



Politechnika Śląska w Gliwicach
Katedra Maszyn i Urządzeń Energetycznych

TECHNOLOGIE GENERACJI SYNTETYCZNEGO GAZU NATURALNEGO ZINTEGROWANE Z ZGAZOWANIEM BIOMASY I PRODUKCJĄ ZIELONEGO WODORU

Tadeusz Chmielniak^{a)} Tomasz Chmielniak^{b)}



a) Katedra Maszyn i Urządzeń Energetycznych, Pol.Śl., b) Katedra Maszyn Ciepłych i Przepływowych, AGH



Politechnika
Śląska

www.kmiue.polsl.pl

WPROWADZENIE

- **Polityka klimatyczna**

Główny cel: Ograniczenie globalnego ocieplenia do 2°C (1.5°C). Wymaga to wprowadzenia różnych klas technologii, w tym technologii usuwania ditlenku węgla z atmosfery

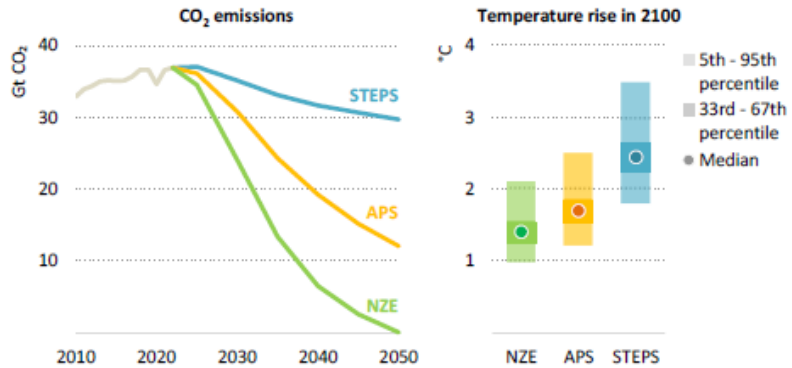
- **Transformacja energetyczna**

Główny cel transformacji energetycznej (transformacja energetyczna jest ważnym elementem transformacji całej gospodarki) to: bezpieczeństwo energetyczne (w tym akceptowalny poziom kosztów energii), ochrona klimatu (dekarbonizacja gospodarki) i zasobów (w tym realizacja gospodarki obiegu zamkniętego). **To złożony i dalej obciążony wieloma niepewnościami proces o różnorodnym charakterze.**



Przykłady scenariuszy

- ❑ Scenariusz Zerowej Emisji Netto do 2050 r. (Net Zero Emissions by 2050 case - NZE2050)
- ❑ Scenariusz Zapowiedzianych Zobowiązań (Announced Pledges Scenario - APS),
- ❑ Scenariusz Ogłoszonych Polityk (Stated Policies Scenario - STEPS).

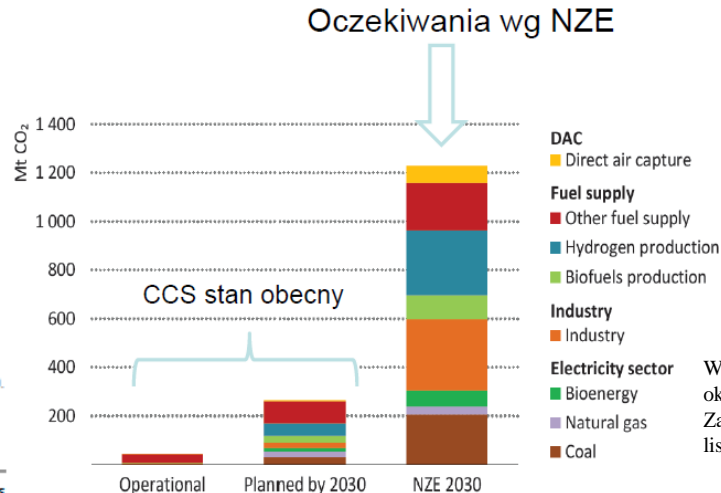


Temperature rise in 2100 is 2.4 °C in the STEPS and 1.7 °C in the APS: it peaks at just under 1.6 °C around 2040 in the NZE Scenario and then declines to about 1.4 °C by 2100

Note: Gt CO₂ = gigatonnes of carbon dioxide; STEPS = Stated Policies Scenario; APS = Announced Pledges Scenario; NZE = Net Zero Emissions by 2050 Scenario.

Source: IEA analysis based on outputs of MAGICC 7.5.3.

IEA. CC BY 4.0.



IEA. CC BY 4.0.



W. Nowak, M. Ściążko: Węgiel w okresie transformacji energetycznej. Zagrożenia i wyzwania, AGH, listopad 2023



DWA INTERSUJĄCE PYTANIA

1. Jak dostrzega się rolę technologii biomasowych w osiągnięciu celu zeroemisyjnego ?
2. Czy nowe technologie energetyczne oparte głównie o OZE i biomasę umożliwiają budowę bezpiecznego i elastycznego systemu energetycznego



Technologie BECCS- BioEnergy with Carbon Capture and Storage

Ograniczenie globalnego ocieplenia do 2°C (1.5°C) wymaga wprowadzenia różnych klas technologii, w tym technologii usuwania ditlenku węgla z atmosfery. Mówimy tu o technologiach „ujemnych emisji” (Negative Emissions Technologies –NET). Pod tym pojęciem rozumie się zazwyczaj celowe działanie człowieka na rzecz usunięcia emisji CO₂ z atmosfery (Minx et al., 2018). Wyróżniamy tu działania obejmujące: konwersję biosurowców z wychwytywaniem i składowaniem dwutlenku węgla (BECCS- BioEnergy with Carbon Capture and Storage), zalesianie (Afforestation and Reforestation – AR), bezpośredni wychwyt ditlenku węgla z powietrza i jego składowanie (Direct air carbon capture and storage - DACCS), technologie przyspieszonego procesu wietrzenia (rozkładu) skał (Enhanced weathering – EW), nawożenie oceanów (Ocean fertilization - OF), technologie biowęgla (Biochar – BC) i sekwestracji węgla w glebie (Soil carbon sequestration – SCS).

Jan C Minx et al, *Negative emissions—Part 1:Research landscape and synthesis*. Environmental Research Letters 13 (2018) 063001



OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA TECHNOLOGII

Wśród nich szczególną rolę odgrywają technologie BECCS. Ogólny potencjał ujemnej emisji technologii z grupy BECCS oceniono na 0.5 – 5 GtCO₂/rok (stan osiągnięty w 2050r.) przy cenie 100 – 200 USD/ Mg CO₂. Udział technologii z grupy (BECCS) stanowi od 10 do 20% całkowitego szacowanego efektu wszystkich możliwych przedsięwzięć NET (2050r.), (Fuss et al., 2018) .

Fuss et al., *Negative emissions—Part 2: Costs, potentials and side effects*. Environ. Res. Lett. 13 (2018) 063002



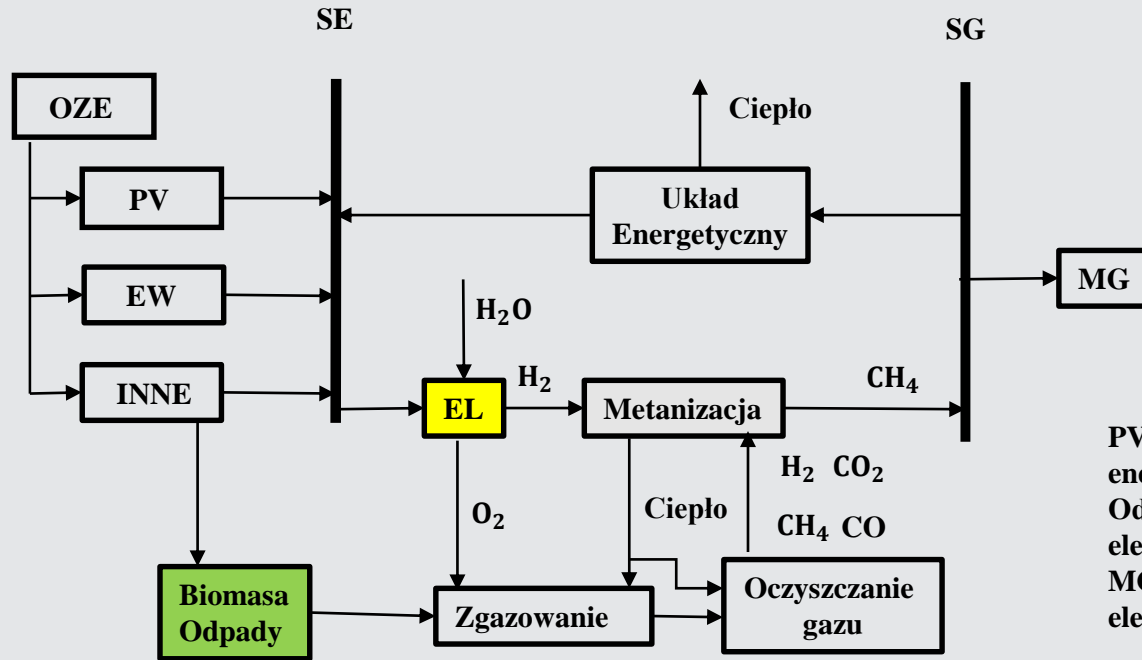
OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA TECHNOLOGII c.d.

Struktury technologiczne z grupy BECCS są złożone. Różnią się one szczegółowymi rozwiązaniami w zakresie rodzaju wykorzystanej biomasy (odpadów), technologiami jej uszlachetniania i konwersji (suszenie, rozdrabnianie, zgazowanie lub piroliza), sposobami oczyszczania produktów konwersji, sposobami generacji wodoru z wykorzystaniem OZE, jego metanizacji, sposobami wykorzystania ciepła procesowego, technologiami separacji ditlenku węgla, różnymi postaciami produktów końcowych (elektryczność, ciepło, chłód i inne) i innymi elementami.

Ogólnie rzecz biorąc struktury technologiczne (BECCS) można podzielić na te, które nie zawierają modułów generacji wodoru z wykorzystaniem zewnętrznej odnawialnej energii napędowej (wiatr, energetyka słoneczna, energetyka jądrowa i te instalacje, które są w różnym zakresie zintegrowane z instalacjami produkcji wodoru z tych źródeł.



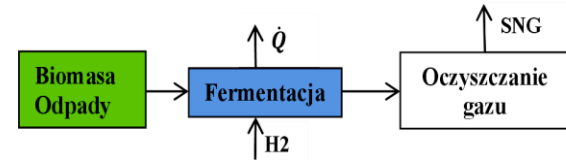
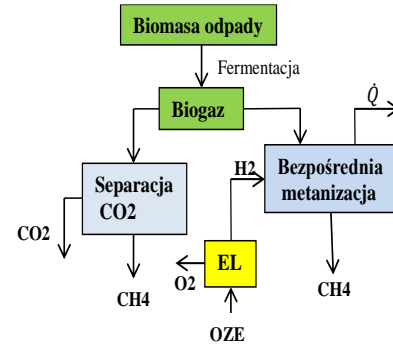
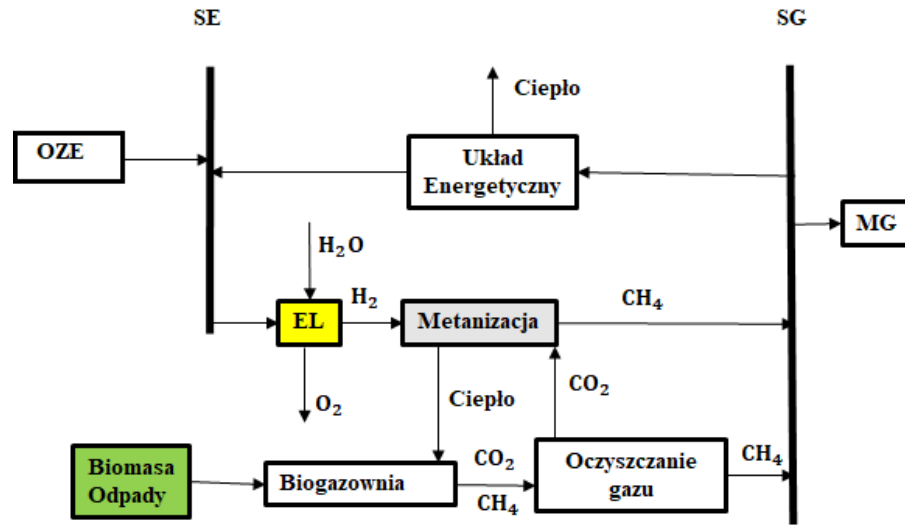
PRZYKŁADY ROZWIĄZAŃ – PRODUKCJA BIOMETANU



PV, EW – panele fotowoltaiczne, energetyka wiatrowa, OZE – Odnawialne Źródła Energii, EL – elektroliza, MG – magazyn gazu, SE – sieć elektryczna, SG – sieć gazowa



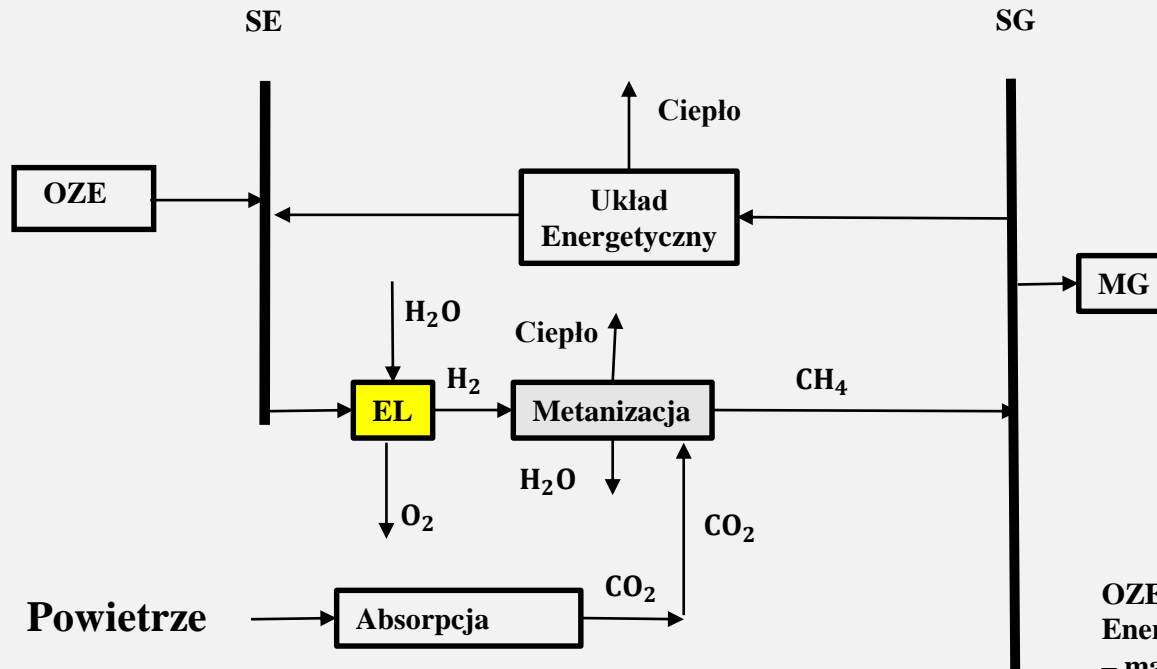
PRZYKŁADY ROZWIĄZAŃ – PRODUKCJA BIOMETANU, C.D.



OZE – Odnawialne Źródła
Energii, EL – elektroliza, MG
– magazyn gazu, SE – sieć
elektryczna, SG – sieć gazowa



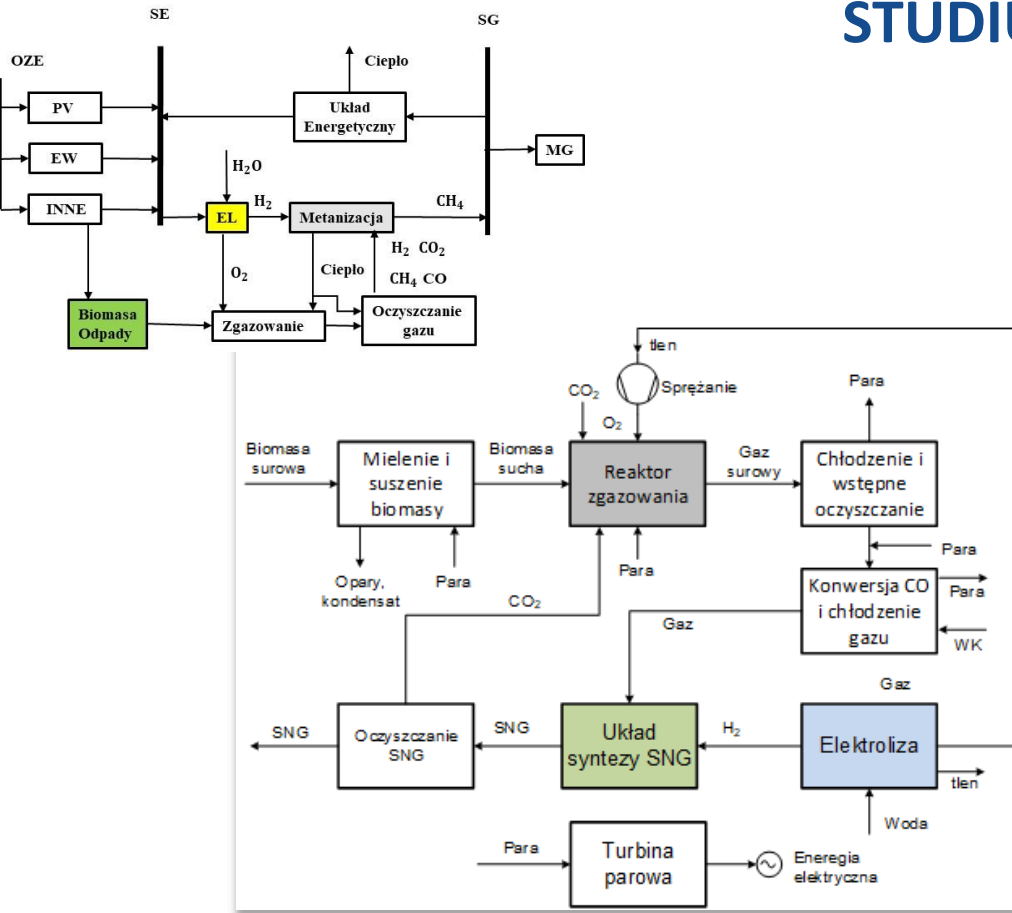
PRZYKŁADY ROZWIĄZAŃ. WYCHWYT DITLENKU WĘGLA Z POWIETRZA



OZE – Odnawialne Źródła Energii, EL – elektroliza, MG – magazyn gazu, SE – sieć elektryczna, SG – sieć gazowa



STUDIUM PRZYPADKU C.D.



Szczegółowej analizie poddano układ bez modułu spalania biomasy, obejmujący:

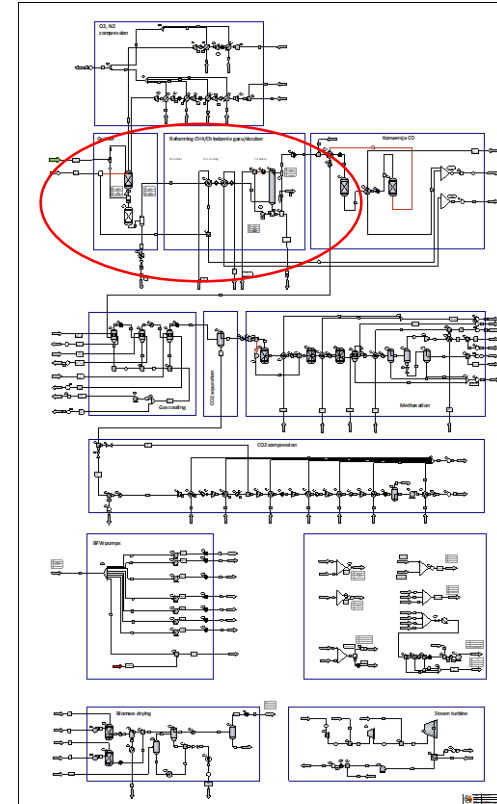
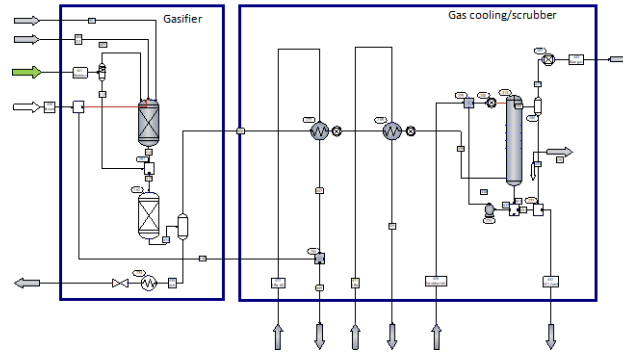
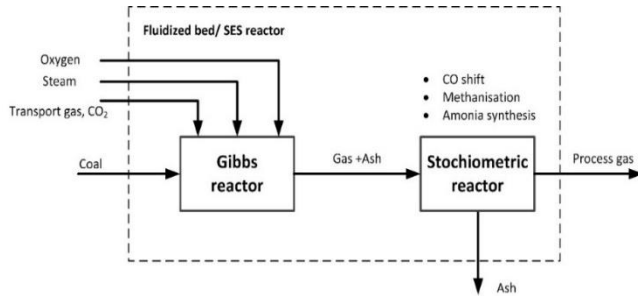
- suszenie biomasy,
- zgazowanie biomasy,
- układ konwersji i oczyszczania gazu procesowego,
- reaktory metanizacji,
- elektrolizer oraz
- turbinę parową

Głównym celem było określenie podstawowych bilansów substancji i energii dla układu dużej mocy. Analizowano bowiem układ z komercyjnym układem zgazowania (wg technologii SES) o przepływie biomasy przekraczającej 60 tony/h

Studium przypadku c.d.

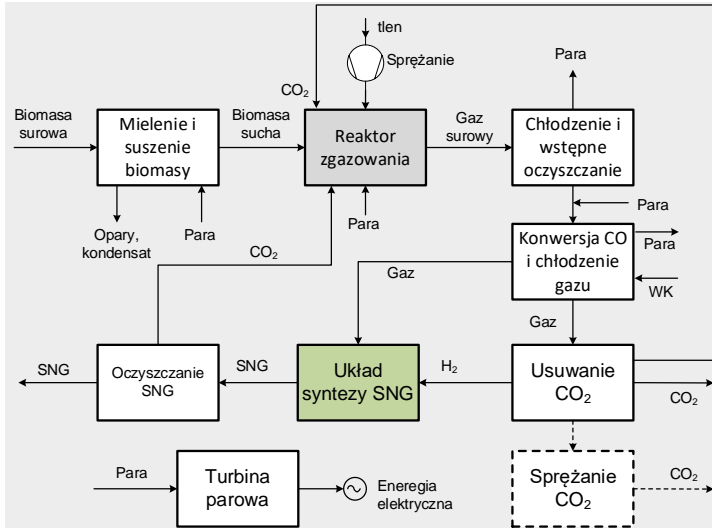
Podstawowe założenia:

- Technologia komercyjna zgazowania w złożu fluidalnym (technologia Synthesis Energy Systems)
 - ☞ 1000 °C/30 bar,
 - ☞ Model zweryfikowany w konsultacji z dostawcą technologii
- Elektrolizer alkaliczny, na przykładzie rozwiązania HyProvide® X-1200
 - 54,1 [kWh/kg H₂]
 - 35 bar

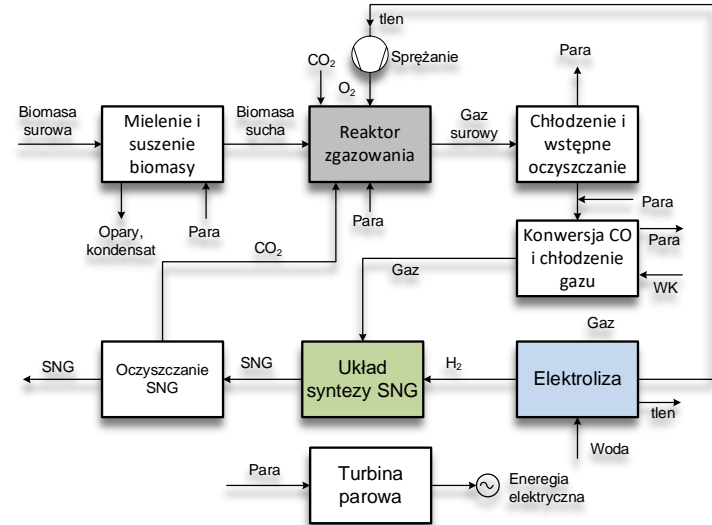


Studium przypadku c.d.

Symulację przeprowadzono dla trzech podstawowych wariantów konfiguracji układu wytwórczego tj. dla: a. układu produkcji gazu syntetycznego z i bez usuwana CO₂ (warianty 1 i 2)
b. układu zintegrowanego z elektrolizerem (wariant 3).

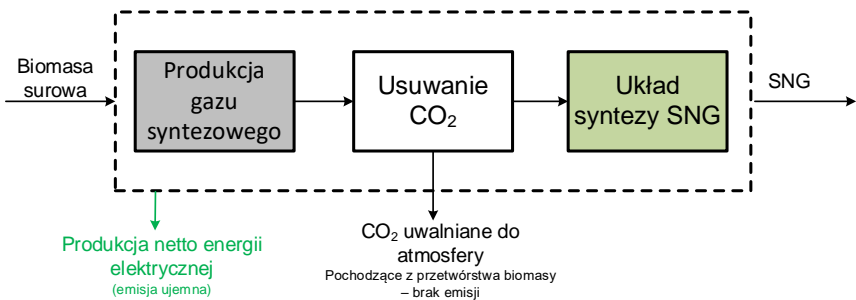


(warianty 1 i 2)

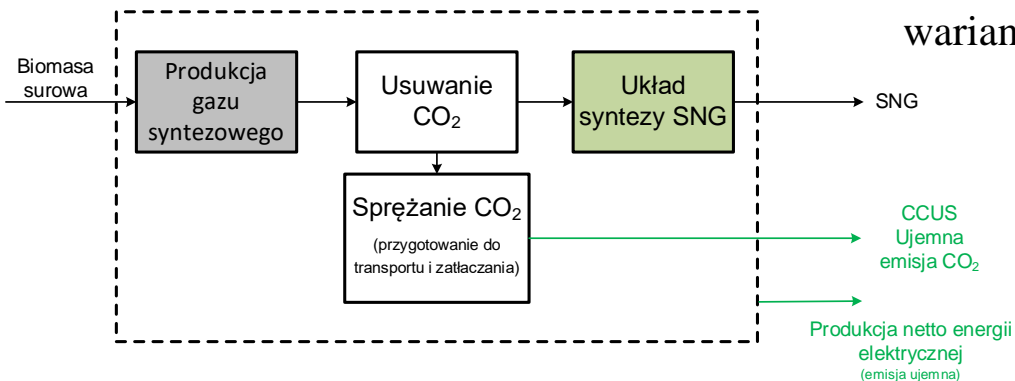


(wariant 3)

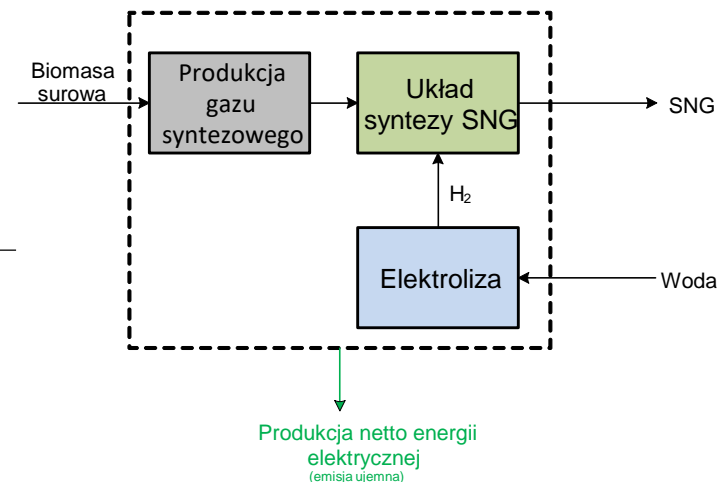
Studium przypadku c.d.: „emisja ujemna”



wariant 1



wariant 2



wariant 3

BILANSE (wariant 1)

✓ Produkcja SNG:

☞ 6,8 t/h, 163 t/d,

☞ 53611 t/rok; >80 mln m³

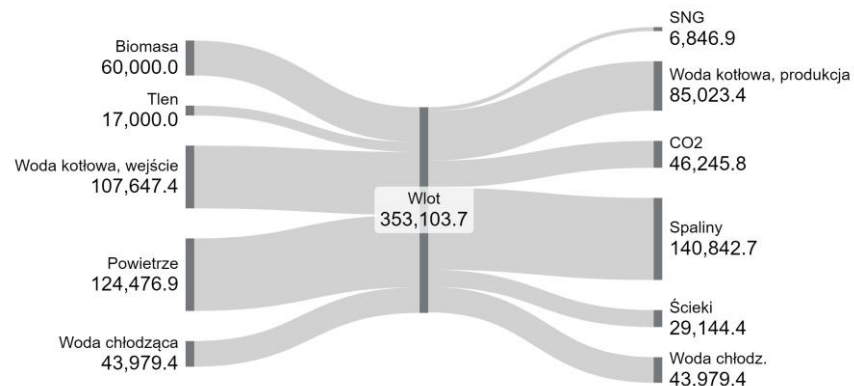
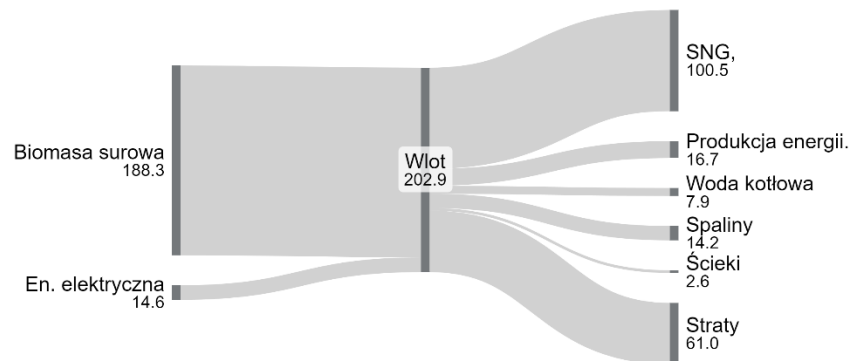
(dyspozycyjność 90%)

☞ ~4% (Grupa Azoty)

✓ Woda kotłowa 100 °C: 85 t/h, 670 tyś. t/rok

✓ Energia elektryczna netto:

☞ 16 GWh



BILANSE (wariant 3)

✓ Produkcja SNG:

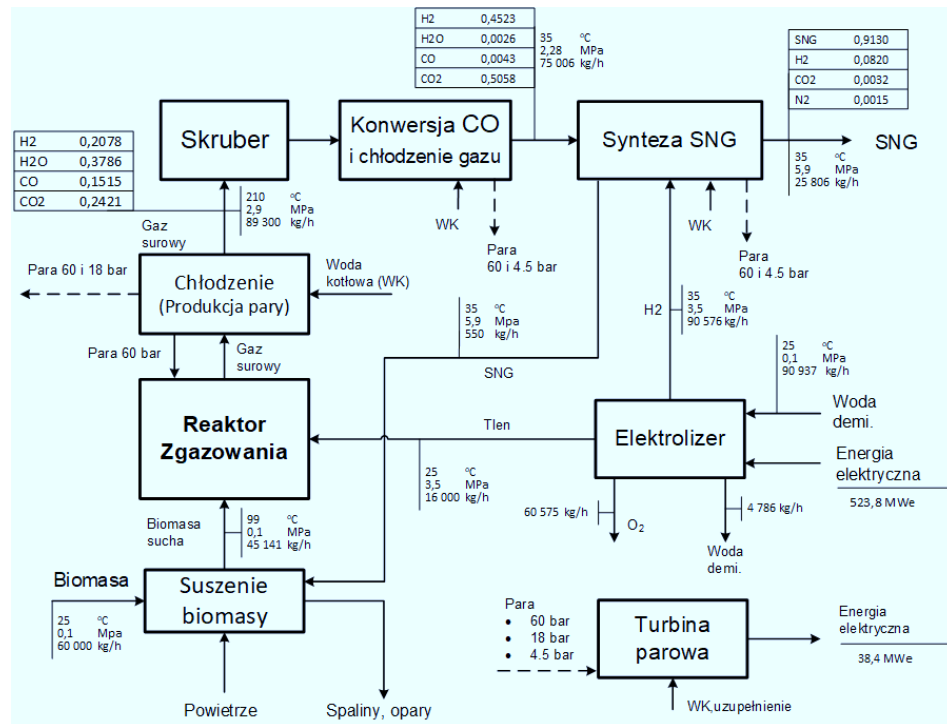
- ☞ 25,8 t/h,
- ☞ 203 450 t/rok (dyspozycyjność 90%)/ >305 mln m_n³
- ☞ ~15% (Grupa Azoty)

✓ Woda kotłowa 100 °C: 46 t/h, 373,6 tyś. t/rok

✓ Elektrolizer: 524 MWe

✓ Energia elektryczna netto:

- ☞ 163 GWh (bez uwzględnienia układu elektrolizera)
- ☞ - 4000 GWh (elektrolizer)



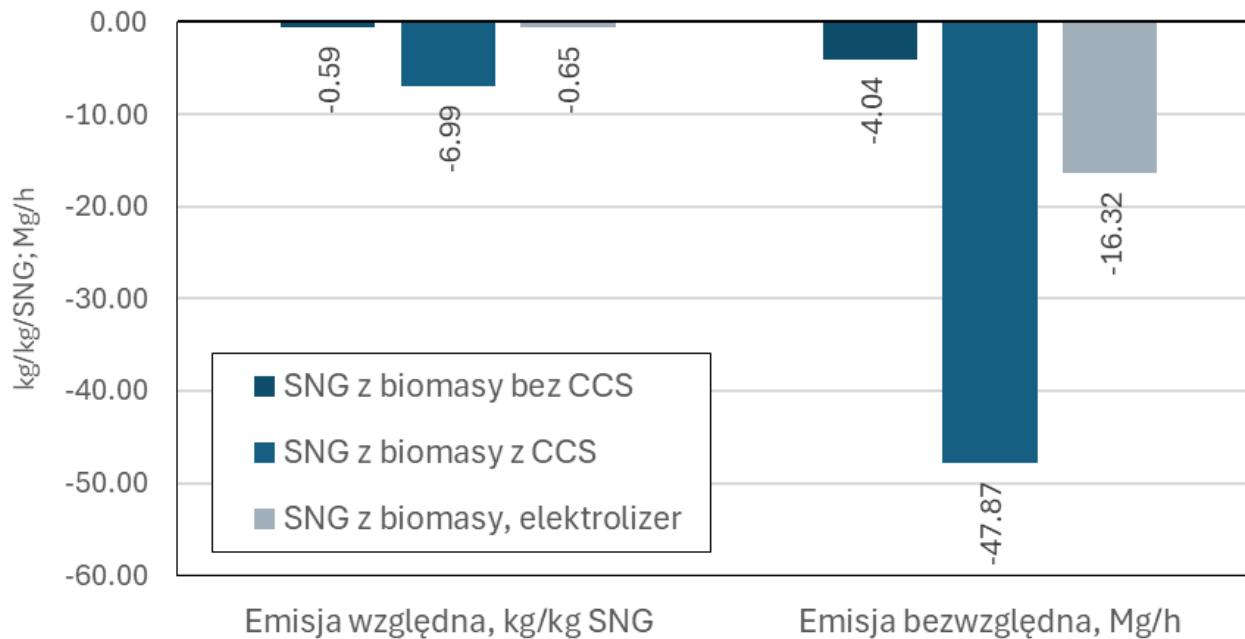
Emisyjność

- ✓ Obciążenie emisją energii elektrycznej 788 kg CO₂ / MWh¹
- ✓ Emisje fizyczne towarzyszące procesowi konwersji biomasy do gazu: przyjęto jako zerowe
- ✓ Elektrolizer
 - ☞ Zasilany energią odnawialną (przyjęto 0 kg CO₂/MWh)
 - ☞ Zasilany energią sieciową

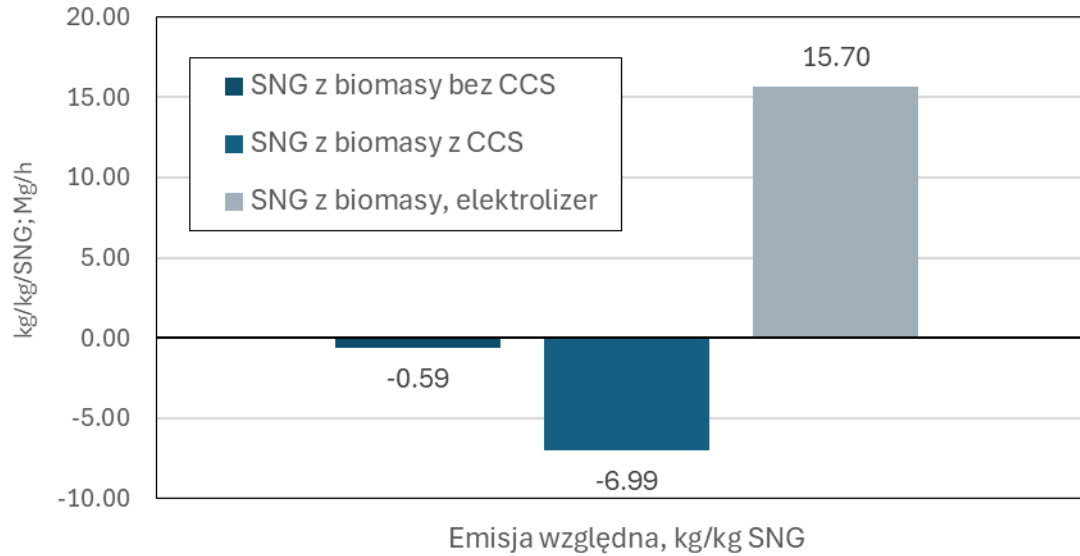
1) Emission factors of CO₂, SO₂, NO_x, CO, and total particulate matter for electricity based on information contained in the National Database on Greenhouse Gas and Other Substances Emissions for the year 2022. KOBIZE, Warsaw, December 2023. (In Polish).



Emisyjność (elektrolizer zasilany energią odnawialną)



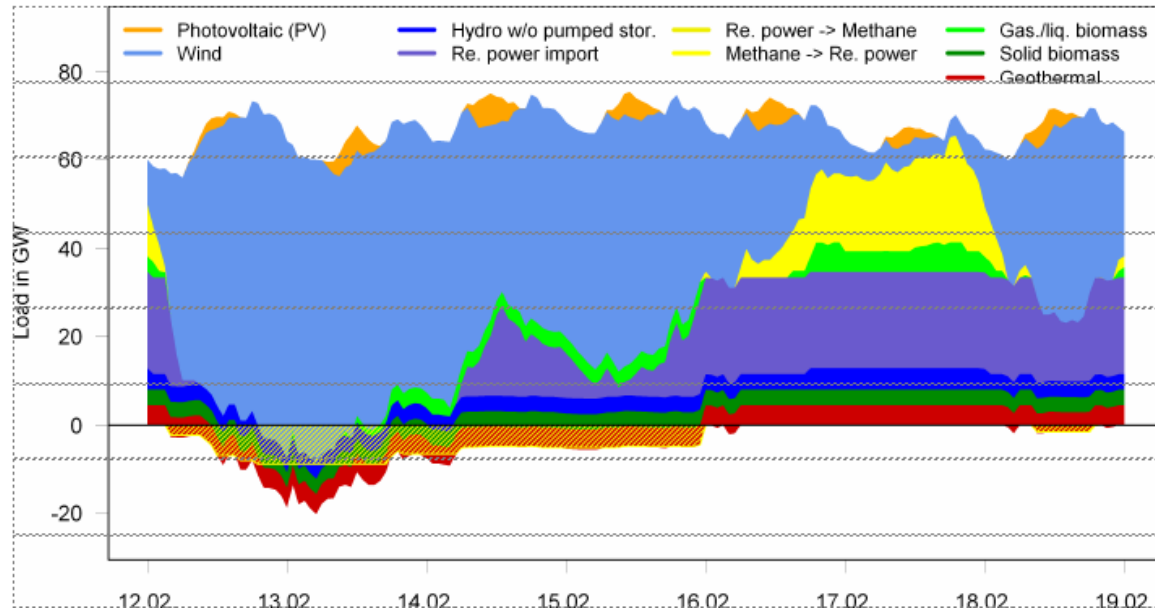
Emisyjność (elektrolizer zasilany energią sieciową)



Czy nowe technologie energetyczne oparte głównie o OZE i biomasę umożliwiają budowę bezpiecznego i elastycznego systemu energetycznego

Michael Sterner
Bioenergy and renewable power methane in integrated 100% renewable energy systems. Limiting global warming by transforming energy systems'

Erneuerbare Energien und Energieeffizienz Renewable Energies and Energy Efficiency. Band 14 / Vol. 14
Herausgegeben von / Edited by Prof. Dr.-Ing. Jürgen Schmid, Universität Kassel



Time series of 100% renewable power supply of Germany for one week in February 2050 with high temporal resolution (1h).



UWAGI KOŃCOWE

- Wodór, mimo wielu zgłaszanych wątpliwości, jest uważany za ważny nośnik energii o wysokim potencjale, istotnie wspomagający proces dekarbonizacji całej gospodarki, w tym szczególnie tych jej gałęzi, które trudno poddają się pełnej elektryfikacji (np. transport ciężki, lądowy, morski, lotniczy, wybrane gałęzie przemysłu). Podkreśla to zarówno Strategia wodorowa UE, jak również Polska Strategia wodorowa. Obok najbardziej rozpowszechnionych układów kogeneracyjnych z produkcją wodoru lub bez, przedmiotem analiz i studiów są układy poligeneracyjne (wytwarzanie wodoru elektryczności, ciepła, chłodu, wody użytkowej) o różnej strukturze technologicznej i różnych rodzajach ogniwi.
- Ważną rolę w osiągnięciu celów klimatycznych mogą odegrać technologie BECCS (BioEnergy with Carbon Capture and Storage, konwersja biosurowców z wychwytywaniem i składowaniem dwutlenku węgla). Ogólny potencjał ujemnej emisji technologii z grupy BECCS ocenia się na 0.5 – 5 GtCO₂/rok (stan osiągnięty w 2050r.) przy cenie 100 – 200 USD/ Mg CO₂. Udział technologii z grupy (BECCS) stanowi od 10 do 20% całkowitego szacowanego efektu wszystkich możliwych przedsięwzięć NET (2050r.),



UWAGI KOŃCOWE

- Szczegółowej analizie poddano instalację metanizacji dużej mocy, zawierającej moduł zgazowania biomasy, elektrolizer i generator metanu. Podano podstawowe bilanse substancji i energii,
- Mimo bogatej literatury przedmiotu dalszego wysiłku badawczego wymaga uzyskanie dojrzałości wdrożeniowej nowych koncepcji generacji i wykorzystania nowych paliw z wykorzystania biomasy i odpadów, zwłaszcza dużej mocy,
- Konieczne są dalsze studia metodologiczne umożliwiające optymalizację sposobów integracji różnych modułów technologicznych w złożonych instalacjach BECCS z różnymi źródłami energii i źródełami ditlenku węgla,
- W Polsce w wielu ośrodkach prowadzi się badania różnych modułów wchodzących w instalacje klasy BECCS (elektrolizerów, ogniw paliwowych, zgazowania biomasy i odpadów, składowania ditlenku węgla), a także przeprowadza analizy systemowe układów integrujących te moduły. Brak jest jednak szerszej koordynacji tych badań, koniecznej choćby ze względu na przygotowanie know – how oraz przyśpieszenie aplikacji przemysłowych. Jest celowym sformułowanie odpowiedniego programu strategicznego, którego jednym z celów byłoby przygotowanie i budowa odpowiednich instalacji demonstracyjnych.



Dziękuję za uwagę

tadeusz.chmielniak@polsl.pl

