



**POLITECHNIKA
GDAŃSKA**

DRUGIE ŻYCIE ELEKTROCIĘPŁOWNI

prof. dr hab. inż. Dariusz Mikielwicz



Plan prezentacji

1. Sektor ciepłownictwa w województwie pomorskim

Zapotrzebowanie na ciepło

Pokrycie zapotrzebowania na ciepło

2. Alternatywne rozwiązanie dla węgla w ciepłownictwie systemowym

3. 2LIPP, czyli drugie życie ciepłowni

2LIPP – Nowoczesne Technologie Magazynowania Energii

4. nCO₂PP, czyli elektrownia gazowa o ujemnej emisji CO₂

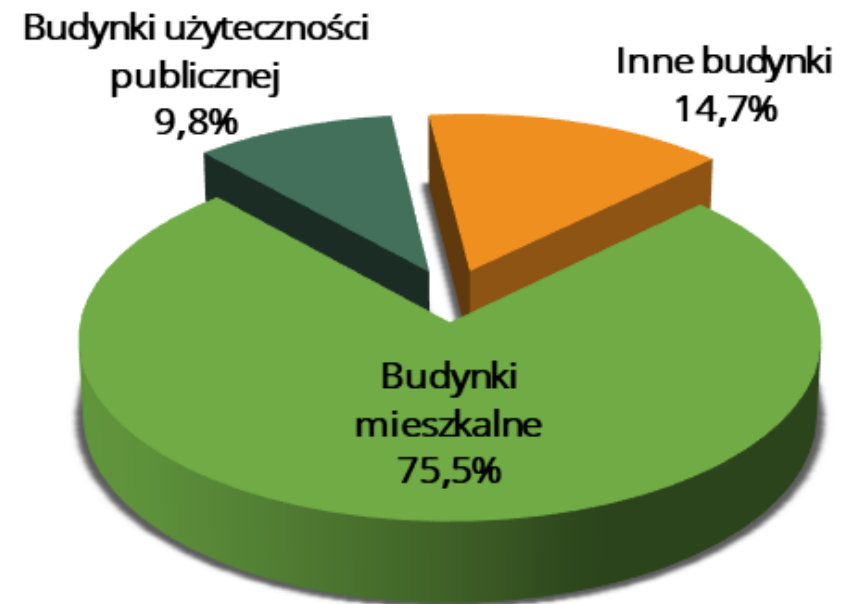
Sektor ciepłownictwa - Zapotrzebowanie na ciepło na cele komunalno-bytowe* w 2017 r.

Obszar	Moc cieplna	Zapotrzebowanie na ciepło* – budynki:		
		Mieszkalne	Użyteczności publicznej	Inne**
	MW	TJ	TJ	TJ
Gdańsk	1 885	11 128	999	1 284
Gdynia	845	5 228	1 083	1 167
Sopot	117	832	68	225
Słupsk	373	1 711	256	1 017
Pozostałe gminy	4 850	30 181	2 797	7 229
Razem	<u>8 070</u>	49 080	5 203	10 923
			<u>65 206</u>	

Źródło: BAPE, Potencjał energetyczny gmin województwa pomorskiego w kontekście możliwości budowy wysp energetycznych

*ogrzewanie, wentylację, przygotowanie ciepłej wody użytkowej i przygotowanie posiłków.

**handel, usługi, przemysł (z wyłączeniem dużego przemysłu: fabryka papieru i celulozy IP w Kwidzynie, rafineria LOTOS)



Udział sektorów w zapotrzebowaniu na ciepło w 2017 roku

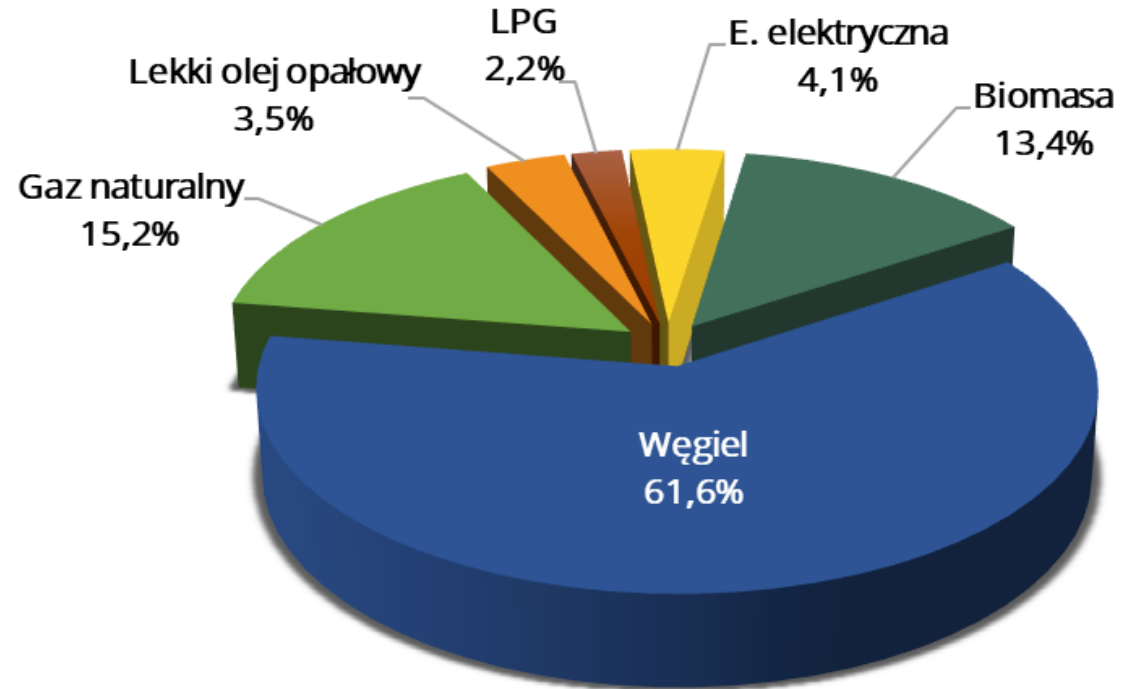
Sektor ciepłownictwa – Pokrycie zapotrzebowania na ciepło w r. 2017

Pokrycie zapotrzebowania **na ciepło bytowe***
z poszczególnych nośników energii w **2017**:

- Węgiel: 52 234 TJ
- Gaz naturalny: 12 877 TJ
- Lekki olej opałowy: 3 012 TJ
- LPG: 1 900 TJ
- Energia elektryczna: 3 519 TJ
- **Biomasa: 11 386 TJ**

Razem: 84 928 TJ

* Pokrywanie zapotrzebowania w całym sektorze ciepłownictwa (ciepłownictwo systemowe oraz indywidualne/ogrzewnictwo)



Udział nośników energii i paliw w pokryciu zapotrzebowania na ciepło bytowe w 2017 r.

Na podstawie: BAPE, *Potencjał energetyczny gmin województwa pomorskiego w kontekście możliwości budowy wysp energetycznych*

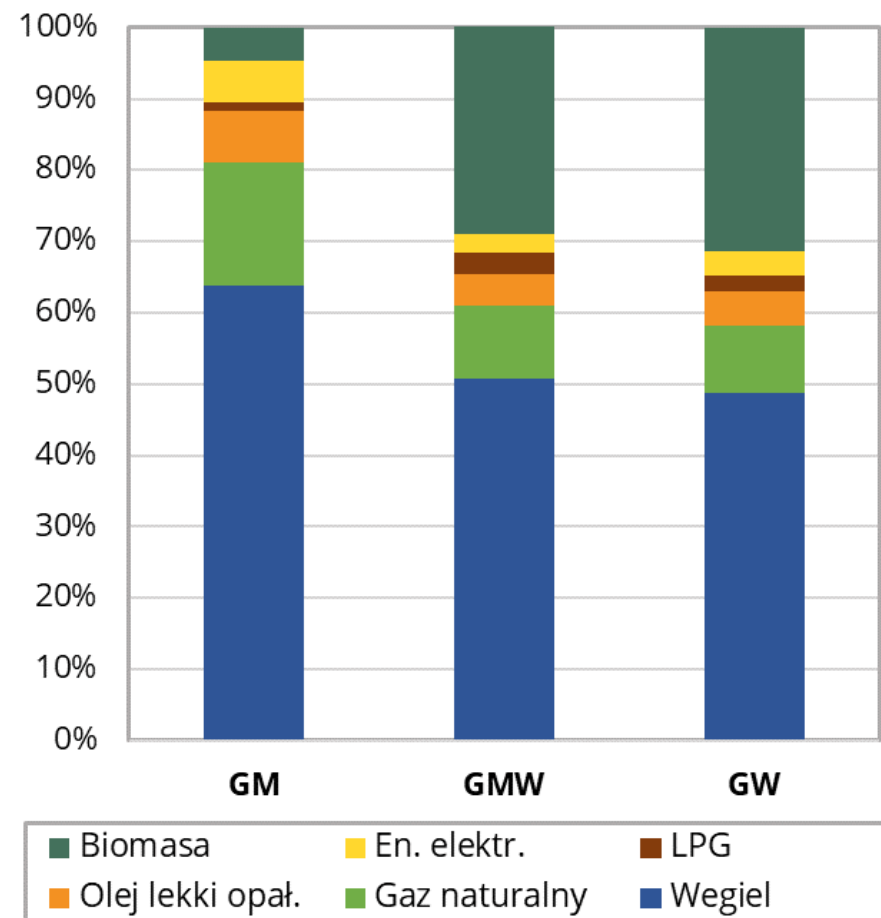
Sektor ciepłownictwa – Pokrycie zapotrzebowania na ciepło w r. 2017

Pokrycie zapotrzebowania **na ciepło bytowe** w poszczególnych typach gmin

Gminy	Liczba	Moc cieplna	Produkcja ciepła
		MW	TJ
GM	25	4 826	51 828
GMW	17	1000	10 256
GW	81	2 244	15 843
Razem	123	8 070	84 928

GM - Gmina Miejska, GMW - Gmina Miejsko-Wiejska, GW - Gmina Wiejska

Na podstawie: BAPE, Raport na temat sektora energii i usług okołoenerygetycznych w województwie pomorskim z uwzględnieniem perspektywy rozwoju technologii



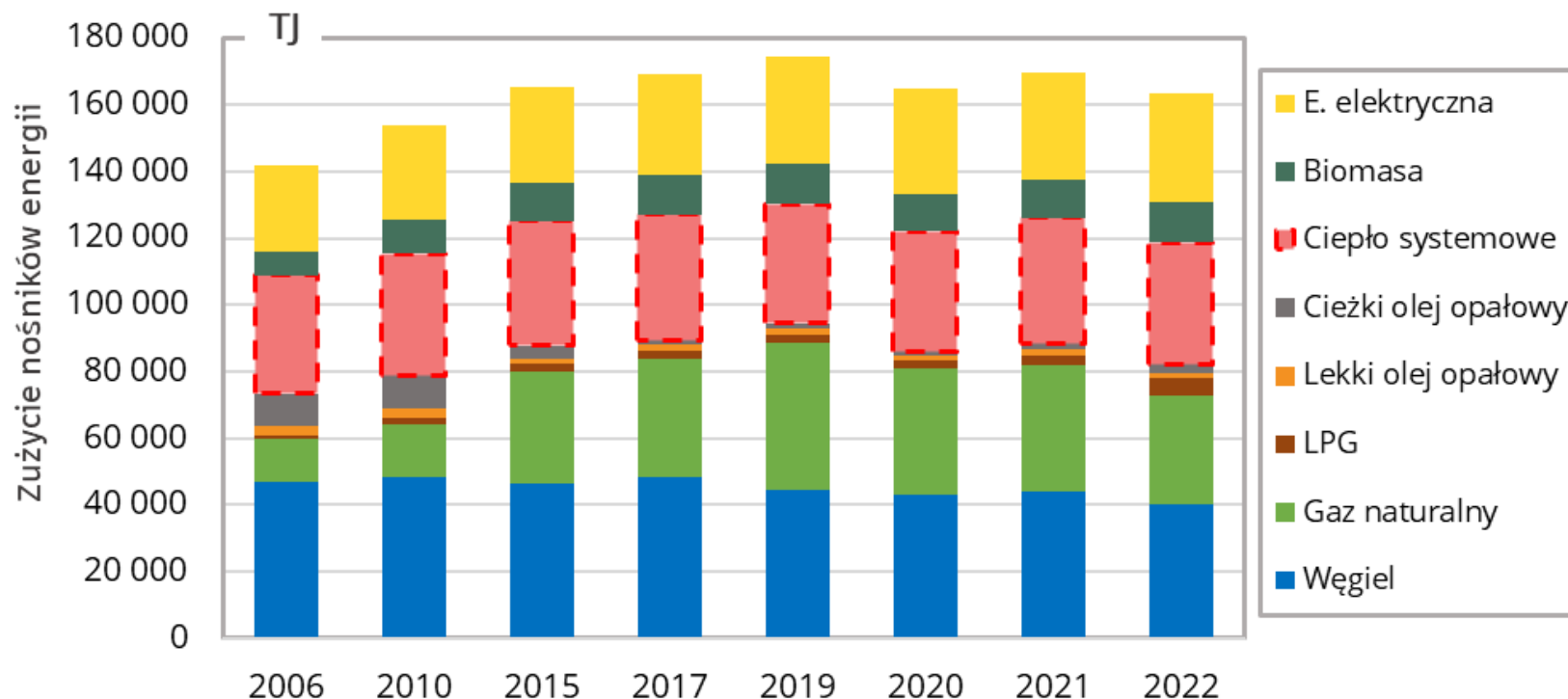
Udział nośników energii i paliw w pokryciu zapotrzebowania na ciepło bytowe w 2017 r.

Województwo pomorskie – zużycie nośników energii w 2022 r.

- Węgiel: 1 763 tyś. t
- Gaz naturalny: 32 834 TJ
- LPG*: 115 tyś. t
- Lekki olej opałowy: 29 tyś. t
- Ciężki olej opałowy: 69 tyś. t
- **Ciepło systemowe: 38 415 TJ**
- E. elektryczna: 9 059 GWh
- Biomasa: 3 229 tyś. m³

Razem: 163 369 TJ

*zużycie stacjonarne, z pominięciem pojazdów



Zużycie nośników energii w pomorskim

Na podstawie: GUS, Zużycie paliw i nośników energii w 2006-2022; BAPE, Potencjał energetyczny gmin województwa pomorskiego w kontekście możliwości budowy wysp energet.

Sektor ciepłownictwa - pokrycie zapotrzebowania na ciepło w r. 2022

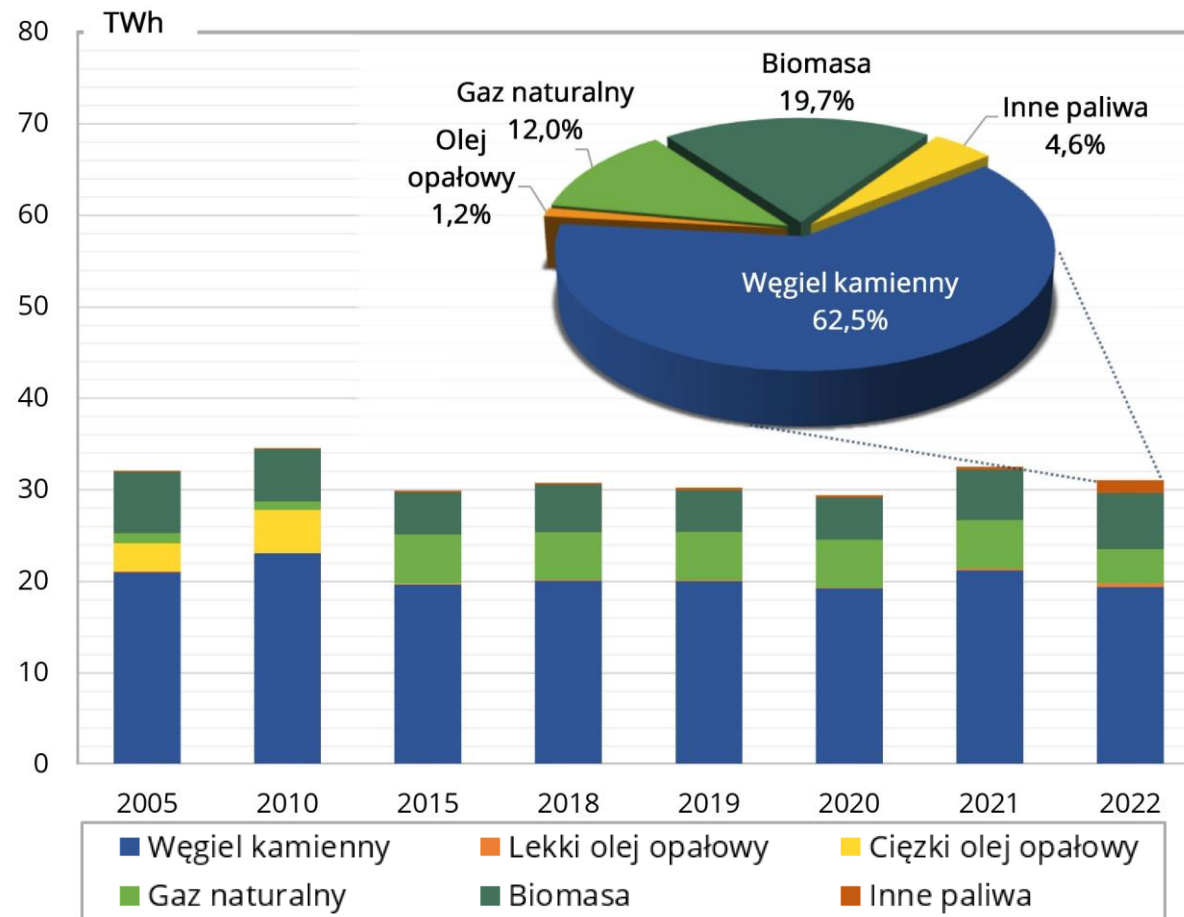
Produkcja ciepła sieciowego w **koncesjonowanych przedsiębiorstwach ciepłowniczych (KPC)*** w 2022 (na podstawie typu paliwa):

- Węgiel kamienny: 19 400 TJ
- Lekki olej opałowy: 386 TJ
- Ciężki olej opałowy: 0,8 TJ
- Gaz naturalny: 3 732 TJ
- Biomasa: 6 106 TJ
- Inne paliwa: 1 418 TJ

Łączna produkcja: 31 043 TJ

Produkcja ciepła w kogeneracji: 22 028 TJ

*przedsiębiorstwa o mocy zamówionej przez odbiorców przekraczającej 5 MW; liczba przedsiębiorstw koncesjonowanych w woj. pomorskim w 2022: 25.

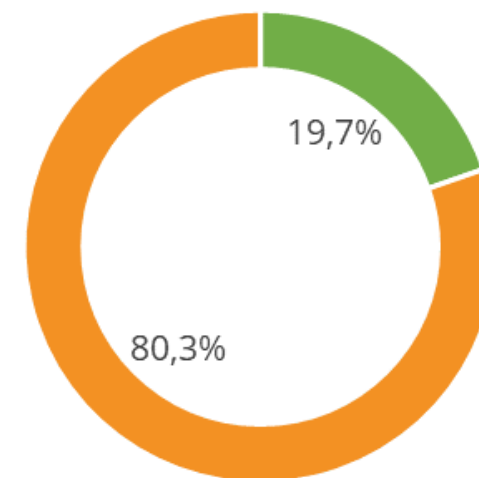


Udział paliw w produkcji ciepła sieciowego w koncesjonowanych przedsiębiorstwach

Na podstawie: URE, Energetyka ciepła w liczbach - 2005-2022

Sektor ciepłownictwa – główne źródła wytwórcze

Lp.	Źródło wytwórcze	Główne paliwo	Osiągalna moc netto w skojarzeniu		Produkcja netto		Rok uruchom.	Dane
			MWe	MWt	En. elektr. GWh/rok	Ciepło TJ/rok		
			312,5	1 483,7	1 235,9	13 089,7		
Zasilane paliwami kopalnymi			312,5	1 483,7	1 235,9	13 089,7		
1	EC PGE Energia Ciepła Oddział Wybrzeże w Gdańsku	Węgiel	171,8	822	697	8 386	1971-1994	2022
2	EC PGE Energia Ciepła Oddział Wybrzeże w Gdyni	Węgiel	85,8	415	391	3 846	1980, 1990	2022
3	EC Energobaltic we Władysławowie	Gaz naturalny	10,8	17,7	1,35	5,7	2003	2021
4	EC Lotos w Gdańsku	Gaz naturalny	29,5	164,0	109,7	2 928,4	1973, 1974	2021
5	EC Starogard Sp. z o.o. w Starogardzie Gdańskim	Węgiel	5,2	45,0	11,1	392,7	1998	2021
6	EC Gdańskie Zakłady Nawozów Fosforowych	Siarka	3,0	14,0	4,1	186,1	1991	2021
7	EC OPEC „Nanice” w Wejherowo	Gaz naturalny	6,4	6,0	21,2	73,4	2013	2021
8	Ciepłownia MPCK „Koksik” w Redzie	Węgiel	-	33,9	-	199,8	1992	2022
Zasilane paliwami odnawialnymi			113,8	485,8	513,2	8 881,6		
9	EC Zakładów Fosforowych Gdańsk w Kwidzynie	Biomasa/ Węgiel	111,6	476,0	497,77	8 646,7	1982-1986	2022
10	EC MPEC Lębork	Biomasa	1,25	5,7	9,65	146,8	2015	2021
11	EC Malteurop w Gdańsku	Biomasa	0,95	4,13	5,73	88,1	2015	2021
Razem			426,3	1 969,5	1 749,1	24 161,4		



■ OZE ■ Paliwa kopalne

Miks energetyczny w produkcji ciepła systemowego

Zapotrzebowanie: 65 206 TJ

Produkcja w KPC: 31 043 TJ

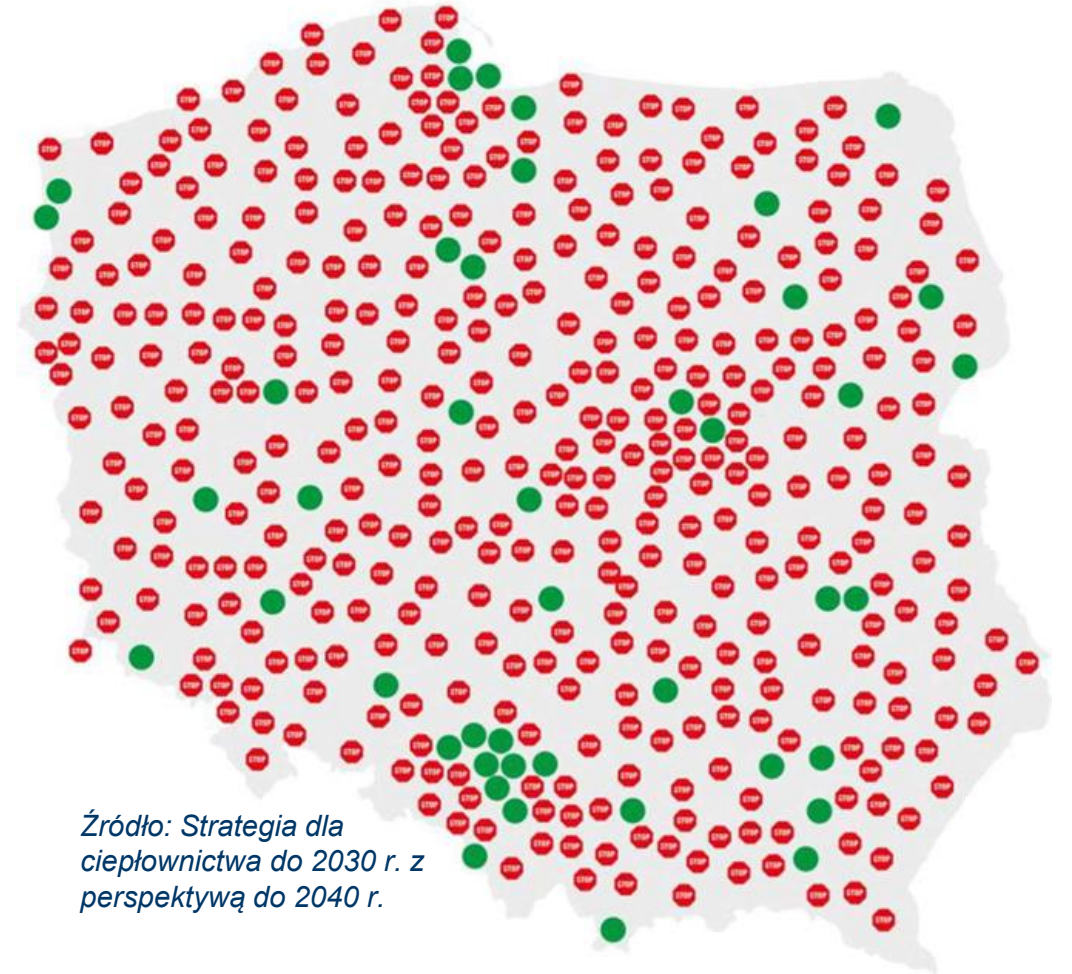
- z paliw kopalnych: 24 937 GWh
- z OZE (biomasa): 6 106 GWh

Na podstawie:
BAPE

Alternatywy dla węgla w ciepłownictwie systemowym

Definicja efektywnego systemu ciepłowniczego
- Prawo energetyczne art. 7b ust. 4:

„Przez **efektywny energetycznie system ciepłowniczy lub chłodniczy** rozumie się **system ciepłowniczy lub chłodniczy**, w którym do wytwarzania ciepła lub chłodu wykorzystuje się co najmniej w **50% energię ze źródeł odnawialnych lub w 50% ciepło odpadowe, lub w 75% ciepło pochodzące z kogeneracji, lub w 50% wykorzystuje się połączenie ww. energii i ciepła.**”



Źródło: Strategia dla
ciepłownictwa do 2030 r. z
perspektywą do 2040 r.

Systemy efektywne energetycznie w skali kraju

Alternatywy dla węgla w ciepłownictwie systemowym

Alternatywy dla węgla w ciepłownictwie systemowym – zgodnie z *Strategią dla ciepłownictwa do 2030 r. z perspektywą do 2040 r.:*

- jednostki kogeneracji zasilane gazem ziemnym,
- instalacje termicznego przekształcania odpadów wykorzystujące kogenerację,
- geotermia, zarówno klasyczną jak i płytką,
- wielkoskalowe kolektory słoneczne,
- pompy ciepła,
- jednostki kogeneracji zasilane zdekarbonizowanymi gazami – biometanem i wodorem,
- jednostki kogeneracji i kotły opalane biomasą,
- wykorzystanie technologii jądrowych,
- **elektryfikacja ciepłownictwa, wykorzystująca energię elektryczną z OZE,**



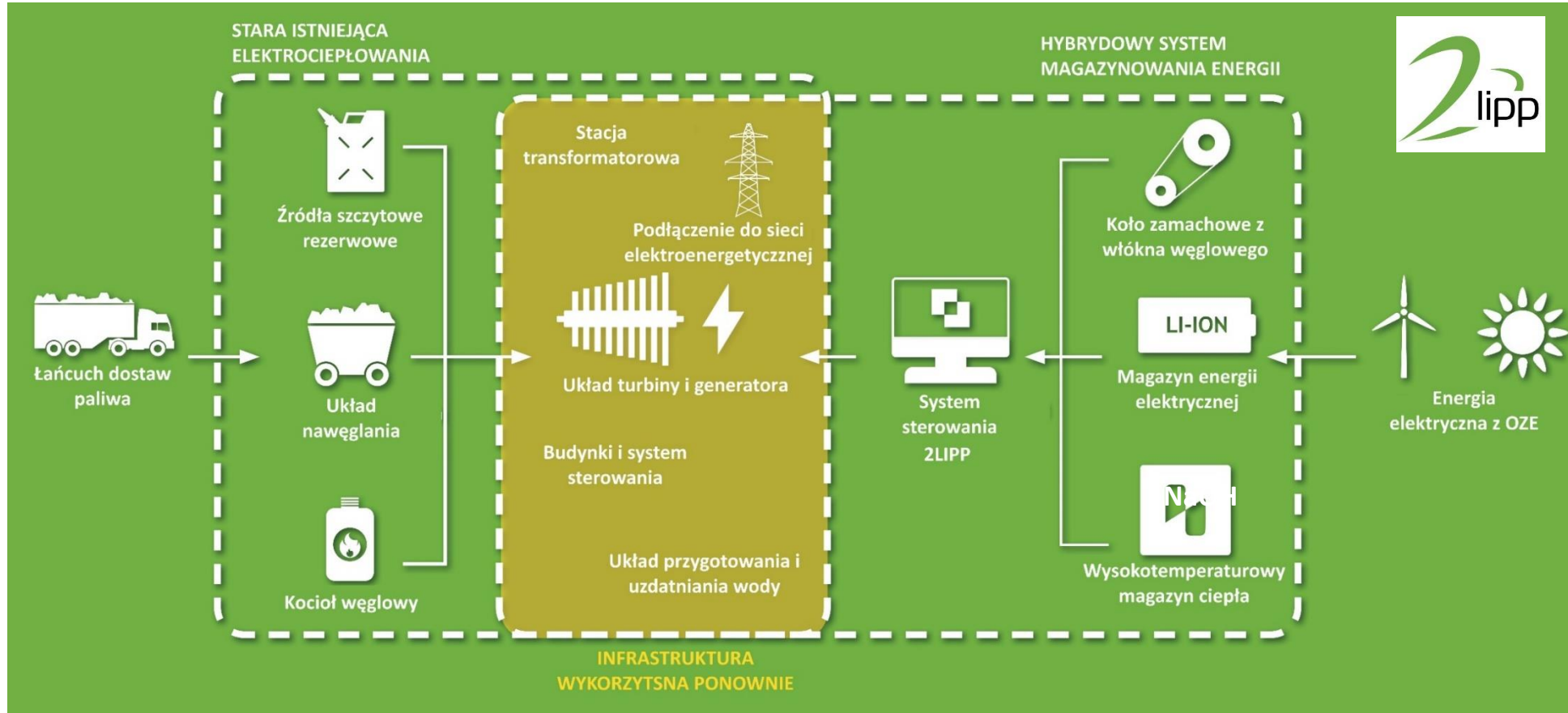
wykorzystanie technologii magazynowania energii do retrofitingu istniejących ciepłowni.

2LIPP, czyli drugie życie elektrociepłowni



Co-funded by
the European Union

2LIPP – 2nd Life for Power Plants

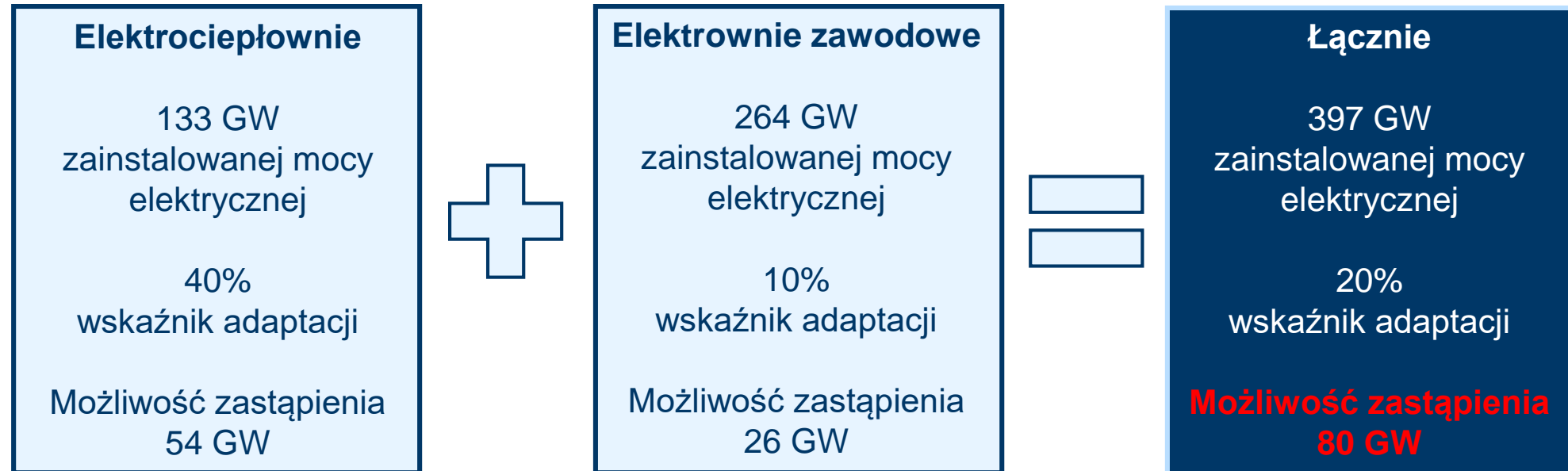


2LIPP, czyli drugie życie elektrociepłowni

Główne cele stawiane przed technologią 2LIPP:

- szerokie wykorzystanie istniejącej infrastruktury elektrociepłowni,
- wykorzystanie technologii o niskich kosztach materiałowych,
- obniżenie kosztów wdrożenia proponowanych technologii i dekarbonizacji źródła (CAPEX),

Możliwość zastosowania wspomnianych technologii w skali Unii Europejskiej



2LIPP, czyli drugie życie elektrociepłowni – Obiekt demonstracyjny

Elektrociepłownia Bornholms El-Produktion A/S:

- elektryczna moc zainstalowana: **70 MW**
- dwa bloki ciepłownicze:
 - blok nr. 6 z kotłem na biomasę,
 - blok nr. 5 z kotłem na olej opałowy,
- 14 rezerwowych agregatów prądotwórczych z silnikiem „Diesel’a” do pracy w trybie wyspowym,
- typowe wykorzystanie mocy: 20%.



Elektrociepłownia w mieście Rønne
na wyspie Bornholm

2LIPP – Technologie Magazynowania Energii

Koło zamachowe z włókna węglowego Magazyn energii kinetycznej

- lekki **wirnik** wykonany z **włókna węglowego**,
- nowoczesna konstrukcja łożysk;
- **łożyska z kryształów nadprzewodzących** zapewniają 100% lewitację magnetyczną,
- **konstrukcja modułowa** umieszczona w standaryzowanych kontenerach ISO,
- sprawność cyklu magazynu: **95%**,
- żywotność: **350 000 cykli (ok. 30 lat)**,
- koszt magazynowania (LCC): **0,03 EUR/kWh**,
- czas reakcji: **3ms**.

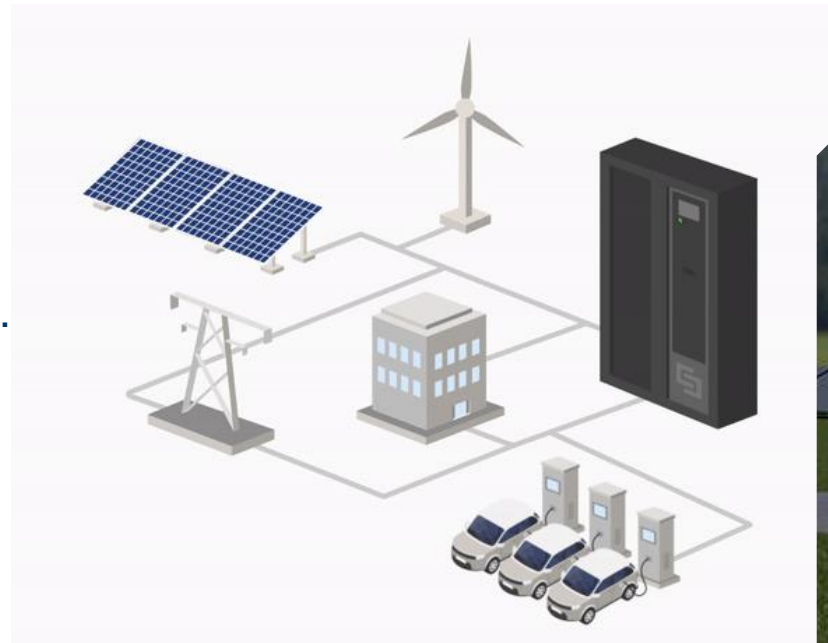


Źródło: QuinteQ
Energy Storage

2LIPP – Technologie Magazynowania Energii

Magazyn energii elektrycznej z bateriami z pojazdów hybrydowych i elektrycznych

- **konstrukcja modułowa** umieszczona w standaryzowanych kontenerach ISO,
- sprawność cyklu magazynu: **85%**,
- żywotność: ponad **6 000 cykli** dla nowych baterii i **2 500-10 000 cykli** dla baterii z odzysku,
- koszt magazynowania (LCC): **0,05-0,1 EUR/kWh**.

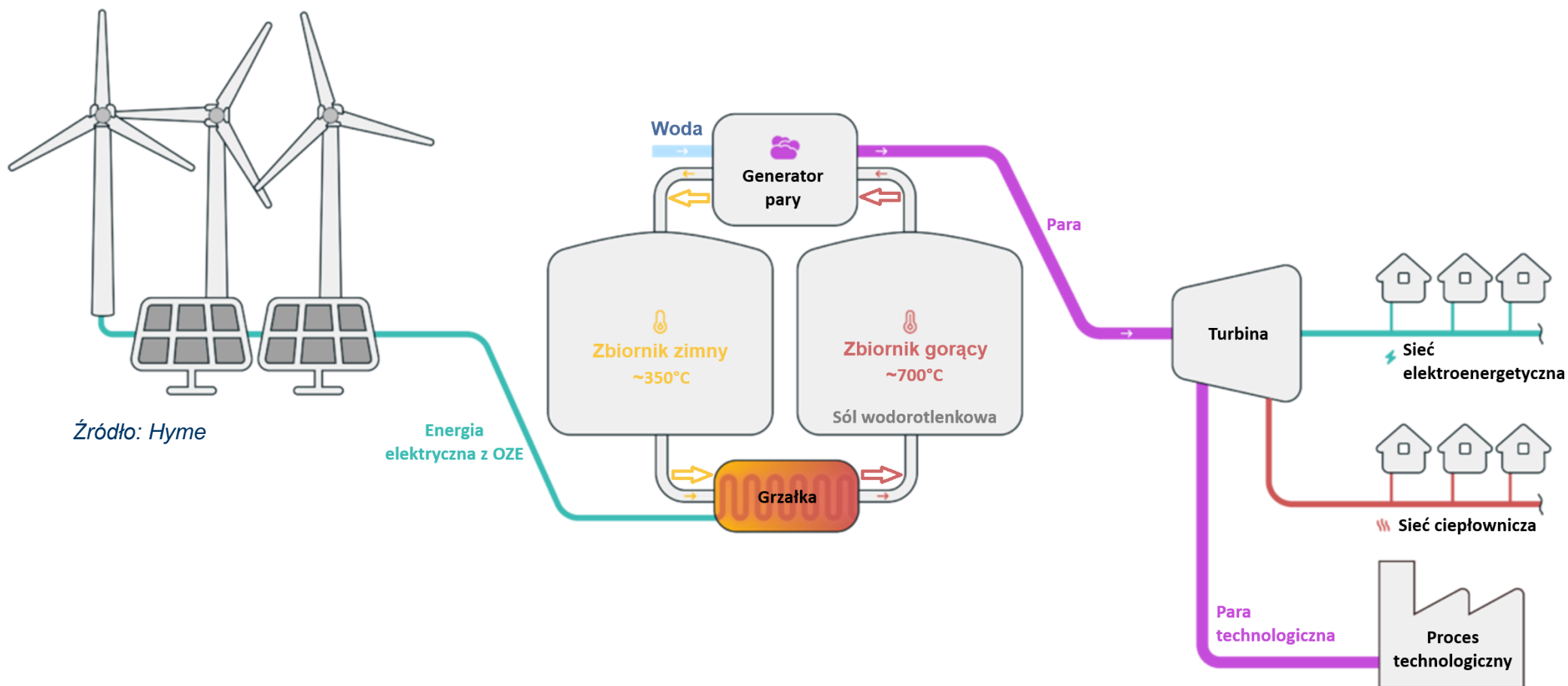


Źródło: PLS Energy System



2LIPP – Technologie Magazynowania Energii

Magazyn bazujący na stopionych solach wodorotlenkowych Magazyn energii cieplnej



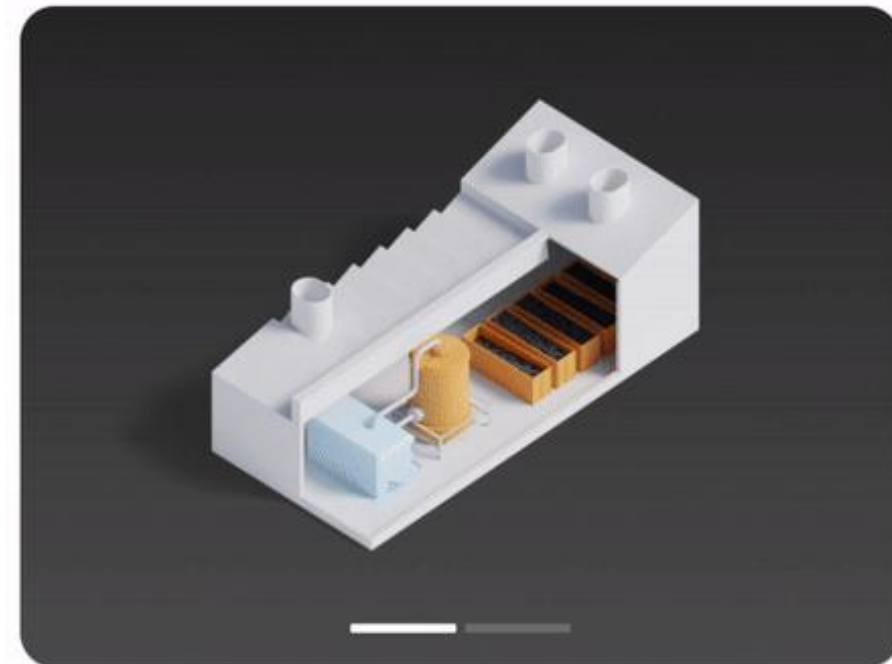
2LIPP – Technologie Magazynowania Energii

Magazyn bazujący na stopionych solach wodorotlenkowych Magazyn energii cieplnej

- wykorzystując **wodorotlenek sodu jako medium magazynujące** przynosi kilka kluczowych korzyści w porównaniu z obecnie stosowanymi solami azotanowymi,
 - obniżenie kosztów magazynowania w porównaniu do soli azotanowych do **65-90 EUR/kWh**,
 - wyższa temperatura magazynowania, sięgająca **700°C**, co pozwala na osiągnięcie temperatury **670°C** pary świeżej,
 - wyższa pojemność cieplna przypadająca na jednostkę masy i lepsza przewodność cieplna,
- redukcja zużycia materiałów konstrukcyjnych nawet o 40%,
- system kontroli i minimalizacji korozji** powodowanej przez sole wodorotlenkowe.



Źródło: Hyme





POLNOR CCS: Negative CO₂ emission gas power plant

Acronym: nCO2PP

Objectives and progress of the project

Gdańsk – Wrocław – Trondheim – Kraków

Principal Investigator (PI): prof. Dariusz Mikielwicz (Gdańsk Tech)

Project Promoter: Gdańsk University of Technology, <https://nco2pp.mech.pg.gda.pl/pl>

Project Partners:



Wrocław
University
of Science
and Technology



NTNU



AGH



SINTEF

70 years
1950-2020



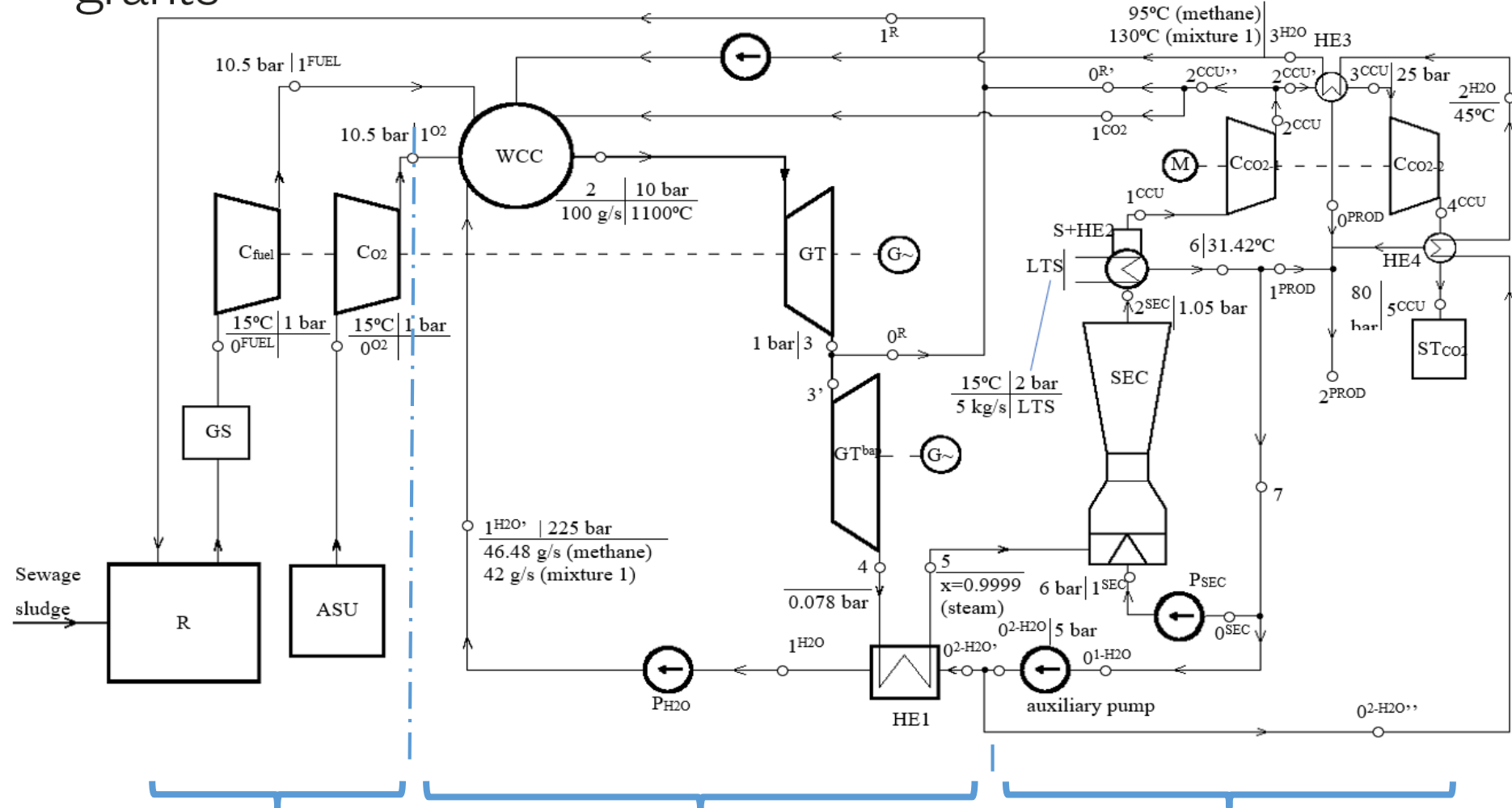
Duration of the project (1.11.2020-30.04.2024): 42 months

Total project cost: 18 248 886,96 zł

Project grant amount: 17 770 416,76 zł

- 85% kwoty dofinansowania z budżetu [Funduszy Norweskich](#)

- 15% kwoty dofinansowania z budżetu państwa z Programu "Badania Stosowane"



fuel preparation

energy generation

carbon capture



Results from Aspen Plus for the exhaust mass flow of 100 g/s based on "PFD0" without GT_{bap} , for mixture 1. With ethanol as the ORC medium.

Parameter	Symbol	Unit	No ORC/HE	Combined steam cycle, no HE	ORC, no HE	ORC, HE to 100K	Maximized HE, no ORC	ORC, maximized HE	"PFD1" (maximized HE)	
Pressure in the WCC	p_2	bar	10							
Temperature at the WCC outlet	t_2	°C	1100							
Fuel mass flow	\dot{m}_{1-fuel}	g/s	19.20	19.20	19.20	18.23	14.13	14.13	16.68	
Oxygen mass flow	\dot{m}_{1-O_2}	g/s	24.41	24.41	24.41	23.17	17.96	17.96	21.21	
Water mass flow	\dot{m}_{1-H_2O}	g/s	56.38	56.38	56.38	58.60	67.91	67.91	62.11	
NO mass flow in exhaust	\dot{m}_{2-NO}	g/s	0.9433	0.9433	0.9433	0.8953	0.6939	0.6939	0.82	
CO ₂ mass flow in exhaust	\dot{m}_{2-CO_2}	g/s	26.11	26.11	26.11	24.78	19.21	19.21	22.68	
Water mass flow in exhaust	\dot{m}_{2-H_2O}	g/s	72.94	72.94	72.94	74.32	80.09	80.09	76.50	
Water production	\dot{m}_p-H_2O	g/s	16.56	16.56	16.56	15.72	12.18	12.18	14.38	
Exhaust temperature	t_5	°C	673.40	97.54	87.72	88.97	98.84	66.76	41.83	
Temperature after ORC turbine	t_{3-ORC}	°C	-	314.82	370.0	276.32	-	32.23	-	
Turbine power GT	N_{GT}	kW	88.3	88.3	88.3	89.1	92.4	92.4	90.3	
Turbine power GT^{ORC}	N_{GT-ORC}	kW	-	22.1	34.9	31.2	-	19.8	65.6 GT^{bap}	
Combined turbines gross power	N_t	kW	88.3	110.4	123.1	120.3	92.4	112.2	155.9	
Power for own needs	N_{cp}	kW	19.89	19.89	19.92	19.26	16.49	16.52	25.82	
Chemical energy rate of combustion	\dot{Q}_{CC}	kW	328.00	328.00	328.00	311.31	241.30	241.30	284.86	
Net efficiency	η_{net}	%	20.84	27.59	31.46	32.45	31.47	39.67	39.43 (45.68 no SEC)	
Gross efficiency	η_g	%	26.91	33.66	37.53	38.64	38.30	46.51	54.74	



POLNOR CCS: nCO2PP Economy

No.	Description	Cost, EUR
1.	Gas turbine with a special CC	9 000 000
2.	Heat exchanger	12 300
3.	Jet condenser	330 000
4.	CO ₂ compression system	40 000
5.	O ₂ generating station	900 000
6.	Pumps	41 910
7.	Plasma gasifier	310 000
8.	Pre-treatment	980 000
9.	Syngas cleaning system	600 000
TOTAL		12 214 210

EXPENDITURE

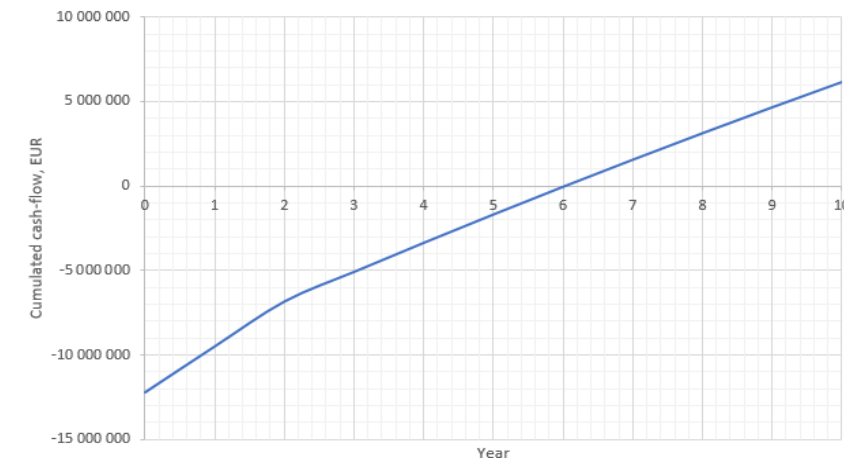
- Plant capacity: **10 000 Mg/year** mass flow of sewage sludge
- The heat produced in the installation will be consumed for drying the sludge (installation self-consumption).
- The prices were taken from Polish market (components, energy, emissions or disposal). **NPV = 5 978 888,82€**
- Prices are in EUR. **IRR = 11,80%.**
- Exchange rate **4,6 PLN/EUR.**
- Discount rate: **2,3%**, based on WIBOR index.
- Considered period of exploitation: 10 years.
- Price of the sewage slug disposal: **86,96 EUR/Mg.**
- Price of the electrical energy: **97,83 EUR/MWh.**
- Avoided cost of CO₂ emission: **47,5 EUR/Mg** (basing on <https://handel-emisjami-co2.cire.pl>).

No.	Description	Value	Unit
1.	The annual stream of sewage sludge in operat.	10 000	Mg/yr
2.	Amount of CO ₂ captured in the installation	10 469.5	Mg/yr
3.	Electricity generated	19 997.6	MWh/yr
4.	Electricity for own needs	5 592.9	MWh/yr
5.	Net electrical energy	14 404.7	MWh/yr

EFFECTS

Description	EUR/yr
Avoided cost of sewage sludge disposal	869 600
Avoided cost of CO ₂ emissions	497 301
Electricity produced (netto)	1 409 212
TOTAL	2 776 113

INCOME





POLNOR CCS: Negative CO₂ emission gas power plant nCO₂PP

Parameter	Symbol	Unit	Methane PP -conventional	Methane PFD with SEC Zero-emission	Mixture PFD with SEC nCO ₂ PP	Mixture PFD with ORC nCO ₂ PP
Net efficiency with optimistic SEC	η_{net}	%	47.1	41.5	39.4	39.7
CO ₂ mass flow in exhaust	\dot{m}_{2-CO_2}	g/s	17.1	17.1	22.7	19.2
Power for own needs with optimistic SEC	N_{cp}	kW	15.0	32.5	43.6	16.5
Turbine power output	N_t	kW	162.0	162.0	155.9	112.2
Chemical energy rate of combustion	\dot{Q}_{CC}	kW	311.8	311.8	284.9	241.3
Emission of carbon dioxide	eCO_2	kg/MWh	418.78	0.0	-727.12	-722.78
Relative emissivity of carbon dioxide	$\eta_{net} \cdot eCO_2$	%kg/MWh	197.42	0.0	-286.70	-286.73
Avoided emission of carbon dioxide	Avoid eCO_2	kg/MWh	0.00	475.33	1454.23	1445.57
Avoided relative emissivity of carbon dioxide	Avoid $\eta_{net} \cdot eCO_2$	%kg/MWh	0.00	197.45	573.40	573.46

$$eCO_2 = \frac{\dot{m}_{2-CO_2}}{N_t - N_{cp}} 3600$$

$$\eta_{net} \cdot eCO_2 = \frac{N_t - N_{cp}}{\dot{Q}_{CC}} \frac{\dot{m}_{2-CO_2}}{N_t - N_{cp}} 3600 = \frac{\dot{m}_{2-CO_2}}{\dot{Q}_{CC}} 3600$$

nCO₂PP: Economic analysis

No.	Description	Cost, EUR
1.	Gas turbine with a special CC	9 000 000
2.	Spray-ejector condenser	330 000
3.	O ₂ generating station	900 000
4.	Plasma gasifier+ gas cleaning	910 000
5.	Pretreatment (drying)	980 000
6.	Auxiliary devices (heat exchangers, CO ₂ compressors Pumps)	94 000
TOTAL		12 214 210

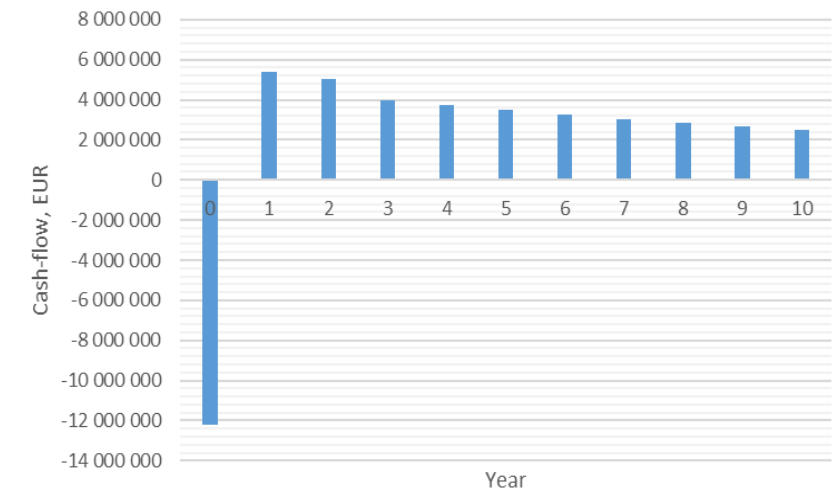
No.	Description	Value	Unit
1.	The annual stream of sewage sludge in operat.	10 000	Mg/yr
2.	Amount of CO ₂ captured in the installation	10 469.5	Mg/yr
3.	Electricity generated	19 997.6	MWh/yr
4.	Electricity for own needs	5 592.9	MWh/yr
5.	Net electrical energy	14 404.7	MWh/yr

- Plant capacity: **10 000 Mg/year** mass flow of sewage sludge
- Heat produced in the installation will be consumed for drying the sludge (installation self-consumption).
- Prices for Polish market - **July 2023** (components, energy, emissions or disposal) in €
- Exchange rate **4,5 PLN/EUR.**
- Discount rate: **6,9%**, based on WIBOR index.
- Considered period of operation: 10 years.
- Price of the sewage slug disposal: **53,00 EUR/Mg.**
- Price of electrical energy: **311,20 EUR/MWh.**
- Avoided cost of CO₂ emission: **70,00 EUR/Mg** (basing on <https://handel-emisjami-co2.cire.pl>).

NPV = 23.6 Million €

IRR = 42%

Description	EUR/yr
Avoided cost of sewage sludge disposal	530 000
Avoided cost of CO ₂ emissions	732 865
Electricity produced (netto)	4 482 743
TOTAL	5 745 608





Podsumowanie

- Istnieją ciekawe rozwiązania nowoczesnych technologii dla energetyki i ciepłownictwa.
- Nauka rozwija się według nowości, które mogą pojawić się na rynku komercyjnym po długim okresie wdrożenia – konieczność długoterminowej współpracy nauki i przemysłu – konieczne są wdrożenia obarczone większym ryzykiem – powstanie polska myśl techniczna
- Na drodze do dekarbonizacji polskiej energetyki i ciepłownictwa potrzebne są nowoczesne rozwiązania, w których jest duży udział energii elektrycznej.
- Poszukujemy długoterminowych współpracy opartych na nowoczesnych pomysłach.
- Nie drenujemy nauki, bo nie będzie miał kto uczyć i wychowywać nowe kadry.



Dziękuję za uwagę!