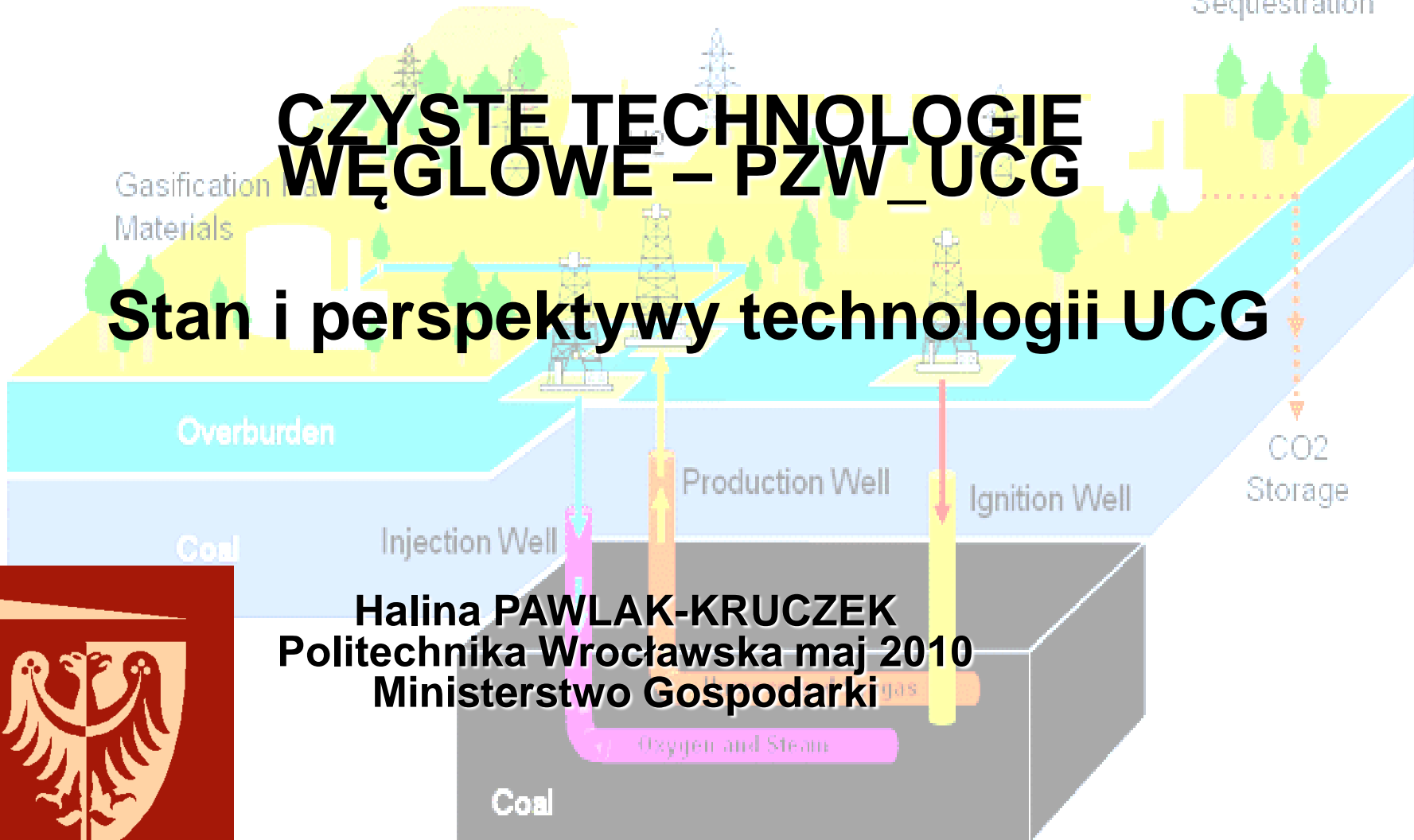


# CZYSTE TECHNOLOGIE WĘGLOWE – PZW\_UCG

## Stan i perspektywy technologii UCG



Halina PAWLAK-KRUCZEK  
Politechnika Wrocławska maj 2010  
Ministerstwo Gospodarki

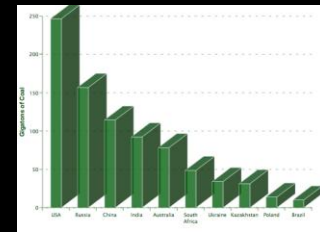


# Czynniki wpływające na zapotrzebowanie na zgazowanie

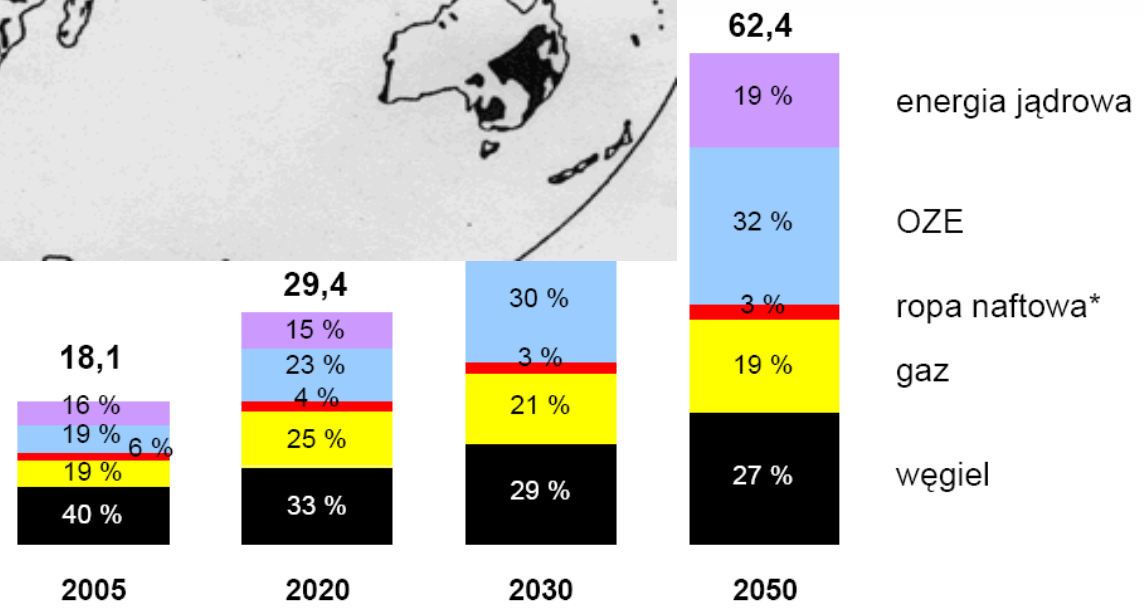
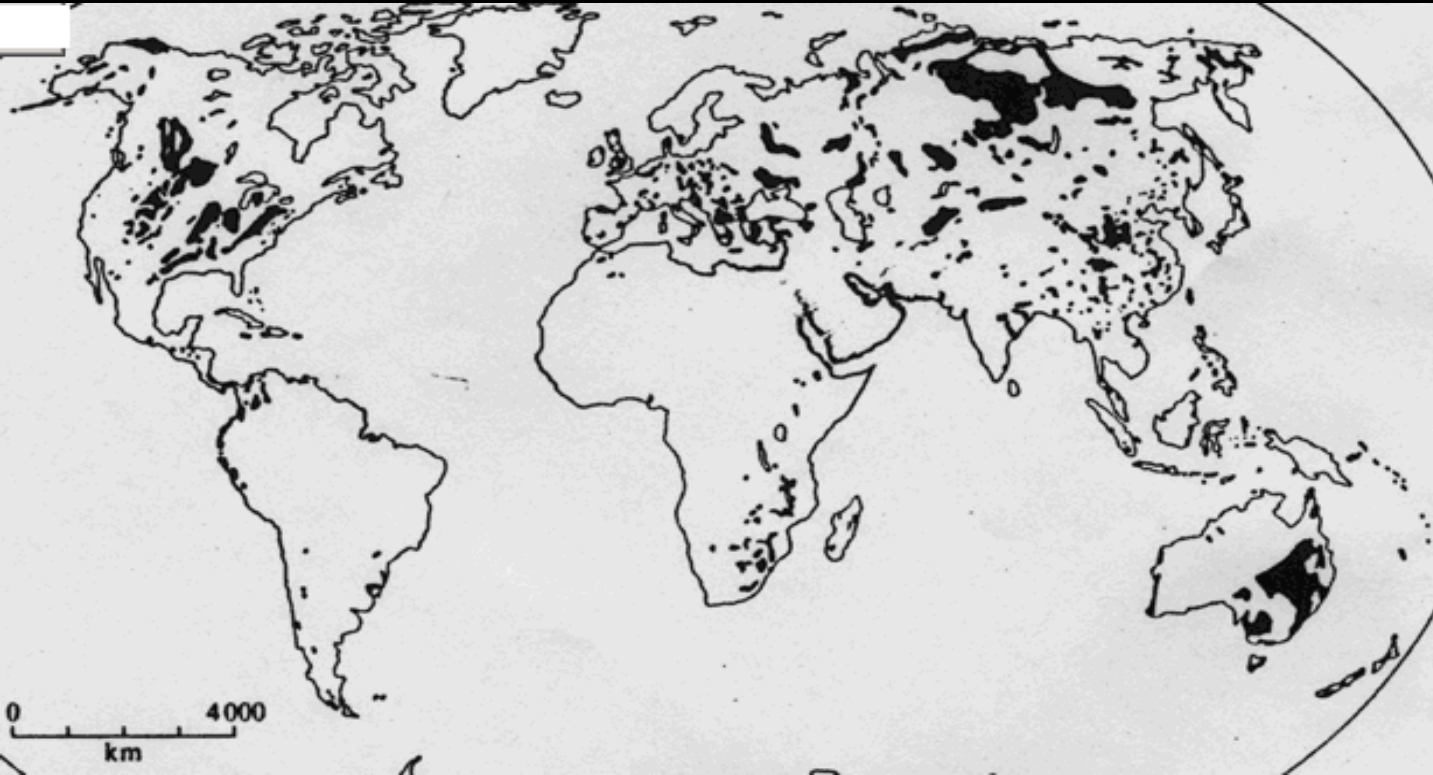
- Wysoka cena ropy naftowej i gazu ziemnego
- Bezpieczeństwo dostaw
- Bogate złoża węgla
- Alternatywa surowców i biomasy
- Troska o ochronę środowiska ( emisję zanieczyszczeń )
- Elastyczność ( poligeneracja )

# TECHNOLOGIE UCG – PZW W SKALI KOMERCYJNEJ POZWOLĄ:

- NA URUCHOMIENIE 85% ŚWIATOWYCH REZERW NIE EKSPLOATOWANEGO OBECNIE WĘGLA (909 Gt)
- DAJE SZANSE NA POZYSKIWANIE PALIW GAZOWYCH I INNYCH CENNYCH PRODUKTÓW CHEMICZNYCH
- MIEŚCI SIĘ W PROGRAMIE CCS – OBNIŻENIE EMISJI CO<sub>2</sub>
- PRODUKCJĘ ENERGII ELEKTRYCZNEJ Z DUŻĄ SPRAWNOŚCIĄ – CYKLE KOMBINOWANE ( IGCC)



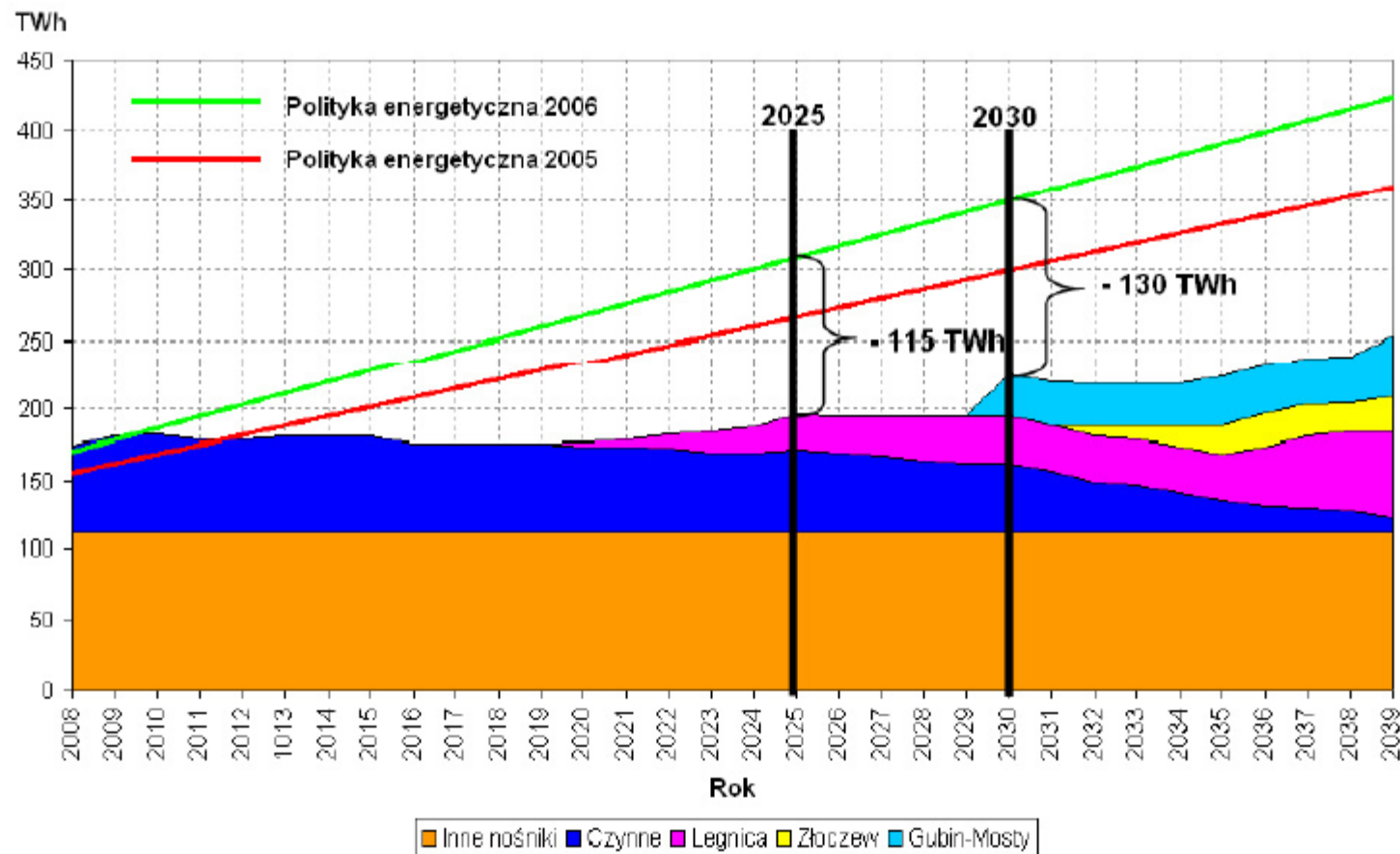
# Światowa produkcja energii elektrycznej w podziale na nośniki energii w miliardach MWh



Źródło: World Energy Council, Energy Policy Scenarios to 2050, London 2007

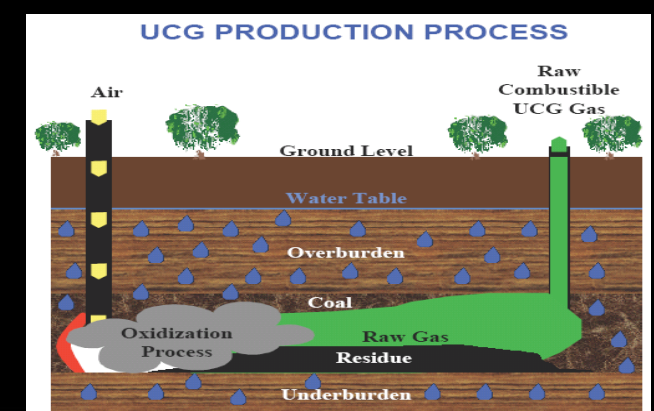
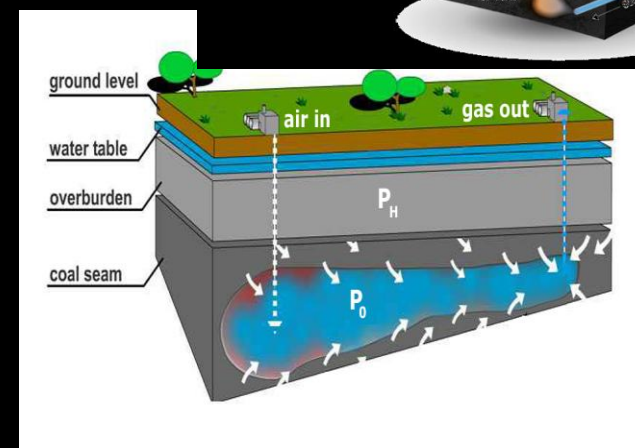
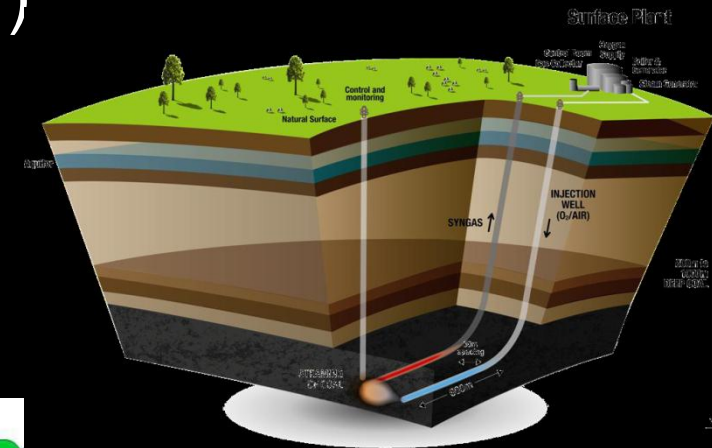
\* włącznie z inną produkcją ciepłą

# Prognoza zapotrzebowania i produkcji na energię elektryczną przy wykorzystaniu obecnie czynnych kopalń węgla brunatnego i złóż perspektywicznych



# UCG – jest jedną z alternatyw tzw. Czystych technologii Węglowych (CCT)

- UCG jest obecnie w fazie dynamicznego rozwoju
- Większość krajów bogatych w węgiel rozwija program UCG
- Istnieją wartościowe dane i wiedza dotycząca procesu UCG
- Nowe projekty wymagają współdziałania z organami ustawodawczymi, konsultacji społecznych
- Projektując UCG w skali komercyjnej należy brać pod uwagę bezpieczeństwo i Środowisko





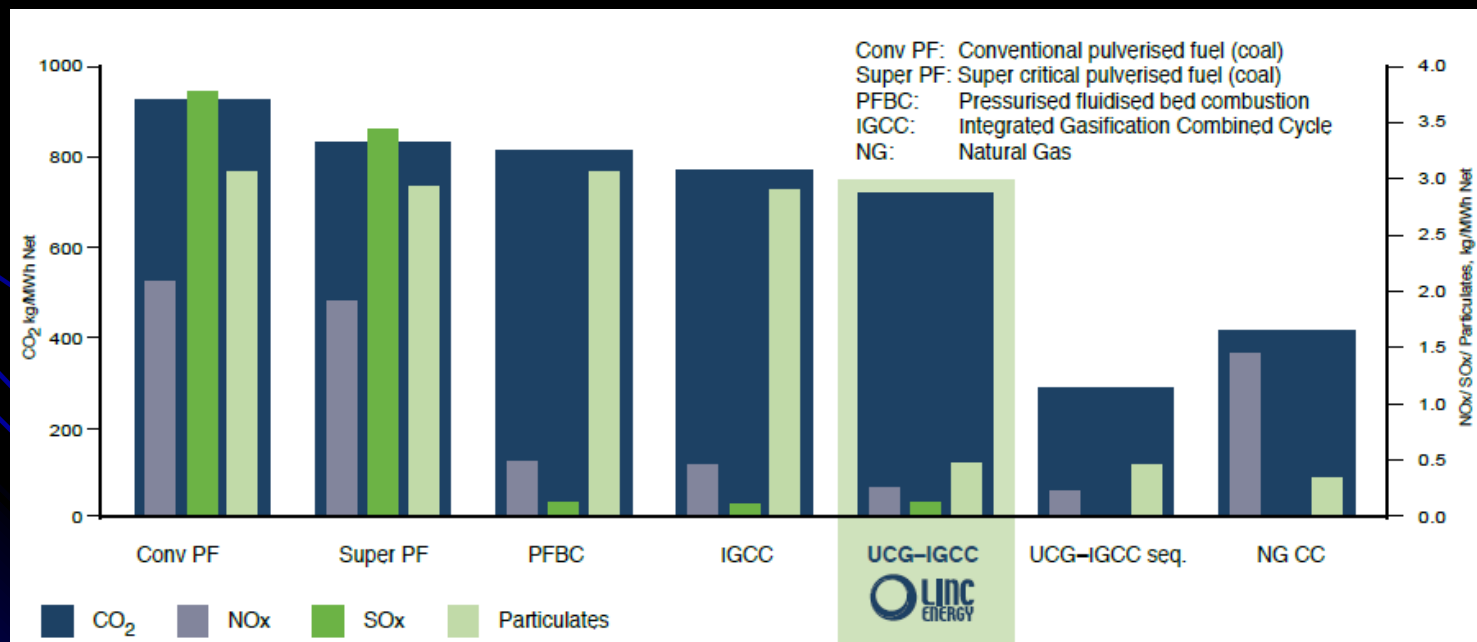
- **Gazyfikacja węgla może stanowić kluczową technologię dla czystych technologii węglowych**

- **UCG jest jedynym tanim rozwiązaniem gazyfikacji**

- **UCG zapewnia poprawę sprawności w porównaniu z systemami energetycznymi ciepłymi opalanymi węglem**

- **25% CO<sub>2</sub> -redukcji w porównaniu z cyklem węglowym/parowym - Porównywalna emisja do technologii IGCC**

- **Podobnie jak przy procesie IGCC istnieje możliwość uszlachetniania gazu tak aby był bogatszy w H<sub>2</sub> kolejno można zastosować sekwestrację CO<sub>2</sub>**

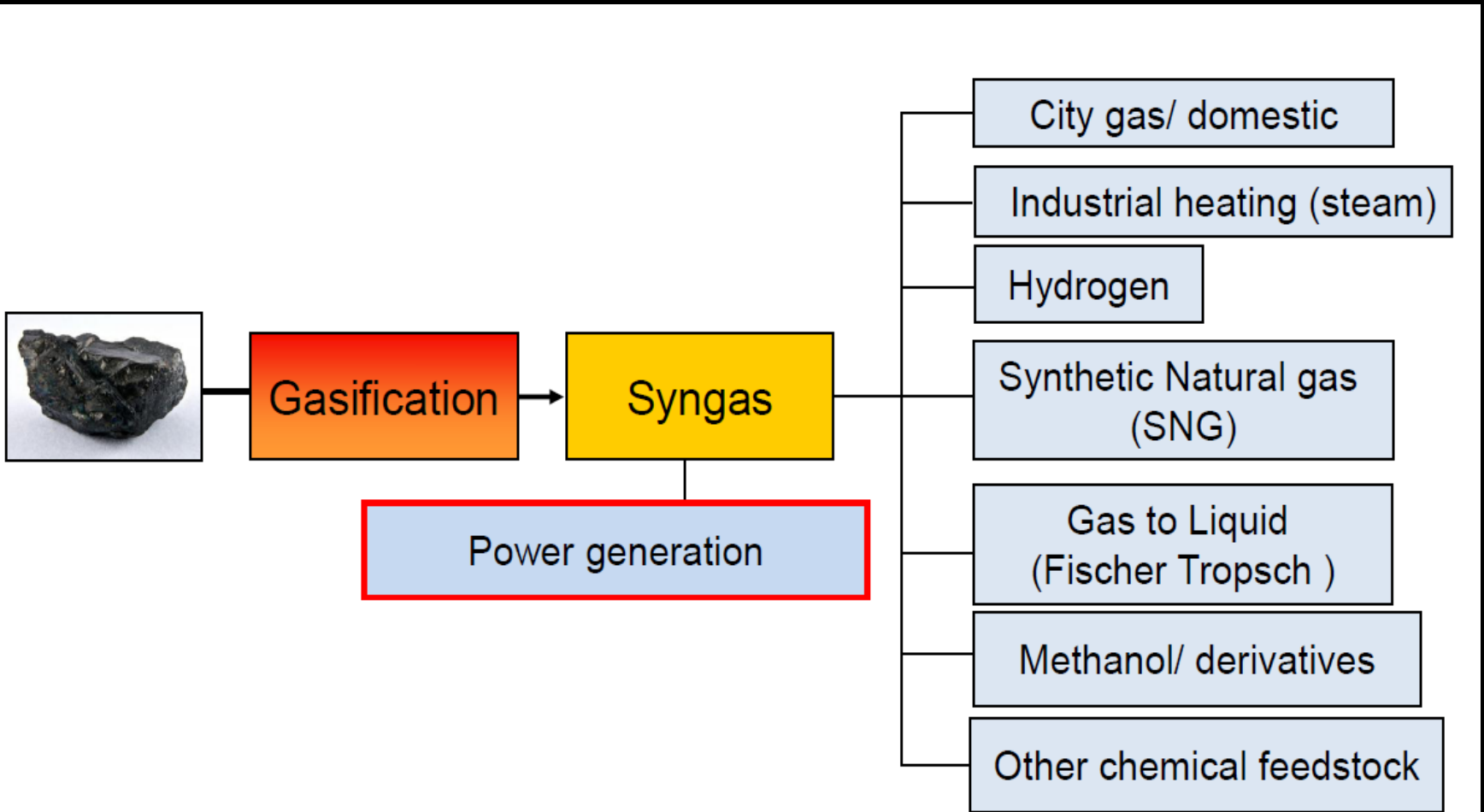


Air emissions from conventional fossil fuel power plants and UCG-IGCC <sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> BHP Billiton: <http://cis.com.au/ref/static/reports/public/acarp/acarp2.html>

<sup>b</sup> M.S. Binderman, C. Spero: *UCG in Australia: Development to Date and Future Options*. Report by Ergo Energy Technologies Inc., Linc Energy Ltd., and CS Energy Ltd., Brisbane, April 2002

# OPCJE APLIKACJI ZGAZOWANIA





# NIEZBĘDNE KOMPETENCJE DO EFEKTYWNEJ REALIZACJI PROJEKTU UCG-PZW

- sposób finansowania,  
źródła.....  
.....

finansowanie

- geologia
- rozmiary zasobów węgla,  
dostęp, dane własnościowe
- opracowanie i wybór  
miejsca (odpowiedni dla  
UCG)
- kwestie regulacyjne i  
licencyjne

zasoby

rynek

- znajomość podaży i  
popytu

technologia

- etap opracowania
- technologia UCG ( wiercenie,  
zgazowanie, oczyszczanie gazu)
- struktura kosztów i model  
finansowania
- kwestie środowiskowe
- zarządzanie

# Wymagana wiedza specjalności

- **GEOLOGIA- BADANIA, MODELOWANIE ZASOBÓW**
- **HYDROGEOLOGIA- MODELOWANIE ZANIECZYSZCZEŃ I ZACHOWANIA SIĘ WOD GRUNTOWYCH**
- **Górnictwo-GEOTECHNIKA –PROJEKTOWANIE I MONITORING**
- **Techniki WIERCENIA- ZARZĄDZANIE TECHNICZNE I OPERACYJNE**
- **Termodynamika i chemia procesu zgazowania OCHRONA ŚRODOWISKA-MONITORING I ZARZĄDZANIE**
- **INŻYNIERIA CHEMICZNA – PARAMETRY PROCESOWE, OCZYSZCZANIE GAZU, – SYNTEZA FT**
- **ENERGETYKA- produkcja ENERGII**
- **CCS**

**! Konieczna wymiana wiedzy i doświadczeń pomiędzy różnymi dziedzinami**

# Działania poprzedzające uruchomienie projektu UCG -PZW

- Badania potencjalnych złóż (miejsca) zgazowania
- Wybór odpowiedniej techniki wierceń
- Wybór procesu – w tym czynnika zgazowania (powietrze , tlen, para)
- Ocena bezpieczeństwa i wpływ na środowisko
- ekonomia

# Główne etapy – realizacji procesu UCG

- *Geologia i zasoby paliwa, Wiercenia - powierzchnia wybierania*
  - **Selekcja i rozpoznanie złoża do zgazowania ( strome czy horyzontalne, głębokość grubość)- dobór sposobu i miejsc odwiertów doprowadzających czynnik zgazowujący i odprowadzający gaz;**
- **Zapłon i modelowanie procesu zgazowania**
  - **Analiza parametrów procesu w zależności od głębokości złoża\* od ilości i rodzaju czynnika zgazowującego i typu węgla w złożu – ocena składu gazu syntezowego;**
  - **\*w płytkich złożach reaktor podziemnego zgazowania działa nieco poniżej ciśnienia hydrostatycznego , które rośnie ok 1MPa dla każdych 100m**
- **Kontrola zgazowania i monitoring środowiska**
- **Modelowanie wód gruntowych**
- **Osiadanie**
- **Zagospodarowanie produktu zgazowania na powierzchni**
- **Wychwytywanie CO<sub>2</sub> i magazynowanie**

# 1-Selekcja złoża

- głębokość i grubość złoża
- Charakterystyka fizyczno-chemiczna węgla
- Nachylenie złoża
- Obecność wód
- Ilość węgla -zasoby

<b>głębokość</b>	<b>przydatność</b>
> 200 m	wysoka <sup>1</sup>
60 - 200 m	dobra
< 60 m	Mało akceptowalne <sup>2</sup>

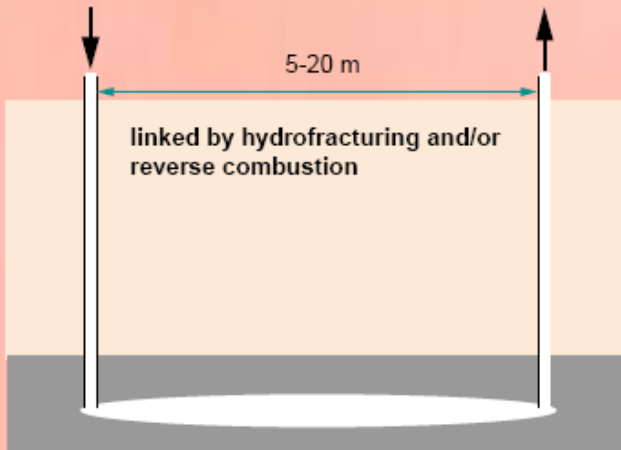
<b>grubość</b>	<b>przydatność</b>
> 2.0 m	wysoka
1.5 – 2.0 m	średnia
1.0 – 1.5 m	mała
< 1.0 m	nieakceptowalna

1- maleje ryzyko osiadania się powierzchni

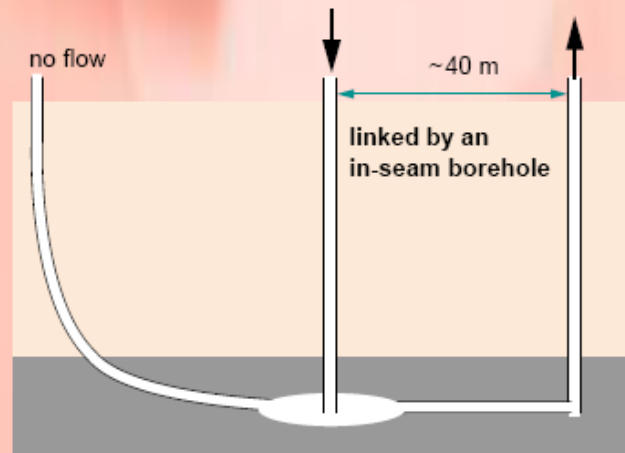
2 –górnictwo odkrywkowe

# I Odwierty Techniki wierceń UCG

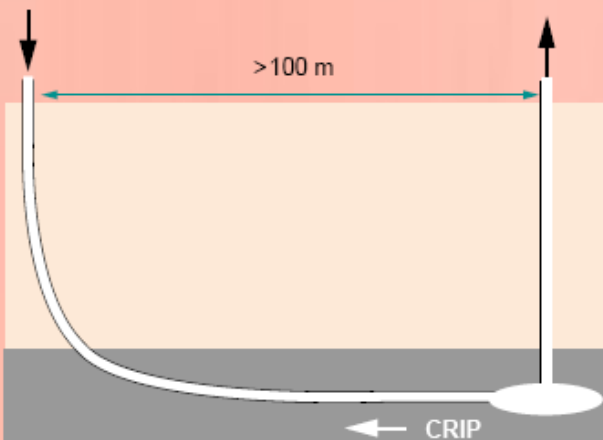
a) Vertical wells



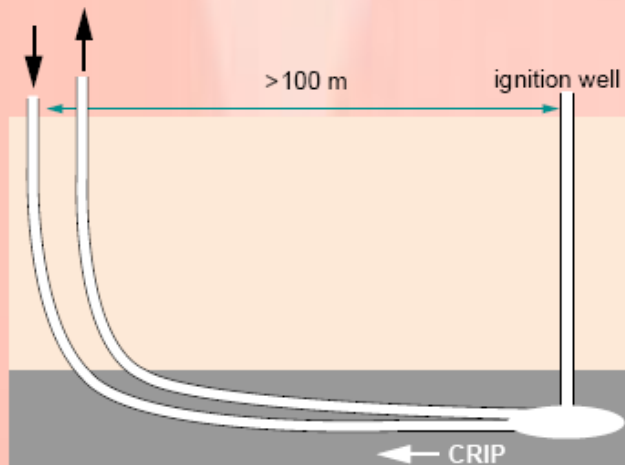
b) Vertical wells



c) Linear CRIP

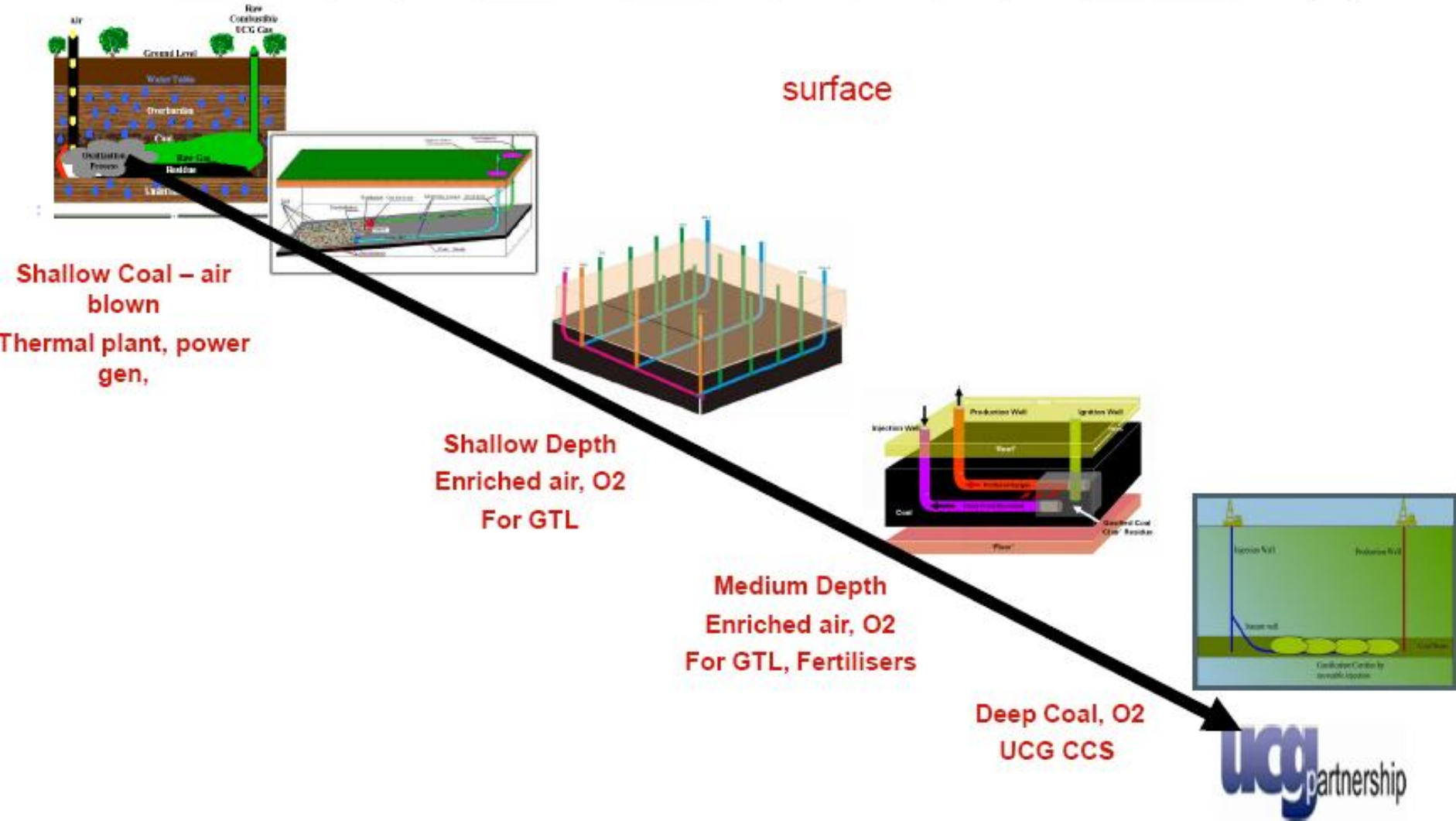


d) Parallel CRIP



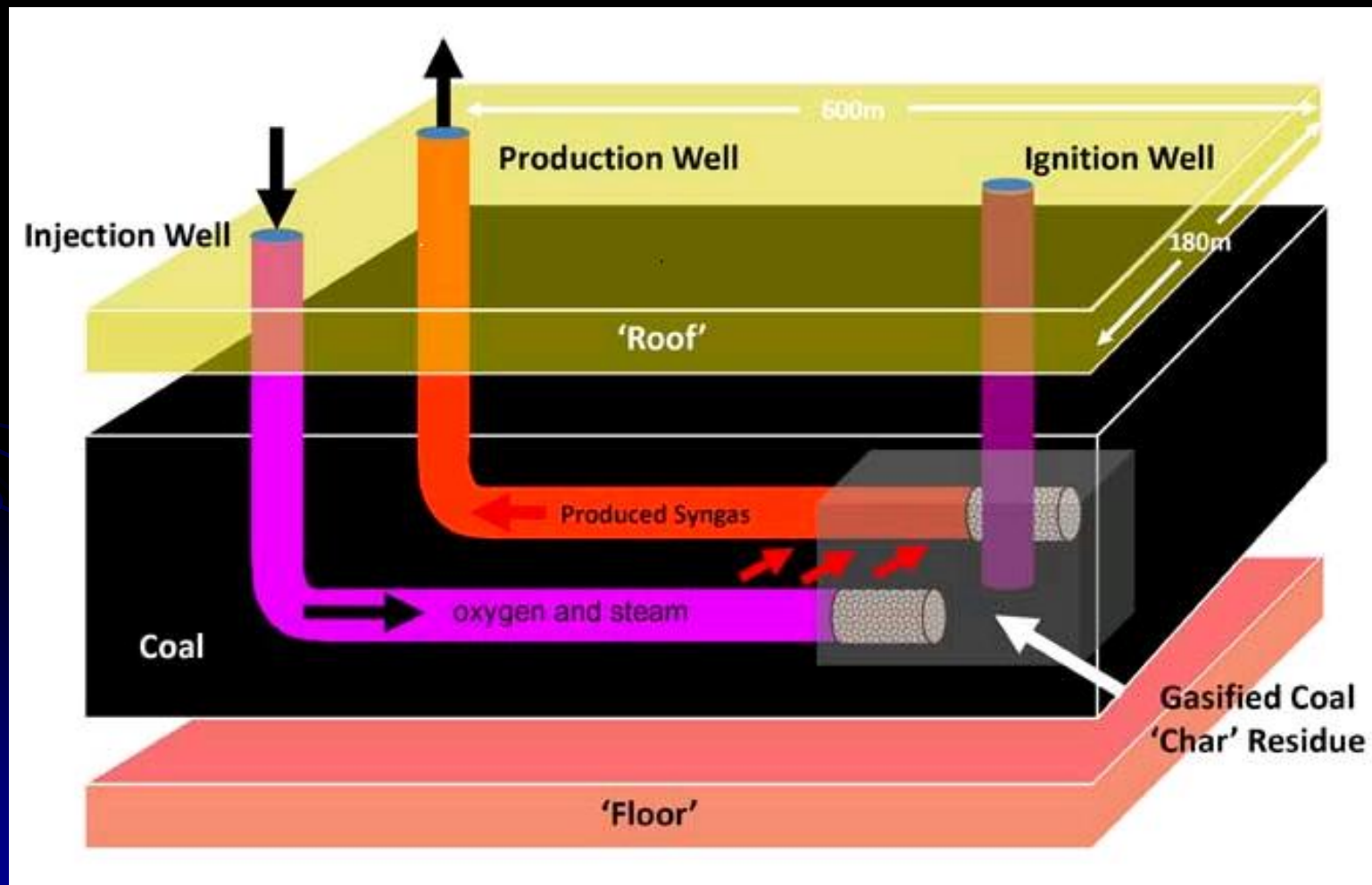


# Technologiczny rozwój a koncepcje UCG



# Technologia CRIP

## Kontrolowany punkt zapłonu

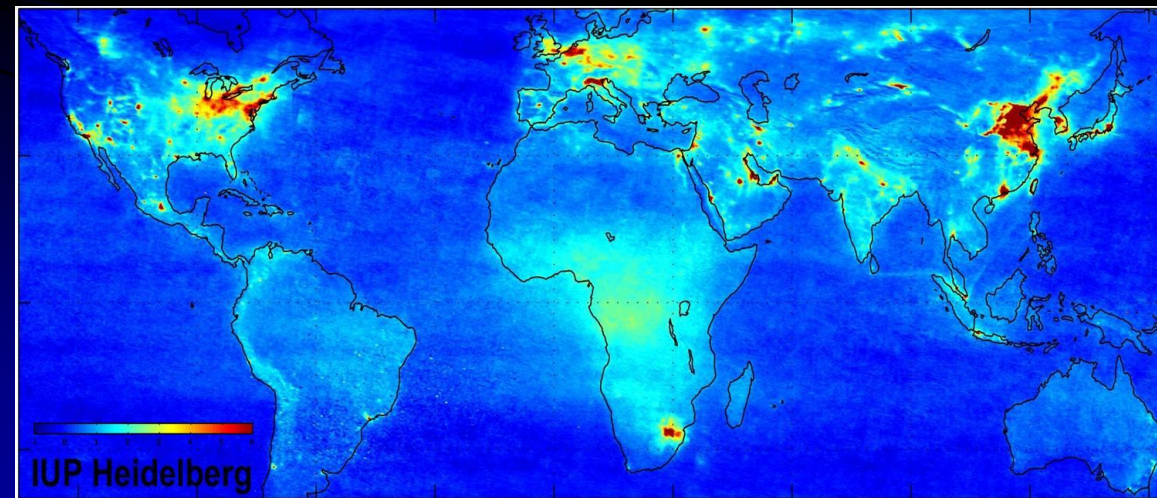
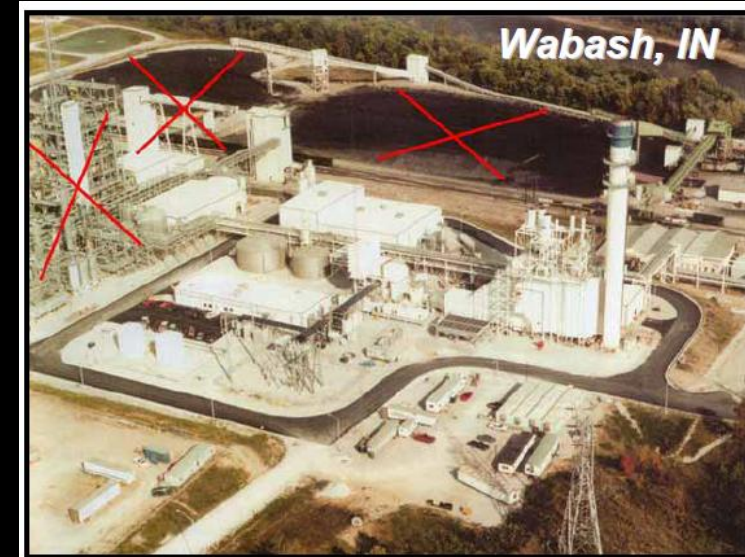


# Ila Zalety i korzyści UCG

- Węgiel może być wykorzystany przy minimalnym naruszeniu powierzchni
- Znaczna większość popiołu zostaje pod powierzchnią
- Może zapewnić niskie koszty pozyskania syngazu
- Przeprowadzone próby dostarczyły zachęcających wyników, które zwykle są wykonywane na małą skalę (pomiędzy 10 a 20 MWe wydajności)
- Konwencjonalne metody górnictwa są uważane za mało ekonomiczne
- Znaczne zwiększenie odzysku „energii” z powodu wykorzystania rezerw nie eksploatowanych tradycyjnie !

# Iła Zalety i korzyści UCG

- **Brak wydobycia**, zakupu lub transportu węgla, brak popiołów
- Mały wpływ na powierzchnię
- Brak emisji  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$



Emisja  $\text{NO}_x$  na świecie



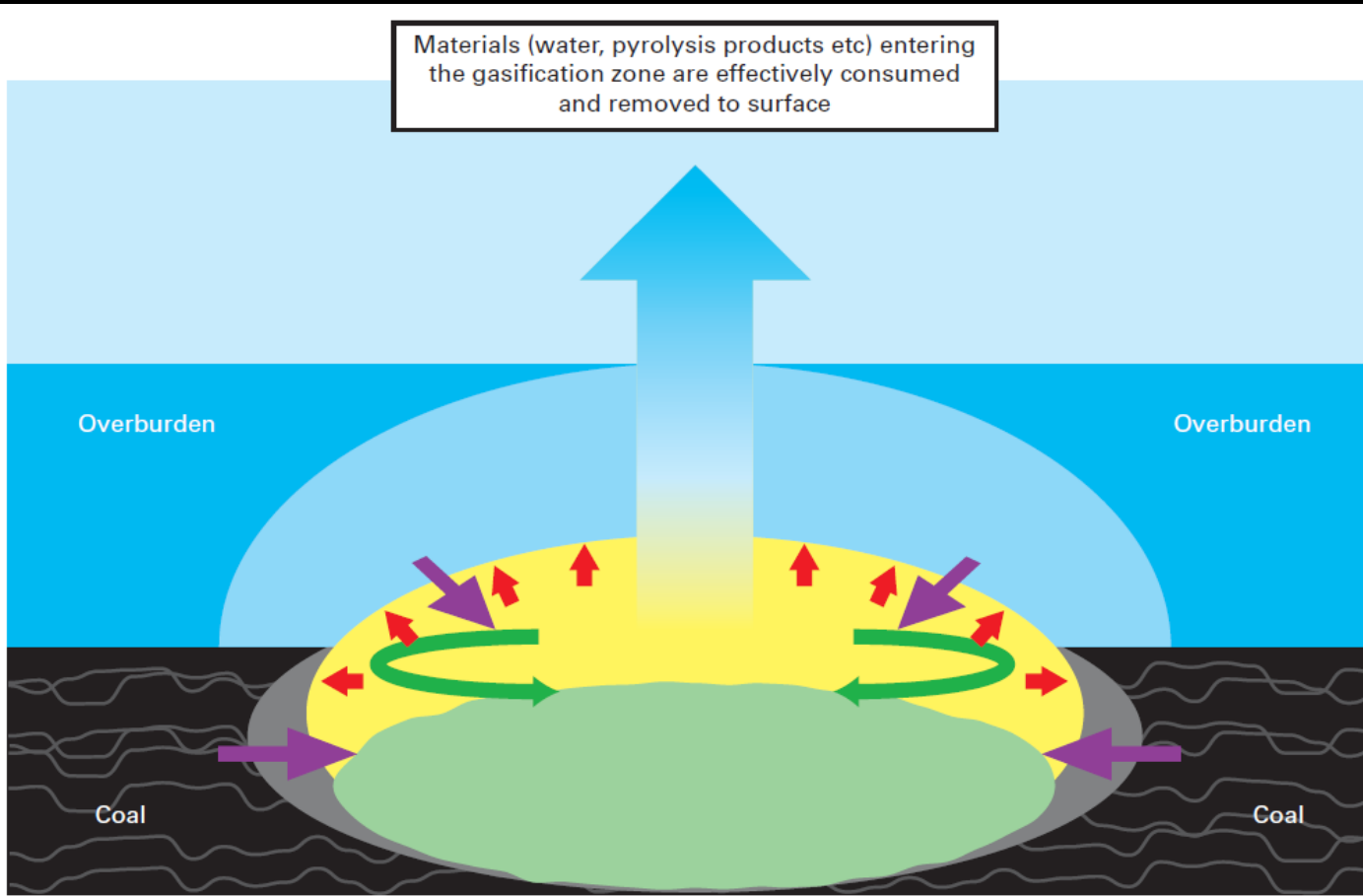
# III Ograniczenia i bariery technologii UCG PZW

- Proces zachodzi pod ziemią i poza zasięgiem wzroku
- Ograniczona liczba parametrów możliwych do kontroli i pomiaru.
- Modelowanie jest pomocnym narzędziem jednakże niewiele modeli zostało zweryfikowanych ( brak walidacji).
- Ścisłe kryteria wyboru lokalizacji nie są zdefiniowane jednoznacznie, z powodu braku wystarczających informacji i doświadczenia.
- Problem ochrony środowiska, jak np. wycieki gazu przez szczeliny, czy też zanieczyszczenia wody.

- Wymaga unikalnej integracji interdyscyplinarnej wiedzy z zakresu: geologii, hydrologii i termodynamiki gazyfikacji.



# III ograniczenia i bariery technologii PZW









-  In-situ hydrostatic pressure
-  Operational pressure of reactor
-  Gasification zone in reactor
-  Low permeability ash and caved material
-  Pyrolysis zone
-  Fractured overburden caused by caving

Figure A2.1 Underground pressure conditions and bubble during UCG operations

zroku  
 kontroli i  
 kże niewiele  
 ).  
 as  
 informacji i  
 azu przez  
 wiedzy z  
 zyfikacji.



# IV Historia\_Testy zgazowania

- Próby i testy na dużą skalę przeprowadza się od ponad 50 lat na terenach: Rosji, Europy, Chin i Stanów Zjednoczonych, Australii. Również w Polsce były próby zgazowania „metodą chodnikową- GIG”
- W trakcie tego czasu przydatne technologie zostały znacznie udoskonalone (np. odwierty kierunkowe).
- Testy rzadko udowadniały więcej niż 1 lub 2 aspekty procesu UCG, a uzyskiwano duża ilość niechcianych ubocznych efektów.
- Na terenach ZSRR od 44 lat (Uzbekistan) istnieje instalacja UCG , dotąd zgazowano ok.. 15-20 Mt jakość otrzymywanego syngazu jest wystarczająca do produkcji energii

# Analiza PZW-UCG Bieżący stan

- ZSRR (przed 1991), Rosja, Ukraina, Uzbekistan ( po 1991)
- USA
- Europa
- Kanada
- Australia
- Południowa Afryka
- Chiny
- Nowa Zelandia, India, Japonia ...
- **Patenty**



# Distribution of UCG sites



Carbon Energy



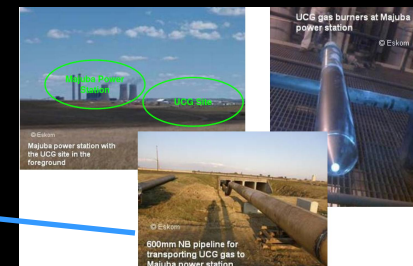
Angren, Uzbekistan, 44 lata pracy



Wewnętrzna Mongolia, 2006

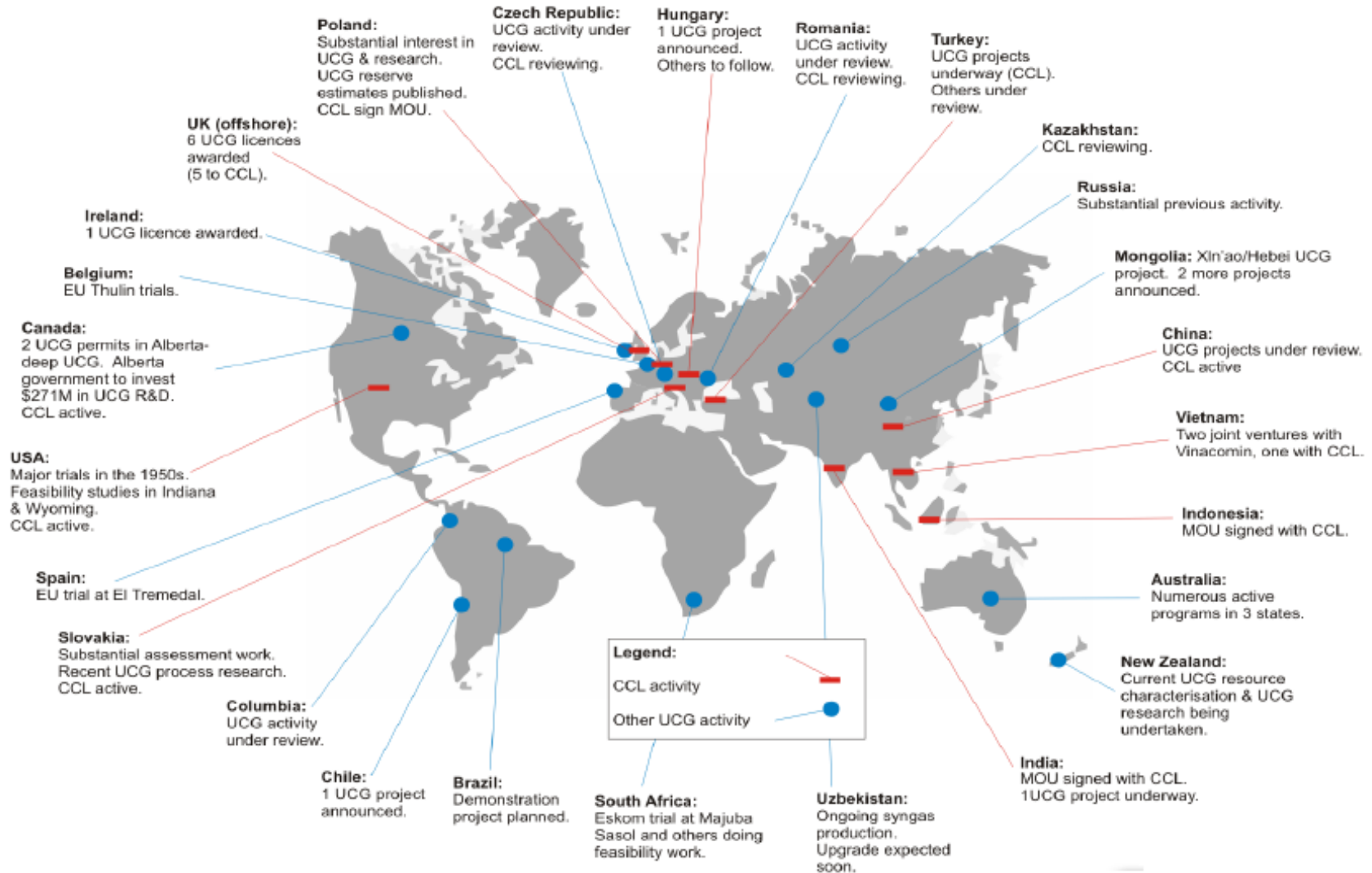


Chinchilla, Australia, pilot CTL



Majuba, RPA, planowane : 2100 MWe

# Aktywność w zakresie PZW-UCG

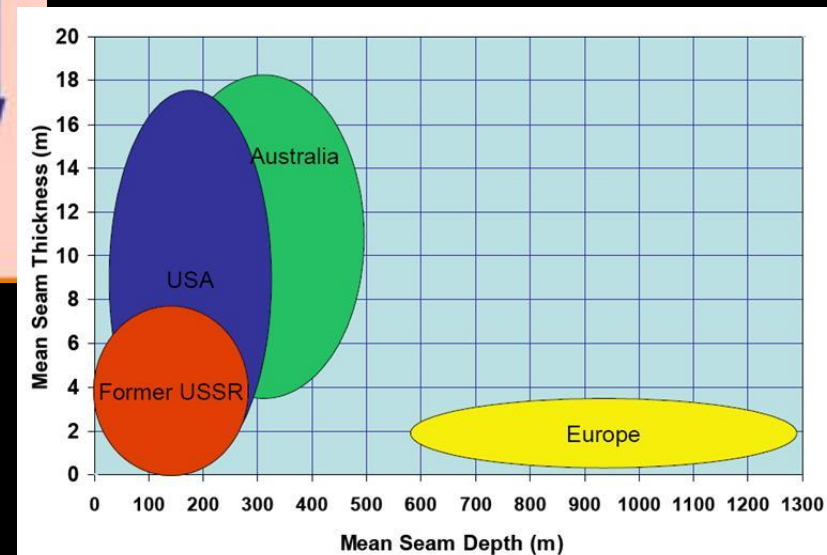
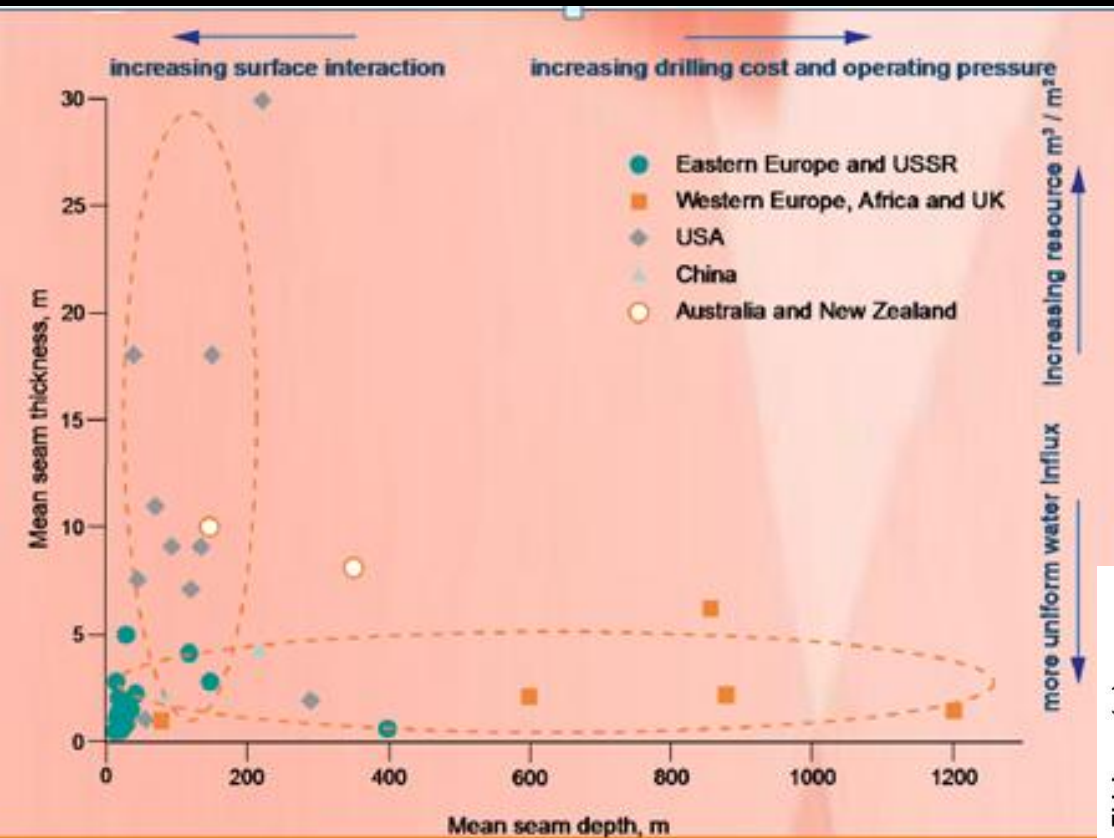


# Projekty UCG



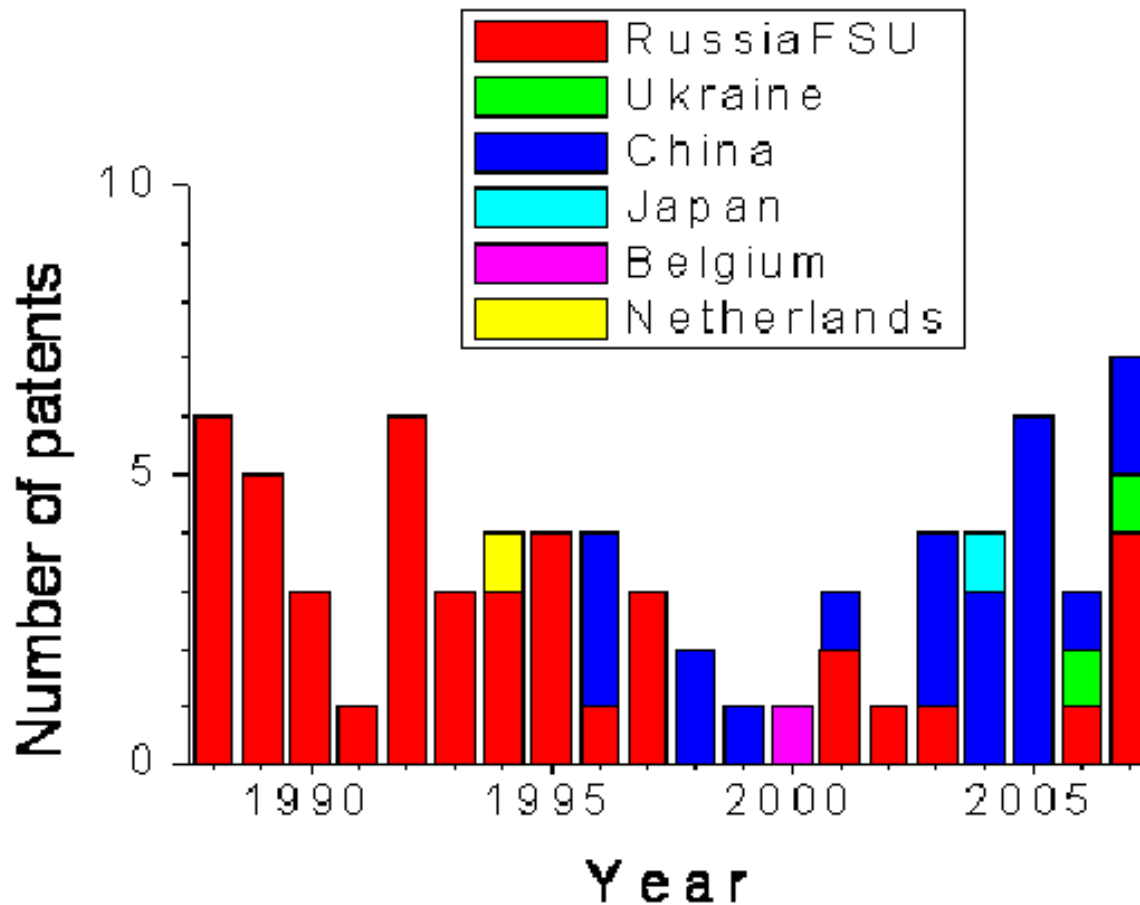


# IVa Testy zgazowania podziemnego do 2005





# Technologiczny Renesans Podziemnego Zgazowania



Patenty bezpośrednio nawiązujące do PZW

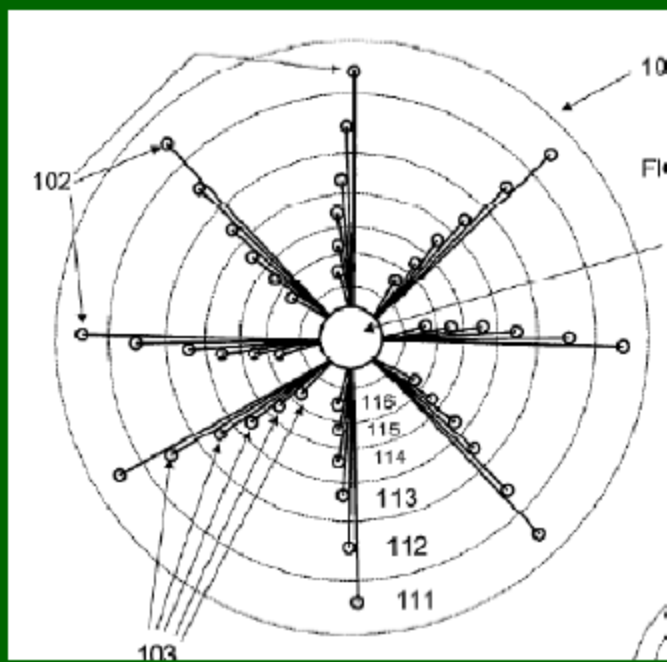
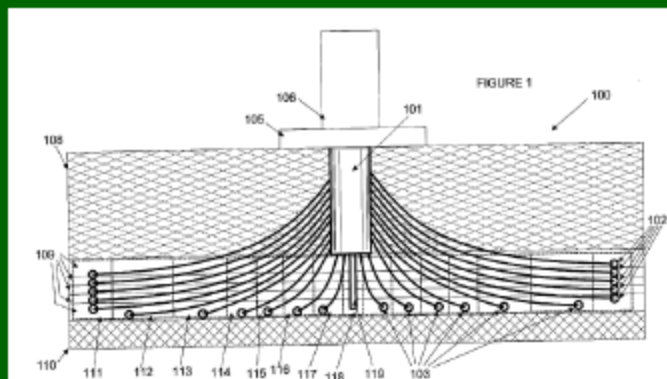
(19) United States

(12) Patent Application Publication

Zakiewicz

(10) Pub. No.: US 2003/0131989 A1

(43) Pub. Date: Jul. 17, 2003



U.S. Patent

Aug. 13, 2006

Sheet 2 of 7

US 7,090,009 B2

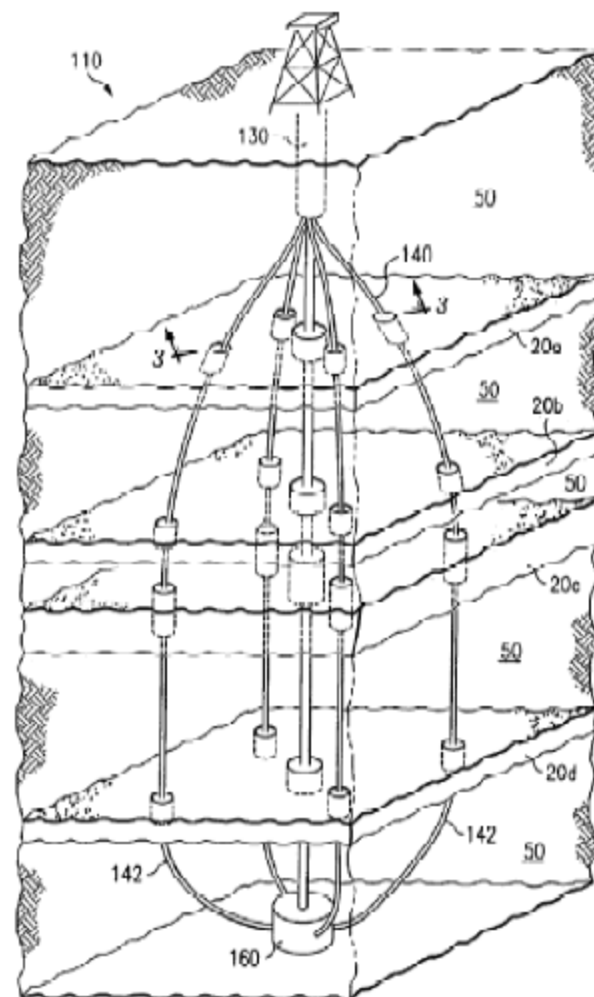
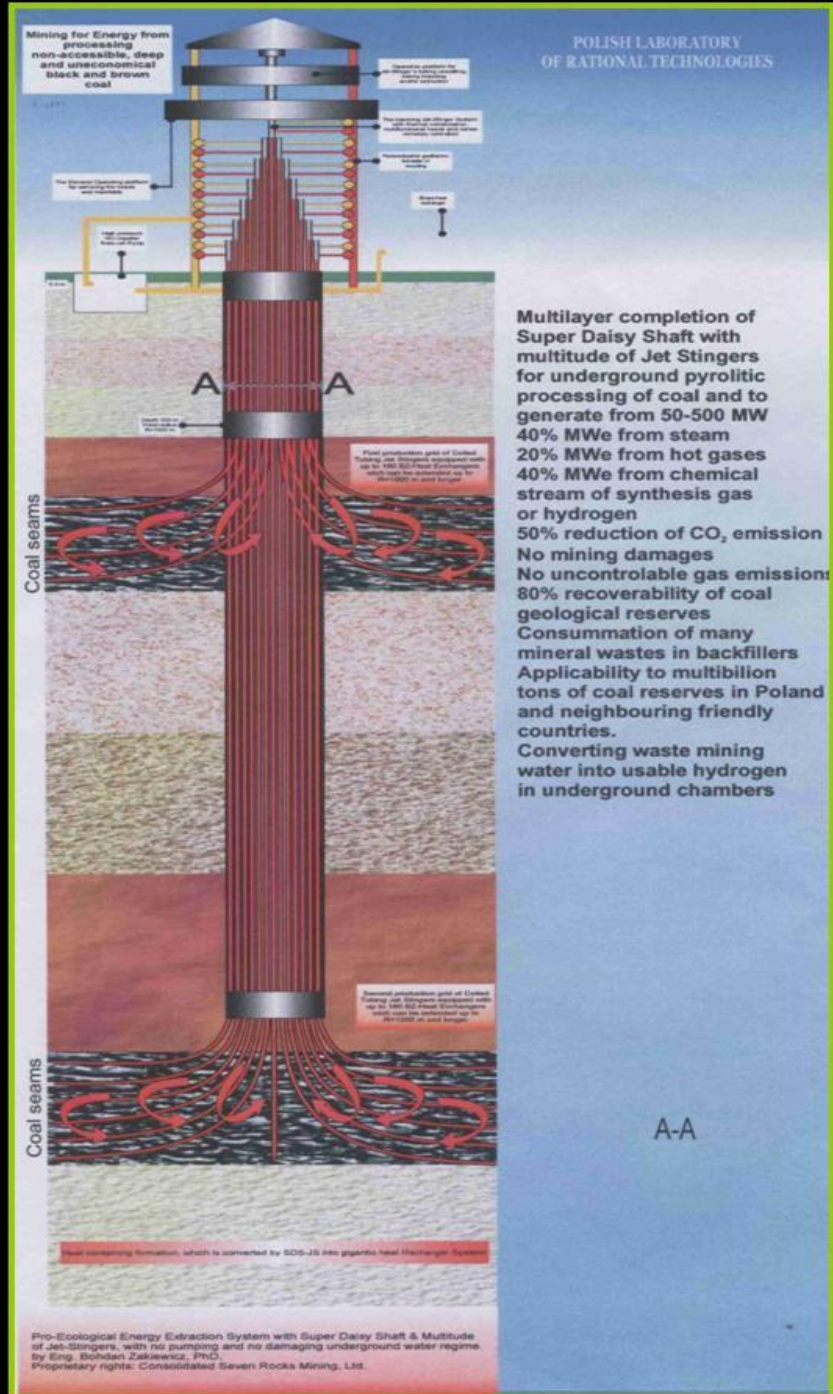


FIG. 2

Opisano dziesiątki zastrzeżonych koncepcji PZW

# Pilot for Complex Extraction of Energy from Coal (CEEC)

- Super Daisy Shaft (SDS) - technologia wypróbowana w 29 kopalniach siarki, ropy, gazu i soli na całym świecie
- Technologia chroniona kilkunastoma patentami
- Czas realizacji pilotażu CEEC : 2 lata
- koszt 55-70 milionów euro
- Koszt energii elektr. 0.020 euro/ kWh
- koszt syngazu: 0.052 euro/ Nm<sup>3</sup>
- parametr emisji 250 kg CO<sub>2</sub>/ 1 MWh



## Zalety metody CEEC

1. **Wydajność energetyczna procesu do 66%**
2. **Trzy źródła energii**
  - ❑ Chemiczna z syngazu
  - ❑ Termiczna z syngazu
  - ❑ Termiczna z wymienników ciepła

**Emission performance 100 -250 ton CO<sub>2</sub>/1MWh**

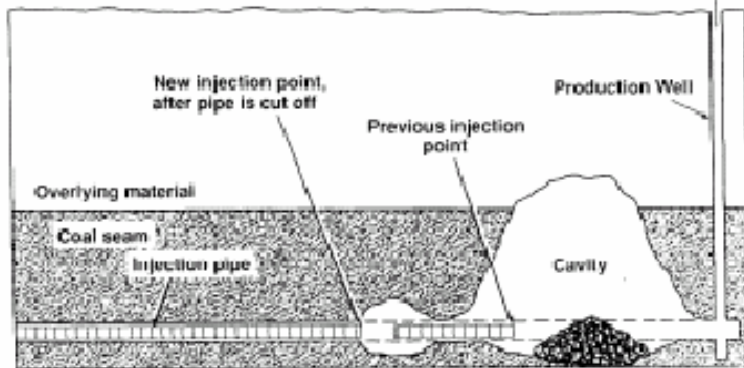
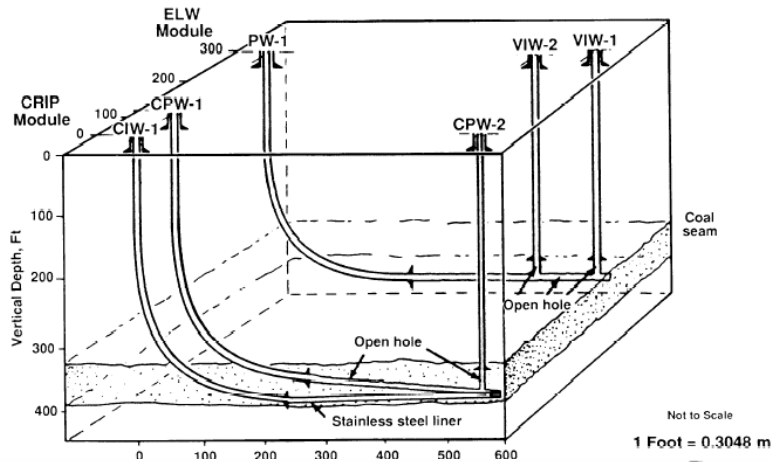
  - ❑ Częściowa sekwestracja CO<sub>2</sub>
  - ❑ Możliwość integracji z geotermią  
  - ❑ **Podsadzka zabezpieczająca przed zapadaniem się komory, redukująca szkody górnicze, dająca możliwość utylizacji np. osadów poflotacyjnych**



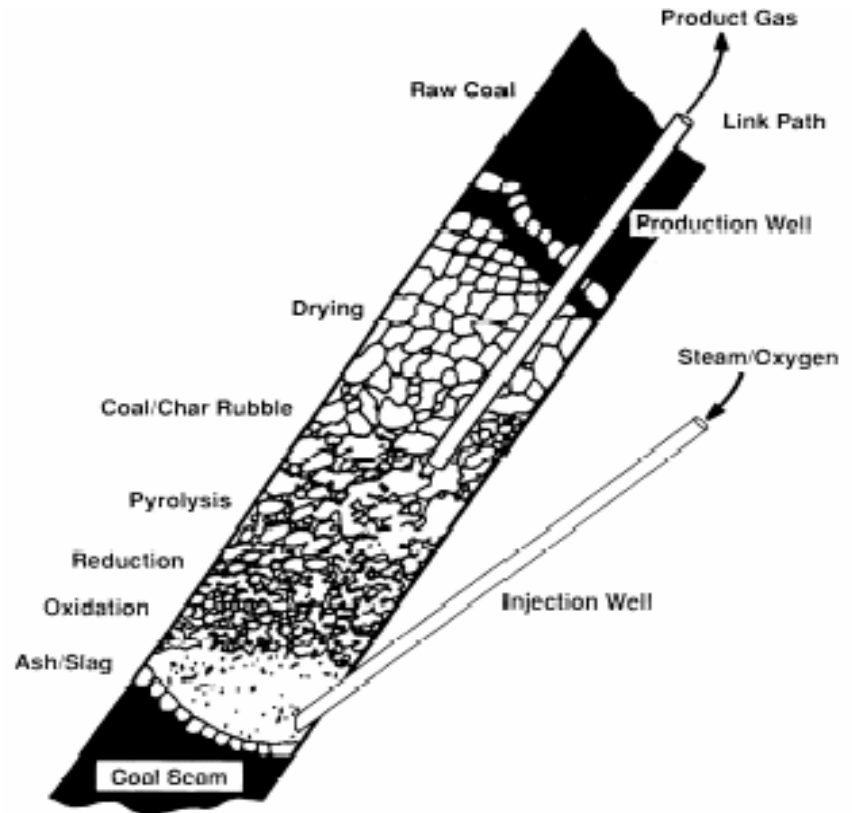
AMKIN model DCT 800VTL.



# Przykłady rozwiązań PZW

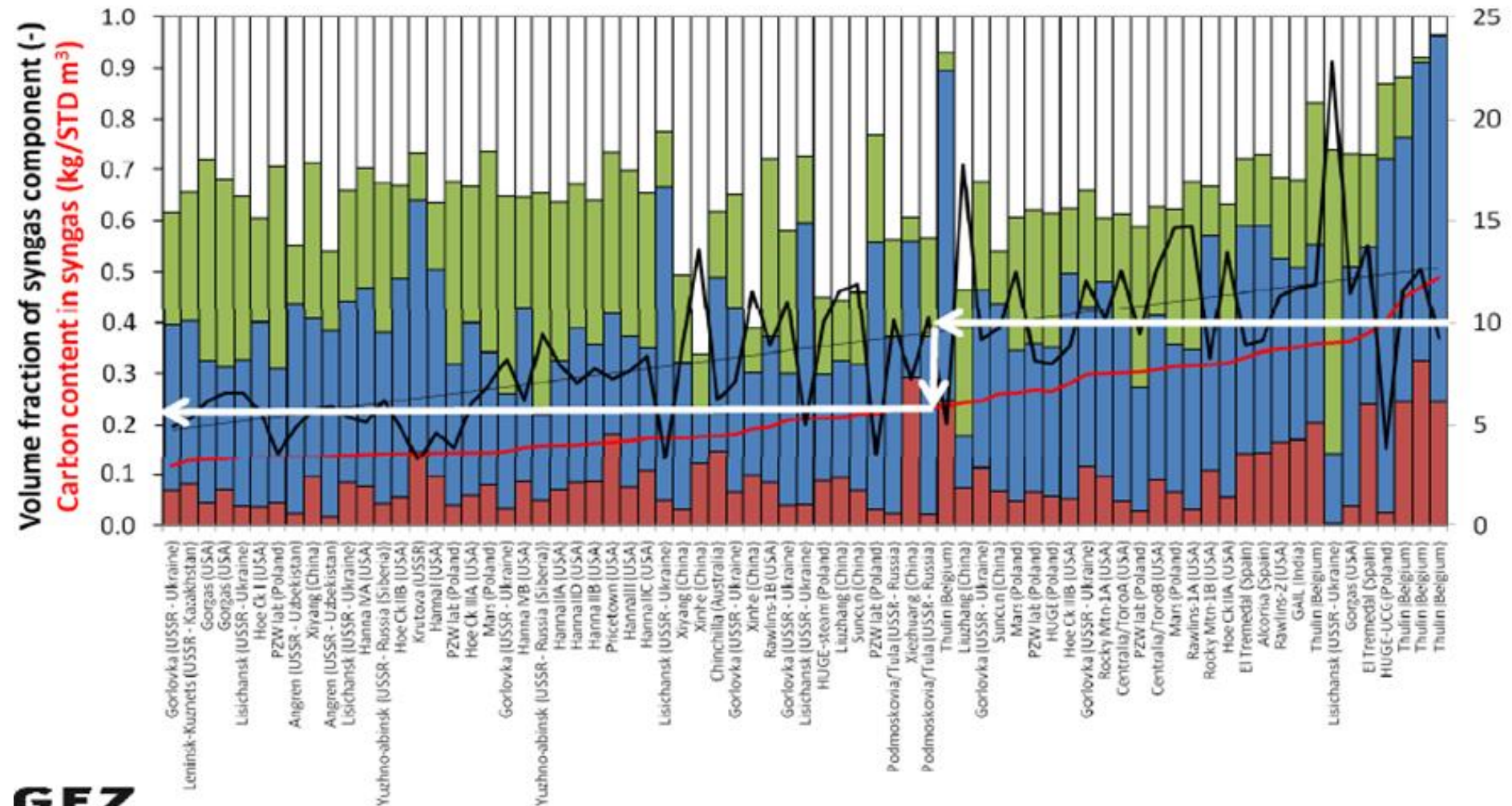


**Schemat procesu PZW-UCG metodą kontrolowanego punktu zapłonu (System CRIP)**



**Schemat procesu zgazowania złoża o dużym pochyleniu**

# Skład gazu z PZW



modified from CarbonEnergy (2009)



# V projekty pilotowe ukierunkowane na komercjalizację

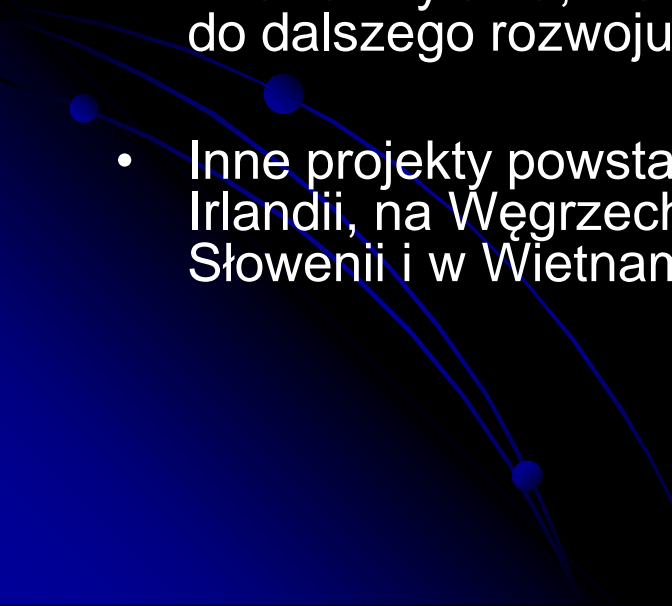
- W Australii realizowane przez Carbon Energy- projekt w Bloodwood Creek, przez Linc Energy w Chinchilla i przez Cougar Energy w Kingaroy.
- W Południowej Afryce w elektrowni Eskom Majuba.
- W Chinach w kopalni Gonggou., Wulanchabu- Mongolia
- W Kanadzie (Alberta) na głębokości 1400 metrów

Próby te zostały skutecznie przeprowadzone bez jakichkolwiek zagrożeń dla środowiska. Planuje się wdrożenie na salę demonstracyjną, a później komercyjną.

Wyniki z instalacji pilotowych zapewnią podstawy do oceny możliwości komercyjnych, niestety do tej pory za mało zostało opublikowanych.

Sensowny wzrost skali 10-100

# Inne pilotowe instalacje planowane:

- South Africa, instalacja firmy Sasol
  - USA, Wyoming instalacja firmy GasTech i Linc Energy
  - Rosja, Promgaz planuje próby nowo rozwiniętych technologii
  - Wielka Brytania, niektóre propozycje UCG zostały zaakceptowane do dalszego rozwoju
  - Inne projekty powstają (na razie bez pilotów) w: Brazylia, Indiach, Irlandii, na Węgrzech, w Kazachstanie, Nowej Zelandii, Słowacji, Słowenii i w Wietnamie
- 

# Istotne zagadnienia dla technologii UCG

## Rozwój UCG powinien koncentrować się na dopracowaniu: ( dla wybranego złoża)

- Metody połączenia pomiędzy studniami
- Techniki wiercenia w złożu
- Metoda rozpalania węgla w reaktorze UCG
- Metody kontroli procesu i wypływu gazu przez nieszczelności
- Poprawa jakości syngazu
- Satisfakcjonujący poziom odzysku zasobów
- Zaprojektowanie testów pilotowych i interpretacja wyników
- Opracowanie multiplikowania skali oraz redukcji kosztów do zastosowania w skali komercyjnej
- Zastosowanie wyników ze skali laboratoryjnej jest ograniczone stąd konieczne są badania w skali pilotowej

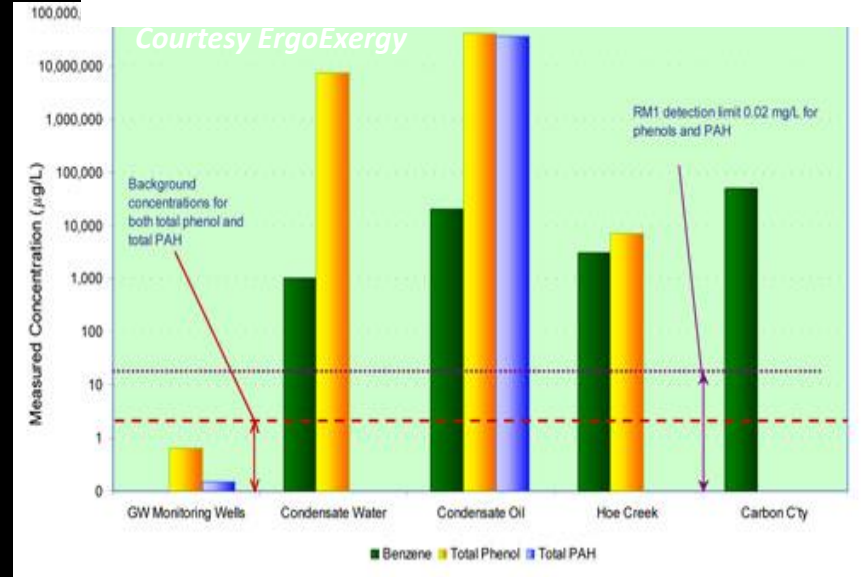
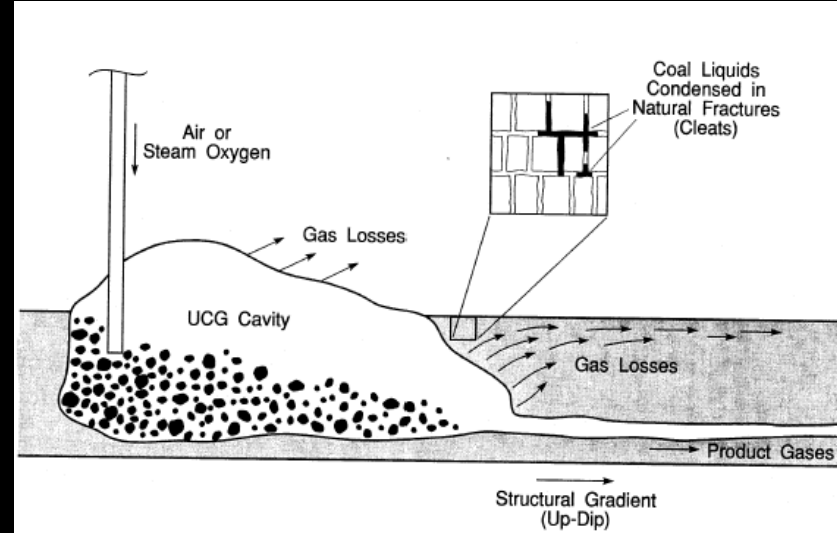
# Projektowanie reaktora

- Komunikacja pomiędzy odwiertami do dozowania i zapłonu
- Metody zapłonu
- Zarządzanie ciśnieniem
- Zarządzanie wodą
- Geo-mechaniczne – szerokości, długości i grubości złóż
- Złóża solankowe
- Możliwości produkcyjne – wydajność i ilość węgla

# UCG powinno funkcjonować w taki sposób aby zredukować zagrożenia dla wód gruntowych

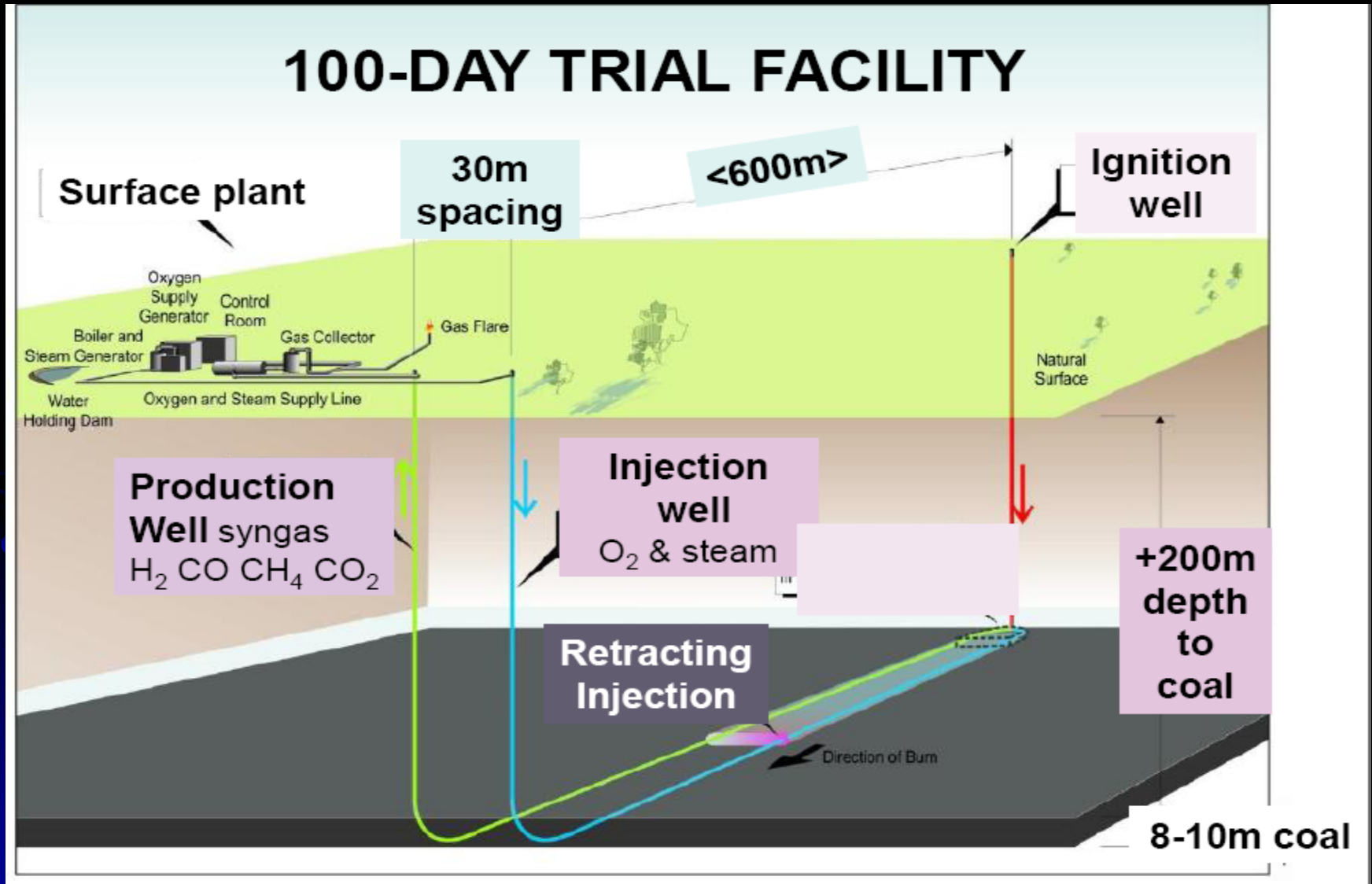
**Nieprawidłowo przeprowadzony proces UCG jest w stanie zanieczyścić, dlatego dobór lokalizacji i metoda przebiegu procesu są bardzo ważne**

- Brak problemu z wydobyciem i popiołem
- Brak wydatków na zgazowarkę i jej utrzymanie
- Wysokie ciśnienie strumienia syngazu redukuje koszty częściowej dekarbonizacji



**Technologia UCG rozwija się i powinna być szczegółowo badana.**

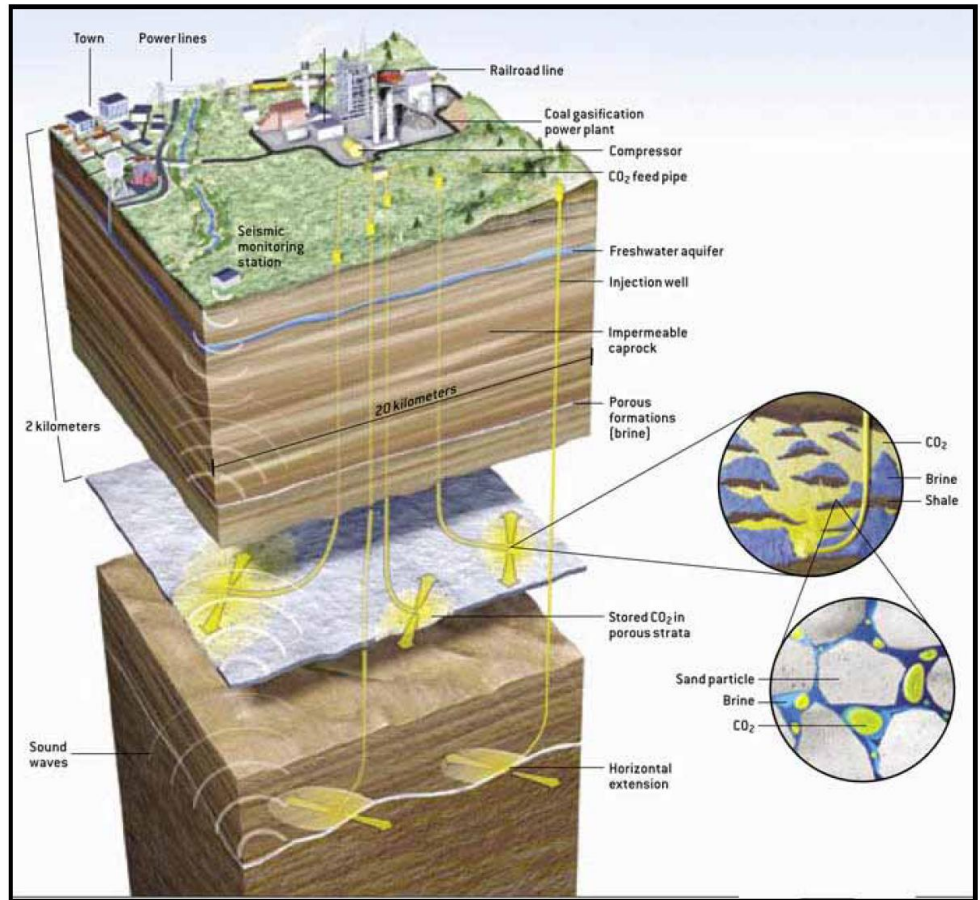
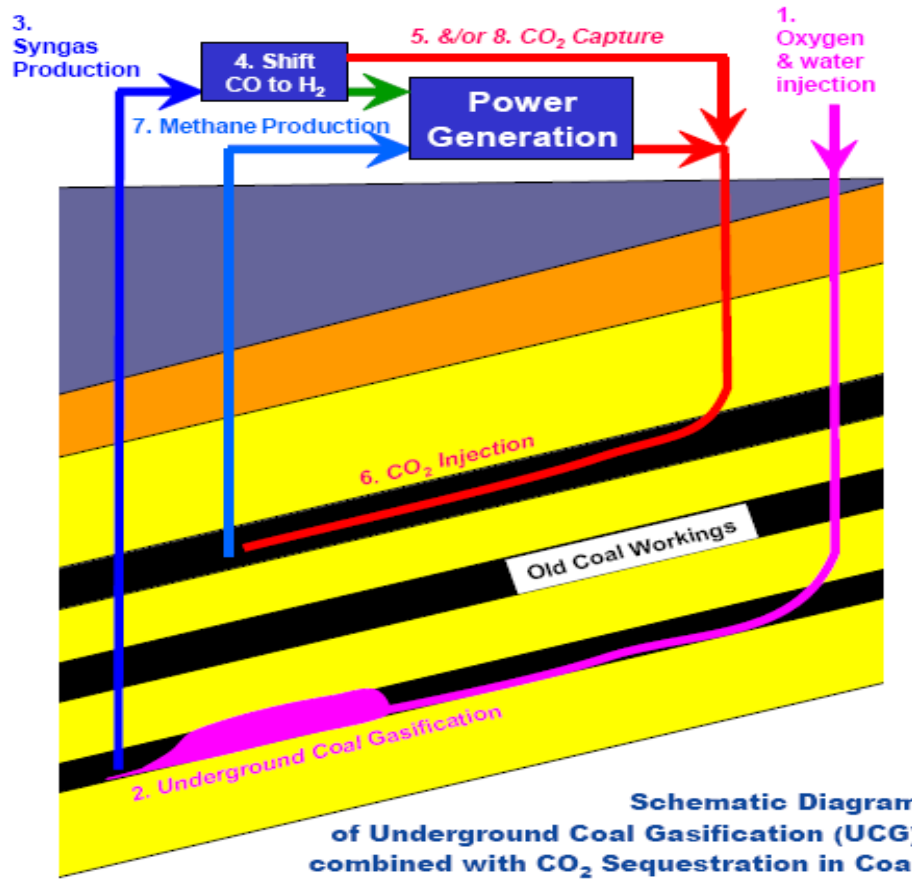
# Australia by Carbon Energy - Bloodwood Creek

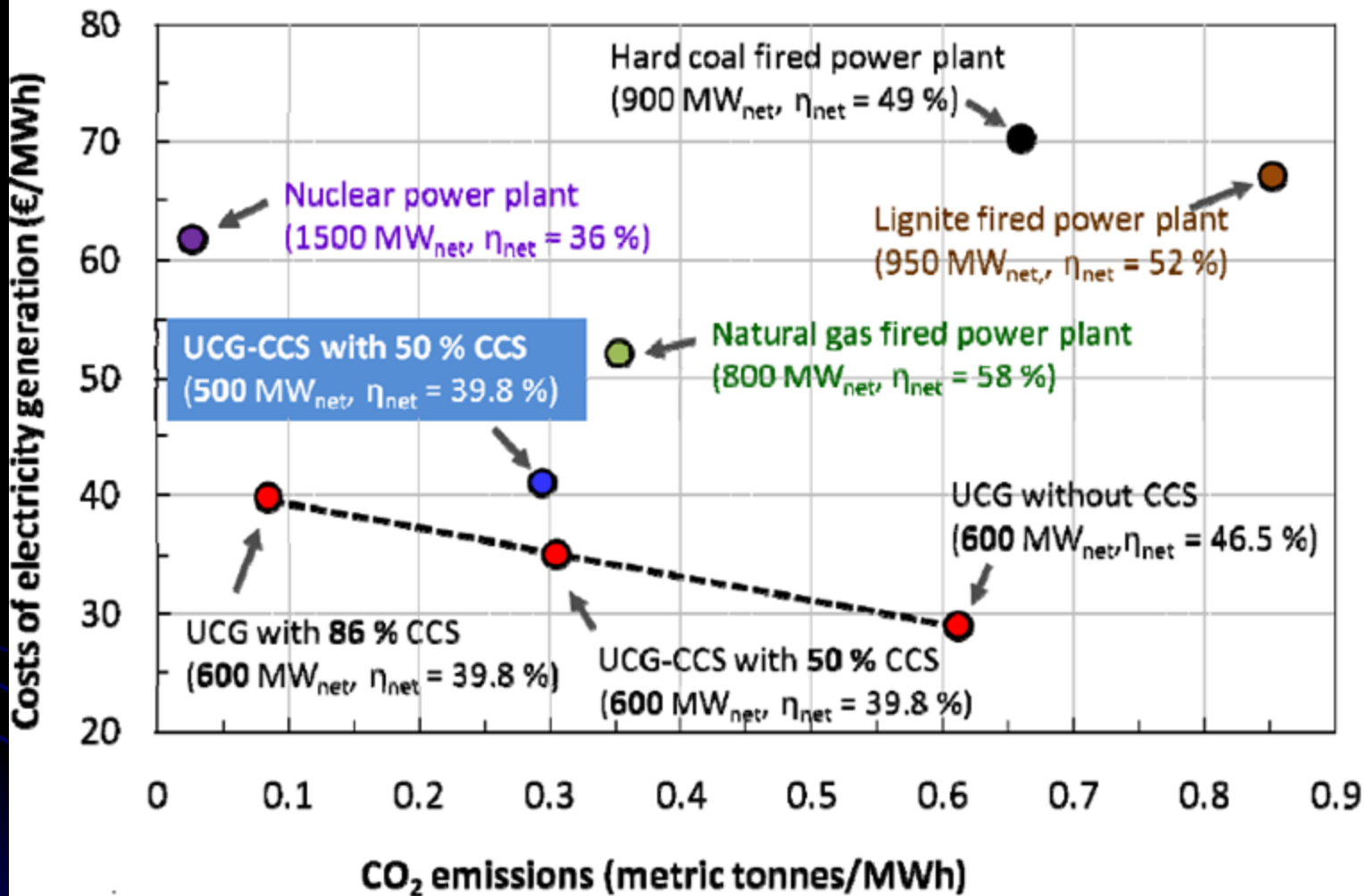






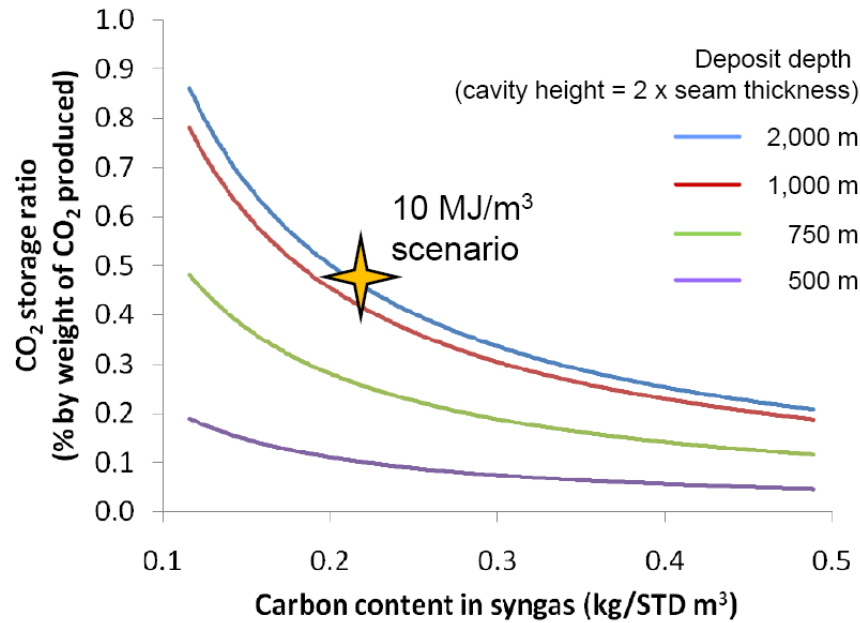
# UCG z CCS UCG-CCS – Potentials of converted coal as a CO<sub>2</sub> trap





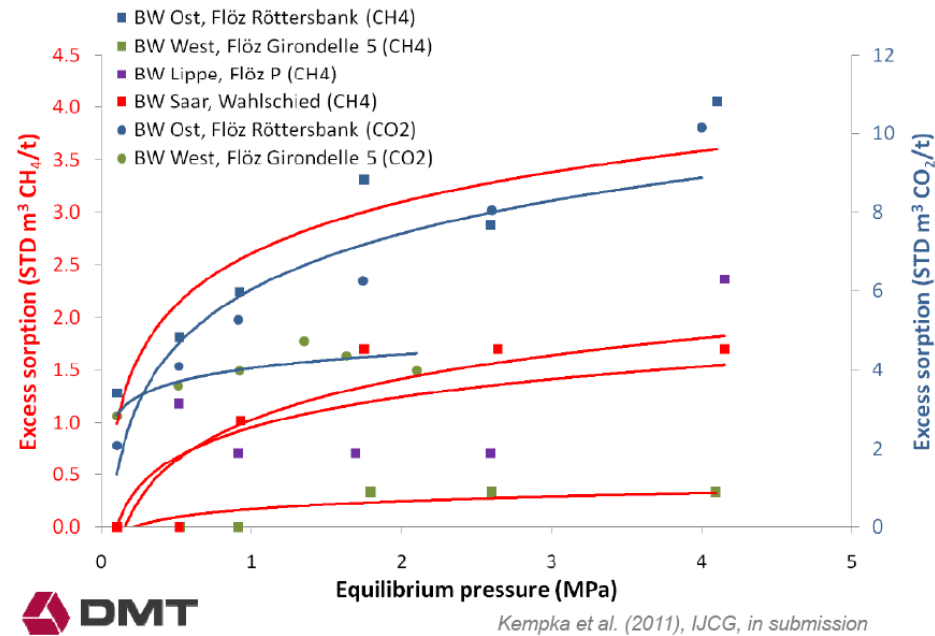
# UCG CCS

## UCG's CO<sub>2</sub> storage capacities

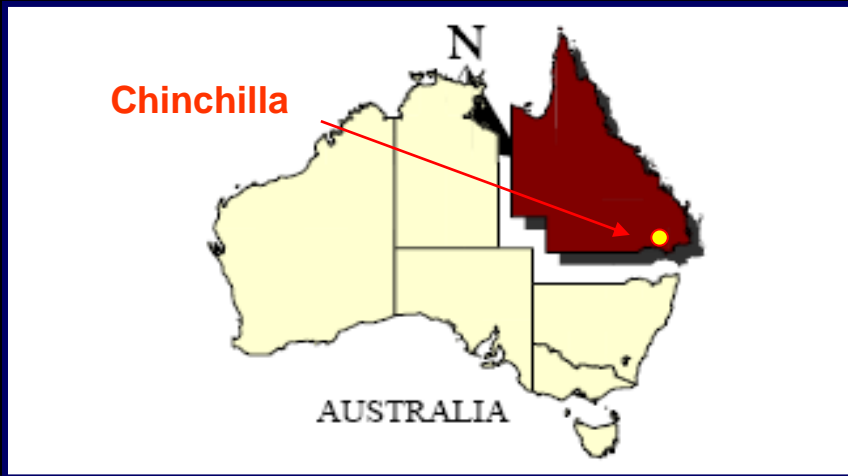


Kempka et al. (2011), IJCG, in submission

## Excess sorption bedrocks

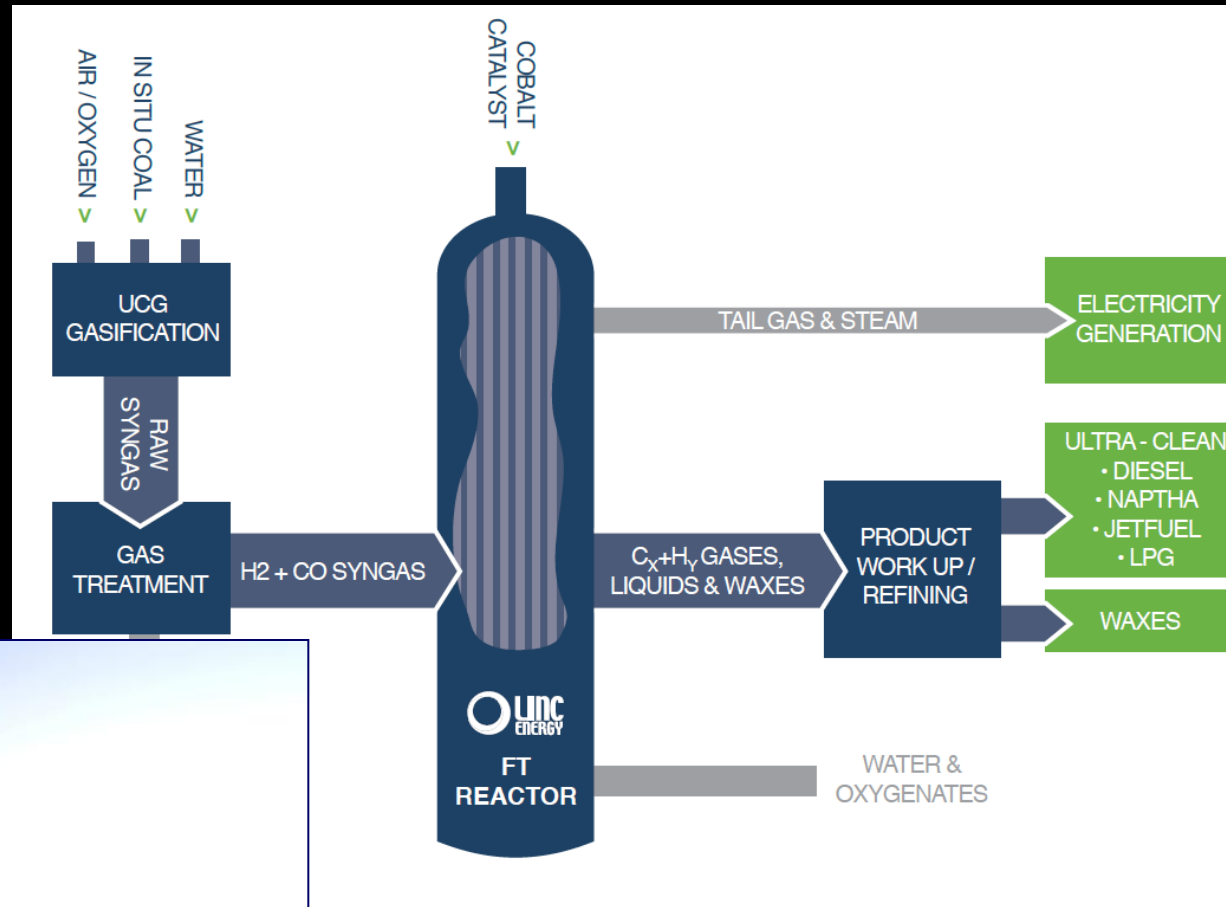


# Instalacja w Australii





# Instalacja demonstracyjna UCG GTL



*Chinchilla site image - GTL pilot plant  
commissioning, May 2008  
(<http://www.lincenergy.com.au>).*



# Instalacja RPA



## Eskom's UCG Activities

### Operating Data - first 20 months :

- Total coal consumed/gasified = 4 950 tons
- Total gas produced = 22 545 000 Nm<sup>3</sup> (0.796 bcf)
- The average efficiency is above 75% and has been as high as 82.5% based on a coal energy content of 20 GJ/ton.
- The CV during normal operation (this excludes problems as result of a lack of production wells etc.) varied between 4.1 and 4.8 MJ/Nm<sup>3</sup> of gas .
- Current gas production rate = 4500 Nm<sup>3</sup>/hr (0.004 bcf/d)
- Average well exit temperature = 168 °C (344 °F)
- Maximum well exit temp (normally temporary) = 368°C (695°F)
- Average water consumption = 0.58 litre per kg of coal, but does increase when in stable gasification mode.

# Brak zrozumienia potrzeb efektywnej technologii UCG zarówno przez inwestorów jak i przez ustawodawców

- Znikoma ilość literatury tematycznej
- Brak zrozumienia wiedzy geologicznej
- UCG jest promowane przez różne grupy przemysłowe, które nie dzielą się wiedzą. Współpraca mogłaby być bardzo owocna.
- Ograniczona liczba ludzi z doświadczeniem akademickim i w zarządzaniu
- Brak wsparcia ze strony rządu dla rozprzestrzeniania wiedzy i technologii o dużym potencjale

# Podsumowanie

- Pomimo 50 letnich doświadczeń nie istnieje obecnie komercyjny projekt **UCG**
- Dotychczasowy postęp projektów pilotażowych wskazuje na duży potencjał
- Możliwe uruchomienie komercyjnych instalacji w przeciągu 5 – 7 lat, zapewniając duży rozwój technologii
- Brak informacji uniemożliwia powstanie regulacji prawnych
- Rozprzestrzenienie powszechnej wiedzy, także dla opinii publicznej mogłoby poskutkować we wprowadzeniu i ogólnym zaakceptowaniu technologii UCG



# Warunki sukcesu technicznego PZW

- 1. Maksymalizacja stopnia wykorzystania *in situ* energii chemicznej zawartej w złożu
- 2. Minimalizacja kosztów wytwarzania tlenu na potrzeby procesów zgazowania, lub
- 3. Opracowanie procesów zgazowania nie wymagających stosowania czystego tlenu
- 4. Opanowanie techniki izolacji przestrzeni podziemnej w celu minimalizacji strat ciepła procesowego i kontroli migracji zanieczyszczeń
- 5. Dostęp do materiałów mogących pracować w silnie korozyjnym środowisku i w wysokich temperaturach
- 6. Precyzyjna i rzetelna znajomość budowy geologicznej przestrzeni poddawanej zgazowaniu



# *Warunki sukcesu finansowego PZW*

- 1. Integracja wielu dziedzin nauki i technologii ukierunkowana na aplikacje*
- 2. Realistyczne określenie kosztów rozwoju technologii i harmonogramu jej wdrożenia*
- 3. Racjonalne określenie ograniczeń ekonomicznych i ekologicznych*
- 4. Partnerska współpraca z partnerami krajowymi i zagranicznymi*
- 5. Efektywne wykorzystanie środków własnych i unijnych*

## Underground Coal Gasification - Overview

