



EJ 1 sp. z o.o.

Atrakcyjność energetyki jądrowej

**KONFERENCJA pt. „BUDOWA ELEKTROWNI JĄDROWEJ –
TECHNOLOGIA, FINANSOWANIE, BEZPIECZEŃSTWO I
ZARZĄDZANIE PROJEKTEM”**

Międzynarodowe Targi Energetyki EXPOPOWER 2018

Poznań, 23 kwietnia 2018

Piotr Mazgaj

Biuro Technologii i Eksploatacji

PGE EJ 1 Sp. z o.o.

Zawartość

1. Safety moment
2. Polski mix energetyczny
3. Wymogi CO₂, emisje CO₂
4. Energia jądrowa szansą na dywersyfikację Energy-mix
5. Węgiel kamienny i brunatny – zmniejszenie wydobycia
6. Złóża uranu na świecie
7. Zaspokojenie zapotrzebowania energii poprzez budowę elektrowni jądrowych na świecie
8. Udział kosztu paliwa w koszcie wytworzenia 1kWh energii elektrycznej
9. Generacje technologii reaktorów jądrowych
10. Bezpieczeństwo elektrowni jądrowej
11. Współczynnik wykorzystania mocy brutto i praca w reżymie nadążnym
12. Korzyści społeczne
13. Podsumowanie



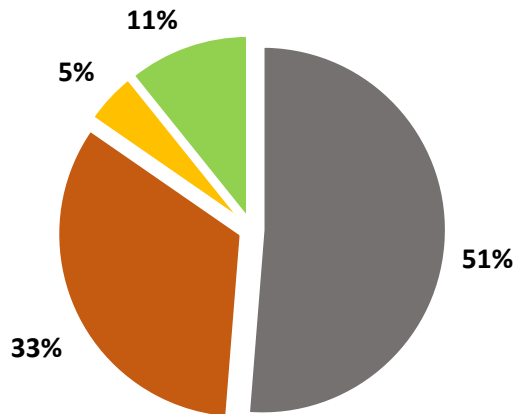
Safety Moment

Zapinaj pasy w taksówce !



Polski miks energetyczny - obecnie

Produkcja energii elektrycznej Polska 2017 z wyłączeniem el. przemysłowych



- El. na węglu kamiennym
- El. na węglu brunatnym
- El. Gazowe
- El. Wodne, wiatrowe i inne odn.

grudzień 2017

Lp.	Wyszczególnienie	Grudzień			Narastająco od stycznia do grudnia		
		2016 r. [GWh]	2017 r. [GWh]	Dynamika [(b-a)/a*100] [%]	2016 r. [GWh]	2017 r. [GWh]	Dynamika [(e-d)/d*100] [%]
		[a]	[b]	[c]	[d]	[e]	[f]
1.	Produkcja ogółem (1.1+1.2+1.3+1.4)	15 218	14 651	-3,73	162 626	165 852	1,98
1.1	Elektrownie zawodowe	12 559	11 950	-4,85	140 727	141 790	0,76
1.1.1	El. zawodowe wodne	272	346	27,34	2 399	2 767	15,36
1.1.2	El. zawodowe ciepłe	12 287	11 604	-5,56	138 328	139 023	0,5
1.1.2.1	na węglu kamiennym	7 381	6 787	-8,04	81 348	79 868	-1,82
1.1.2.2	na węglu brunatnym	4 375	3 990	-8,8	51 204	51 983	1,52
1.1.2.3	gazowe	532	827	55,55	5 776	7 172	24,16
1.2	El. inne odnawialne	12	12	0	146	150	2,53
1.3	El. wiatrowe	1 599	1 734	8,4	11 623	13 855	19,2
1.4	Elektrownie przemysłowe	1 047	954	-8,88	10 130	10 057	-0,72
2.	Saldo wymiany zagranicznej	-243	259	-	1 999	2 287	14,41
3.	Krajowe zużycie energii elektrycznej	14 975	14 910	-0,44	164 625	168 139	2,13

Emisja CO₂

Polska – 707 g CO₂ (ekw.)/kWh
 (źródło: www.electricitymap.org)

Polska potrzebuje wprowadzenia jednostek wytwórczych emitujących mniej CO₂ na kWh.



Źródło: www.electricitymap.org

Wymogi CO2 - UE

Polityka klimatyczna Unii Europejskiej

Redukcja CO2 energetyka

2030 -43% od 2005

2020 -21% od 2005

2030

2020

Redukcja emisji
Gazów cieplarnianych

≥ 40%
w stosunku do 1990
≥ 40% EU ETS ≥ 40% non-ETS
w stosunku do 1990

20%
w stosunku do 1990
21% EU ETS 10% non-ETS
w stosunku do 2005

Udział OZE

≥ 27%

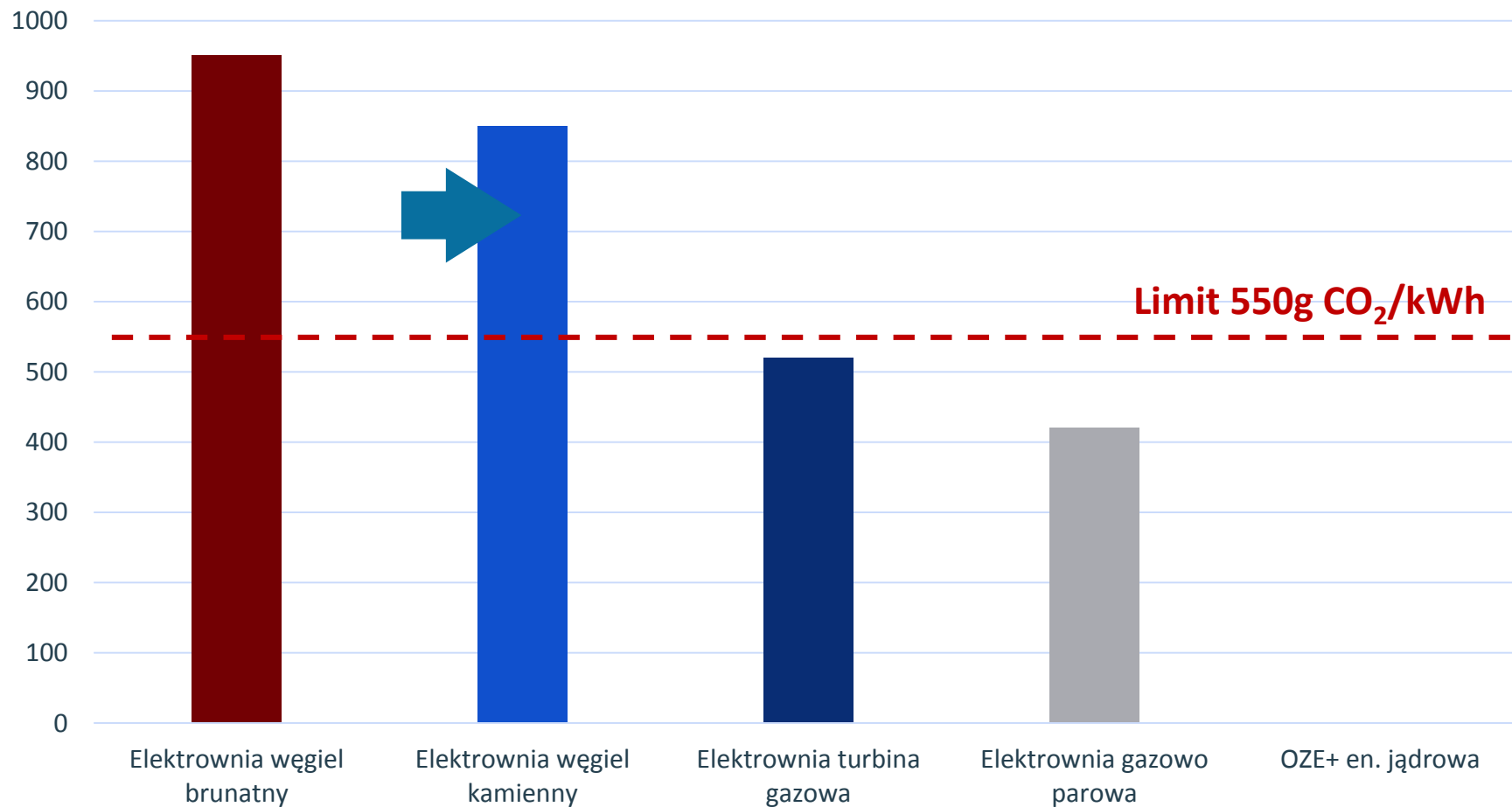
20%

Poprawa efektywności
energetycznej

27%
z opcją zwiększenia
do 30% po analizie do
2020 r.

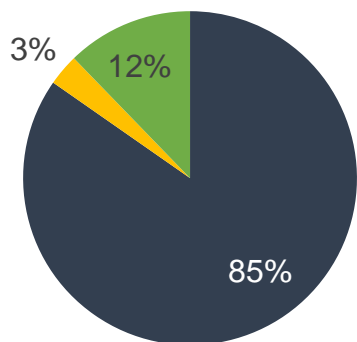
20%

Emisja CO₂ przy produkcji 1 kWh energii elektrycznej

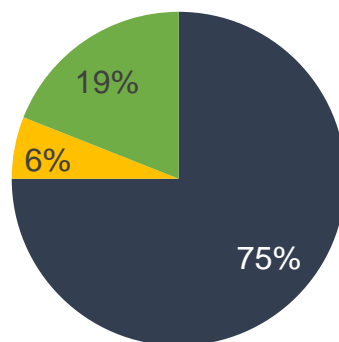


Energia jądrowa szansą na dywersyfikację Energy-mix

Obecnie

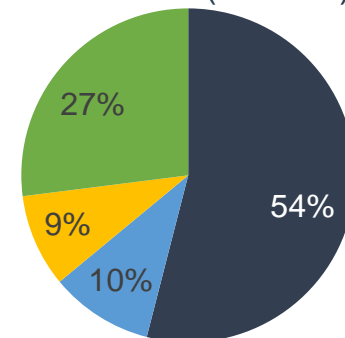


2020

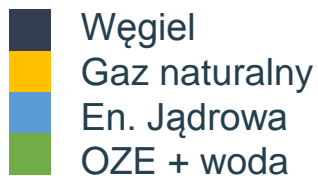
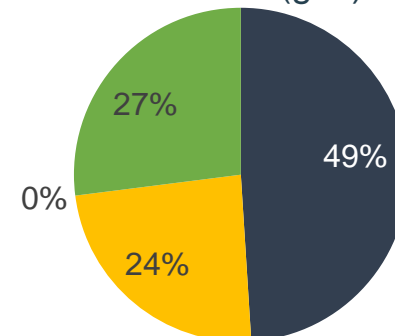


2030

wariant 1 (nuclear)



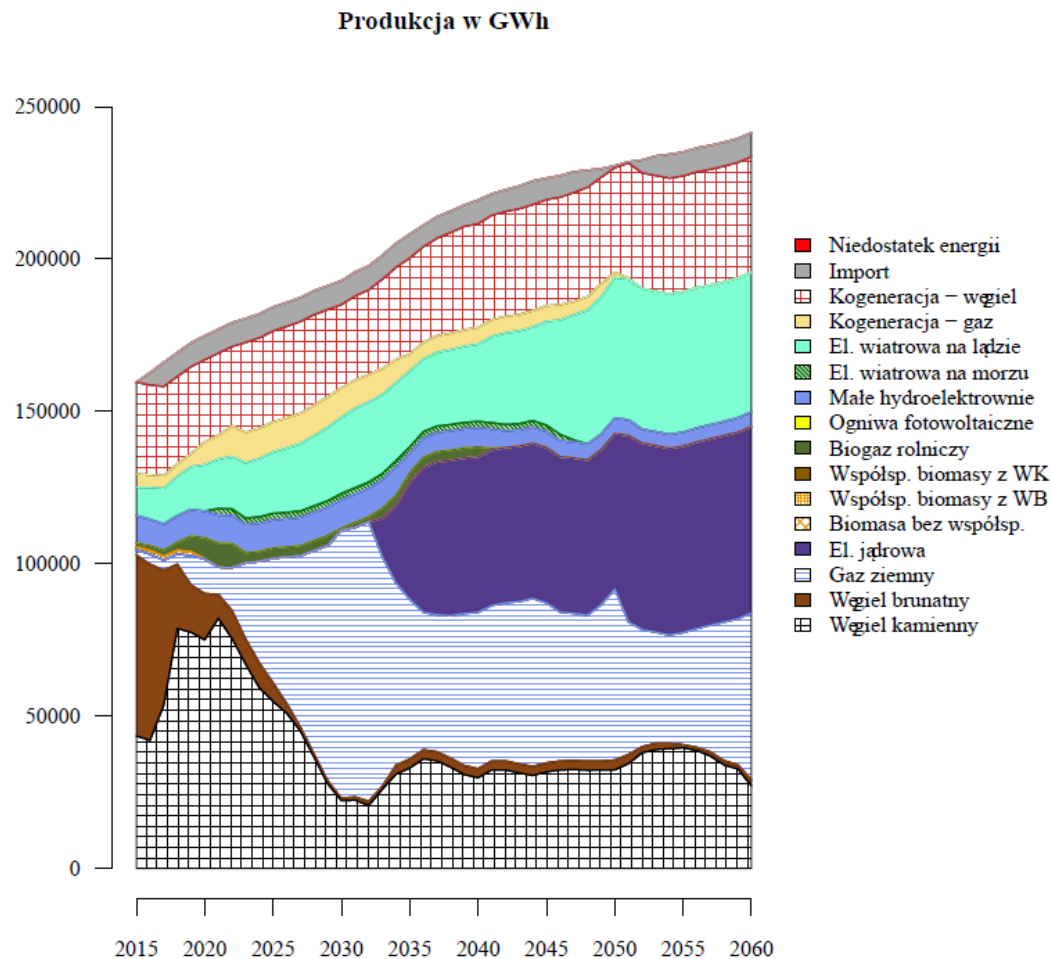
wariant 2 (gaz)



Wariant obniżenie emisji CO₂ do 85 mln T CO₂e

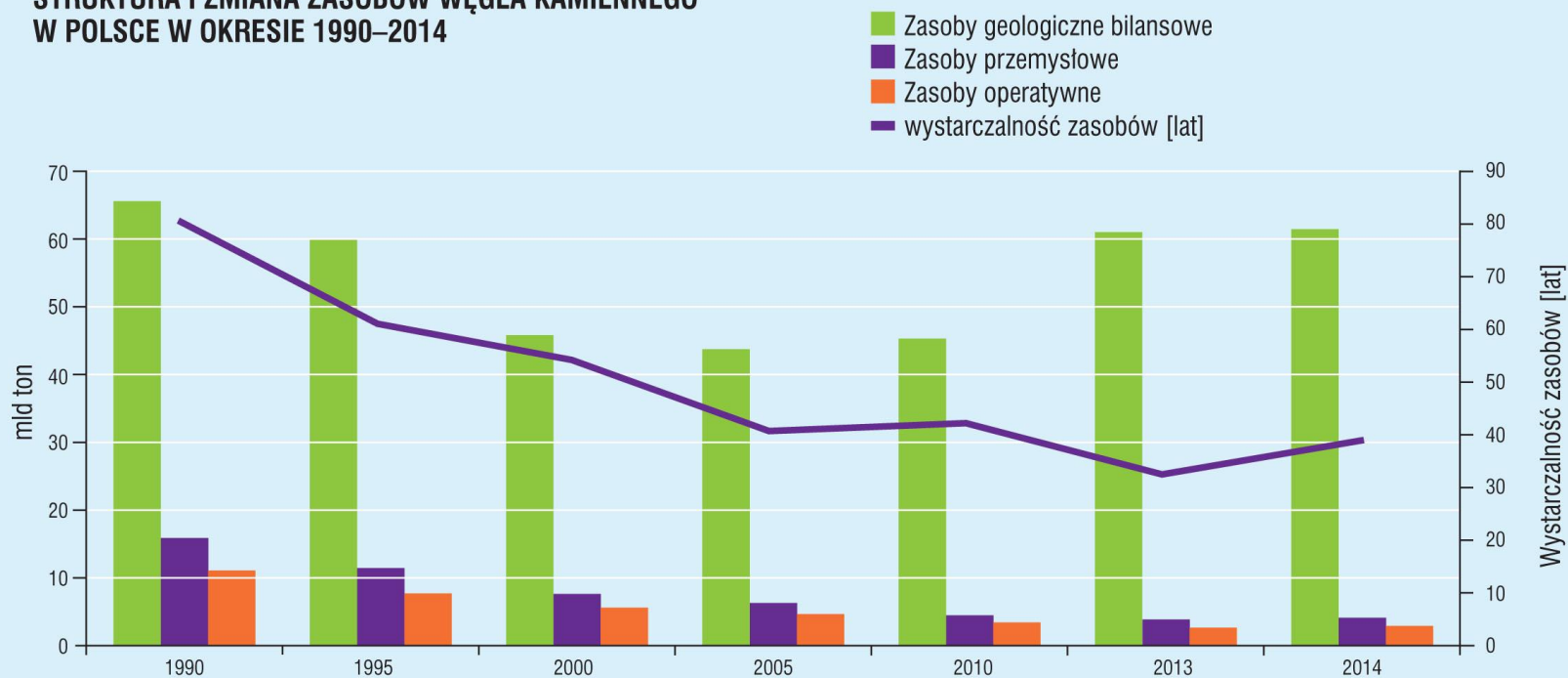
Dobór właściwego modelu dla Polski to duże wyzwanie.

Realizacja przez Polskę celu polityki klimatycznej UE w proporcji jak dla całego sektora ETS Unii (t.j. o 43% do roku 2030) wymagałoby ograniczenia emisji do 85 mln t CO₂e.



Węgiel kamienny – mniej niż nam się wydaje

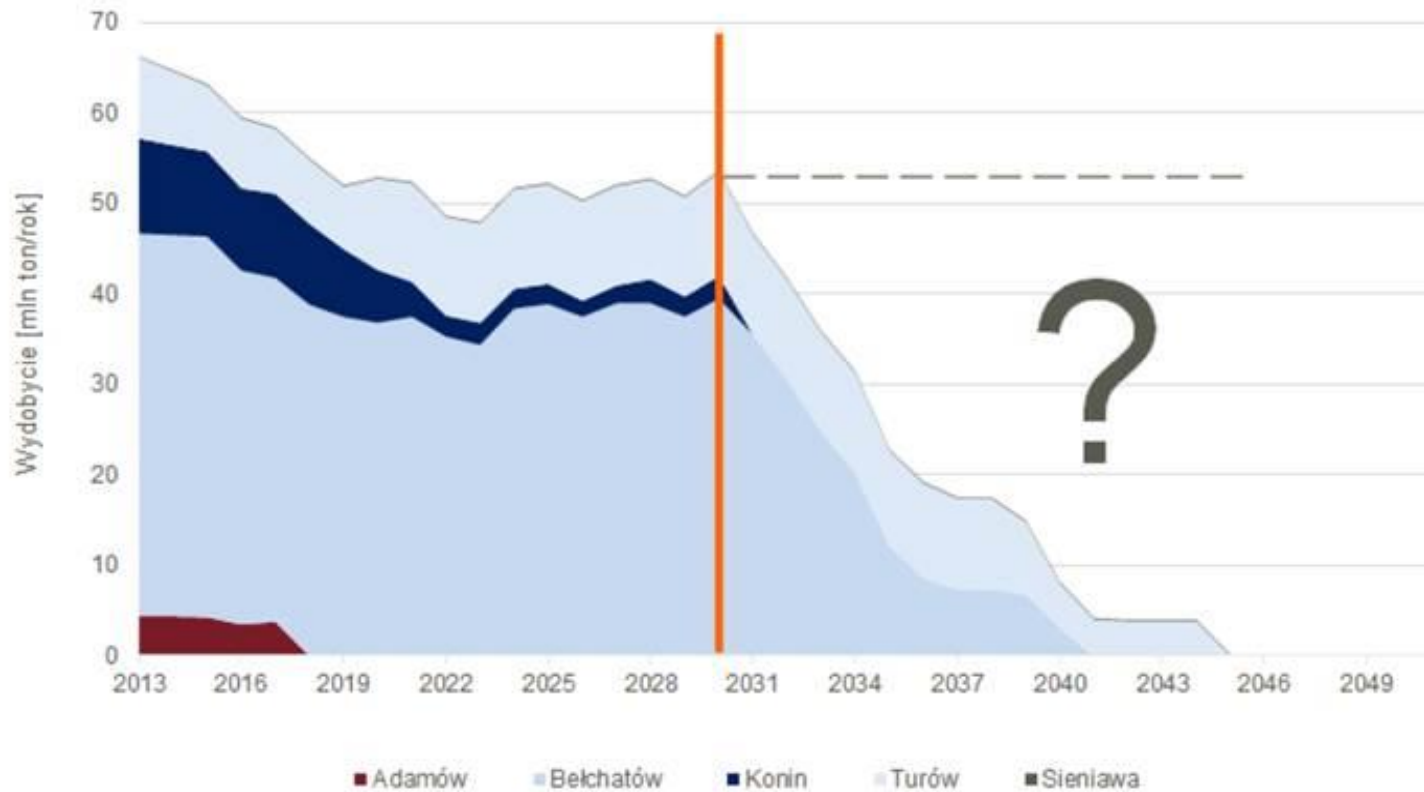
**STRUKTURA I ZMIANA ZASOBÓW WĘGLA KAMIENNEGO
W POLSCE W OKRESIE 1990–2014**



Węgiel brunatny – co dalej?



Prognoza wystarczalności zasobów w istniejących kompleksach



Posiedzenie Zespołu Trójstronnego ds. Branży Węgla Brunatnego – Warszawa, 31 maja 2017 rok

Czy wystarczy nam uranu ?

Produkcja energii elektrycznej w elektrowniach jądrowych w 2014: 2 431 TWh

Zapotrzebowanie na uran - 56 585 ton uranu (2015)

Zakładając, że cała energia elektryczna wytwarzana jest tylko w elektrowniach jądrowych, daje nam zużycie uranu w 2016 ok. 577 627 ton uranu

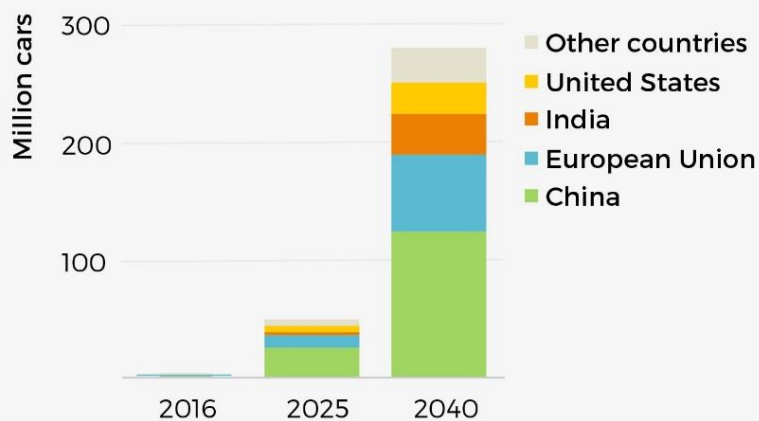
Założenie: w elektrowniach jądrowych z reaktorami prędkimi powielającymi wykorzystanie uranu jest ok. **50 razy** efektywniejsze niż w elektrowniach jądrowych z reaktorami lekkowodnymi (obecnie eksploatowane reaktory na świecie).

Scenariusz	Produkcja energii elektrycznej [TWh]	Zapotrzebowanie na uran - reaktory lekkowodne [ton]	Wystarczalność [lata]	Zapotrzebowanie na uran - reaktory prędkie powielające [ton]	Wystarczalność [lata]
Produkcja energii elektrycznej w elektrowniach jądrowych (2014)	2 431	56 585	101	1 132	5 053
Produkcja energii elektrycznej na świecie w 2016 - cała produkcja tylko w elektrowniach jądrowych	24 816	577 628	10	11 553	495

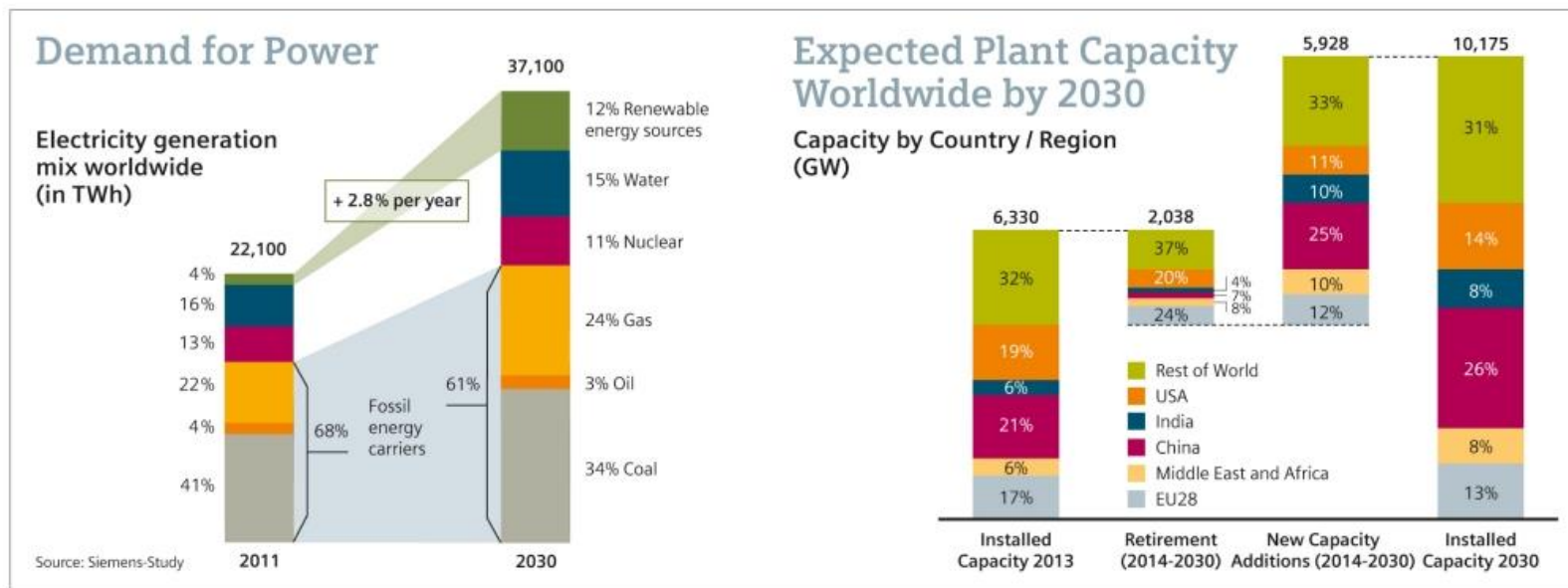
Elektromobilność

Jednym z bodźców zwiększającym zapotrzebowanie na energię elektryczną będą samochody elektryczne.

Electric car fleet, 2016-2040
World Energy Outlook 2017



Wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną na świecie



Produkcja energii elektrycznej w 2016 – 24 816 TWh (BP)

Wzrost zużycia energii elektrycznej w latach 2005-2015: 2.8% rocznie

Wzrost zużycia energii elektrycznej w 2016: 2.2% (BP)

Przyjmijmy, wzrost zużycia co roku 2%, przez następne 100 lat

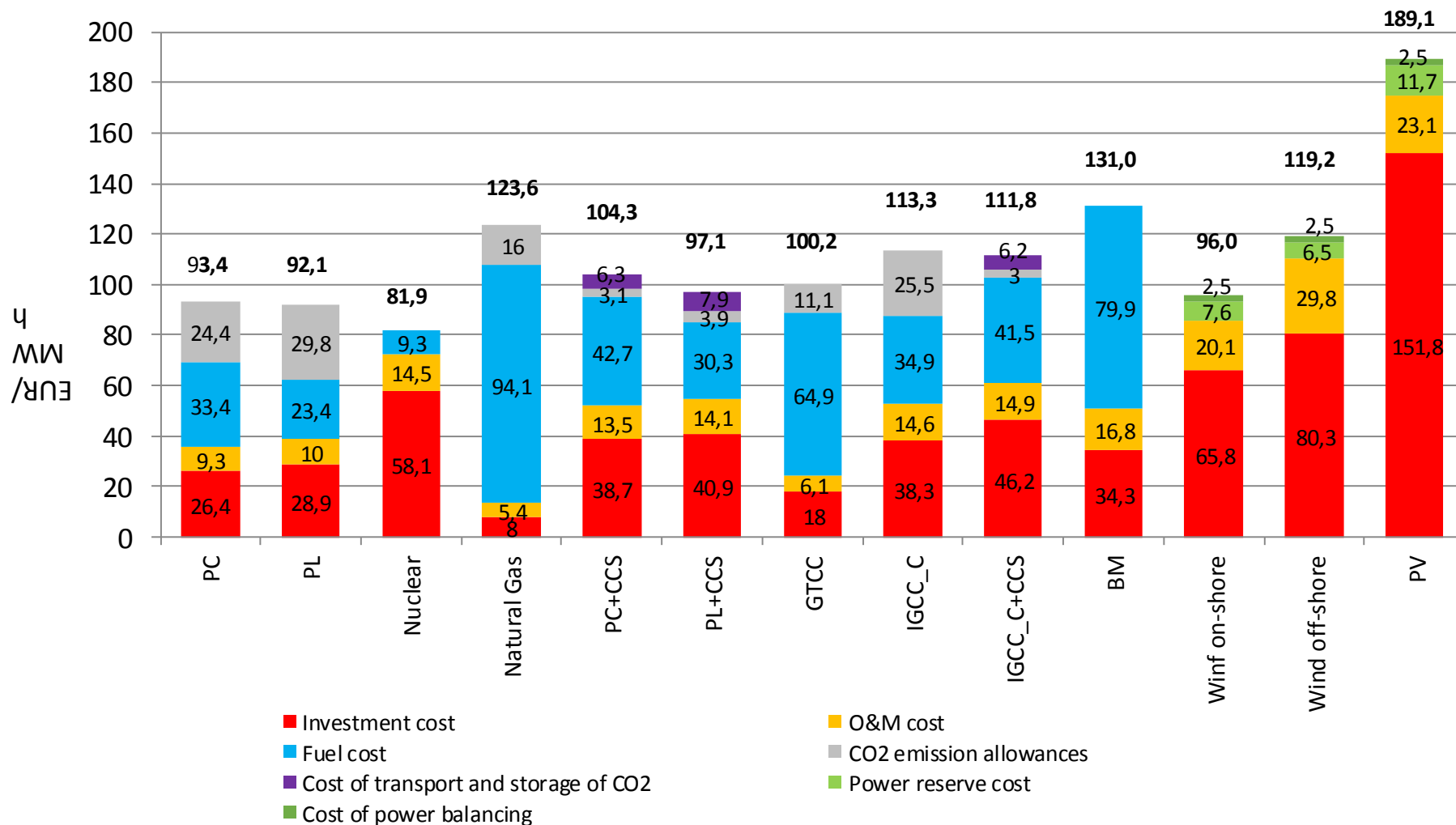
Da nam to 2118 ok. zużycie energii elektrycznej na poziomie 187 000 TWh

Scenariusz 2018-2118

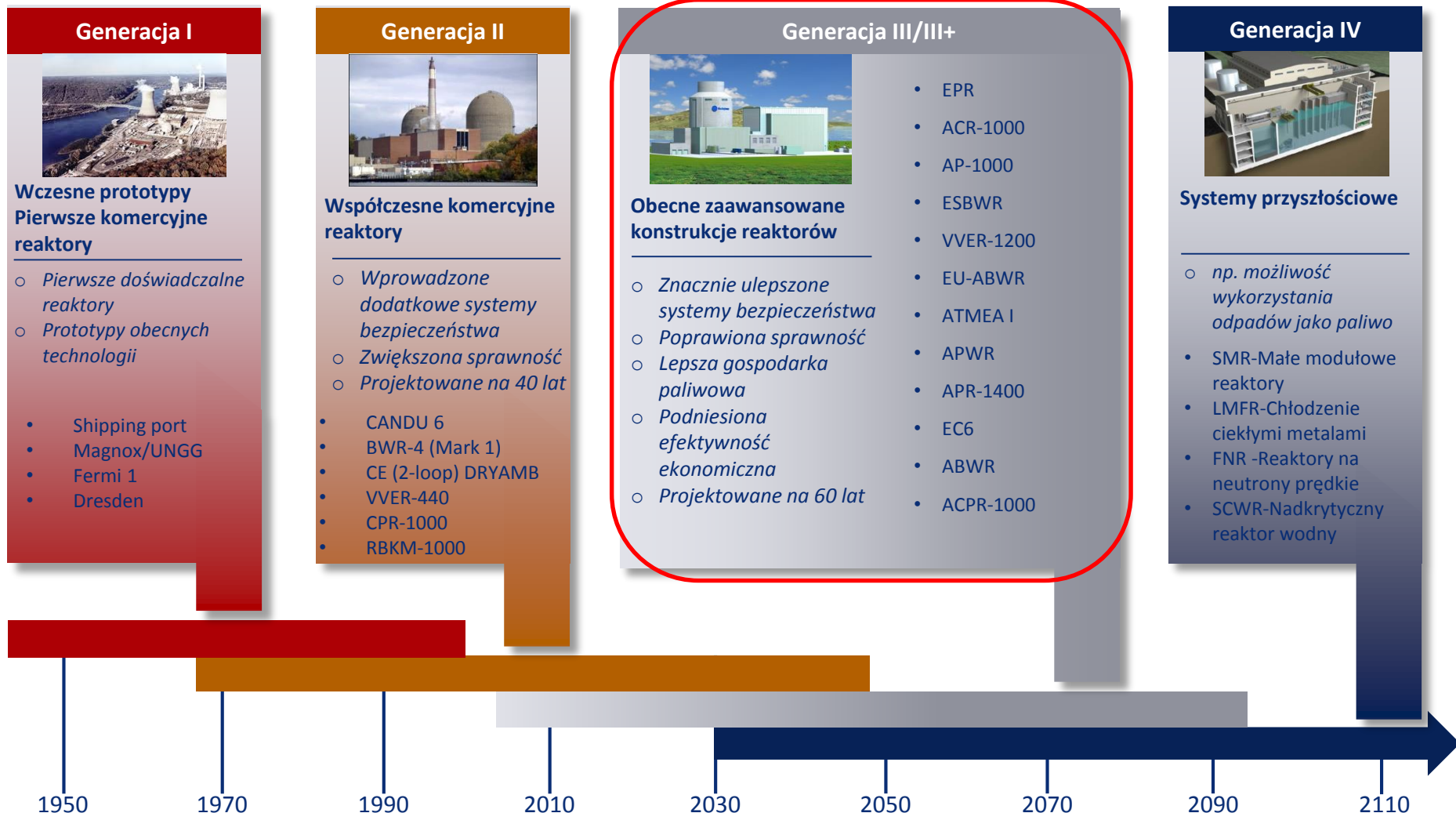
Założmy scenariusze, że w latach 2018 – 2118 cała energia elektryczna jest wytwarzana w elektrowniach jądrowych, czy wystarczy uranu ?

Produkcja energii elektrycznej na świecie w latach 2018-2118 cała produkcja tylko w elektrowniach jądrowych	Reaktory lekkowodne		Reaktory prędkie powielające	
	Zapotrzebowanie na uran [ton]	Pokrycie zapotrzebowania	Zapotrzebowanie na uran [ton]	Pokrycie zapotrzebowania
źródła uranu 5 718 400 ton		3%		151%
źródła uranu 5 718 400 ton + ekstrakcja 1% z wody morskiej	189 508 153	24%	3 790 163	1 206%
źródła uranu 5 718 400 ton + ekstrakcja 5% z wody morskiej		109%		5 428%

Niski udział kosztu paliwa w koszcie wytworzenia 1kWh



Generacje technologii reaktorów jądrowych



Bezpieczeństwo elektrowni jądrowej

Prawdopodobieństwo uderzenia meteorytu wynosi ok. 1:700 000 w ciągu życia człowieka

Prawdopodobieństwo dużych uwolnień substancji promieniotwórczych mniejsze niż **1 raz na 10 000 000 lat**

Table 2: Summary of severe (≥ 5 fatalities) accidents that occurred in fossil, hydro and nuclear energy chains in the period 1969-2000

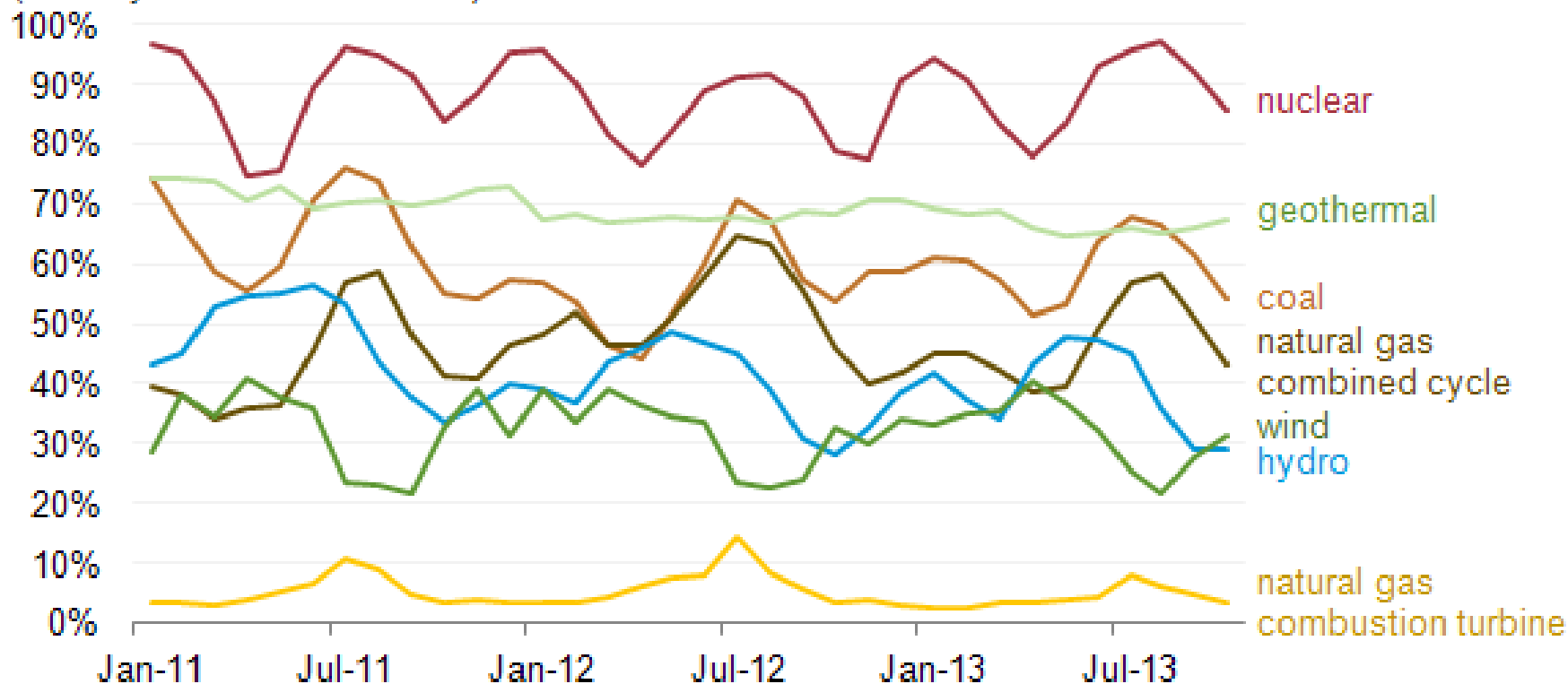
Energy chain	OECD			Non-OECD		
	Accidents	Fatalities	Fatalities/ GWeY	Accidents	Fatalities	Fatalities/ GWeY
Coal	75	2 259	0.157	1 044	18 017	0.597
Coal (data for China 1994-1999)				819	11 334	6.169
Coal (without China)				102	4831	0.597
Oil	165	3 713	0.132	232	16 505	0.897
Natural Gas	90	1 043	0.085	45	1 000	0.111
LPG	59	1 905	1.957	46	2 016	14.896
Hydro	1	14	0.003	10	29 924	10.285
Nuclear	0	0	–	1	31*	0.048
Total	390	8 934		1 480	72 324	

Note: * These are immediate fatalities only.

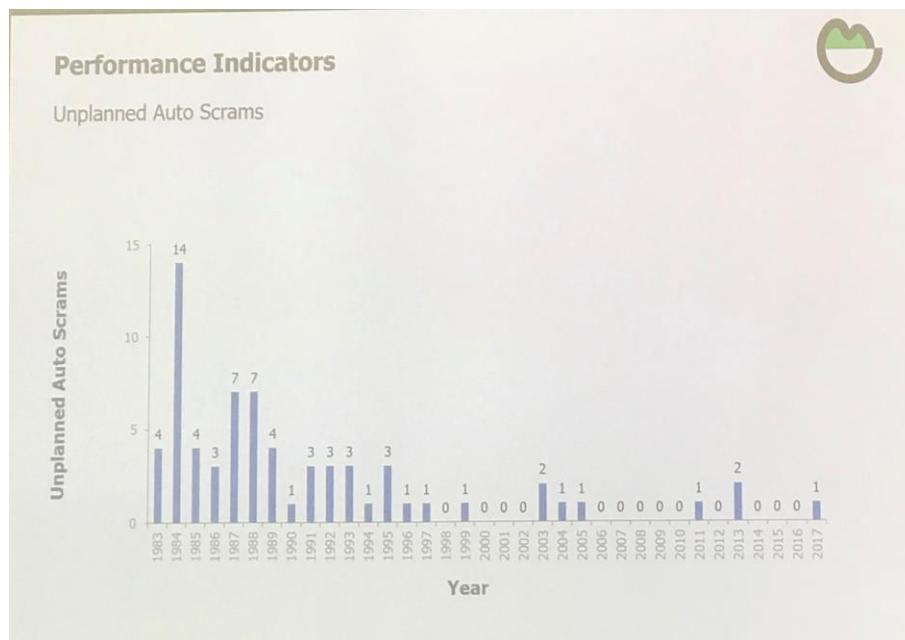
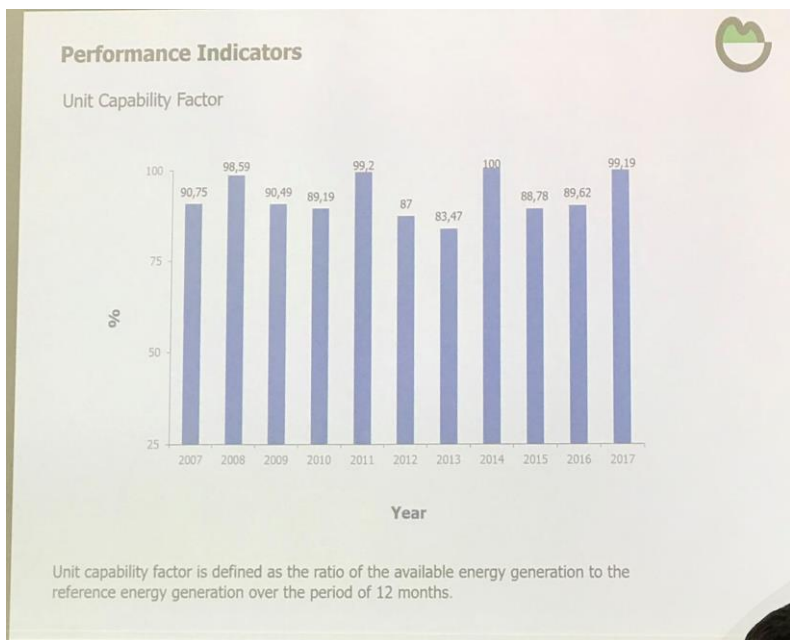
Source: Data provided to NEA by PSI.

Wysoki współczynnik wykorzystania mocy brutto

Monthly capacity factors for select fuels and technologies
(January 2011-October 2013)



Wysoki współczynnik wykorzystania mocy brutto

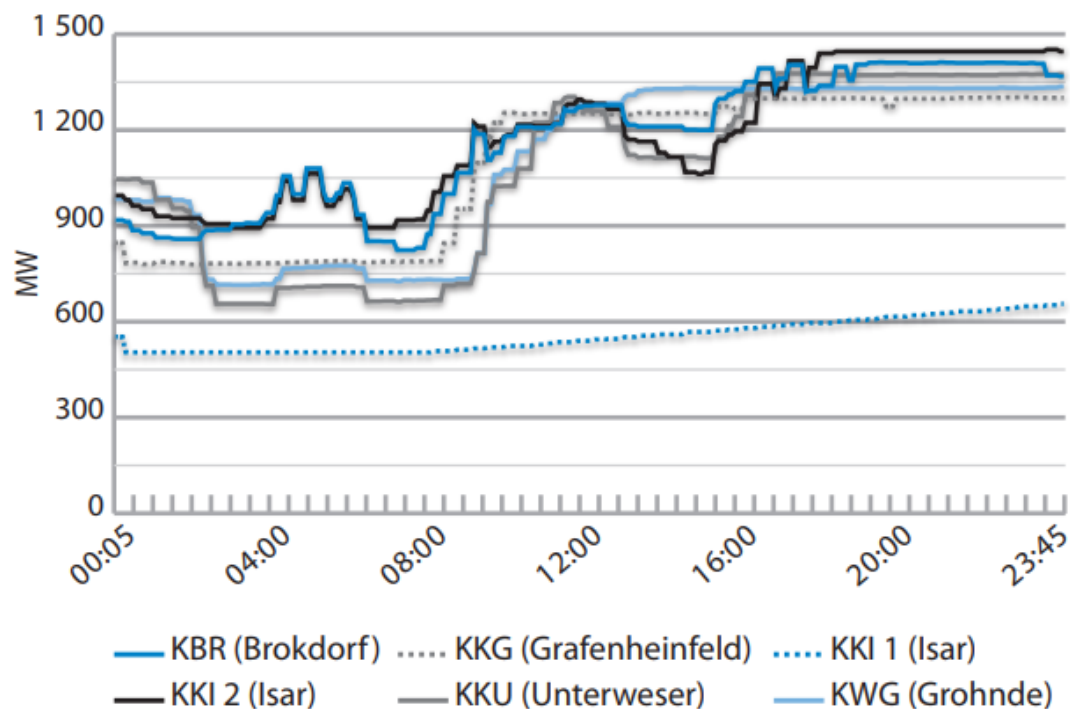


Przy 18 miesięcznym cyklu paliwowym, elektrownia Krsko pracowała przez 100% w 2014 roku.

Mała liczba awaryjnych wyłączeń reaktora (SCRAM).

Praca w reżymie nadążnym

Figure 2: Example of load-following during 24 hours at some German nuclear power plants



Courtesy of E.ON Kernkraft.

Elektrownie jądrowe mogą pracować w reżymie nadążnym – potwierdzona w Niemczech, rynku o dużym udziale jednostek wytwarzających energię elektryczną ze źródeł odnawialnych.

Korzyści społeczne

- Czystsze środowisko (brak emisji SO₂, NO_x, pyłów)
- Postęp cywilizacyjny, rozwój nauki i szkolnictwa
- Rozwój organizacji, instytucji i zakładów: dozór jądrowy, organizacje wsparcia technicznego dla dozoru, biura projektowe, polski przemysł
- Przy budowie zaangażowanych jest 1500 firm, a na placu budowy ok. 4000-5000 osób
- EJ o mocy 3000 MWe dostarczy do sieci energetycznej 24 TWh rocznie
- EJ da zatrudnienie bezpośrednio dla 700 osób personelu EJ
- EJ da zatrudnienie około 2000 osób z zewnątrz przy okazji planowych remontów i konserwacji elektrowni.



Podsumowanie

1. Elektrownia jądrowa jest jednym z rozwiązań pozwalającym zredukować emisję CO₂ w Polsce.
2. Elektrownia jądrowa daje możliwość dywersyfikacji struktury wytwarzania w Polsce.
3. Złóża uranu na świecie są bardzo duże i jest możliwość posiadania niezależnych dostawców (plus potencjalne zasoby w wodzie morskiej).
4. Udział kosztu paliwa jądrowego w koszcie wytworzenia 1 kWh energii elektrycznej jest niższy niż konwencjonalnych elektrowni.
5. Elektrownie jądrowe mają wysoki współczynnik wykorzystania mocy brutto (praca w postawie) i mogą pracować w reżymie nadążnym (jeżeli wymagają tego warunki sieciowe).
6. Rozważane obecnie technologie jądrowe są technologiami generacji III/III+, a więc charakteryzującymi się zwiększonym poziomem bezpieczeństwa.



EJ 1 sp. z o.o.

Dziękuję za uwagę



Uran w wodzie morskiej

Koncentracja w wodzie morskiej to ok. 3.34 ppb (part per bilion)

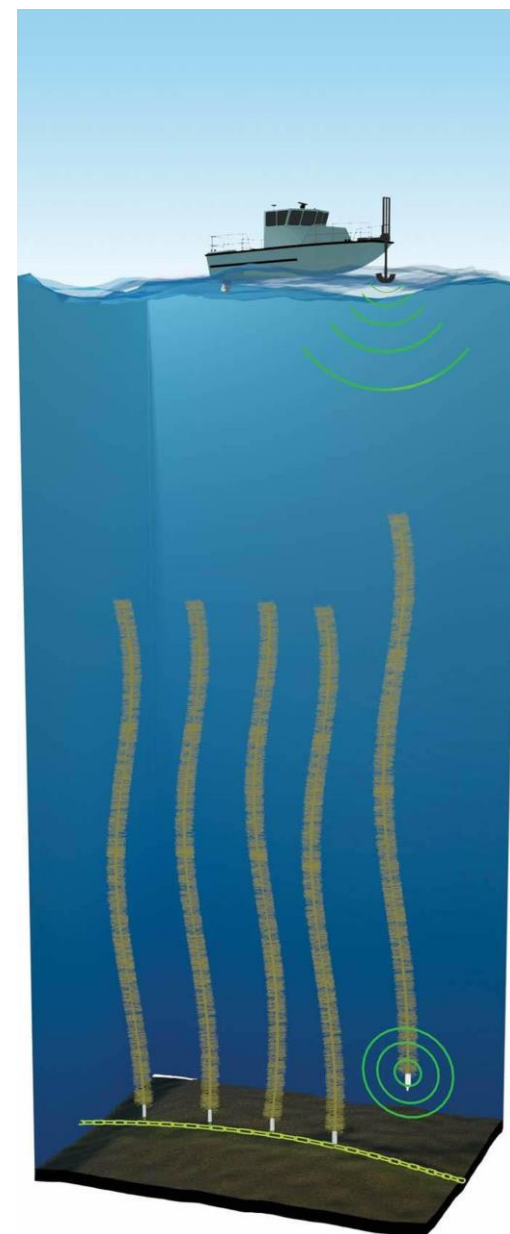
To nam daje ok. 4-5 mld ton uranu w wodach morskich

Ok. 1000 razy więcej niż na lądzie.

Jak otrzymać uran z wody morskiej ?

Naukowcy przewidują kotwiczenie setek długości włókien pobierających uran zawarty w wodzie morskiej przez około miesiąc, dopóki nie wypełnią się uranem. Następnie za pomocą sygnału elektromagnetycznego następuje odkotwiczenie włókna. Po wypłynięciu na powierzchnię następuje zabranie włókna do laboratorium gdzie można oddzielić uran od włókna (po odpowiedniej obróbce w środowisku kwasowym), a po regeneracji włókno można ponownie wykorzystać. Nie ma znaczenia, gdzie na świecie włókna pływają.

źródło: Andy Sproles w ORNL



Uran w wodzie morskiej

Włókna parte na polimerach, adsorbenty o wysokiej zdolności adsorpcji uranu poprzez szczepienie amidoksymu (amidoxime) napolietylenowych włóknach o wydajnej powierzchni (high-Surface-area).

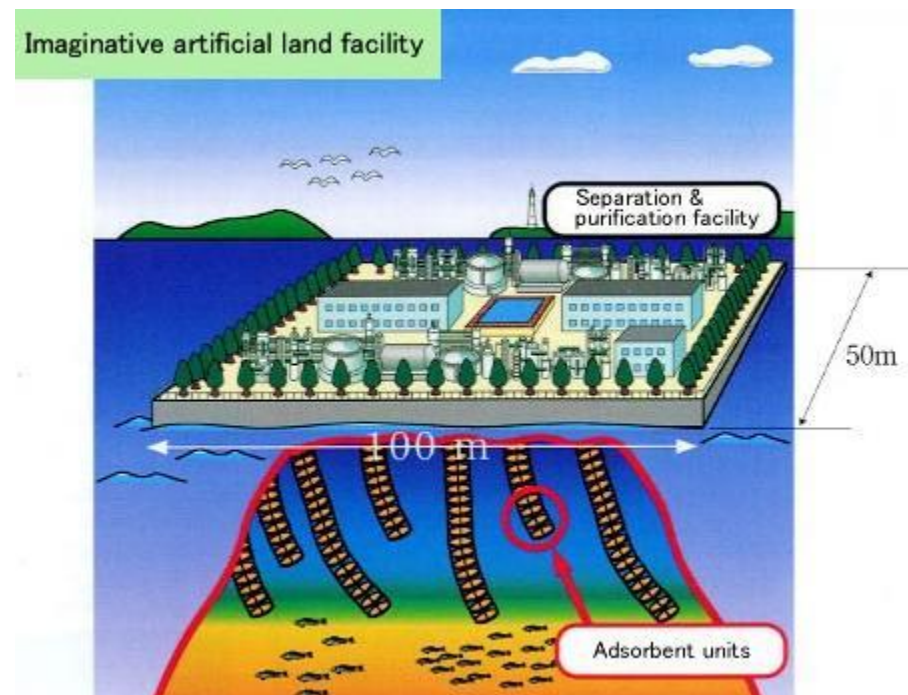
Przykładowo włókno Fiber-12

- adsorpcja na poziomie ok. 2.7-3.5 gU/kg_adsorbera
- po 8 tygodniach w wodach oceanu.

Cena pozyskania 1 kg uranu z wody morskiej szacowana na 600 – 1200 USD/kg

Obecna cena rynku to ok. 21-29 USD/kg uranu (U₃O₈)
 (1000 lbU₃O₈ = 454 kgU₃O₈ = 383 kgU)
 (<https://www.cameco.com/invest/markets/uranium-price>, odczyt strony 18 kwietnia 2018)

Źródło: Yatsandra Oyola, Christopher J. Janke and Sheng Dai, Synthesis, Development, and Testing of High-Surface-Area Polymer-Based Adsorbents for the Selective Recovery of Uranium from Seawater, Ind. Eng. Chem. Res. 2016, 55, 4149–4160



Źródło: The Takasaki Radiation Chemistry Research Establishment

Możliwy scenariusz EJ w Europie

TEKSTI:
JUHA-PEKKA KERVINEN

