

Wysokotemperaturowe reaktory jądrowe szansą dla polskiej gospodarki

Grzegorz Wrochna

Narodowe Centrum Badań Jądrowych

g.wrochna@ncbj.gov.pl

Nuclear Cogeneration Industrial Initiative
Sustainable Nuclear Energy Technology Platform
www.nc2i.eu

Jądrowa Mapa Drogowa

Każda duża inwestycja przemysłowa lub infrastrukturalna może rozwinąć nową gałąź gospodarki, jeśli zainwestuje się kilka % wartości inwestycji w projekty badawcze i rozwojowe.

Przykłady „jądrowe”:

- Budowa EJ w Żarnowcu: reaktor Maria w Świerku
 - Dziś 18% rynku światowego radioizotopu ^{99}Mo , eksport radioizotopów do 80 krajów, sprzedaż licencji do Japonii.
- Budowa EJ w Wielkiej Brytanii: rozwój SMR
 - Rząd chce odzyskać pozycję producenta reaktorów i ogłosił konkurs na Małe Reaktory Modułowe

Jądrowa Mapa Drogowa

Program Polskiej Energetyki Jądrowej także stanowi szansę dla rozwoju nowych technologii, poprzez stowarzyszone projekty badawcze i rozwojowe.

Podwójny cel projektów:

- Zaadresowanie przewidywanych potrzeb gospodarki (np. energia cieplna dla przemysłu).
- Rozwój rodzimych kompetencji, technologii i produktów (np. komponenty i nowe typy reaktorów).

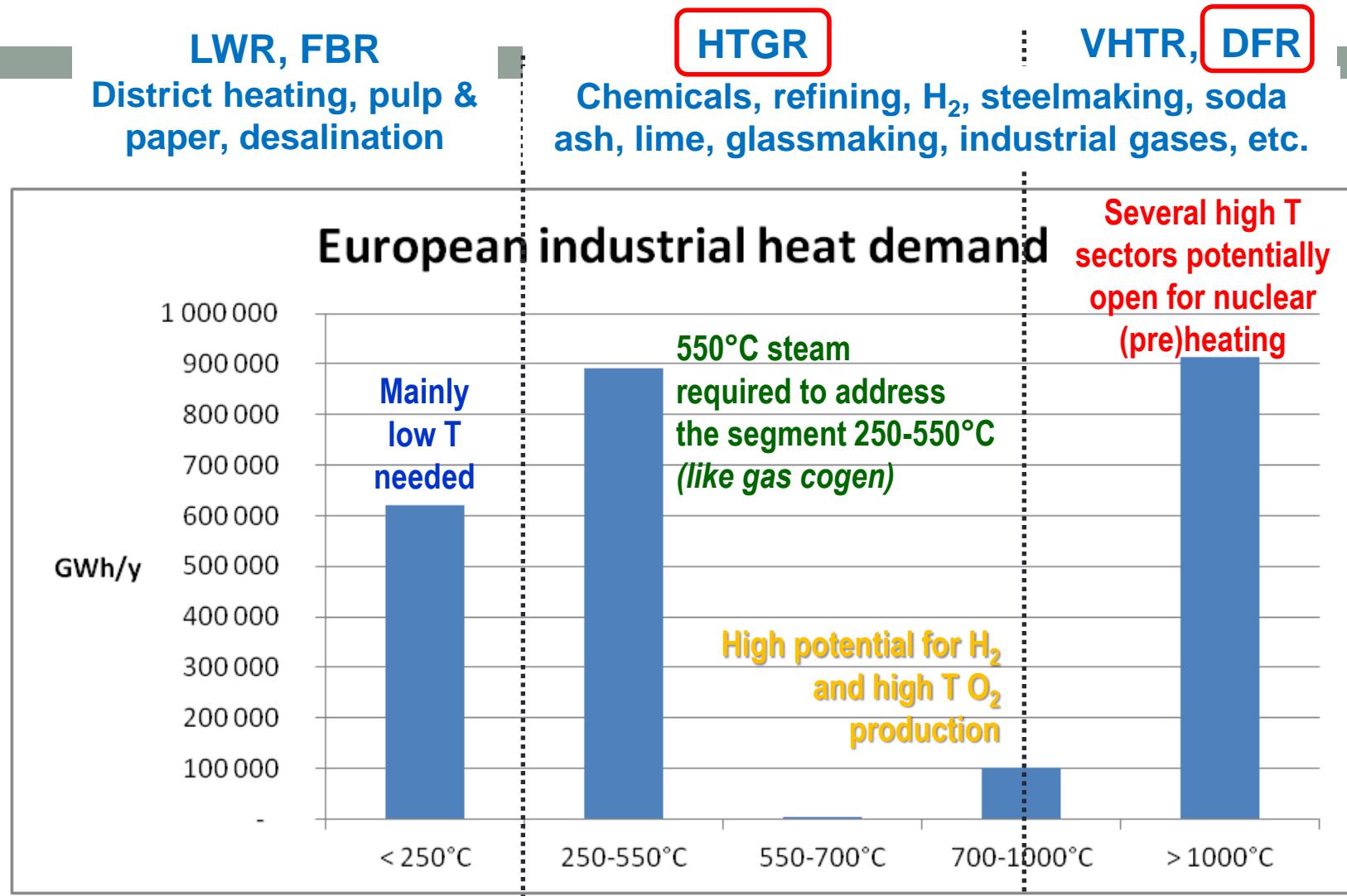
Impuls dla gospodarki będzie tym silniejszy, im więcej intelektualnej wartości dodanej przyniosą projekty.

- Dlatego trzeba poszukiwać nowych technologii i nowych obszarów zastosowań.

Jądrowa Mapa Drogowa

- W zakresie produkcji energii elektrycznej rynek zdominowały wielkie (~1000 MWe) reaktory lekkowodne (LWR).
 - Duża konkurencja na rynku
 - 5 dostawców zadeklarowało udział w polskim przetargu
 - Chiny i Rosja aktywne na innych rynkach
- Rynek energii cieplnej dzisiaj w 100% zdominowany przez paliwa kopalne.
 - Olbrzymi potencjał dla reaktorów jądrowych
 - Obecnie zaadresowany jedynie w zakresie LWR, czyli $T < 250^{\circ}\text{C}$.
 - Sieci ciepłownicze, odsalanie wody, ...
- Potrzeba nowych technologii
 - HTGR (High Temperature Gas Reactor) $\sim 600^{\circ}\text{C}$
 - VHTR (Very HTR), DFR (Dual Fluid Reactor) $\sim 1000^{\circ}\text{C}$

Zapotrzebowanie na ciepło

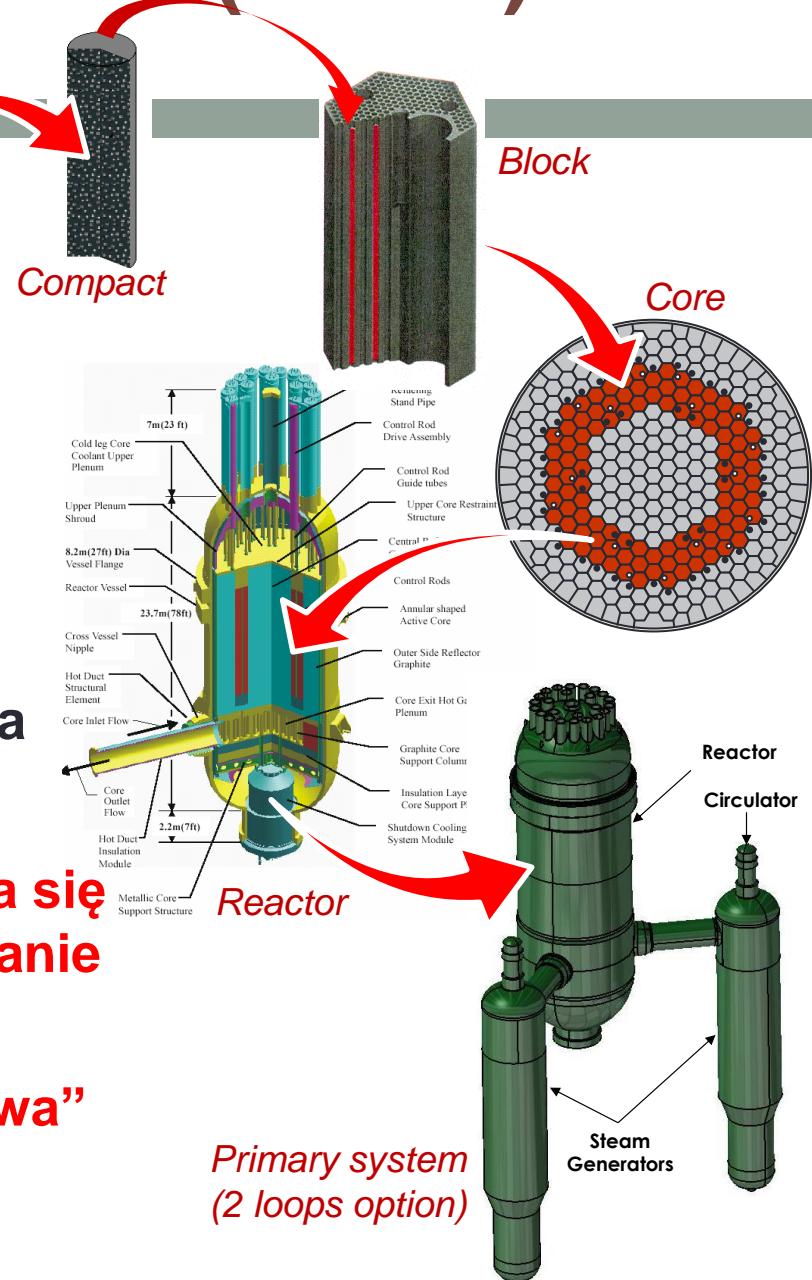


Reactors mature + experience in cogen

Proven reactor technology, high potential for cogen

Long-term

High T Gas-cooled Reactor (HTGR)

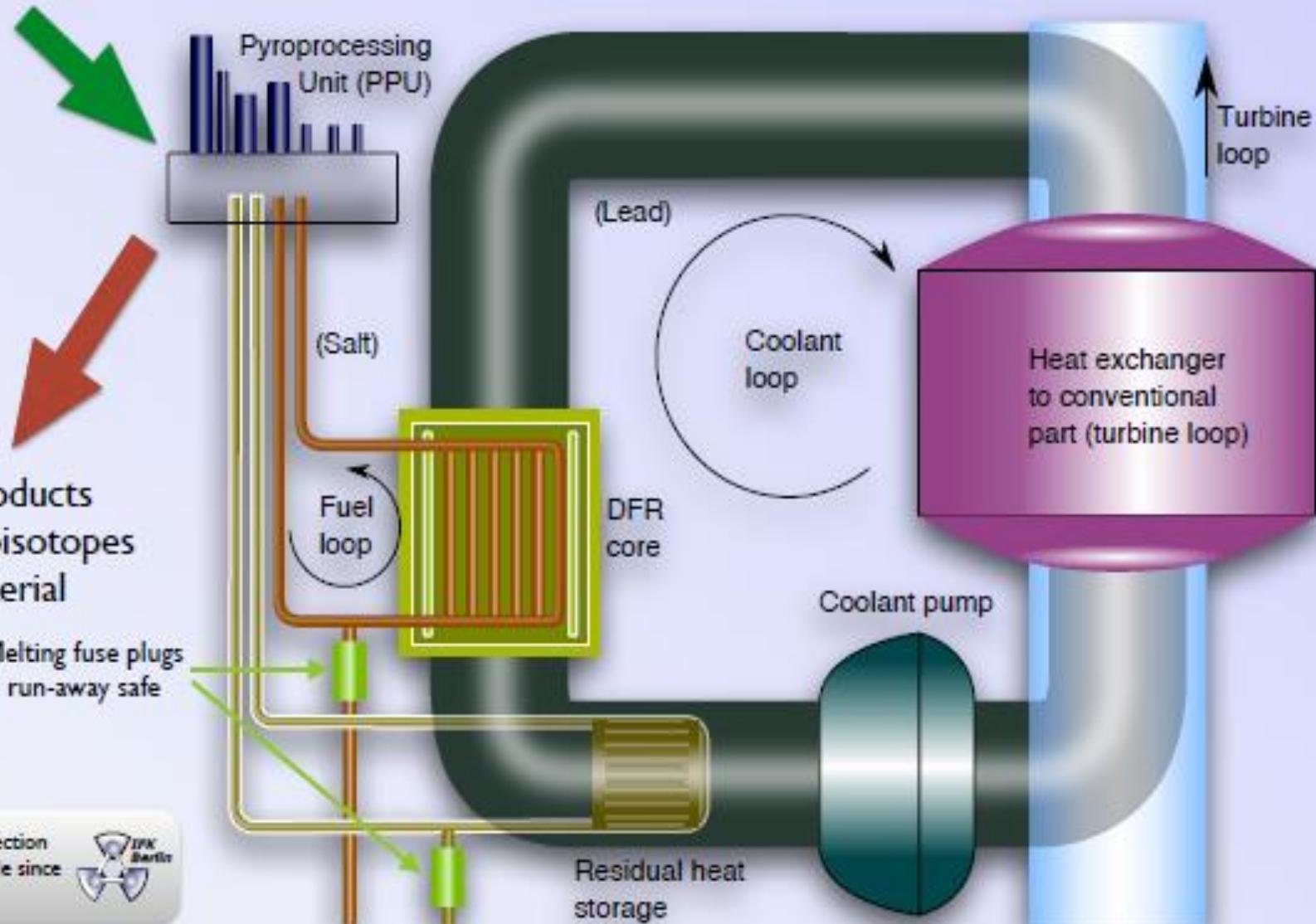


- Chłodz wo: hel 700°C
- Obwód wtórny: para 550°C
 - typowa w zakładach chemicznych
- Paliwo TRISO
 - Wytrzymuje > 1600°C
 - Konfiguracja kulowa lub pryzmatyczna
- Inherentne bezpieczeństwo
 - W przypadku awarii reaktor wychładza się przez przewodnictwo i wypromieniowanie
 - Nie możliwe stopienie rdzenia
 - Nie ma potrzeby „strefy bezpieczeństwa”
- W przyszłości: VHTR >1000°C

The Dual Fluid Reactor

A concept beyond Generation IV

- Natural Uranium
- Depleted Uranium
- Thorium
- Used fuel elements



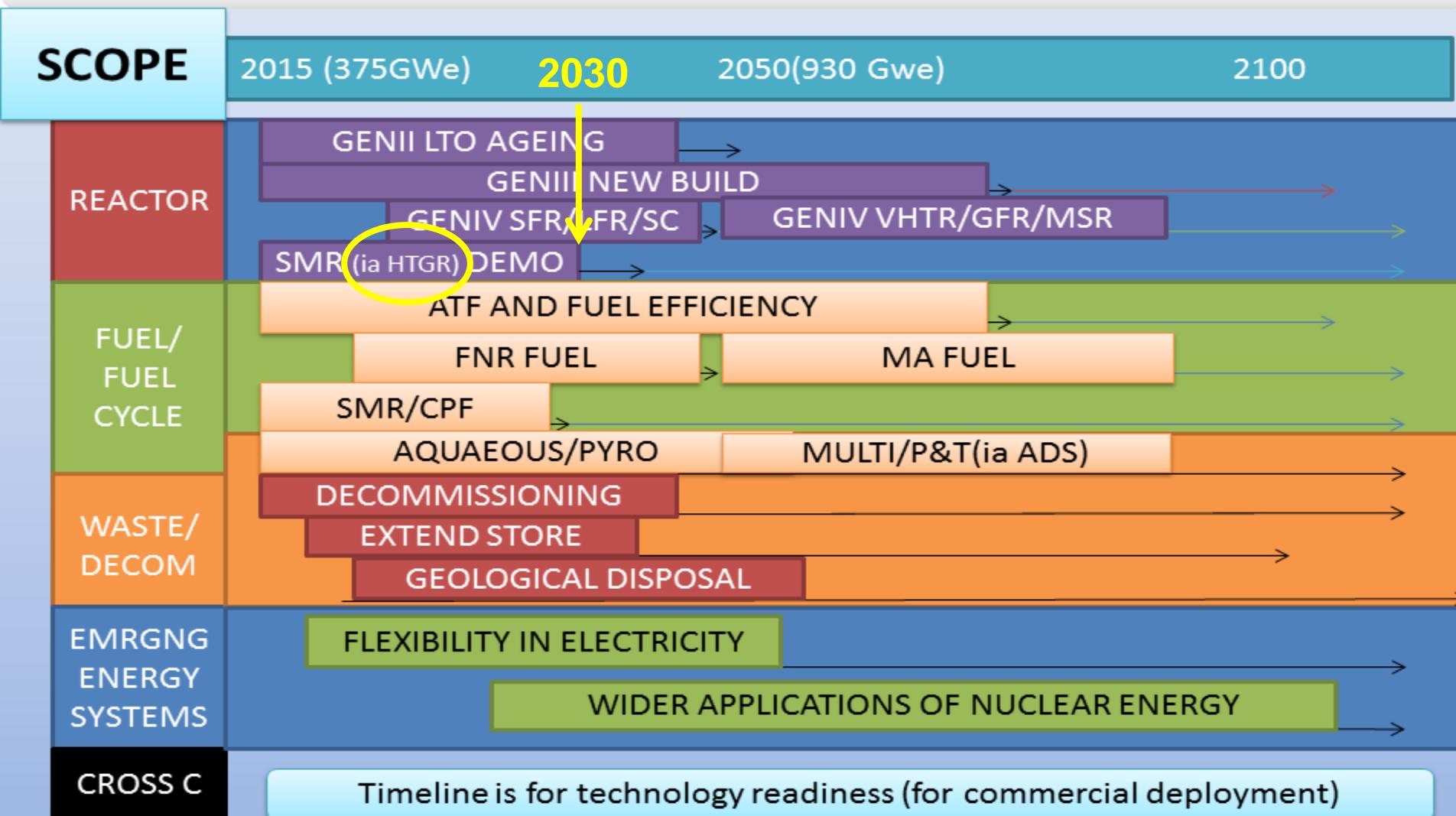
Wybór technologii

- Studia europejskiej Sustainable Nuclear Energy Technology Platform (SNETP), prace OECD NEA Nuclear Innovations 2050 oraz wyniki polskiego projektu HTRPL wskazują jednoznacznie na technologię HTR opartą o paliwo TRISO jako sprawdzoną i najbliższą komercyjnej realizacji dla temperatur rzędu 500-700°C.
- Zakres temperatur powyżej 1000°C wymaga jeszcze prac badawczych. Obiecujące technologie to
 - Very High Temperature Reactor (VHTR) z paliwem TRISO
 - oraz Dual Fluid Reactor zespołu prof. Czerskiego.

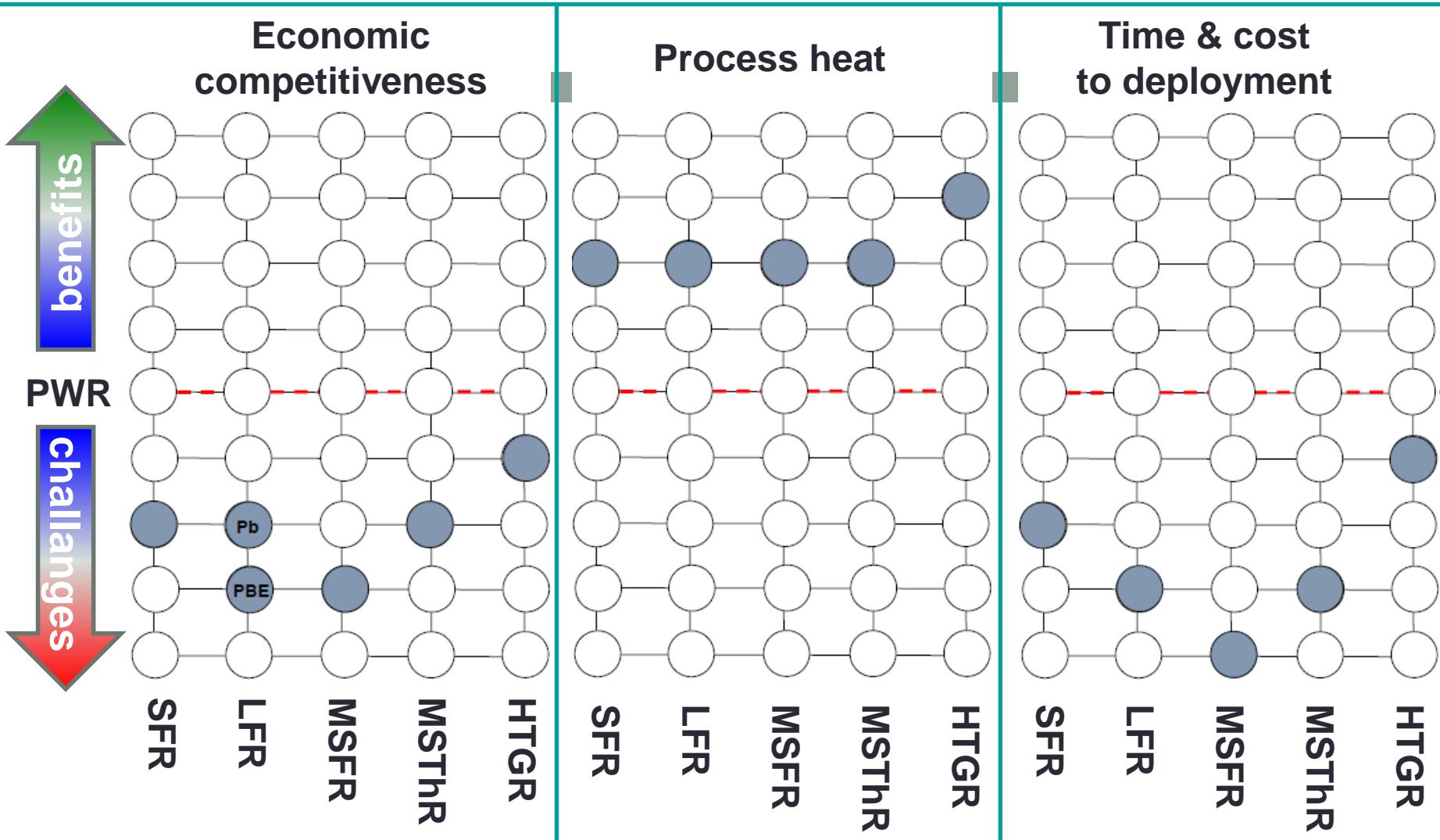
Nuclear Innovations 2050



Nuclear Energy Agency

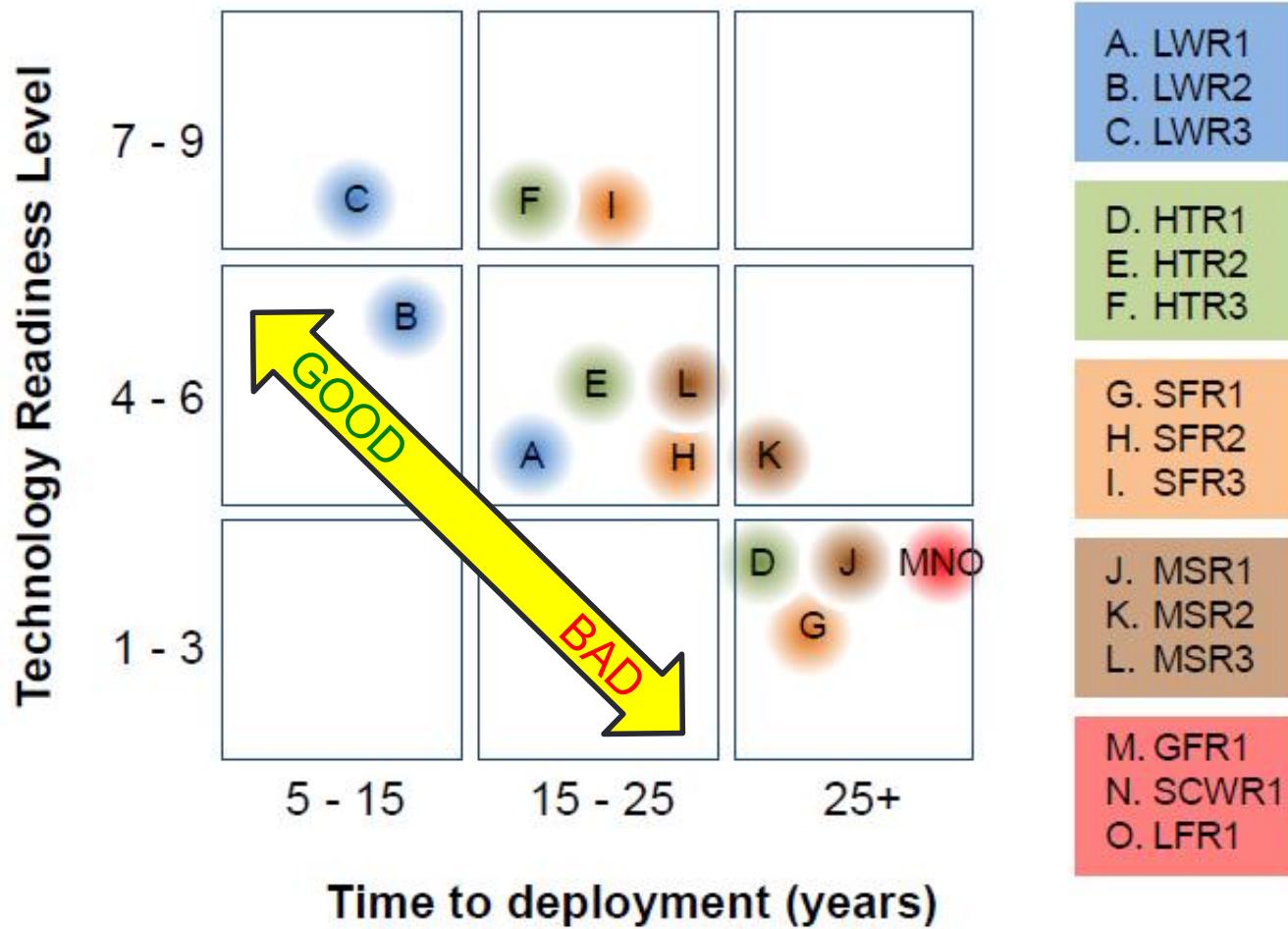


SMR UK Summit 2016



Gregg Butler, Univ. Of Manchester

SMRs... many TRLs

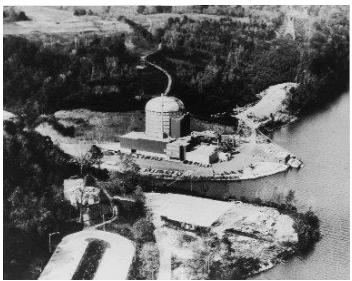


The HTGRs built and operated in the world

► Test reactors



DRAGON, U.K. Peach Bottom, US
20 MW
1963-76



AVR, Germany
15 MWe
1967-88



HTR-10, China
10 MWth
since 2000



HTTR, Japan
30 MWth
since 1998

► Industrial prototypes



Fort Saint-Vrain, US
300 MWe
1976-89



THTR, Germany
300 MWe
1986-89



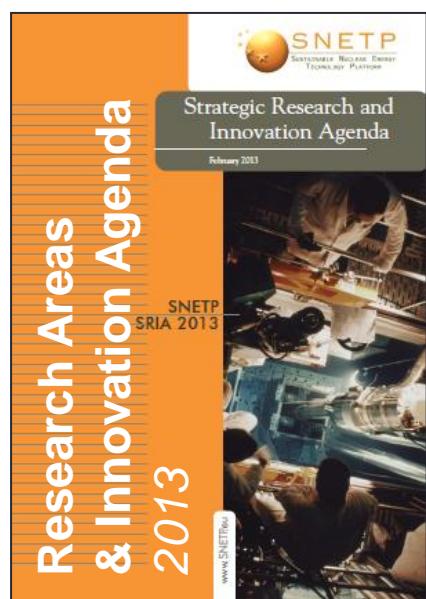
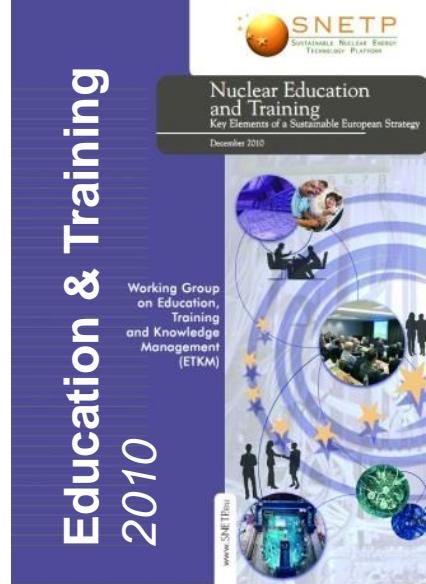
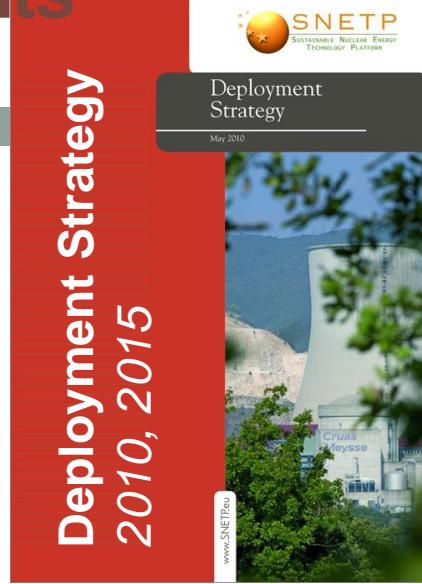
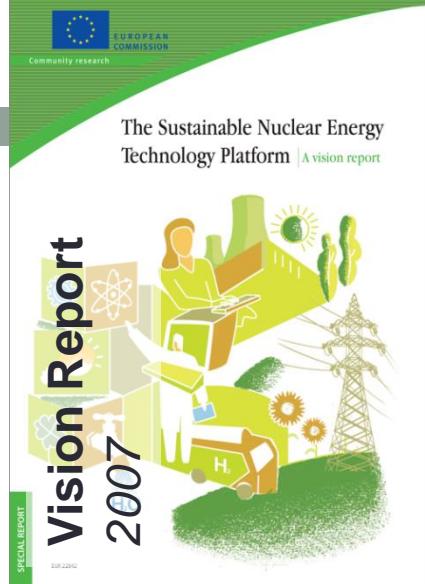
HTR-PM, China
2 x 106 MWe
2017?

SET-Plan and ETIPs

- European Strategic Energy Technology Plan includes several energy technologies
- Each one is covered by corresponding European Technology & Innovation Platform
- Nuclear Cogeneration Industrial Initiative (NC2I) is one of three pillars of Sustainable Nuclear Energy Technology Platform



SNETP strategic documents



Download: www.snetp.eu

Print: secretariat@snetp.eu

SNETP

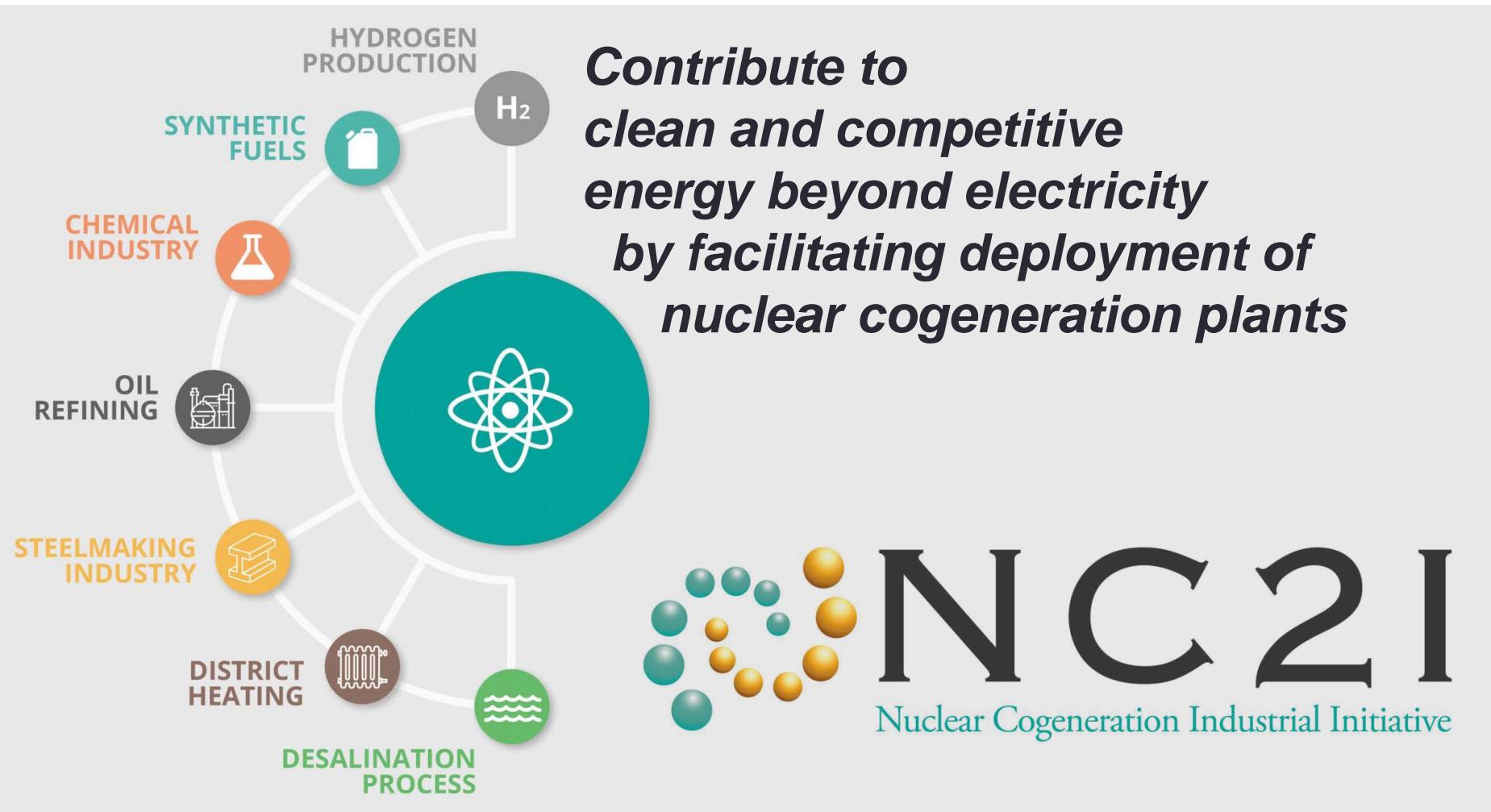
DESIGNS

NUGENIA
GEN II & III REACTORS

ESNII
FAST REACTORS

NC2I
NUCLEAR
COGENERATION

NC2I mission



Founding NC2I members

www.nc2i.eu

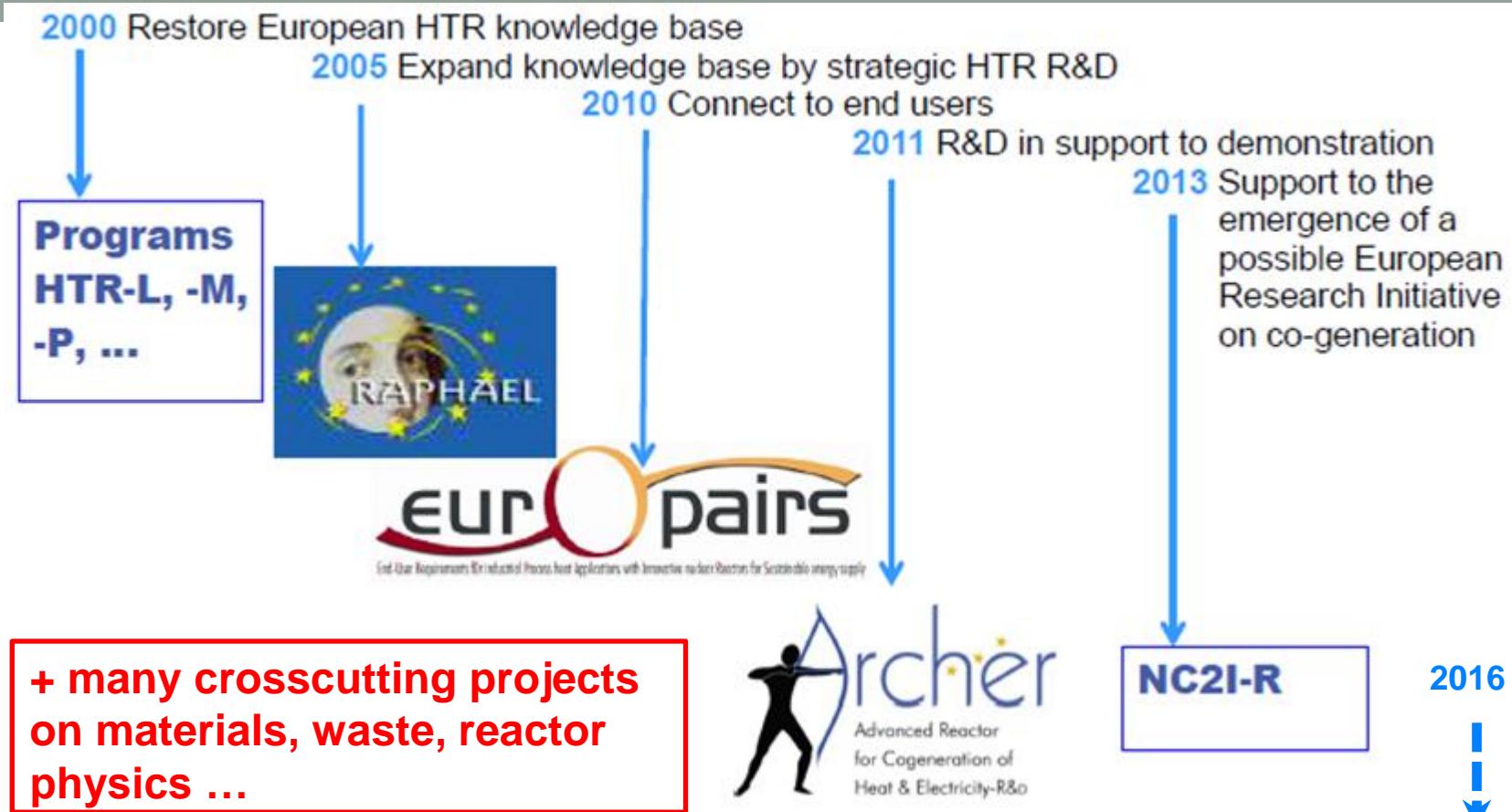


NC2I is one of SNETP's strategic technological pillars, mandated to coordinate the demonstration of high temperature nuclear cogeneration.



www.snetp.eu

Nuclear cogeneration European projects



+ several national projects, e.g.:

- France: ANTARES project (AREVA, CEA, EDF)
- Germany: SYNKOPE – HTR for lignite gasification, STAUB II,
- Poland: HTRPL – Polish industry needs, coupling technologies



The NGNP Industry Alliance (NIA)



Mission: To promote the development and commercialization of HTGR technology



Manufacturing Excellence Consulting, Inc.

www.ngnpalliance.org

HTGR for US: Piketon/Ohio site

- Former uranium enrichment plant
- In need for revitalization
- Local authorities consider HTGR as cheap energy source to attract industry
- Southern company interested to operate



GEMINI initiative

- Joint effort of EU NC2I & US NGNP IA
- MoU signed June 2014
- Workshops in US & Europe
 - Recently joint by Korea and Japan
- Common design „PRIME“ to meet US & Europe needs
 - (quasi) simultaneous FOAK construction in US & Europe



News from US

- **8-10.03.2016 Washington. International meeting on HTGR**
 - **Korea:** KAERI
 - **Japan:** Japan Atomic Energy Agency
 - **EC:** James Gavigan, Minister-Counsellor Research and Innovation
 - **UK:** Mark Caine, Policy Advisor, Energy&Environment, British Consulate
 - **PL:** Minister M.Kurtyka + 4
 - **NC2I:** G.Wrochna
 - **US gov:** DoE, DoS, Idaho NL
 - **US industry:** NGNP, Southern, Areva US, AECOM, Ultra Safe Nuclear, ...
- **Side meetings:**
 - Senator Rob Portman (R-Ohio)
 - Senator Jim Risch & staff of Senator Mike Crapo (R-Idaho)
 - Staff of the House Committee on Science, Space and Technology
 - Staff of the Senate Committee on Energy and Natural Resources
 - U.S Department of State: Richard Stratford, Director of the Office of Nuclear Energy, Safety and Security, Bureau of International Security and Nonproliferation; Sarah McPhee, Office of Nuclear Energy, Safety and Security; Kyler Turner, Office of Nuclear Energy, Safety and Security

PL-US

- **9-10.03.2016 Washington. Meetings of Polish delegation:**
 - Mike Wautlet, White House Director for Nuclear Energy Policy, et al.
 - Jonathan Elkind, Assistant Secretary for International Affairs, Adam Cohen, Deputy Undersecretary Cohen for NE, Department of Energy, et al.
 - Michael Lally, Assistant Secretary for Europe, Middle East and Africa, Department of Commerce, et al.
 - Melanie Nakagawa, Deputy Assistant Secretary, Office for Energy Resources, Department of State, et al.
- **Poland expressed interest to participate in the international project by providing:**
 - Skills of research institutions and industry in R&D, designing, licencing and construction.
 - End-user, i.e. chemical plant for deployment of the first reactor in Europe.
 - Financial contribution in form of public seed money for the project, EU structural funds and high risk loan instruments for design and construction.
 - Possibly joining the “Mission Innovation”.
 - Consolidation of regional involvement (Czech Republic, Slovakia, etc).
 - “Interface” to the European Commission.
- **Parties agreed to continue the process**

Outcome of Washington meeting

Understanding each other needs:

- **US:** Piketon & Southern expressed strong intention to build HTGR
- **Korea:** goes for VTHR for H₂ production, very much interested in cooperation on technology, components, software, licensing etc.
- **Japan:** not sure about design, very much interested in cooperation on technology, components, software, licensing etc.; great contribution with HTTR experiments
- **EU/PL:** interested in common design ~300MWt & fast deployment

International framework:

- Both industry-to-industry and gov-to-gov relations
- Possibility of OECD NEA umbrella
- US/EU/KR/JP programme including GEMINI (US/EU) project

Next steps:

- Working groups established to define the structure of the programme
- Submission of proposal for UK competition – done!
- **Submission of Euratom NFRP-4 proposal GEMINI+**

HTGR for Europe: Gemini+

**European NC2I + US NGNP IA + Korea + Japan
proposal submitted for Euratom H2020 call**

WP1	Safety Approach and Licensing Framework
WP2	Configuration for an industrial high temperature nuclear cogeneration system
WP3	Innovation and long-term perspective
WP4	Demonstration in Europe*
WP5	Dissemination & Stakeholder Engagement
WP6	Monitoring, Reporting & Management*

Konsorcjum Gemini+

Euratom / H2020
Wniosek złożony wczoraj

NCBJ liderem

No	Organisation	Type of organisation	Country
1	NCBJ	Research organisation	PL
2	AFW	Commercial in Confidence	UK
3	AREVA-G	Industry	DE
4	AREVA Inc	Industry	US
5	BrivaTech	SME	DE
6	CVRez	Research organisation	CZ
7	Empresarios Agrupados	Private Company	ES
8	Energoprojekt-Warszawa	SME	PL
9	FORTUM	Energy Utility	FI
10	IRSN	Research organisation	FR
11	JAEA	Research Orgaisation	JP
12	JRC	Research organisation	NL
13	LEI	Research organisation	LT
14	LGI	SME	FR
15	NGNP Alliance	Industry	US
16	NRG	Research organisation	NL
17	PROCHEM	Private Company	PL
18	Siempelkamp	SME	DE
19	TUD	University	DE
20	TÜV-R	Private Company	DE
21	UJV	Private company	CZ
22	USNC-EU	SME	FR
23	KAERI	Research organisation	KR
24	AZOTY	Private company	PL
25	NAMRC/USFD	University	UK
26	NUCLIC	SME	NL
27	Baaten Energy Consulting	SME	NL



Gemini+

- Do NRFP-4 zgłoszono 7 projektów za 30 mln €!
Szansę mają 2 lub 3, raczej 2.
- Na NFRP1-5 łącznie zgłoszono 49 projektów
za 192 mln €, a do podziału jest zaledwie 55 mln €.
- Ale mając w projekcie mocny przemysł i listy
rekомendacyjne naszych MNiSW i ME oraz ME
brytyjskiego i litewskiego, OECD NEA i SNETP
czujemy się dość pewnie.
- Ewaluacja już się rozpoczęła, może się zakończyć
jeszcze w listopadzie, ale KE potrzebuje do 3 miesięcy do
zatwierdzenia wyników.

X-Energy

When serial entrepreneur Kam Ghaffarian, an Iranian-American who co-founded space contractor **SGT**, went on a spiritual retreat years ago in the South of France, his soul searching kicked off a new found fascination with nuclear technology.

Reimagining Nuclear Energy

- X-energy was founded in 2010 to address the world's serious energy challenges and make a lasting contribution to clean energy technology
- X-energy is reimagining the promises of nuclear energy that make nuclear the go-to energy source in more locations than ever before
 - X-energy's technology is the Xe-100—a small Pebble Bed High Temperature Gas-cooled Reactor (HTGR)
- World-class senior management team with >200 years experience in high temp gas-cooled reactors, and aerospace engineering and management
 - „nuclear startup” od 2009
 - 15-30 osób
 - Greenbelt, Maryland, US
 - roczne przychody \$570 000
 - grant od DOE - \$40 mln w 2016

“I began X-energy because the world needs energy solutions that are clean, safe, secure, and affordable. With so much at stake, we cannot continue down the same path.”

-Dr. Kam Ghaffarian, Founder & CEO



Kam Ghaffarian

Wykształcenie:

B.S. in Computer Science

B.S. in Electronics Engineering

M.Sc. in Information Management

Ph.D. in Management Information
Systems

Officer/Registered Agent Name List

Officer/RA Name	Entity Name
GHAFFARIAN, KAMAL S	STINGER GHAFFARIAN TECHNOLOGIES, INC.
GHAFFARIAN, KAMAL S	KAMCO FLORIDA PROPERTIES, LLC
GHAFFARIAN, KAMAL S	KAMCO MEDIA, LLC
GHAFFARIAN, KAMAL S	ESCAPE2, LLC
GHAFFARIAN, KAMAL S	KAMCO FLORIDA PARTNERS 1, LLC
GHAFFARIAN, KAMAL S	KAMCO FLORIDA PARTNERS 2, LLC
GHAFFARIAN, KAMAL S	KAMCO FLH PARTNERS 3, LLC
GHAFFARIAN, KAMAL S	KAMCO FLH PARTNERS 4, LLC
GHAFFARIAN, KAMAL S	KAMCO FLH PARTNERS 5, LLC



Kariera:

Lockheed

Goddard Space Flight Center

Ford Aerospace

Loral

Biznes:

Stinger Ghaffarian Technologies Inc.

Intuitive Machine

Axiom Space

X-Energy

HTGR: the SMR for UK

On top of 18 GW LWR programme,
UK plans to become SMR's vendor

- **UK SMR Techno-Economic Assessment** October 2015
 - NGNP submitted 350 MW_t prismatic HTGR on behalf of NGNP+NC2I
 - Urenco: U-Battery 10 MW_{th} prismatic HTGR
 - X-Energy: Xe-100 100 MW_{th} pebble bed HTGR
- **UK SMR Competition for 250 M£**
March 2016
 - NC2I submitted 350 MW_t prismatic HTGR on behalf of NGNP+NC2I
 - + several other HTGR proposals demonstrated high interest in the technology

17.02.2016 Amber Rudd, Secretary of State for Energy and Climate Change visited Poland

- Minister M.Kurtyka expressed Polish interest in HTGR – well received

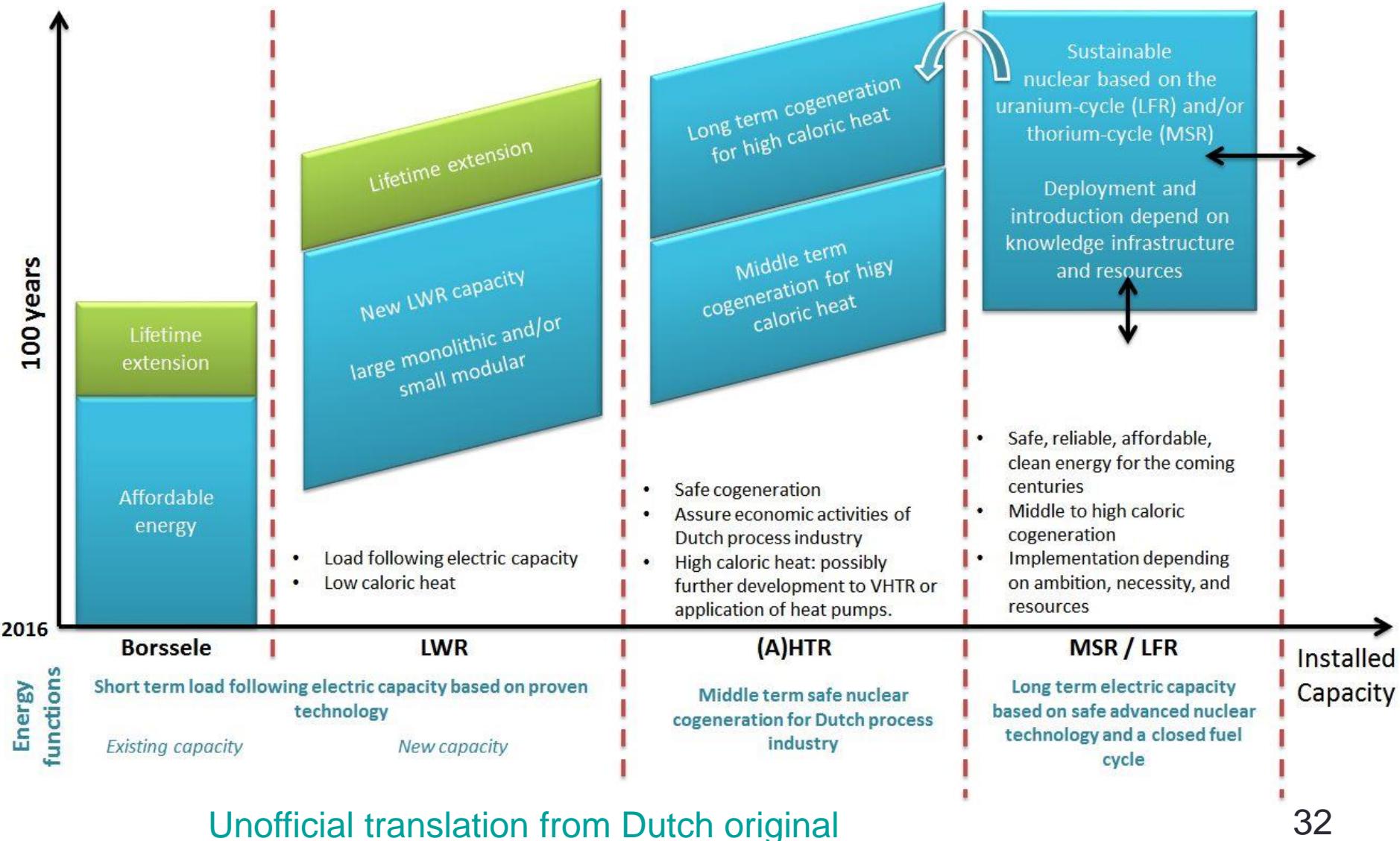
24-25.05.2016 Polish Ministry of Energy visited UK

- Delegation
 - Undersecretary of State, Michał Kurtyka (innovations ...)
 - Undersecretary of State, Andrzej Piotrowski (nuclear power, ...)
 - Director of Nuclear Energy Department, Józef Sobolewski
- Meetings (on LWR programme and on HTGR)
 - Warrington: AMEC, Rolls-Royce, U-Battery, NNL,
visit to AMEC High Temperature Facility
 - London: DECC, Secretary of State, Amber Rudd

Next meeting with BEIS planned in Poland

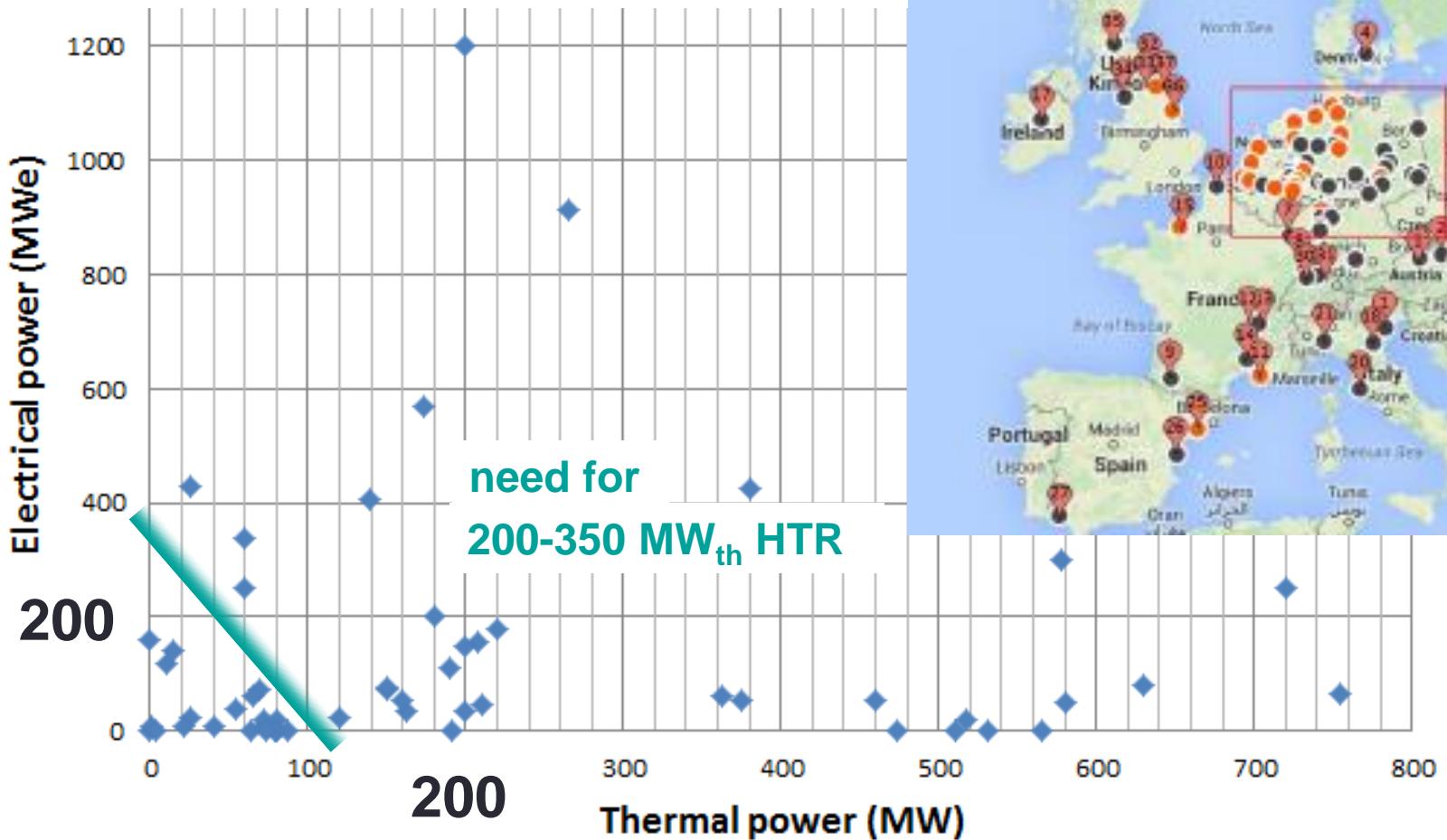
HTGR for Netherland

roadmap proposed by nuclear stakeholders



Potencjalni odbiorcy ciepła z HTGR

- Próbka >130 zakładów w UE
- Główne zakłady chemiczne



Zapotrzebowanie w PL

- 13 największych zakładów chemicznych w Polsce potrzebuje 6500 MW ciepła o T=400-550°C
- Rocznie zużywają 200 TJ, co odpowiada spaleniu >5 mln t gazu ziemnego lub oleju opałowego
- Zastąpienie przez HTGR zmniejszyłoby emisję CO₂ o 14-17 mln t rocznie

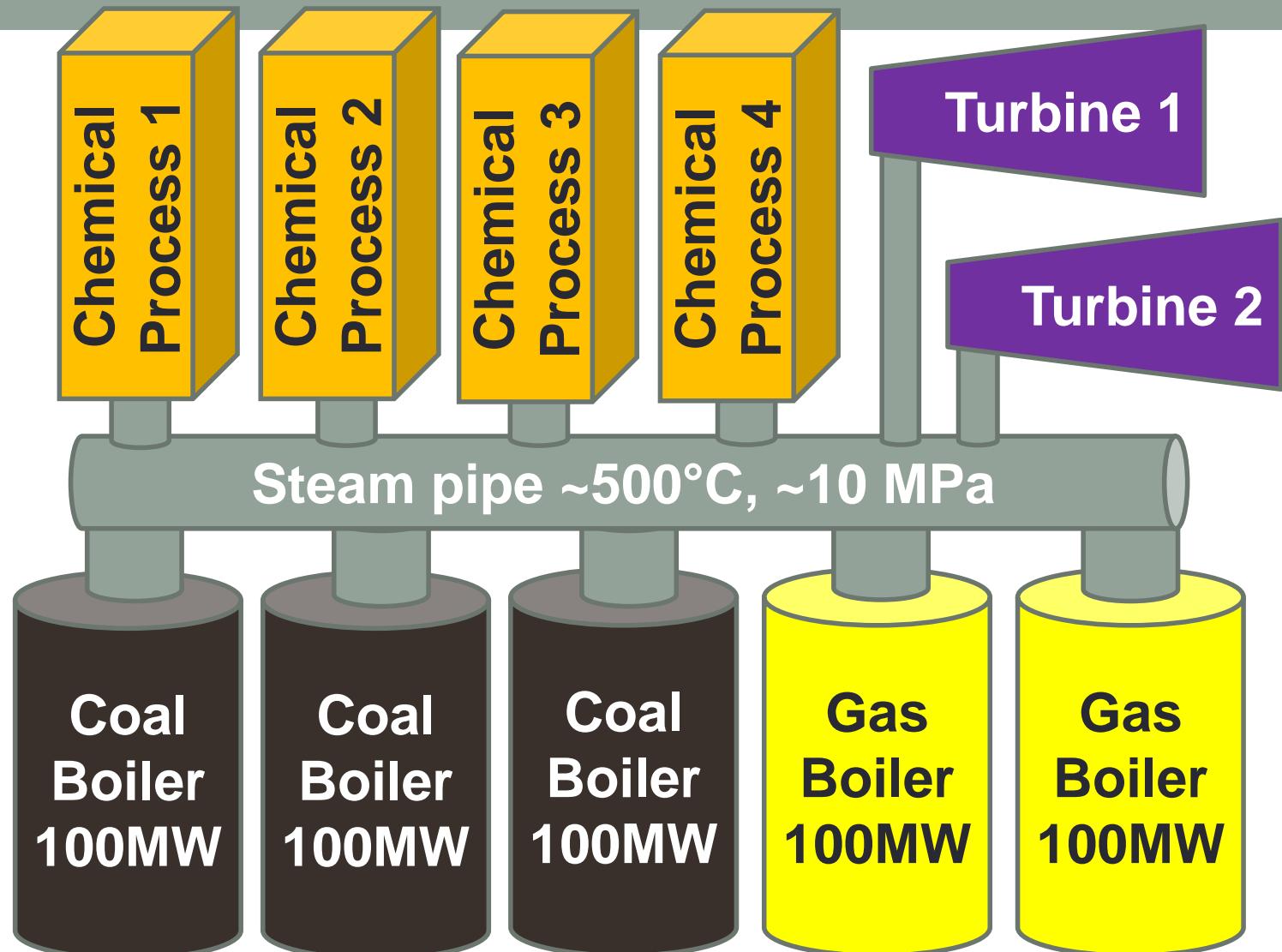


Plant	Boilers	MW
ZE PKN Orlen S.A. Płock	8	2140
Arcelor Mittal Poland S.A.	8	1273
Zakłady Azotowe "Puławy" S.A.	5	850
Zakłady Azotowe ANWIL SA	3	580
Zakłady Chemiczne "Police" S.A.	8	566
Energetyka Dwory	5	538
International Paper - Kwidzyn	5	538
Grupa LOTOS S.A. Gdańsk	4	518
ZAK S.A. Kędzierzyn	6	474
Zakl. Azotowe w Tarnowie Moscicach S.A.	4	430
MICHELIN POLSKA S.A.	9	384
PCC Rokita SA	7	368
MONDI ŚWIECIE S.A.	3	313

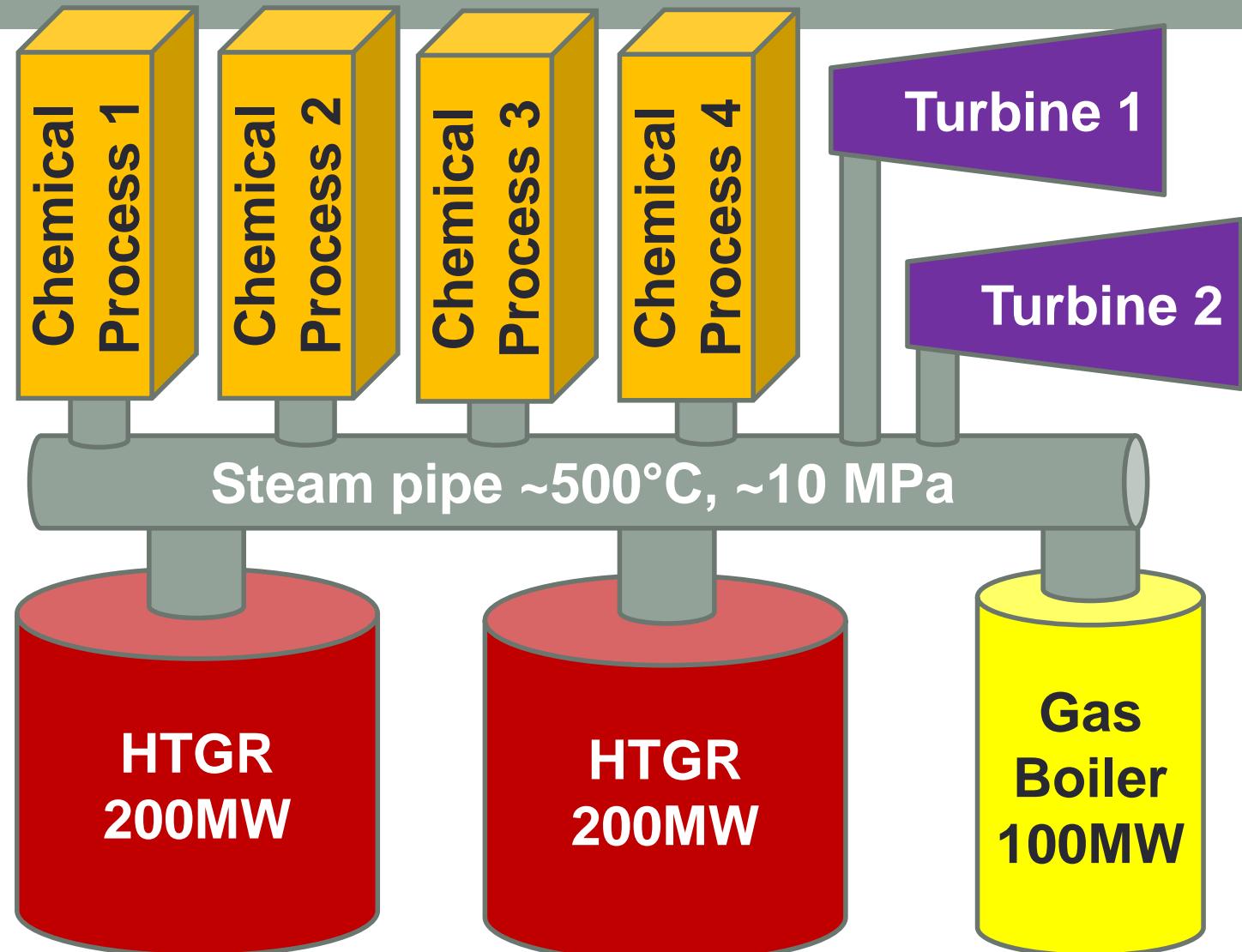
Boilers at 4 example sites

site	No	dates	fuel	°C	MPa	MW	MW	t/h
A	1x	1970	coal	450	3.8	28	358	32
	2x	1983/2013	coal	540	13.8	165		230
B	5x	1965-79	coal	540	9.6	171	855	215
C	5x	1956-61	coal	500	7.2	79	395	90
D	1x	1957/97	gas	510	10.0	130	170	170
	1x	1959	coal	510	10.0	135		170
	2x	1965-67	coal	510	10.0	185		230

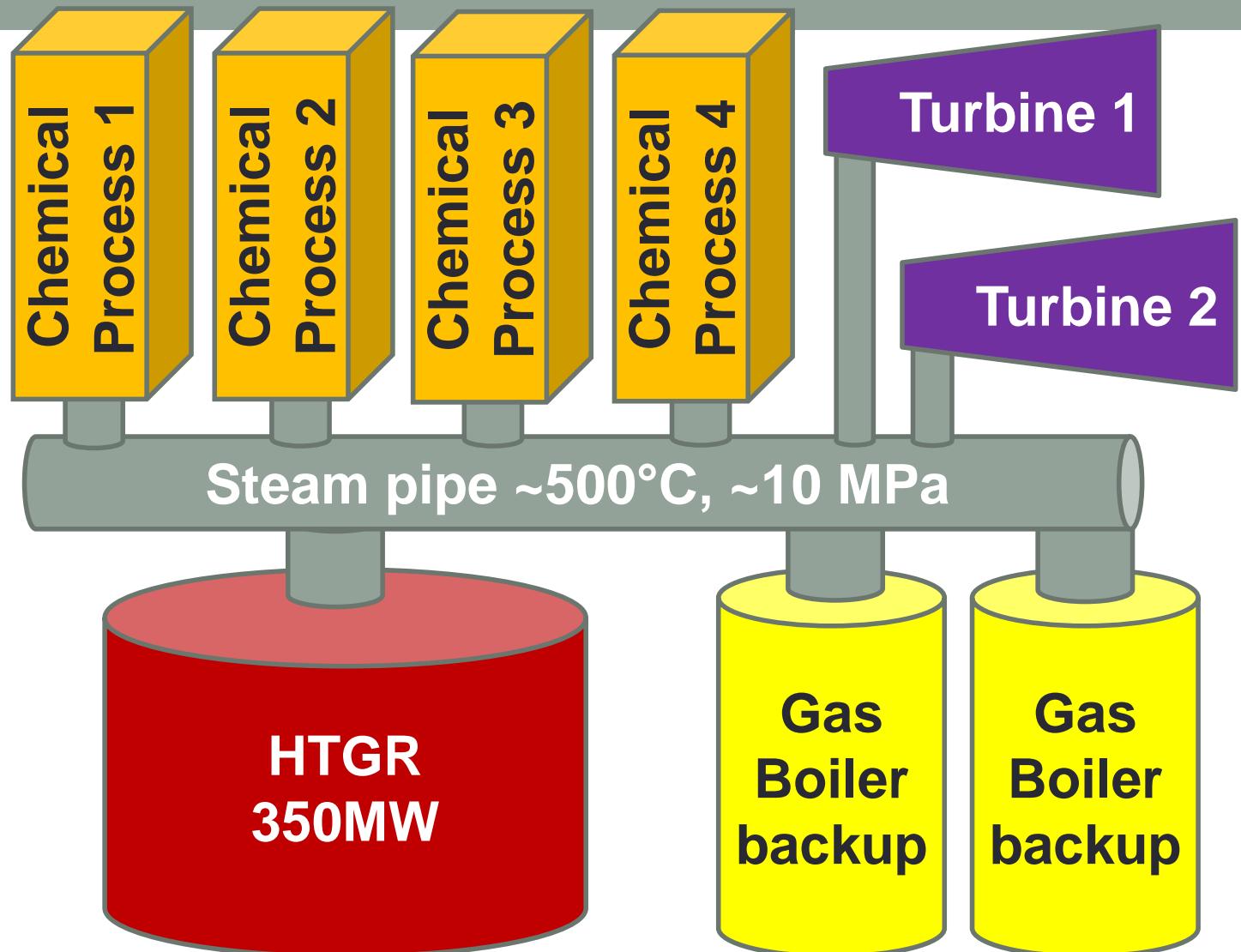
Typical industrial site



Typical industrial site



Typical industrial site



Flexibility of existing boilers

site	nominal power MW	max output t/h	min output t/h	output decr. t/min	power decr. %/min	output incr. t/min	power incr. %/min
A	165	230	140	1.0	0.43	1.0	0.43
B	171	215	140	3.3	1.5	3.3	1.5
C	79	90	65	5.0	5.5	5.0	5.5
D	130	170	90	7-10	5.9	5.0	2.9
	135	170	110	7-10	5.9	5.0	2.9
	185	230	100	7-15	6.5	7.0	3.0
	180	230	140	7-15	6.5	7.0	3.0

Higher flexibility is needed

Projekt rządowy kogeneracji jądrowej

Minister Rozwoju 29.07.2016 opublikował projekt „Strategii na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju” (SOR).

Jednym z działań w obszarze energii jest:

- Wdrożenie wysokotemperaturowych reaktorów jądrowych HTR do produkcji ciepła przemysłowego**

Na liście projektów służących realizacji SOR znalazł się projekt:

- Kogeneracja jądrowa – przygotowanie do budowy pierwszego rektora HTR o mocy termicznej 200-350 MW zasilającego instalację przemysłową w ciepło technologiczne**

Wytycza to jednoznacznie kierunek prac Zespołu.

Zespół doradczy Ministra Energii

Minister Energii powołał Zespół ds. analizy i przygotowania warunków do wdrożenia wysokotemperaturowych reaktorów jądrowych zarządzeniem z dnia 13.07.2016

Zadania Zespołu:

1. Potrzeby polskiej gospodarki i potencjał eksportowy
2. Polskie możliwości projektowe i produkcyjne
3. Koszty i finansowanie
4. Prawo, licencjonowanie, zgody i pozwolenia
5. Współpraca międzynarodowa

Skład Zespołu HTR

Kamil Adamczyk, ME DEJ

Konrad Czerski, Uniwersytet Szczeciński

Sławomir Potempski, NCBJ

Marek Tarka, Prochem

Krzysztof Piotr Wilbik, Energoprojekt

Grzegorz Wrochna, NCBJ (przewodniczący)

Adam Żurek, Grupa Azoty S.A.

Marcin Wasilewski, PKN ORLEN S.A.

Przewidywane powiększenie Zespołu o przedstawiciela ME DIT

Osoby współpracujące z Zespołem:

- Małgorzata Świderska, NCBR
- Marcin Dąbrowski, PAA
- Piotr Galas, Krystian Strabanik, PKO BP
- Zuzanna Nowak, NCBJ

Jądrowa Mapa Drogowa

Projekt inwestycyjny: energia elektryczna

- 6000 MW_e, reaktory LWR 1000-1600 MW_e
- gotowe reaktory na rynku

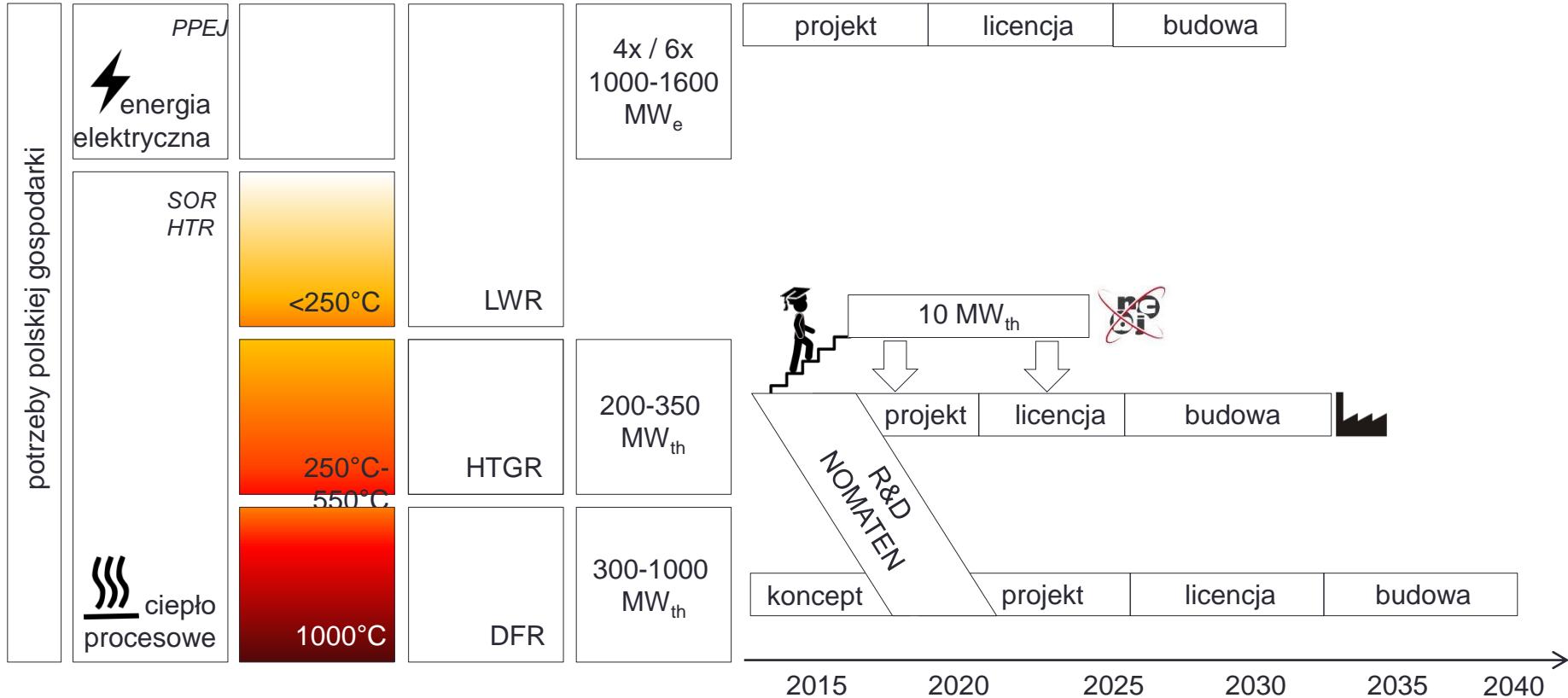
Projekt wdrożeniowy: kogeneracja, para ~500-550°C

- HTR (High Temperature Reactors) 200-350 MW_{th}
- sprawdzona technologia, trzeba zaprojektować reaktor

Projekt badawczy: ciepło przemysłowe >1000°C

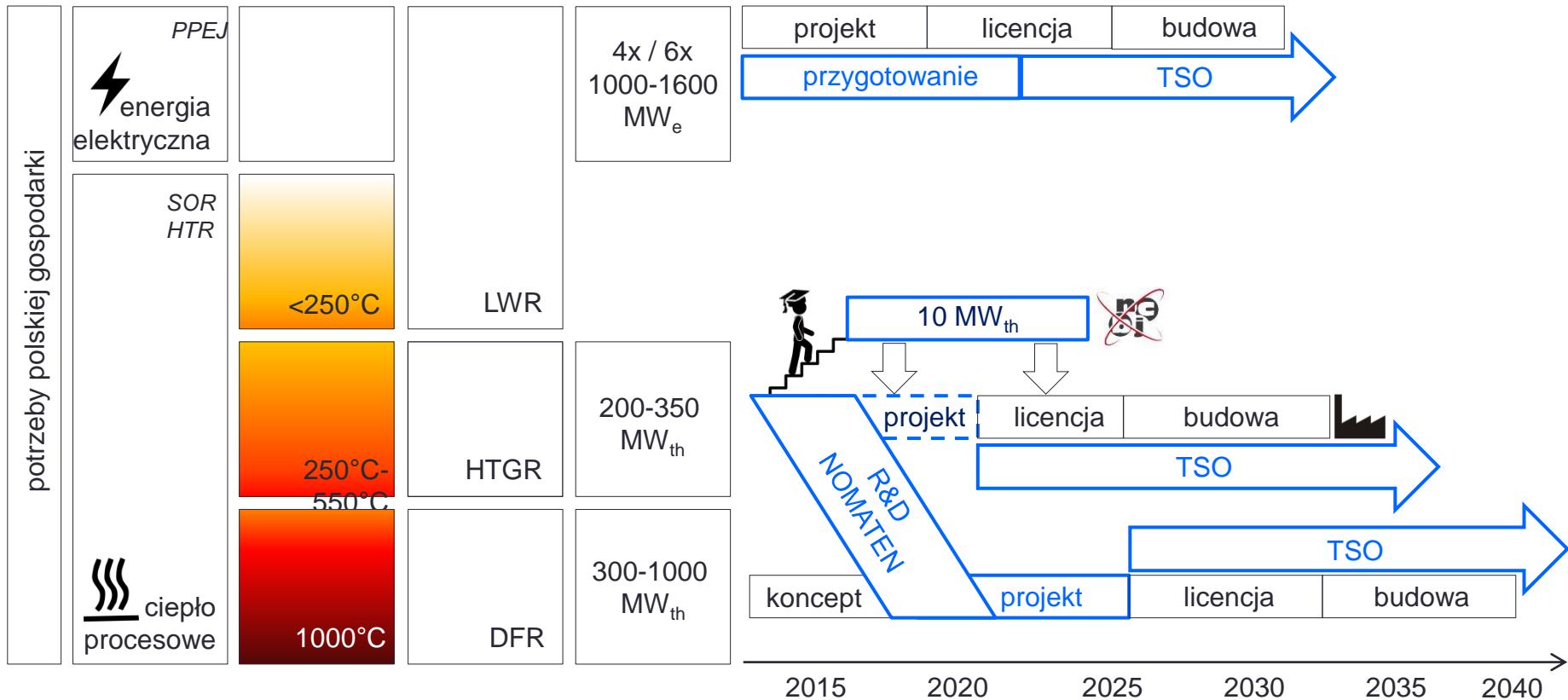
- DFR (Dual Fluid Reactors) ~1000 MW_{th}
- faza koncepcyjna, potrzebne R&D

Jądrowa mapa drogowa



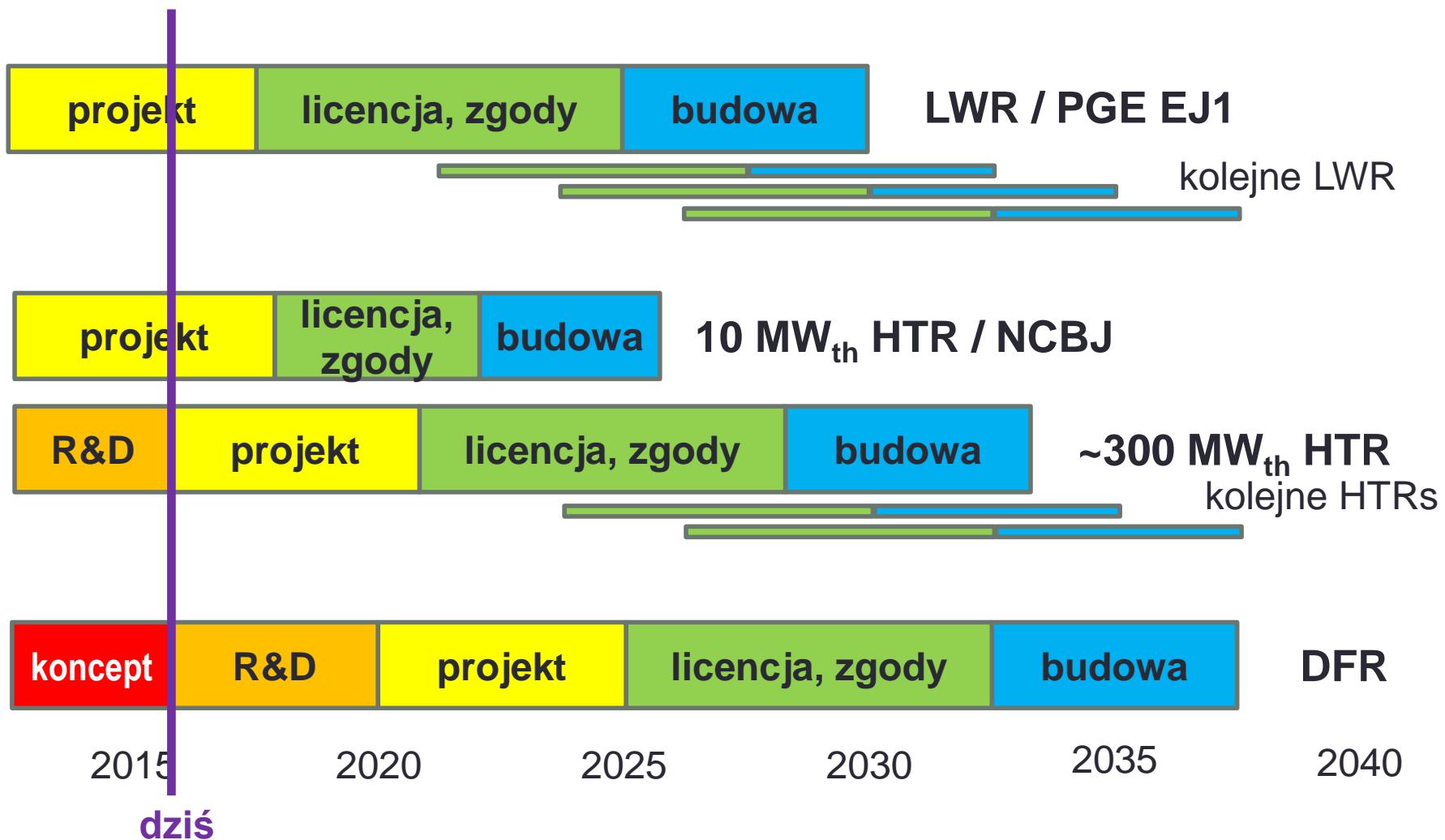
Jądrowa mapa drogowa

Zaangażowanie NCBJ



Jądrowa Mapa Drogowa

Orientacyjny harmonogram budowy reaktorów różnych typów w Polsce



DFR

Małe ryzyko inwestycyjne
Wyniki przydatne dla przemysłu
chemicznego niezależnie
od przydatności dla DFR



Instalacja badawcza w Świerku
Grant NCBR + przemysł:
„TechMatStrateg” lub
„wspólne przedsięwzięcie”

60 Mzł

Dalsze decyzje
zależne od wyników R&D



10 MW_{th} HTR @ NCBJ

Małe ryzyko inwestycyjne
Możliwość zwrotu nawet
priy braku budowy w Polsce

Decyzja: 12.2018
polityczna: know-how w Polsce
biznesowa: przyspieszenie dużego HTR

UK BEIS + PL NCBR
80% Urenco + 20% NCBJ

100 Mzł

600 Mzł

Grant dla NCBJ (fundusze strukturalne)



10 MW_{th} HTR / NCBJ

Reaktor badawczy z turbiną 4 MW_e

- Eksperymenty i pomiary wspierające licencjonowanie HTR >100 MW_{th}
- Walidacja kodów obliczeniowych i symulacyjnych
- Badanie materiałów i komponentów
- Zdobywanie doświadczenia przez NCBJ, PAA, wykonawców

2015

2020

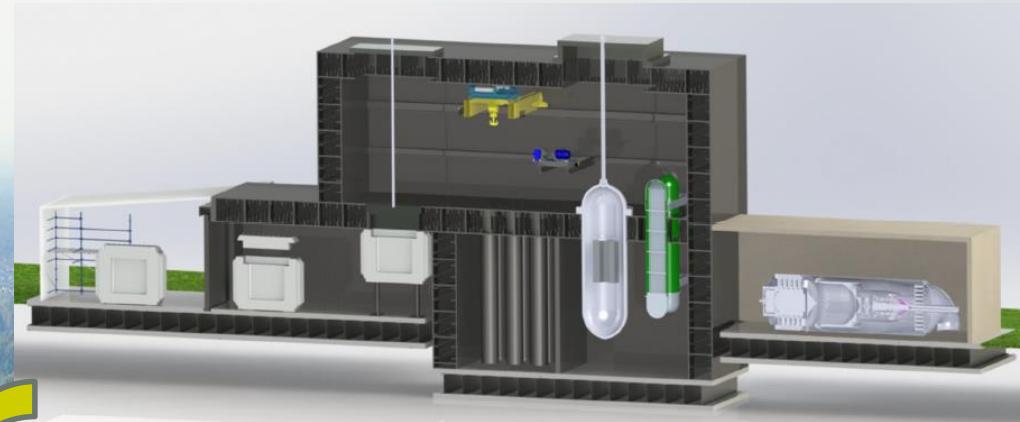
2025

2030

2035

2040

dziś



Narodowe Centrum Badań Jądrowych

Spotkanie z U-Battery - technologia

- Zbliżona do docelowego HTR $\sim 300 \text{ MW}_{\text{th}}$
 - Paliwo TRISO, elementy podobne do projektu GA
 - Reflektor grafitowy
- Istotna różnica: wymiennik ciepła He-N zamiast wytwornicy pary
 - Uzasadniona szybszym licencjonowaniem
- Wersja „świerkowa” naszpikowania aparaturą pomiarową
 - Licencjonowanie
 - Walidacja kodów
 - Rozwój technologii

U-Battery – project organisation

Form of the project

- NCBJ is the investor, the owner, the licensee and the operator.
- Who is the “Design Authority”? Perhaps “U-Battery PL” being a consortium (or rather a company) of U-Battery members, NCBJ and other Polish shareholders.

Intellectual Property

- “U-Battery PL” obtains the license from U-Battery company.
- U-Battery is currently a consortium, but it will be transformed into a company by ~October 2016.
- Future 300 MW Design Authority may also obtain a license for selected technical solutions.

Work sharing

- NCBJ (and other Polish entities) may contribute to the design of U-Battery assigning a number of people to the work.
- The results of the work could be converted to shares in the U-Battery company.
- Expected size of the U-Battery workforce: 50 people.
- Possible NCBJ (+...) contribution: of the order of 5 people, to be discussed further. One person from Poland permanently in Warrington.

U-Battery – financing

- The cost of the 300 MW FOAK HTR in Poland is expected to be 1-1.5 G€.
- The cost of the 10 MW FOAK is estimated by U-Battery as:
 - 16 M£ - design phase I
 - 18 M£ - design phase II
 - 100 M£ - construction
- Timescale:
 - End of 2018 – commitment on the construction
 - 2021–2025 – large spendings on the construction
- Possible financing sources:
 - IAEA, Euratom H2020 grants: ~1 M€
 - NCBR (Polish gov. R&D funding agency): ~5 M€
 - EU structural funds: ~100 M€, in periods 2016-2022 and 2022-2029 separately
 - Polish National R&D fund – does not exist, needs to be created.
 - Loans are rather not acceptable.
 - Conclusion: combination of all the above needed for different phases of the project.

U-Battery – project organisation

Licensing

- Expected changes in the Polish Atomic Law might help.
- Involvement of PAA (Polish National Atomic Energy Agency) needed from the beginning.
- International effort on common framework for HTGR licensing possibly through OECD NEA.
- U-Battery as a research reactor may need license for 10 years only. No concern for long term aging.

Public procurement law

- Might be a non-trivial complication.

U-Battery – kolejne kroki

- Utworzenie bilateralnego programu NCBR – BEIS do sfinansowania fazy projektowej
- Wydelegowanie osoby z NCBJ do UK
- Uruchomienie zespołu (~5 osób) projektowego w NCBJ
- Negocjacje z UE ws funduszy strukturalnych na budowę

U-Battery @ NCBJ

Utworzenie zespołu roboczego

Nadanie projektowi charakteru rządowego

Znalezienie głównego projektanta reaktora

☐ Zapewnienie finansowania

Ocena kosztów

Finansowanie dla fazy przygotowawczej

Finansowanie projektu i budowy

Ustalenie formuły realizacji projektu

Identyfikacja podwykonawców

Projektowanie

☐ Licencjonowanie

Przegląd prawa atomowego

Zmiana prawa atomowego

Współpraca międzynarodowa PAA

Uzgodnienia z PAA

Proces licencjonowania

☐ Inne zgody, pozwolenia i zezwolenia

Analiza systemu zgód, pozwoleń i zezwoleń

Przygotowanie do wystąpień

Pozyskiwanie zgód, pozwoleń i zezwoleń

☐ Budowa

Przygotowanie terenu i infrastruktury technicznej

Wykonywanie podzespołów

Budowa reaktora

☐ Rozpoczęcie eksploatacji

Szkolenie personelu obsługi

Wystąpienie no zgodę na uruchomienie

Uruchomienie reaktora



~300 MW_{th} HTR

Kluczowa decyzja:

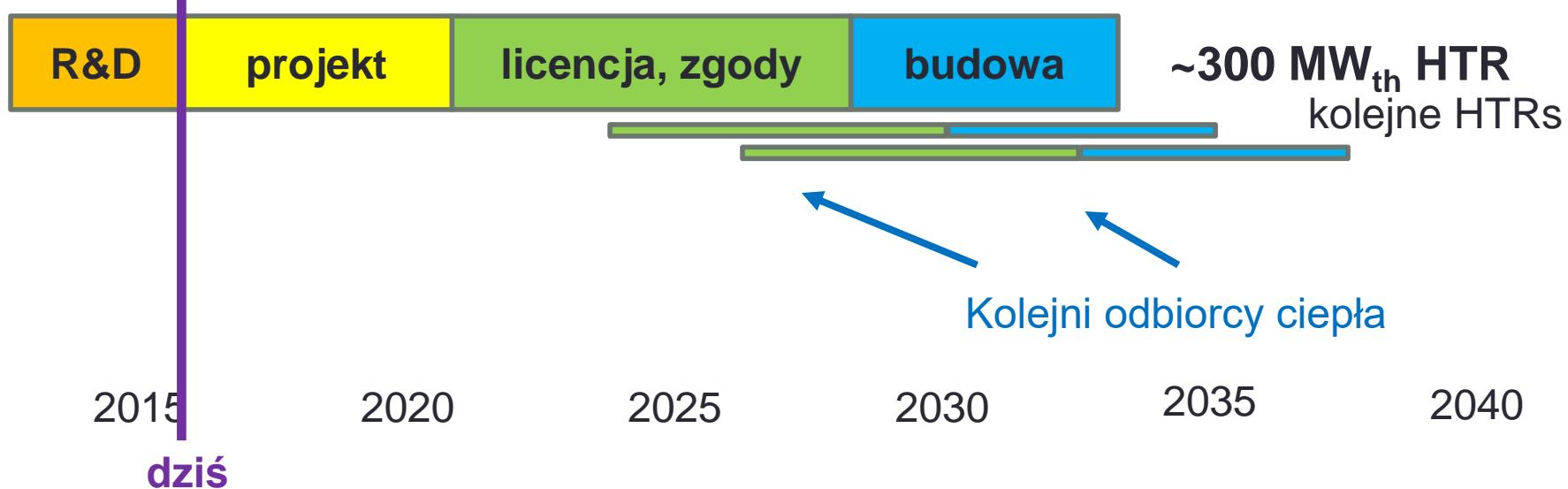
kto finansuje, będzie właścicielem IP
i może zarabiać na sprzedaży reaktorów.
Przemysł? Rząd PL?, Rząd UK?

Prywatny inwestor?

250-500 Mzł

Inwestorem odbiorca ciepła

4-6 Gzł



Struktura polskiego programu HTR

Zespół HTR :
wypracowanie warunków

NC2I / Euratom Gemini+:
przygotowanie merytoryczne

Projektowanie
 $10 \text{ MW}_{\text{th}}$ HTR
20 MzŁ

Budowa
 $10 \text{ MW}_{\text{th}}$ HTR
600 MzŁ

Projektowanie
 $\sim 300 \text{ MW}_{\text{th}}$ HTR
250-500 MzŁ

Budowa
 $\sim 300 \text{ MW}_{\text{th}}$ HTR
4-6 GzŁ

R&D DFR
60 MzŁ

Struktura programu HTR

Zespół HTR :
wypracowanie warunków

- prace już biegną

NC2I / Euratom Gemini+:
przygotowanie merytoryczne

- prace już biegną,
złożony wniosek na 4M€, w tym 200k€ NCBJ

Projektowanie
10 MW_{th} HTR
20 Mzł

- wstępne rozmowy o finansowaniu
przez UK BEIS + PL NCBR

Projektowanie
~300 MW_{th} HTR
250-500 Mzł

- najtrudniejszy i kluczowy element

R&D DFR
60 Mzł

- można wystąpić o środki i rozpoczęć
50% przemysł + 50% NCBR?

TRISO fuel

Patents already expired (over 25 years)

Existing producers:

- **BWXT @ US** – fuel compacts qualified during irradiation & safety tests; fuel pebble qualification ongoing (contract DOE-X-Energy)
- **NFI @ Japan** – compact fuel for HTTR (still operational)
- **ESKOM @ South Africa** – reopening PBMR factory in Pelindaba for pebble manufacturing (no details)
- **Russia** – got German IP from NUKEM, hardware for pebble fuel manufacturing was sold to China
- **China** – NUKEM installation producing HTR-10 pebble fuel, new fuel factory under commissioning for HTR-PM; fuel qualification almost terminated
- **CEA @ France** – on lab scale, fuel not qualified under irradiation

HTR intellectual property

No active patents (expired, if any),
but a lot of "proprietary" know-how

A number (>5?) designs exists, some ready for licensing
or have undergone already significant steps in licensing
(e.g. HTR Modul)

EUROPE:

HTR-GmbH Gesellschaft für Hochtemperaturreaktoren
@ Mannheim

- subsidiary of AREVA-G (50%) & Westinghouse (50%)
- large archive of HTR designs (different sizes)
- many licensing-relevant documents
- IP sold (non-exclusively) to ESKOM @ South Africa

HTR intellectual property - Europe

Apart from fuel, there is a lot more EU IP, e.g. in the area of graphite, structural materials, components, reactor design, analysis, licensing, construction, operation, even decommissioning

But if we want to reanimate the know-how, we have to be quick

There are many smaller companies with relevant IP (e.g. Becker Technologies for the Hot Gas Duct) involved, the know-how can probably not be bought from a single vendor company (e.g. AREVA, Westinghouse); some of the IP has apparently been lost (e.g. steam generator design and construction, originally from SULZER)

This subject requires further investigation (e.g. in the frame of a complete supply chain analysis)

Some (limited) information already available from NC2I-R project:

R&D and Industrial Infrastructures, Deliverable D2.21 for the FP7 NC2I-R Project, 9 September 2015.
M.A. Fütterer (JRC), C. Auriault (LGI), O. Baudrand (IRSN), G. Brinkmann (AREVA), D. Hittner (AREVA),
S. Knol (NRG), Th. Mull (AREVA), K. Stehlík (CVR), D. Vanvor (BriVaTech), K. Verfondern (FZJ),

Report on Gap Analysis. Deliverable D2.31 for the FP7 NC2I-R Project, 11 November 2015
S. Knol (NRG), F. Roelofs (NRG), M.A. Fütterer (JRC-IET), P-M. Plet(EON), D. Hittner (AREVA)

HTR intellectual property – US

Ultrasafe Nuclear & Technology Insights

- Knowledge (own?) on several General Atomic designs (e.g. GT-MHR) including feedback from Ft. St. Vrain operation

AREVA-Inc.

- 625 MW_{th} Antares and SC-HTGR designs for NGNP

NGNP Industry Alliance

- Significant work co-financed by US DOE in view of licensing HTGR designs by US NRC
- Several high quality techno-economical studies
- A lot publicly available at www.ngnpalliance.org

X-Energy

- Proposes a 100 MW_{th} pebble bed design

HTR intellectual property

Canada:

Starcore Nuclear (Canada)

- Proposes a 36-180 MW_{th} prismatic block design

South Africa:

PBMR (pebble bed modular reactor)

Company was mothballed in 2010, now holds all IP produced during PBMR design; utility ESKOM recently expressed intention to revive the project

China:

IP in HTR-10 and HTR-PM (10-250 MW_{th} pebble bed reactor)

Projektowanie HTR

- **Obecnie żadna firma (poza Chinami) nie ma zespołu zdolnego zaprojektować HTR**
 - Areva pogrążona w tarapatach finansowych
 - AMEC wyraża zainteresowanie, udziela się w projekcie U-Battery
- **Technologia HTR nie jest już chroniona patentami**
- **Istnieje bardzo dużo wiedzy rozproszonej między małymi firmami (wiemy gdzie)**
- **Istnieje kilka gotowych projektów HTR, które można tanio kupić**
- **Na rynku jest wielu ekspertów, którzy kiedyś projektowali HT Ry i chętnie wrócą do tematu (znamy ich)**
- **Problem braku firmy projektowej HTR oraz rozproszenia wiedzy i ekspertów jest szansą dla Polski:**
 - można stworzyć polską firmę, ściągając rozproszonych ekspertów i angażując podwykonawców (w tym np. Areva, AMEC, firmy US),
 - **w ten sposób ~100% IP zostaje w Polsce,**
 - **HTR staje się polskim towarem eksportowym**

1st HTGR for Poland

- **HTGR:** 200-350 MW_{th}, 550°C steam
- **Site:** one of the large chemical plants
 - fertilizers factory, refinery, ...
- **Investor & owner:** the chemical company
- **Operator:** hired company
- **Vendor:**
 - Several nuclear vendors expressed their interest to participate
 - Creation of a new company is not excluded
- **Timeline:**
 - → 1.2017 – preliminary cost estimate
 - → 6.2017 – technology due diligence
 - **mid 2017 – major decisions expected**

- Azoty zleciły Energoprojektowi oszacowanie kosztu produkcji pary w kotle węglowym gazowym i HTGR
- Energoprojekt podzlecił NCBJ zebranie danych o kosztach HTGR
- Mamy zebrane dane od kilku zespołów międzynarodowych
- Trzeba je opracować do 22 grudnia !!!