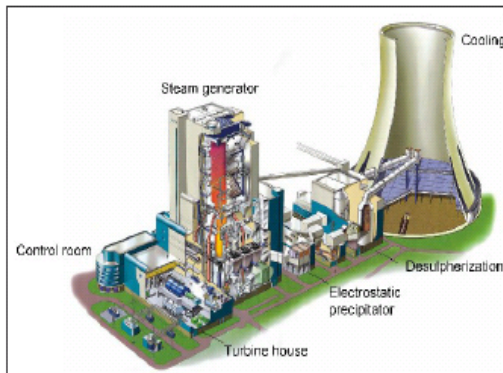
Redukcja emisji CO₂ w wyniku zmian technologicznych



Wzrost sprawności daje znaczne efekty ale dopiero CCS prowadzi do zdecydowanej redukcji CO₂

BLOKI ULTRANADKRYTYCZNE

sprawność > 50%



Moc wyjściowa brutto
 Sprawność netto
 Parametry pary

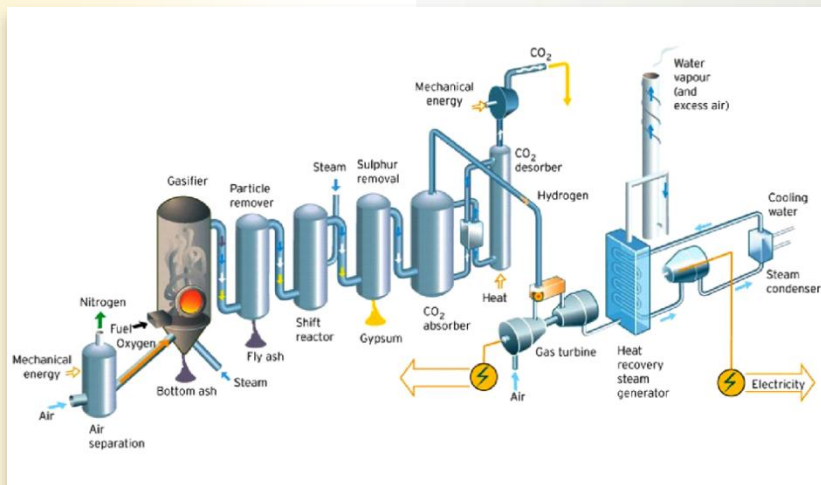
Proces optymalizacji

- Niskie NOx IOS
- Wykorzystanie ciepła spalin
- Suszenie węgla (WTA)

Rzeczony materiałów (SH)

- X20
- T91
- Materiały austenityczne
- Materiały na bazie niklu

Wychwył CO₂

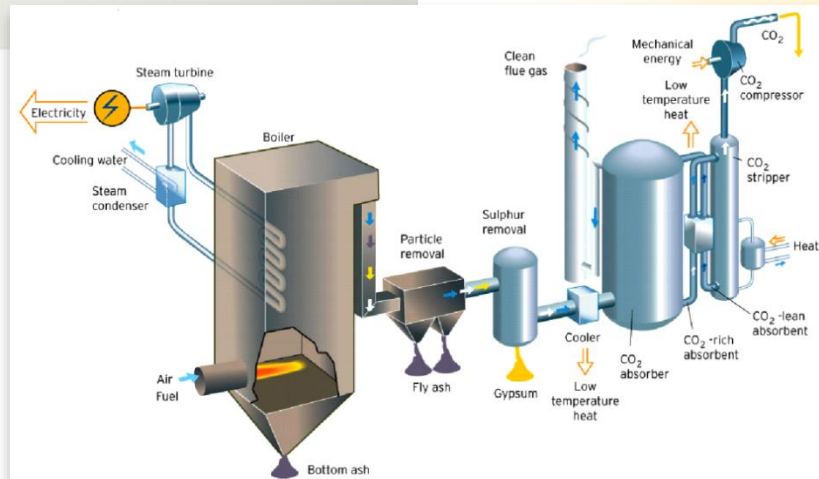


Precombustion capture

technologie opracowywane w ramach Projektu Strategicznego: Zadania Badawczego nr 3

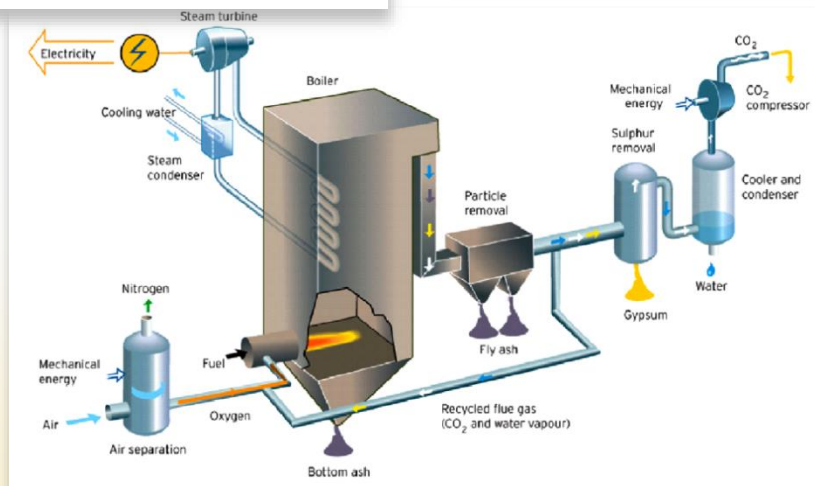
PRZEDMIOT BADAŃ i ANALIZ W PROJEKCIE STRATEGICZNYM

ZADANIE BADAWCZE NCBiR nr 2



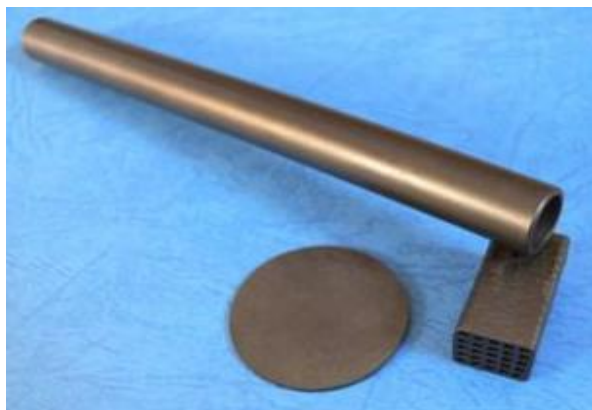
Postcombustion capture

technologie rozwijane pośrednio w Projekcie Strategicznym: Zadaniu Badawczym nr 1

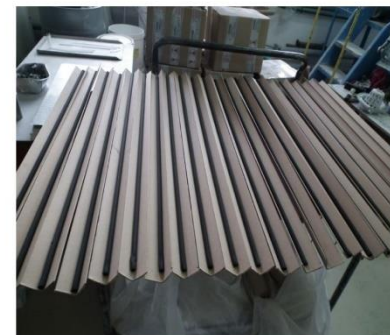


Spalanie tlenowe

Wychwyt CO₂

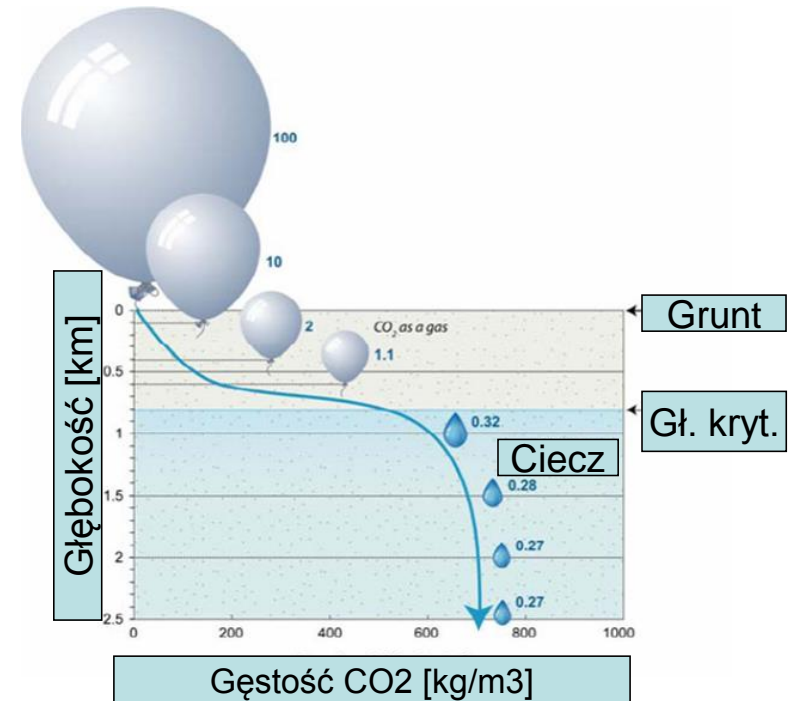
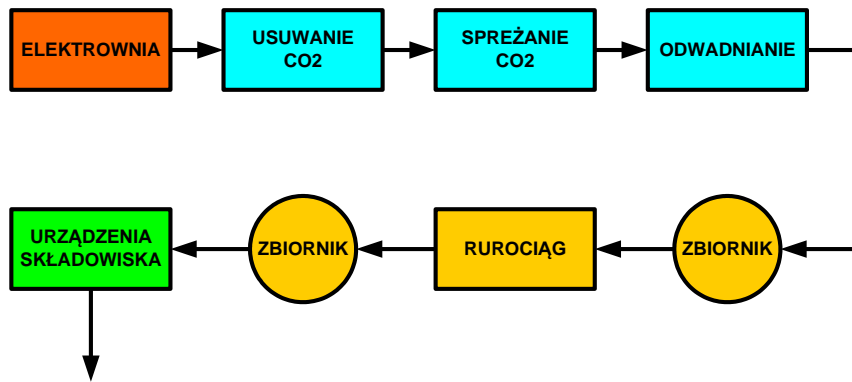


Zdjęcie formowania membran na prasie ślimakowej



Zaformowane rury ułożone na kartonowych podstawkach

System usuwania, transportu i składowania dwutlenku węgla (CCS)



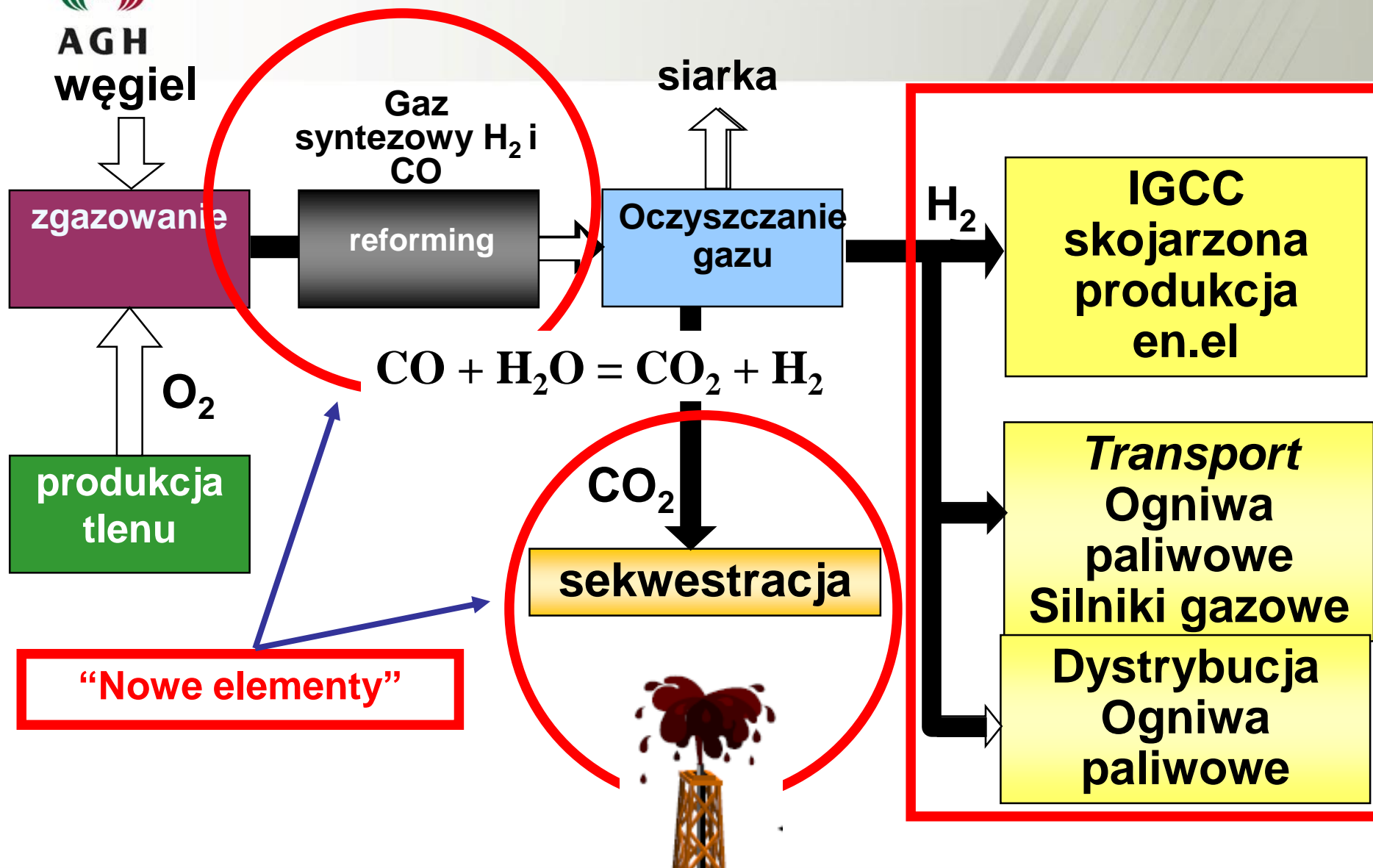
Nowe technologie:

- Spalanie konwencjonalne
- Spalanie w tlenie
- Zgazowanie
- Recykling dwutlenku węgla



AGH
węgiel

IGCC w przyszłości



Nowa generacja energii z OZE

- Wystarczy na wiele lat ☺
- Nie zanieczyszcza środowiska ☺
- Nie pozostawia żadnych zmian ☺



Energia z OZE - w pełni zrównoważony łańcuch energetyczny

Wyzwania:

Mniejsze koszty, wyższa sprawność PV,
materiały 3 generacji, nanomateriały,
Magazyny energii elektrycznej/ciepła/chłodu



AGH

Elementy energetyki przyszłości

Nowe technologie

Wyzwania

Rozwiązania



OZE

Użytkownik



Miasto



Gmina, region



Więcej zmiennej podaży i popytu

Ograniczenia sieciowe

Starzejąca się infrastruktura

Luka w zabezpieczeniach przed ekstremalnymi zdarzeniami

Pewność ruchowa

Większe koszty



Czuniki, automatyka

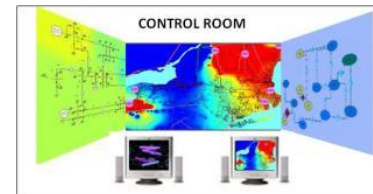
Zasobniki energii



Interkonektory Interoperacyjność



Modelowanie i symulacja



Modele biznesowe i rynkowe



Prawo i regulacje



E mobility



Efektywność energetyczna

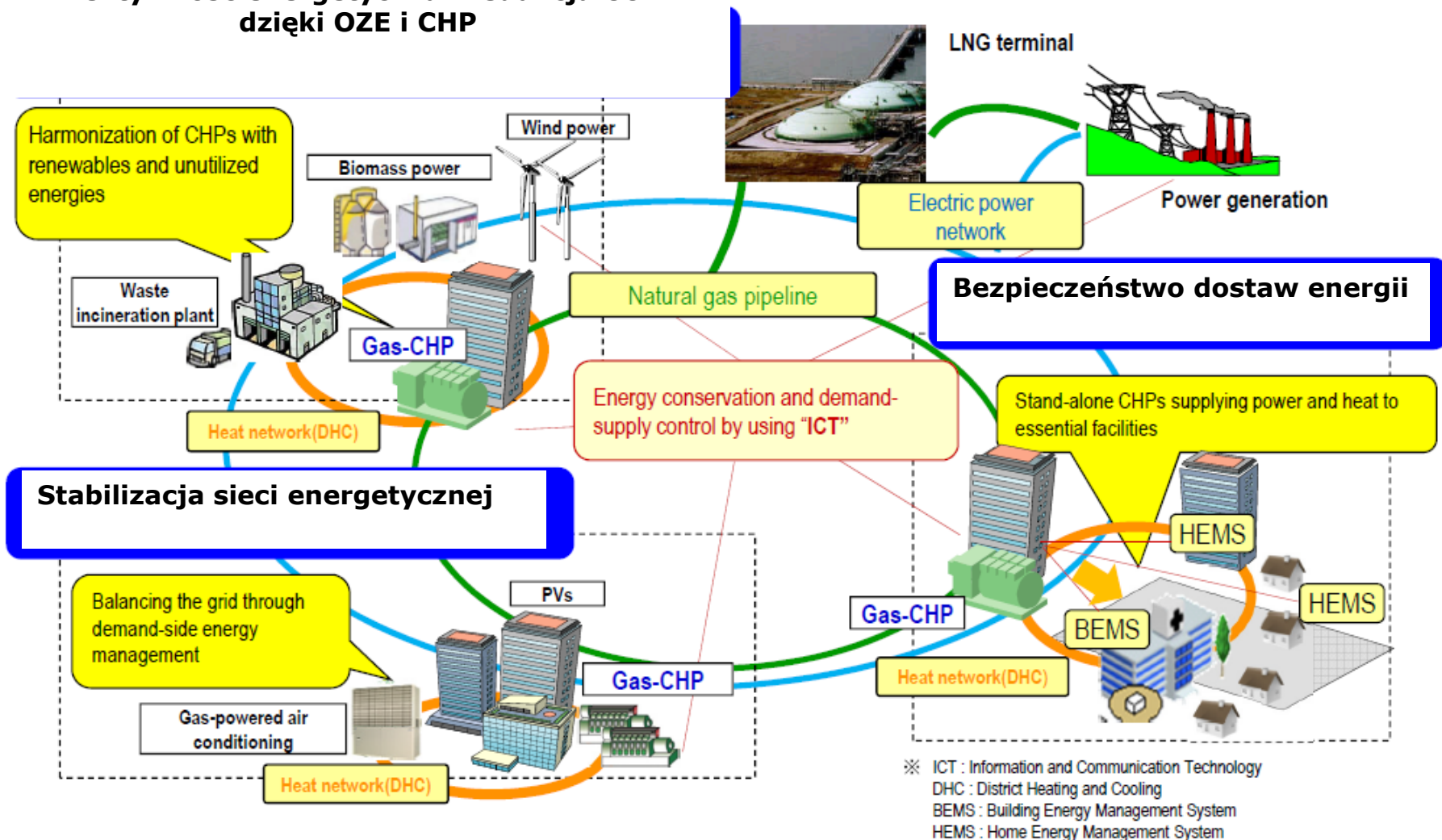




AGH

Inteligentne sieci przyszłości

Efektywność energetyczna i redukcja CO2 dzięki OZE i CHP

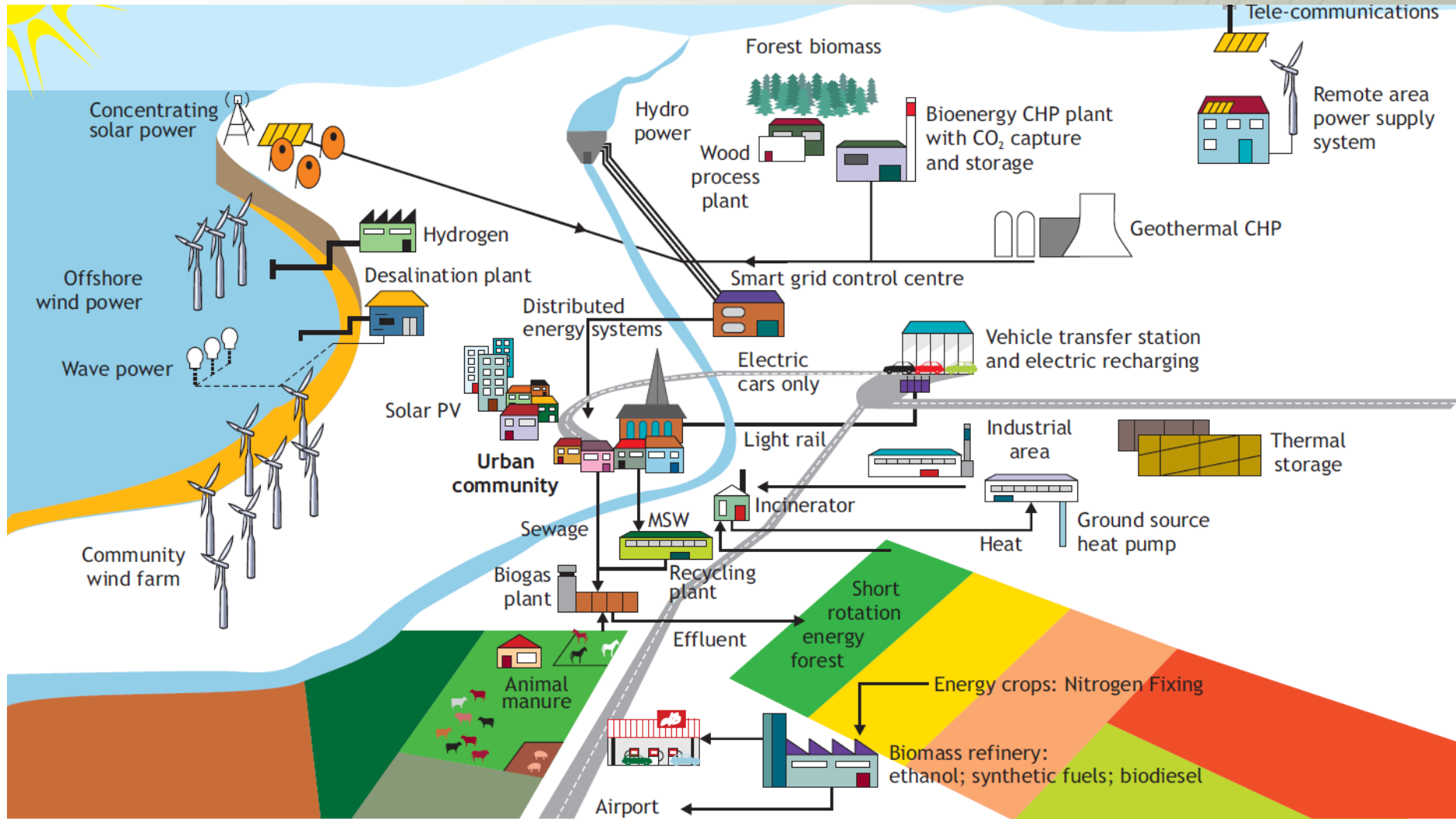




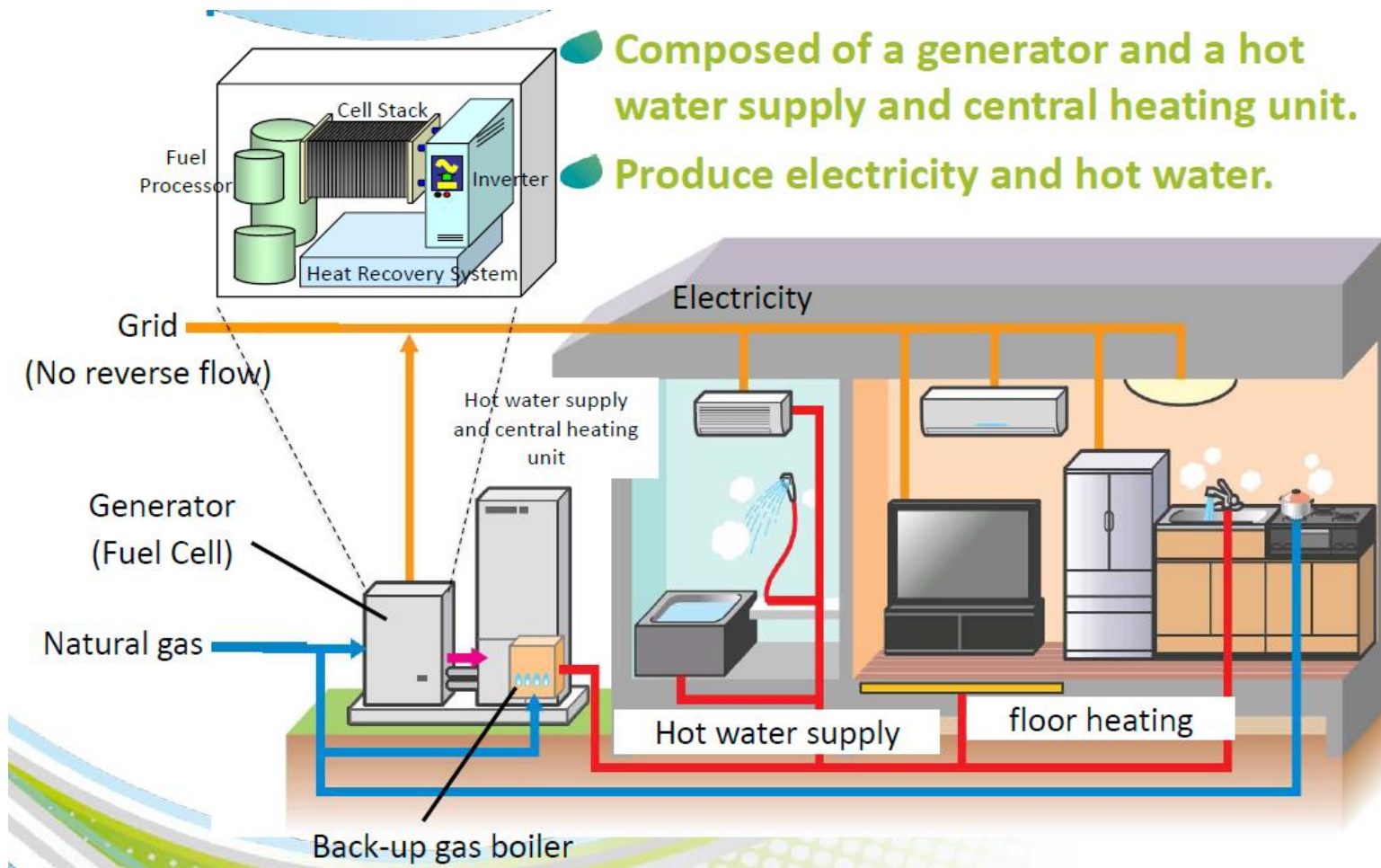
AGH

Wizja gminy samowystarczającej energetycznie

Przeskok do nowego, zdecentralizowanego, zdekarbonizowanego świata energii



Mikro kogeneracija



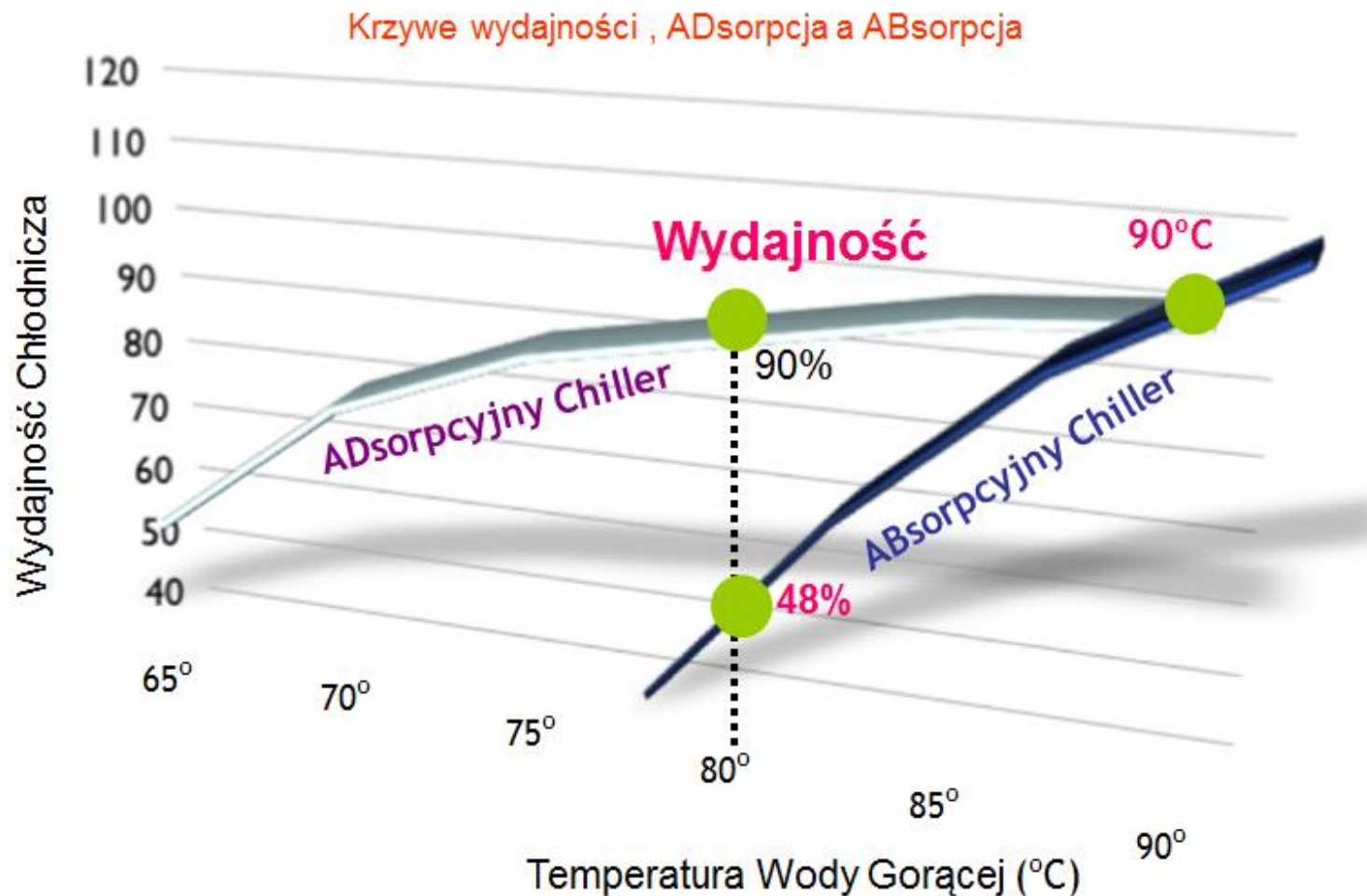
- Composed of a generator and a hot water supply and central heating unit.
- Produce electricity and hot water.

Hybrydy energetyczne

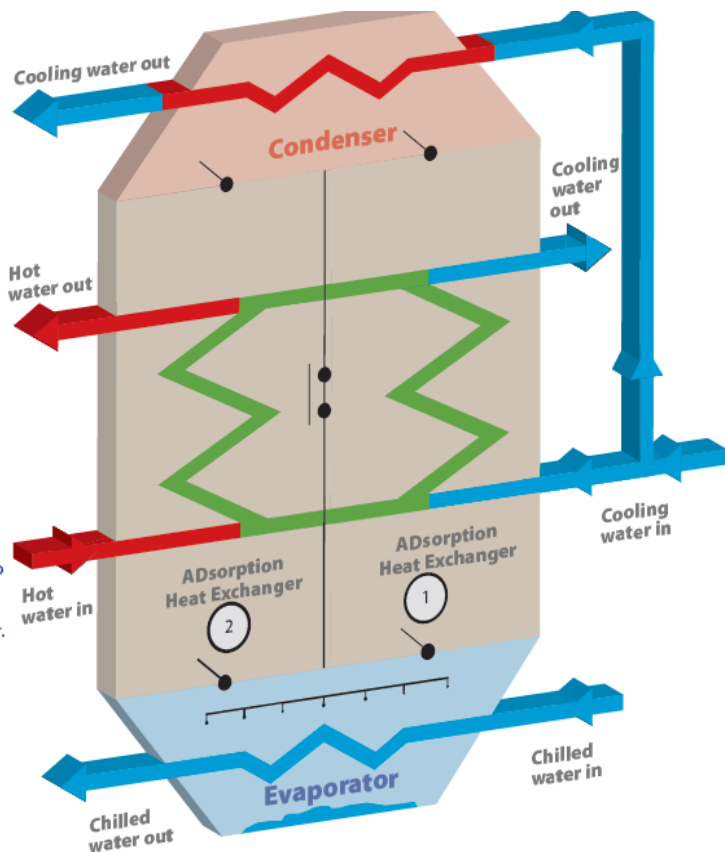
Planowanie przyszłości energetyki musi uwzględniać wiele opcji dotychczas niebranych pod uwagę



Zimno i energia elektryczna z ciepła odpadowego



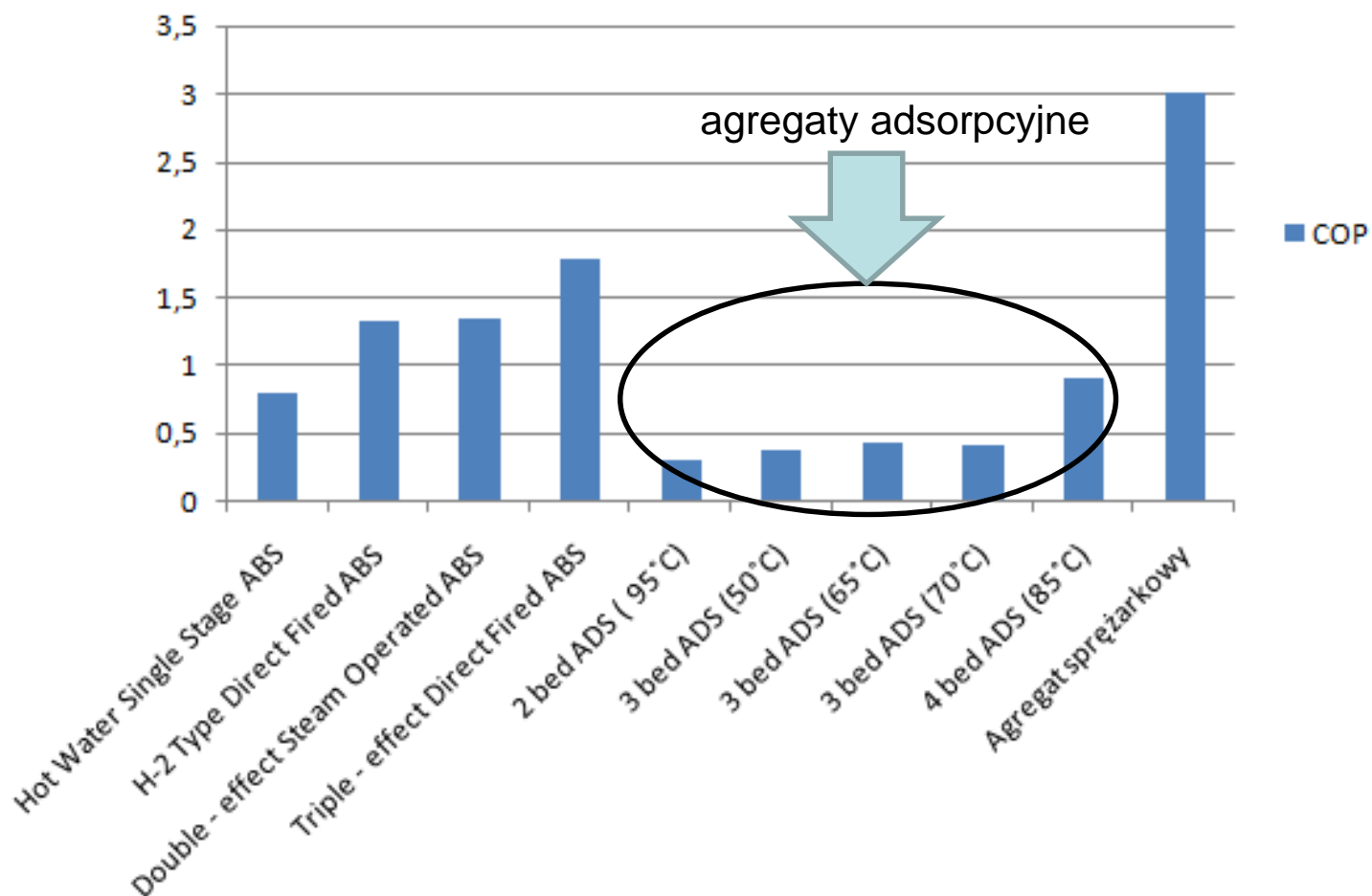
Agregat Adsorpcyjny - Idea



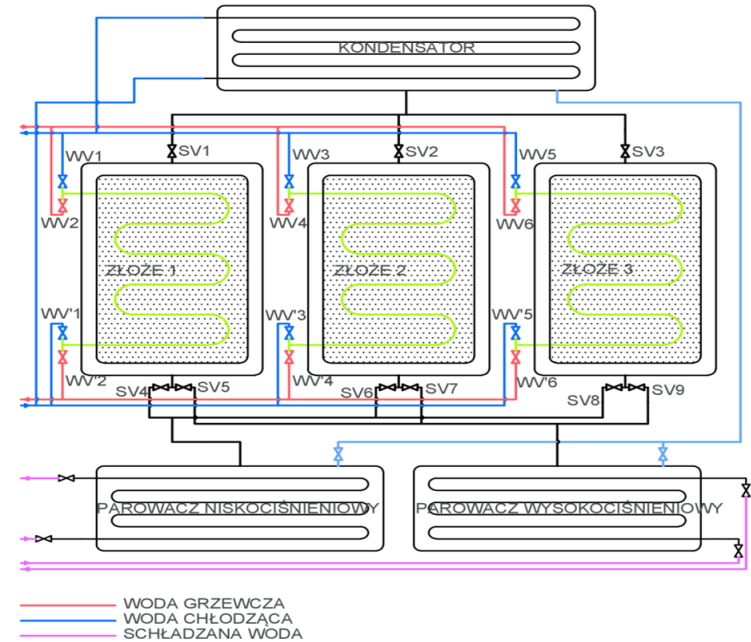
Adsorpcyjne agregaty chłodnicze są urządzeniami, w których proces sprężania czynnika roboczego odbywa się bez wykonania pracy mechanicznej wymaganej do kompresji w urządzeniach zasilanych elektrycznie. W zastępstwie energii mechanicznej, urządzenia te wykorzystują ciepło, dzięki któremu kompresja czynnika odbywa się na zasadzie „**sprężarki termicznej**”.

Fakt ten sprawia, że urządzenia te mogą działać w oparciu o ciepło odpadowe, czyniąc je bardzo ekologicznymi i energooszczędnymi układami chłodniczymi. Urządzenie bazuje na procesie adsorpcji, w którym to adsorbentem jest ciało stałe silnie higroskopijne, rolę adsorbentu spełnia para wodna.

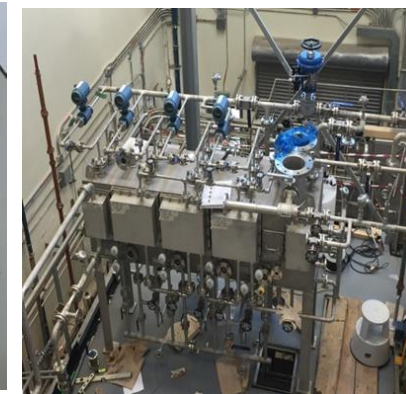
Zestawienie COP dla agregatów chłodniczych



Trójzłożowe chłodziarki adsorpcyjnej – początki



Produkcja wody lodowej i odsalanie wody z ciepła



Dane techniczne : 90 kW

✓ **Wymiary LxWxH [m]:**

Sekcja hydrauliczna:

5 x 3,5 x 2,5

Sekcja sorpcji:

8x5x5

✓ **Parametry wody lodowej:**

7/12 °C, 15/20 °C

✓ **Temperatura wody na wlocie - 60-90 °C**

**2.14 MW Sollar Village Arabia
Saudyjska**

Absorpcyjne pompy ciepła

Doprowadzenie



**Ciepło
użyteczne
Para 1 – 8
Bar**

60% ciepła



**Ciepło odpadowe
Woda 40°C/30°C
40% ciepła →**

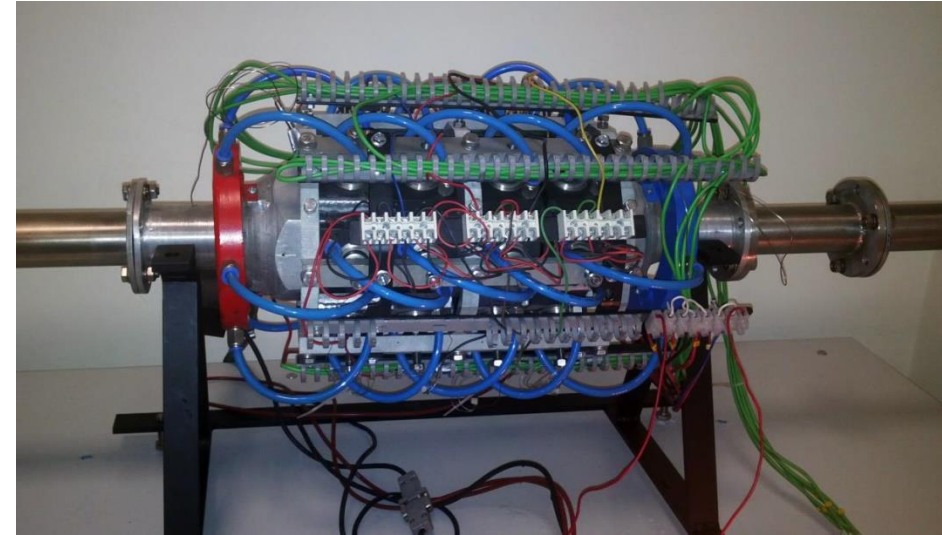
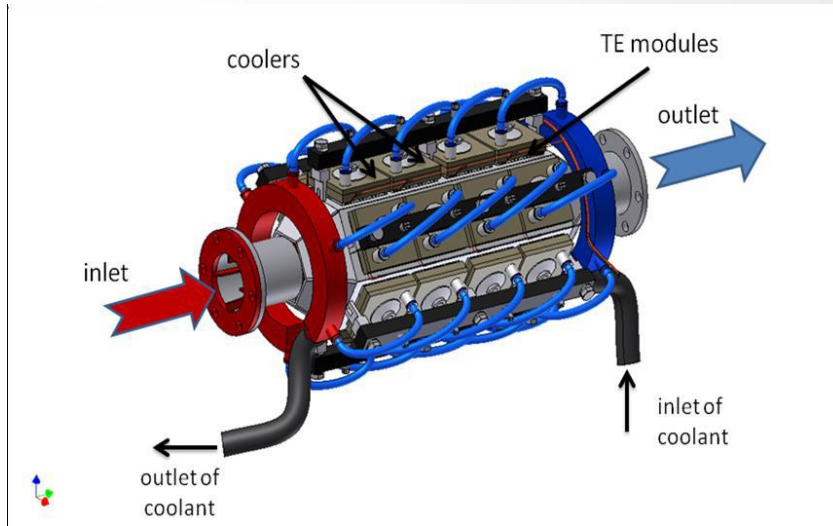


Uzyskujemy



**Ciepło użyteczne
gorąca woda 90°C
→ 100% ciepła
użytecznego**

Termogeneratory do zamiany ciepła odpadowego na energię elektryczną



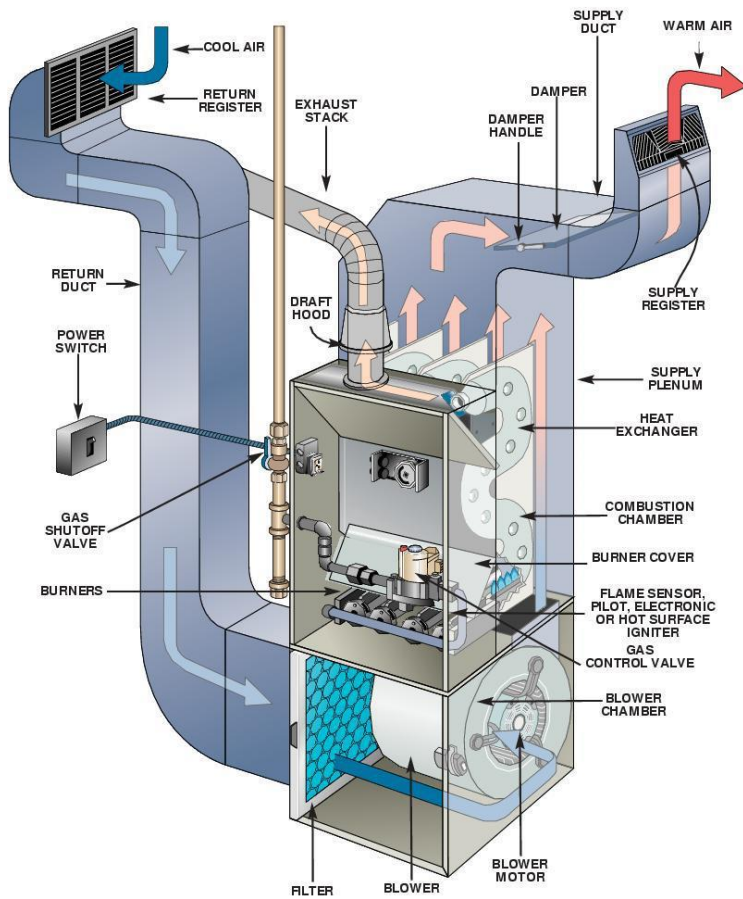
Całkowite wymiary 280 mm x 555 mm
 Wymiary wymiennika ciepła 110 mm x 311 mm
 Wewnętrzna powierzchnia wymiany ciepła 0.574 m²

Materiał wymiennika ciepła stopy aluminium
 Liczba modułów 24
 Moc nominalna pojedynczego modułu 7 W
 Nominalna moc generatora 168 W
 Napięcie stanu jałowego U_{oc} ($T_{in} = 250^{\circ}\text{C}$) 280 V
 Maksymalna temperatura modułów TE 200 °C
 Masa całkowita ~ 12600 g

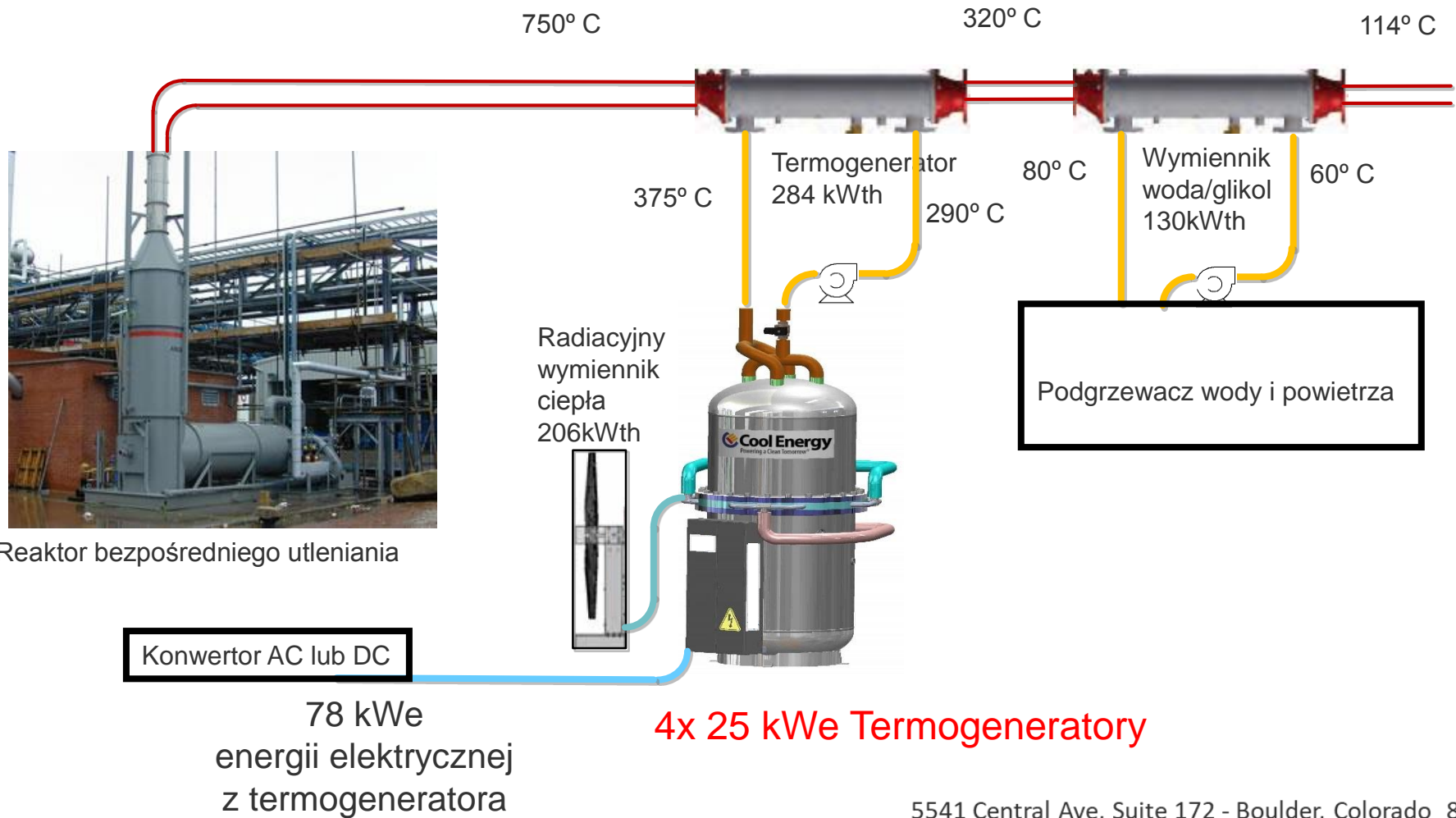


Elektrownia geotermalna Hatchobaru (Kyushu Electric Power), Japonia, 2015
 Prototypowy generator termoelektryczny o mocy ok. 20 kW (informacja własna)

Badania generatorów do odzysku ciepła ze spalin małych kotłowni Konsorcjum AGH – Holduct sp. o.o.

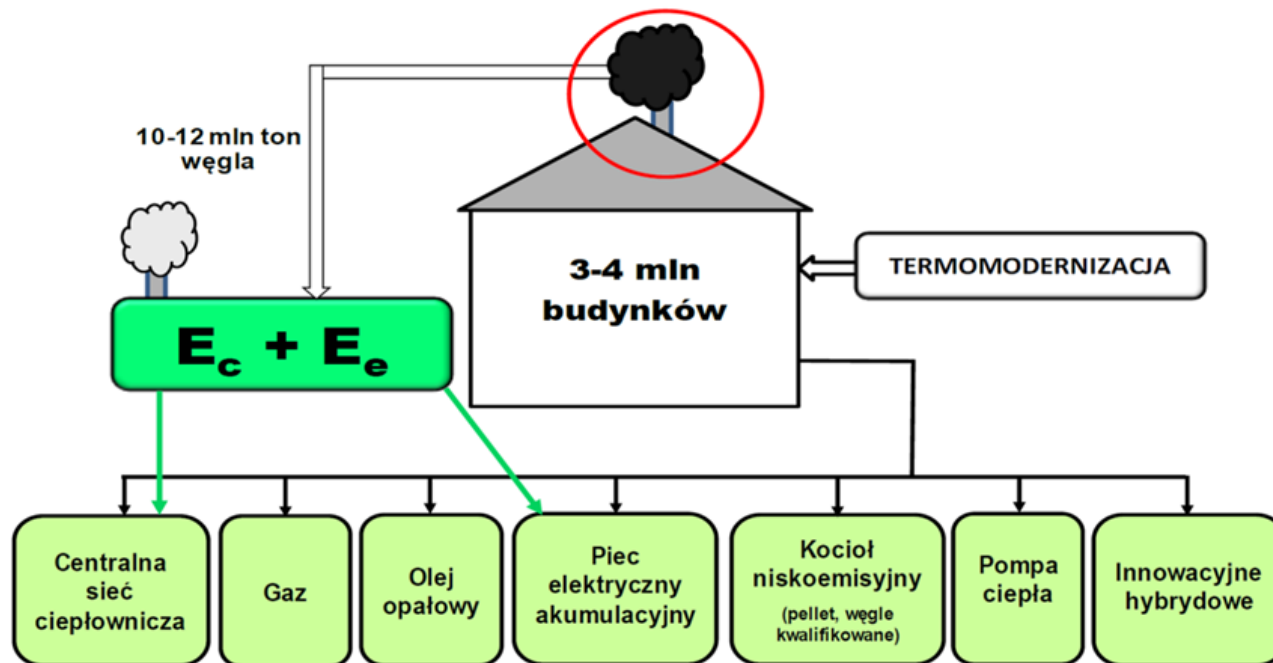


Odzysk ciepła z produkcją energii elektrycznej w termogeneratorach



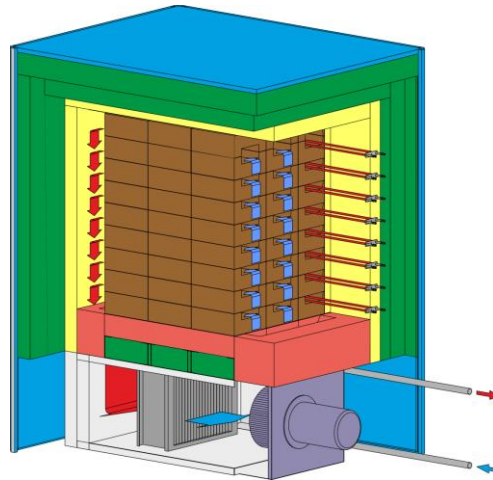
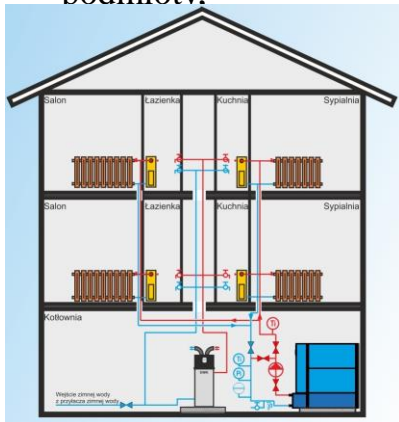
Selektywna elektryfikacja ciepłownictwa

- Porównując cenę ciepła sieciowego, na wysokim parametrze, przed domowym wymiennikiem, na poziomie 60 do 70 PLN za 1 GJ brutto, do ceny 1 GJ ciepła pochodzącego z wykorzystania energii elektrycznej, która wynosi w taryfie G12 (dla przykładowego odbiorcy w tej taryfie w 2016 roku: koszt zakupu energii elektrycznej: 0,217 PLN, usługa dystrybucyjna: 0,130 PLN, VAT: 0,079 PLN, łącznie: 0,426 PLN/kWh) ok. 118 PLN za 1 GJ, koszt tego drugiego medium jest prawie dwukrotnie wyższy. Zważywszy, że cena zakupu 1kWh energii elektrycznej to ok. 0,55 PLN/1 kWh w taryfie G11, natomiast 0,43 PLN w taryfie G12,
- taryfa antysmogowa dla celów grzewczych musiała by wynosić ok. **0,24 PLN za 1 kWh brutto**,



Selektywna elektryfikacja ciepłownictwa

- Gospodarstwo domowe w domu jednorodzinnym, które zużywa ok. 50 GJ ciepła rocznie uzyskałoby pokrycie różnicy między kosztem ogrzewania energią elektryczną, a kosztem ciepła sieciowego w specjalnej taryfie za energię elektryczną w wysokości ok 2650. PLN na rok,
- Taryfa antysmogowa finansowana jest w postaci opłaty w taryfie operatora systemu przesyłowego, a rozliczana poprzez operatorów systemów dystrybucyjnych,
- Objęcie selektywnym programem elektryfikacji ciepłownictwa 100 tys. odbiorców, o profilu ogrzewania opisanym wyżej wymagałoby zaangażowania środków w wysokości 265 mln PLN rocznie,
- W rozwiązaniu docelowym urządzenia grzewcze/punkty poboru wyposażone są w systemy umożliwiające zarządzanie popytem (DSM), to jest możliwość umownego, zdalnego sterowania odbiornikiem przez lokalnego Operatora Systemu Dystrybucyjnego OSD . Usługę agregacji redukcji popytu mogą zapewnić powołane w tym celu podmioty.



Mikrogeneratory Układy wielopaliwowe - OZE

Mikrogeneratory DACHS z silnikiem spalinowym (ICE) do wytwarzania prądu i ciepła zasilane: gazem ziemnym (HKA G5,5); LPG, LNG, CNG (HKA F5,5); olejem opałowym (diesel, RME, biodiesel B100 – HKA HR 5,3).

W LUK zainstalowane są 2 układy mCHP Dachs: HKA G5,5 i HKA HR 5,3.

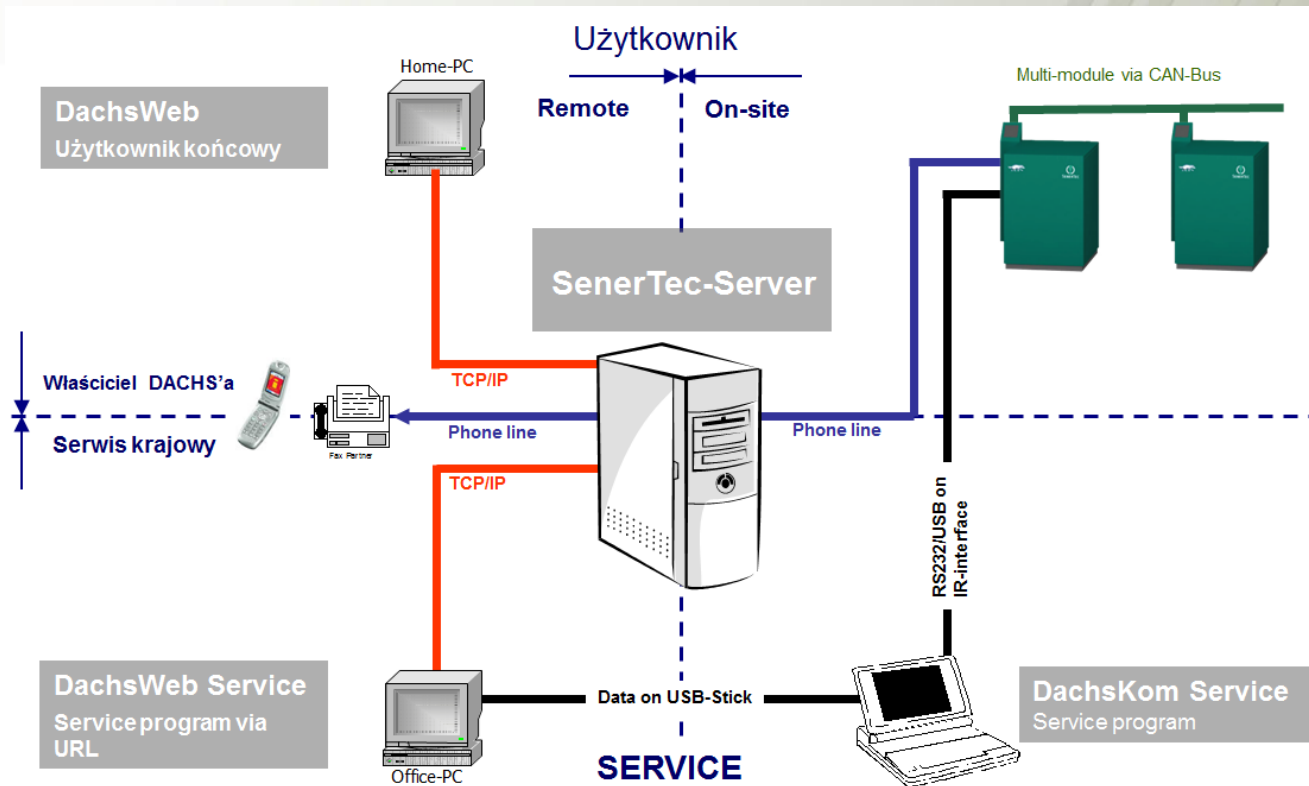
Charakterystyka ogólna:

- 5,5 kW_e mocy el. (prąd trójfazowy),
- 12,5 kW_t (15,5 kW_t) mocy grzewczej,
- do 3 kW_t ciepła z kondensacji,
- gorąca woda (do 83 °C),
- ogrzewanie budynków,
- produkcja c.w.u.,
- 2 obiegi grzewcze,
- grzałka elektryczna,
- kocioł szczytowy.



Klasa energetyczna
A+++

Przygotowanie do współpracy w sieciach typu Smart Grid





AGH

Potrzeby: magazyny energii

- Magazyny energii słonecznej i wiatru; nadmiar energii
- Elektromobility i ogniwa paliwowe

Baterie :

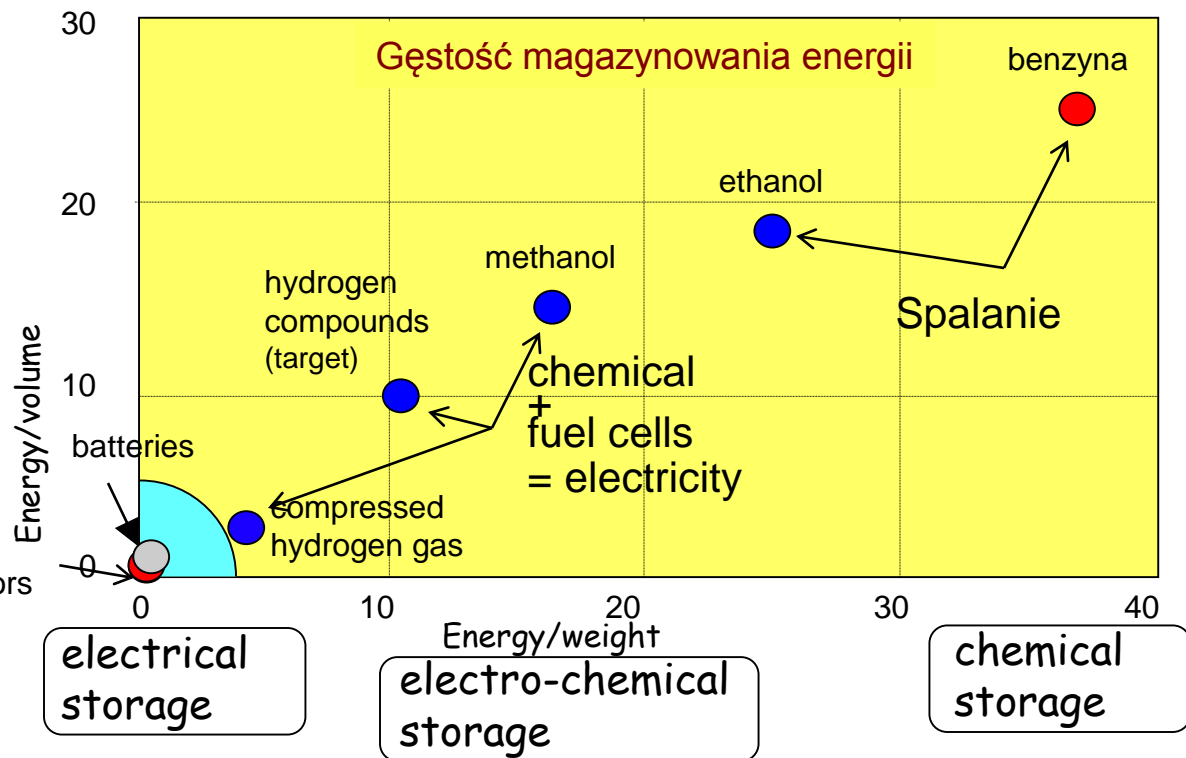
30-50x mniejsza gęstość energii niż benzyna

Marzenie i wyzwanie:
x10 poprawa

Oprócz baterii :

Chemiczne magazyny +
ogniwa paliwowe =
Elektryczność

super capacitors

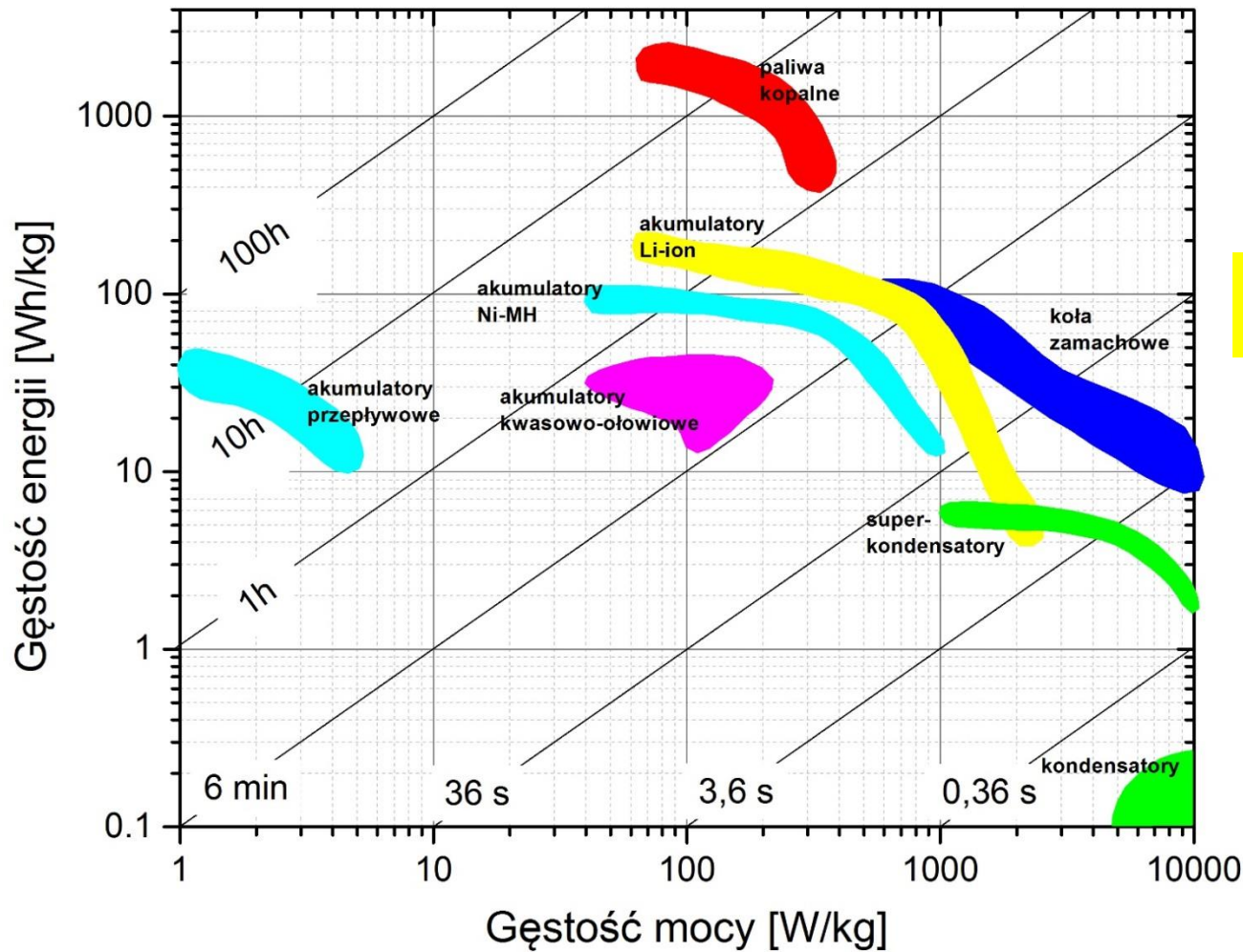


Potrzeba przełomowych technologii

x2-5 wzrost gęstości magazynowania w bateriach

x10-20 wzrost w chemicznych + ogniwach paliwowych

Technologie magazynowania energii



Parametry wskazują na akumulatory Li-ion

Magazynowanie energii w ogniwach litowych

Mieszanie
materiałów
elektrodowych



Wylanie
warstw
elektrodowych



Prasowanie
warstw
elektrodowych



Wycinanie
arkuszy
elektrodowych



Suszenie
arkuszy
elektrodowych



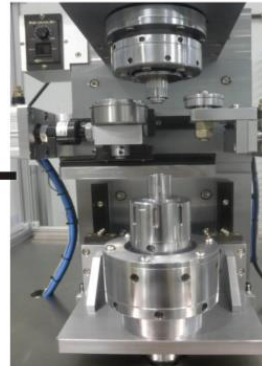
Gotowy
akumulator



Zamykanie
obudów
akumulatorów



Napełnianie
elektrolitem
obudów
akumulatorów



Spawanie
obudów
akumulatorów



Zwijanie
arkuszy
elektrodowych

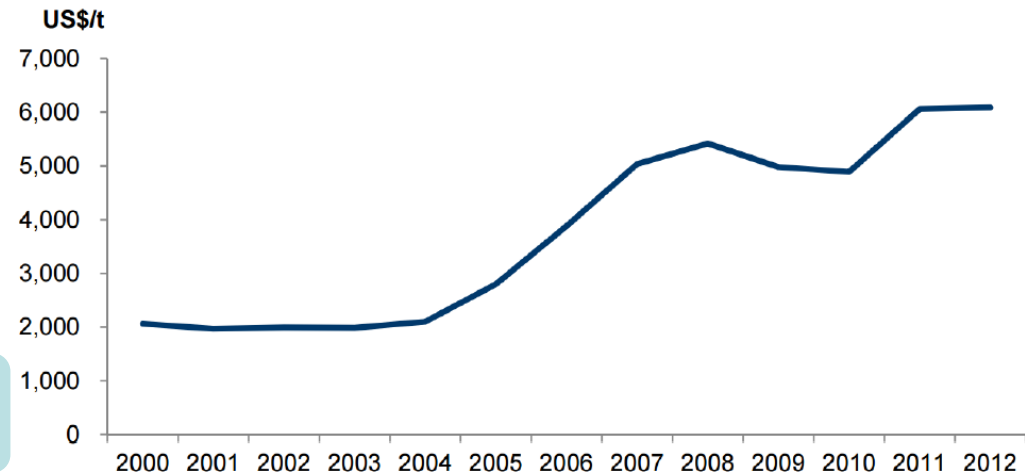
Czy będzie nas stać na akumulatory Li-ion?

- Ulokowanie litu na terenach niestabilnych politycznie, ciągły wzrost zapotrzebowania na ten pierwiastek oraz jego ubogie źródła powodują gwałtowny wzrost ceny litu w przeciągu ostatnich lat.

WZROST CEN LITU

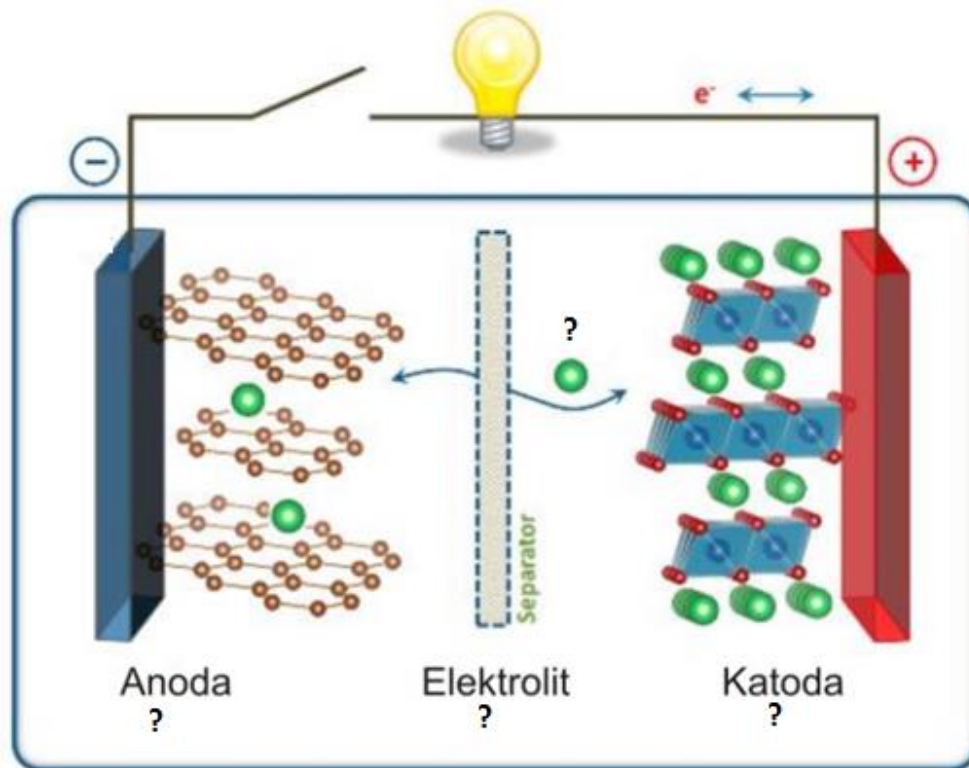
Wzrost popytu na lit

Ograniczone zasoby litu



Wzrost cen węglanu litu w latach 2000-2012

Poszukiwanie alternatywy dla ogniw Li-ion



ogniwa **K-ion**

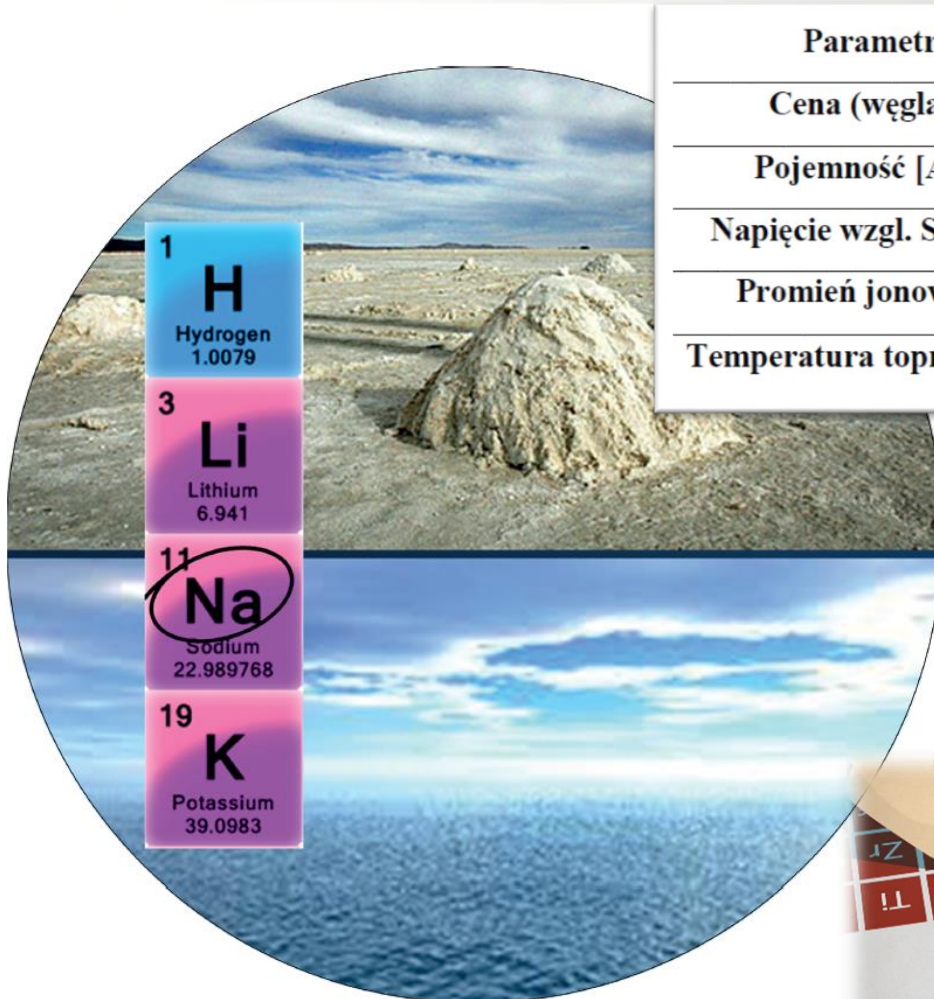
ogniwa **Na-ion**

ogniwa **Al-ion**

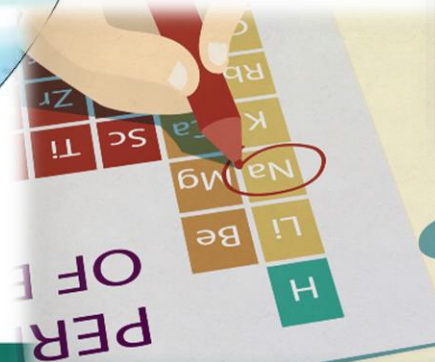
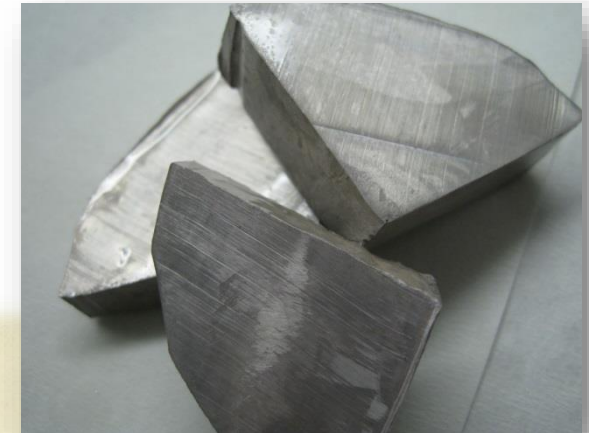
...



Na-ion batteries - konkurencja dla ogniów Li-ion?



Parametry	Na	Li
Cena (węglanu)	0,07-0,37 euro/kg	4,11-4,49 euro/kg
Pojemność [Ah/g]	1,16	3,86
Napięcie wzgl. SEW [V]	-2,7	-3,0
Promień jonowy [Å]	1,02	0,76
Temperatura topnienia [°C]	97,7	180,5



Poszukiwanie alternatywy dla ogniw Li-ion

A	Mass-to-electron ratio/g	Theoretical capacity of $A\text{CoO}_2/\text{mAh g}^{-1}$	Cell voltage	E° vs. $\text{Li}^+_{\text{aq.}}/\text{Li}$
${}^3\text{Li}$	6.941	274	4 V	0.000 V
${}^{11}\text{Na}$	22.99	235	3.5 V	0.331 V
${}^{12}\text{Mg}$	12.15 (= 24.31/2)	260 as $\text{Mg}_{1/2}\text{CoO}_2$	< 3 V	0.689 V
${}^{13}\text{Al}$	8.99 (= 26.98/3)	268 as $\text{Al}_{1/3}\text{CoO}_2$	< 2.5 V	1.369 V



Wielkoskalowe magazyny energii elektrycznej



Akumulatory litowo-jonowe



Tesla Powerwall
Moc: 7 kW
Pojemność: 7 kWh
Żywotność: 10 lat
Cena: ok. 3000\$



Samsung ESS
Moc: 5 kW
Pojemność: 3,6 kWh
Żywotność: 10 lat
(6000 cykli)
Cena: ok. 6500€



SONY Fortelion
Moc: 2,5 kW
Pojemność: 1,2 kWh
Żywotność: 20 lat
Cena: ok. 1300€

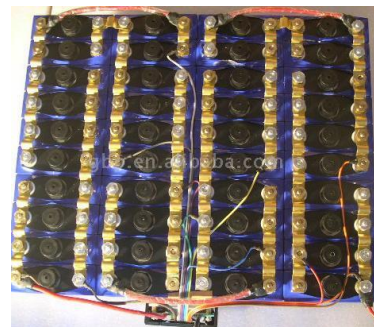
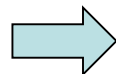
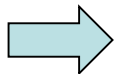
Emobility

Wystarczy na wiele lat ☺

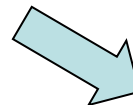
Nie zanieczyszcza środowiska ☺

Nie pozostawia żadnych zmian ☺

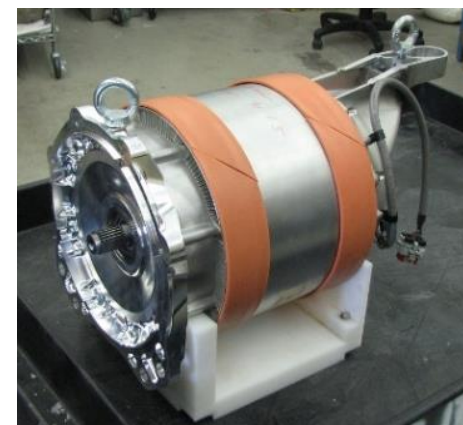
Generacja energii z OZE



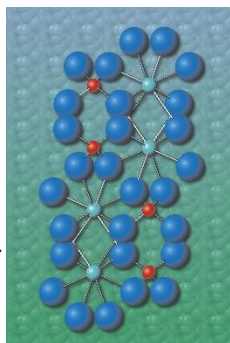
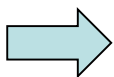
bateria



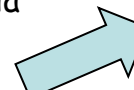
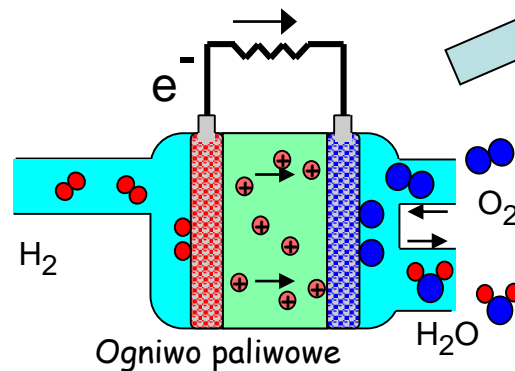
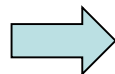
Silniki elektryczne w miejsce benzynowych



Produkcja wodoru z OZE lub z gazu koksowniczego



Magazyn wodoru



Wyzwania:

x2-5 większa gęstość energii w bateriach, katalizatory, membrany i elektrody w ogniwach

E-mobility i samochód autonomiczny

E-samochód pod względem zużycia energii można traktować jak duże gospodarstwo domowe



Delphi / Audi SQ5

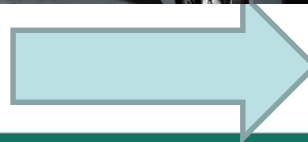


3000 kWh/rok



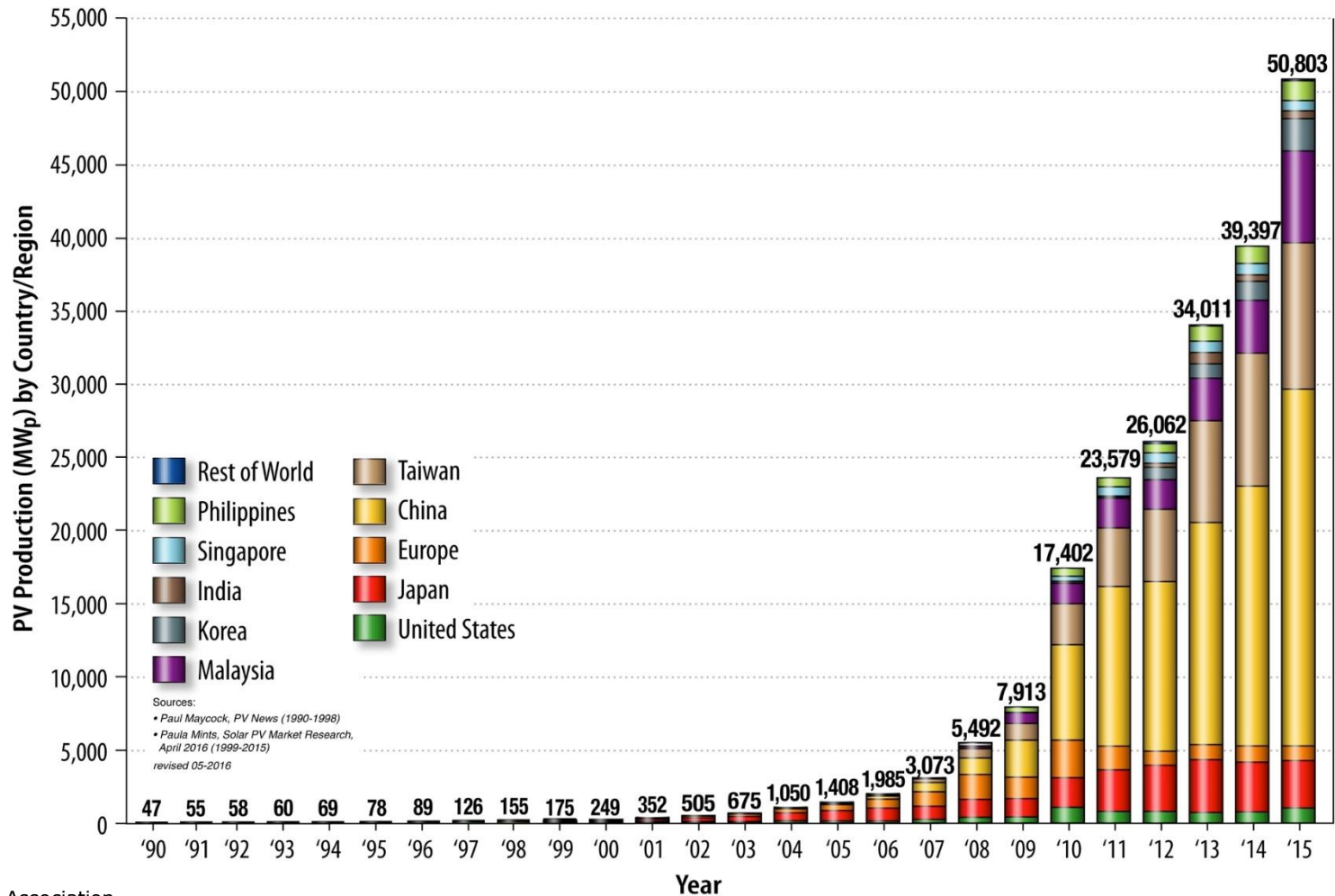
- Na razie w Polsce jest kilkaset e-samochodów.
- Kiedy technologia stanie się tańsza zwiększy się potencjał rynku dzięki niższym kosztom na 100 km w porównaniu do samochodów z silnikiem spalinowym: ok. 10 PLN vs 32 PLN,
- Rozwój rynku będzie także zależał od poziomu opodatkowania energii elektrycznej. Obecnie opodatkowanie benzyny i oleju napędowego to ok 60% ceny detalicznej.

Potencjał polskiego rynku





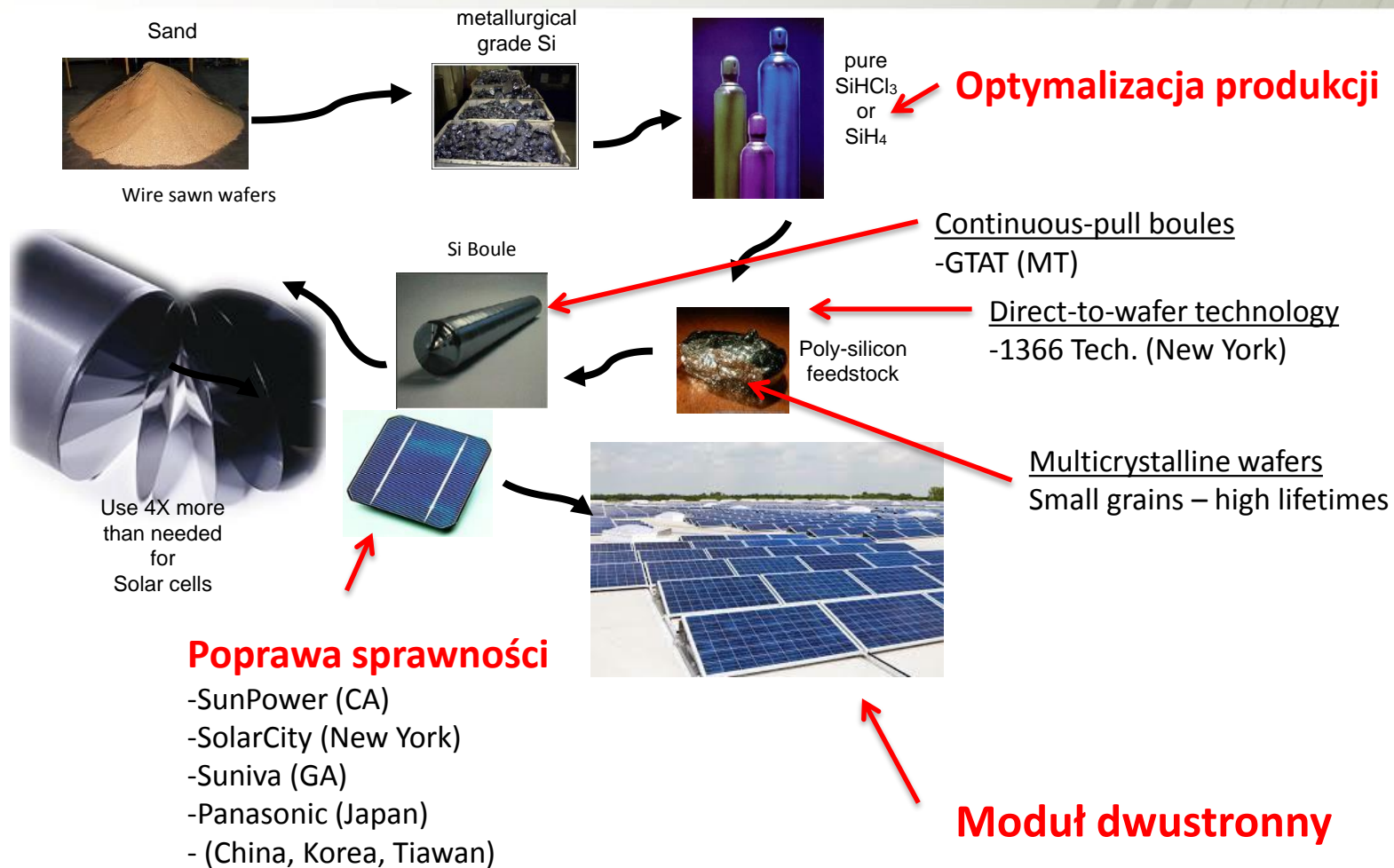
Roczna produkcja paneli PV: 1990 - 2015



Zestawienie teoretycznych limitów Shockleya-Queissera

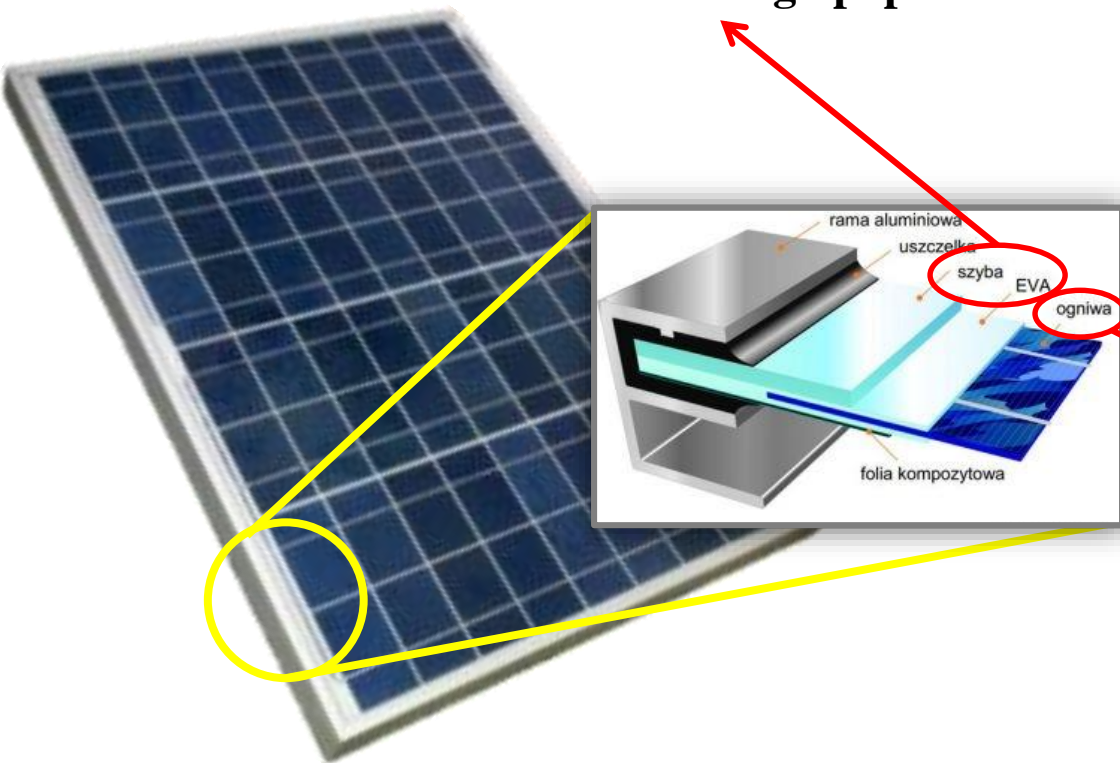
Materiał	Sprawność teoretyczna	Sprawności osiągnane NREL
c-Si	28	27,6%
muti Si		20.8%
cienkowarstwowe Si		13,6%
GaAs	33	28.8%
CdTe	32,8	21.5%
CIGS/CIS	33,5	23.3%
Wielozłączowe	bd	46%
Perowskitowe	32	20.1%
Organiczne	bd	9.9%-12.6%

Aktualne trendy w panelach słonecznych na bazie krzemu w celu obniżenia \$/W



Innowacyjny panel fotowoltaiczny

Modyfikacja architektury panelu fotowoltaicznego poprzez :



Zastosowanie warstw antyrefleksyjnych zwiększających transmisję taflı szklanej do 97-98 %

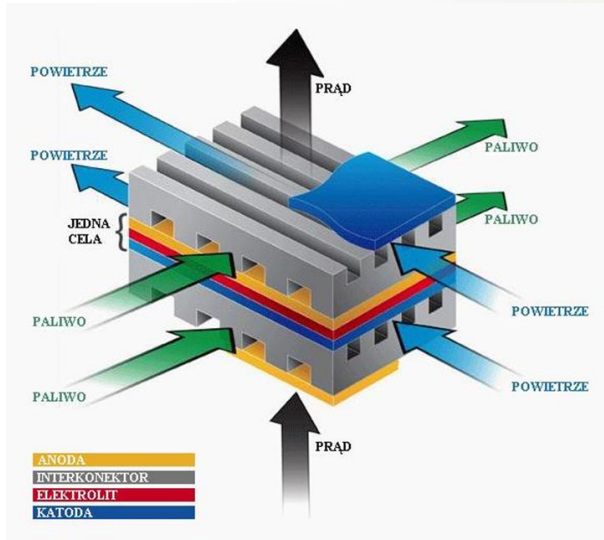
Zastosowanie folii laminacyjnej nowej generacji

Zastosowanie warstwy grzewczej zapewniającej usuwania śniegu i lodu

Nowe materiały półprzewodnikowe:

Perowskity zamiast **krzemu**

Ogniwa paliwowe



Motoszybowiec AOS –H₂

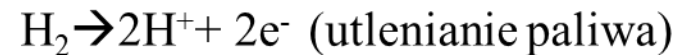


30 kW generator energii

PODSTAWOWE ELEMENTY:

- ANODA
- ELEKTROLIT
- KATODA
- INTERKONEKTORY

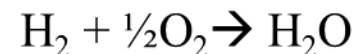
Anoda (A):



Katoda (K):



Sumarycznie:

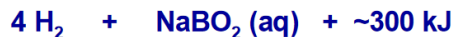




Energetyka wodorowa



cat



An energy-dense water-based fuel (i.e., 30 wt% NaBH₄ holds 6.7 wt% H₂)

Proprietary catalyst induces rapid H₂ production

Pure humidified H₂ delivered to engine or fuel cell

Borate can be recycled into NaBH₄

Exothermic reaction requires no heat input

- ♦ Hydrogen is generated in a controllable, heat-releasing reaction
- ♦ Fuel is a room-temperature, non-flammable liquid under no pressure
- ♦ No side reactions or volatile by-products.
- ♦ Generated H₂ is high purity (no CO, S) and humidified (heat generates some water vapour)



COMERCIAL SOLUTION PEM STACK 300 W

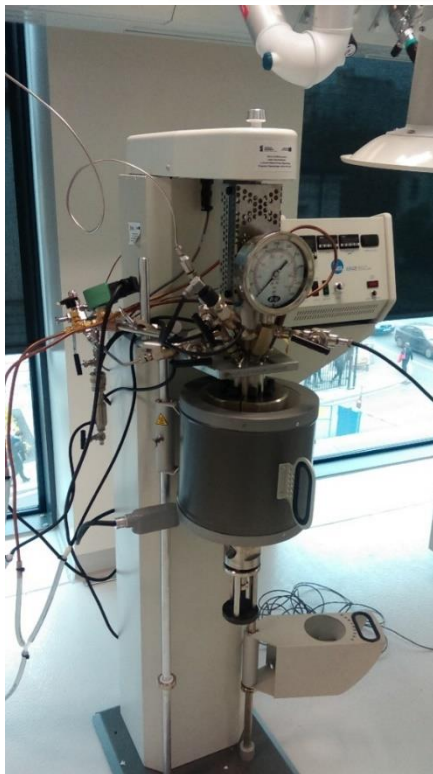


Type of Fuel Cell	PEM
No. of Cells	35
Rated Performance	10A@21V
Continuous Output Power	200W
Peak Output Power	600W for <10 min*
Output Voltage Range	21V-32V
Design Lifetime	500h
Weight (AEROPAK)	470g
Weight (Gs 1350mAh battery & power card)	208g
Reactants	Hydrogen & Air
Hydrogen Gas Purity	99.999%
Rated Hydrogen Consumption	2.2L/min
Hydrogen Input Pressure	0.4bar
Operating Temperature Range	0°C to 35°C
Maximum Temperature Shutdown	65°C
Low Voltage Shutdown	19V
Humidification	Self-humidified
Cooling	Air (Integrated Fan)
Start-up Time (with H2 gas tank)	< 10s
Start-up Time (with fuel cartridge)	< 1min



**Chemiczne źródła wodoru do zasilania
ogniw paliwowych dedykowanych dla bezzałogowych aparatów latających**

Biopaliwa trzeciej generacji



Reaktor wysokociśnieniowy-
wysokotemperaturowy Parr
(500°C, 30 MPa)



Zestaw analityczny Py-GC-MS
(CDS-Agilent)



Rekomendacje Centrum Energetyki AGH



Dream Teams kontraktowany z *najlepszych naukowców i praktyków* pracujących na najlepszym sprzęcie i skoncentrowany na najbardziej istotnych problemach energetyki.

Komercjalizacja: realizacja projektów badawczo-rozwojowych w ścisłej współpracy z biznesem / klientem „końcowym”

Skalowalność i Interdyscyplinarność: tworzenie (nowych/nowe zastosowania) i transfer (istniejących) kompletnych i nowoczesnych systemów, technologii i usług w obszarach polityki energetycznej, zmian niskoemisyjnej gospodarki, akceptacji społecznej i ekologicznej, itp



Centrum Energetyki AGH

