

Czyżby efekt cieplarniany?

Grzegorz Karwasz

Katedra Dydaktyki Fizyki

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

Mediolan, 04.06.1999

Toruń, 05.07.2024



CLIMA PAZZO È colpa dell'Atlantico

■ OGGI

Alluvioni nel nord Europa e siccità al sud: l'oceano blocca i campi di pressione

Dziś: Powódzie na północy Europy i susza na południu: ocean blokuje wyże

B
BASSA PRESSIONE

ALTA PRESSIONE

A

**Klimat oszalał
To wina Atlantyku`**

Rok 2002

■ Il ruolo dell'effetto serra e la scoperta di un "El Niño" atlantico

■ FRA 10 ANNI

Il calo della salinità rallenterà la corrente del Golfo, portando il gelo in Europa

**Za 10 lat
Spadek zasolenia
spowolni Prąd
Zatokowy
przynosząc
złodowacenie w
Europie**

**BIMINI
LABORATORIO
DEL COMPORTAMENTO
I PRIMI RISULTATI**

Effetto serra?

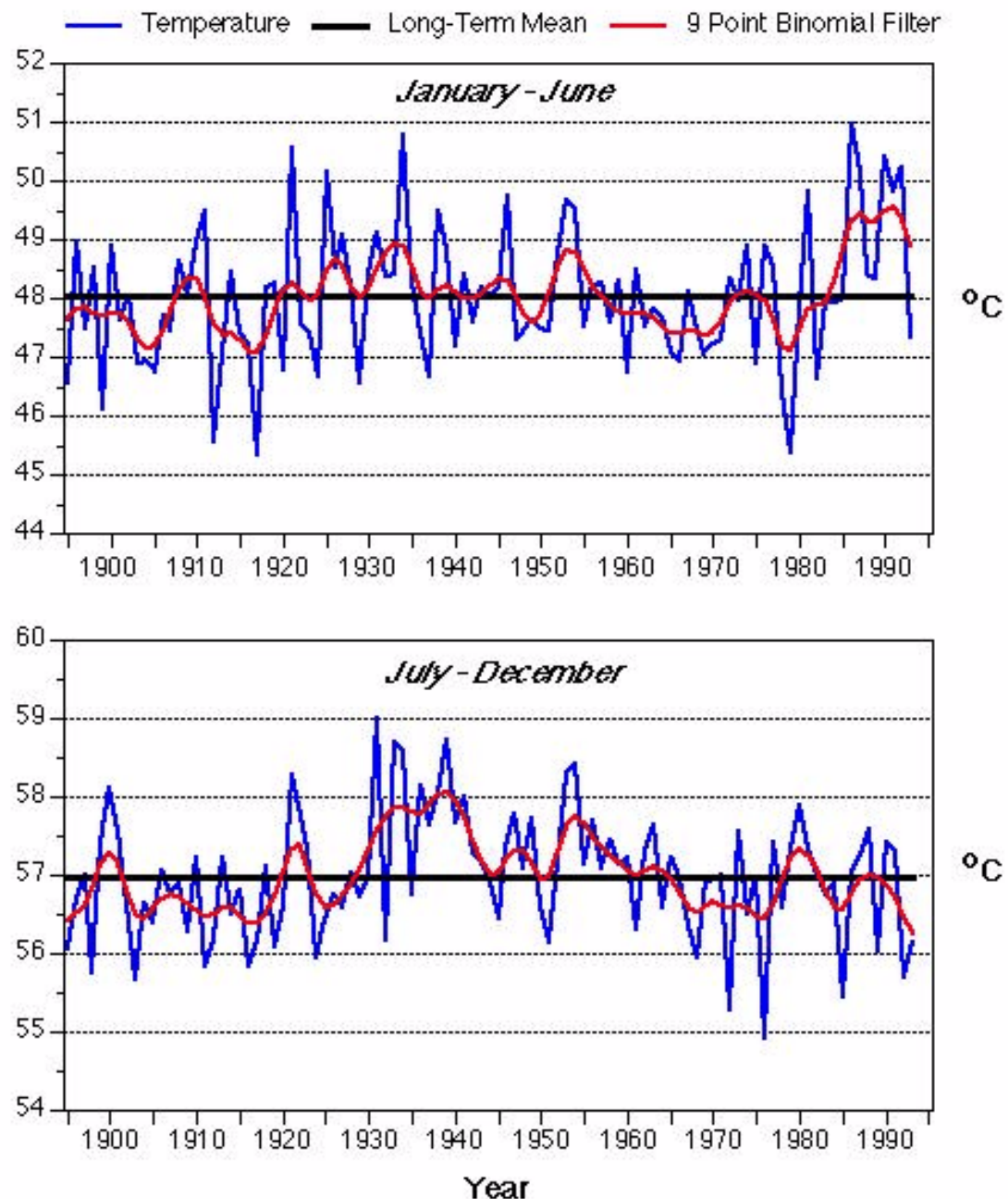
Rok 1999

Wykład na
Politechnice w Mediolanie

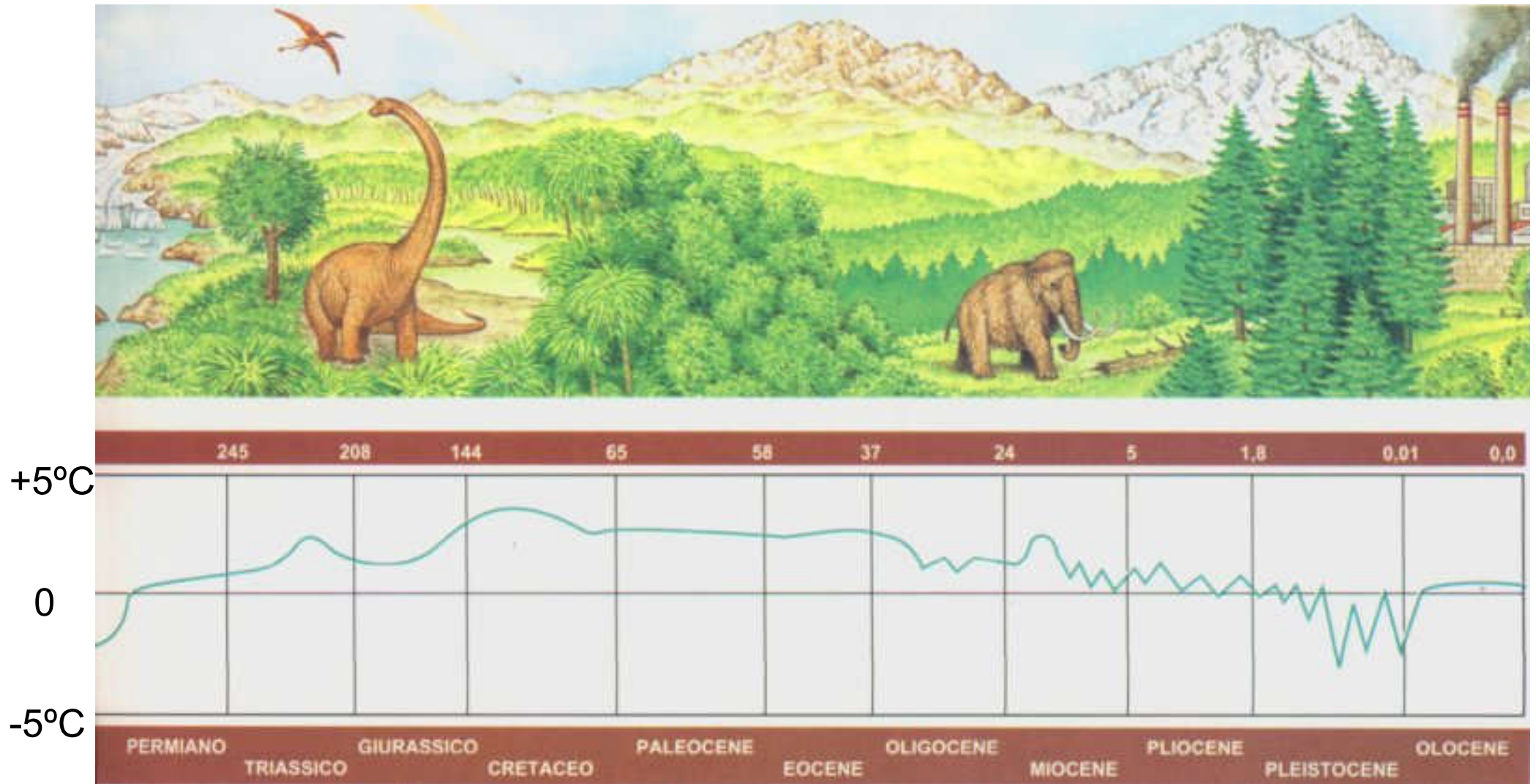
Jakiż tam efekt
„cieplarniany”
Zwykłe wahania
temperatury!

Source: NOAA, 1996

U.S. NATIONAL TEMPERATURE 1895 - 1993



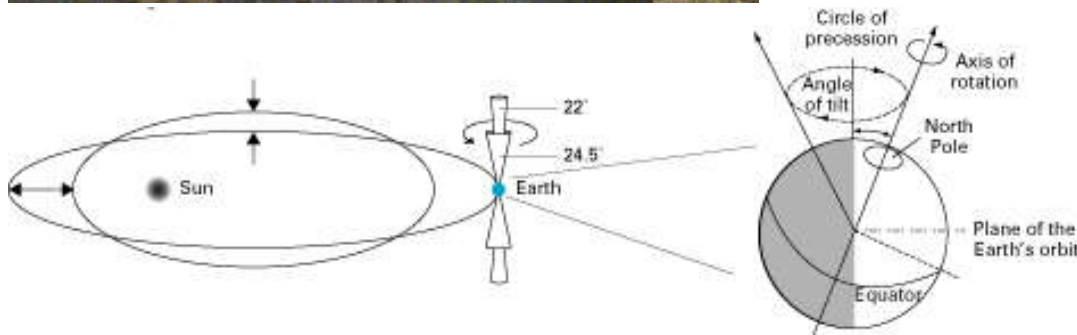
“efekt cieplarniany” czy zmiany naturalne?



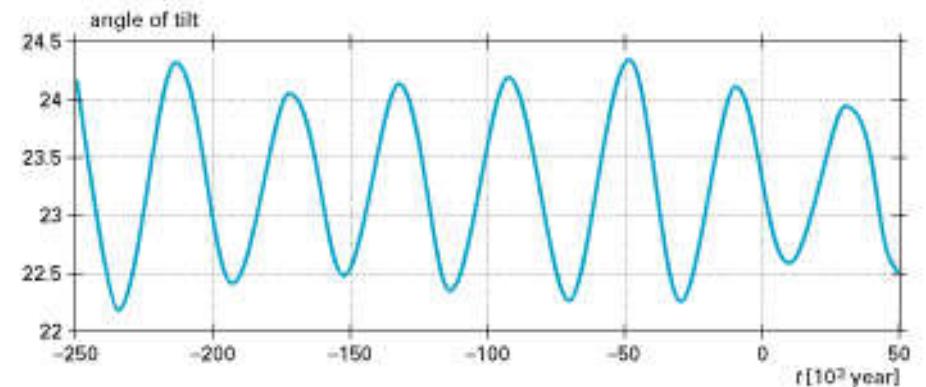
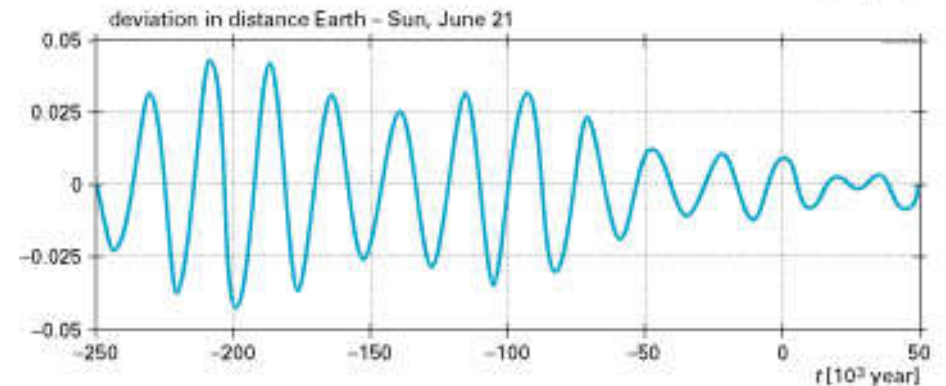
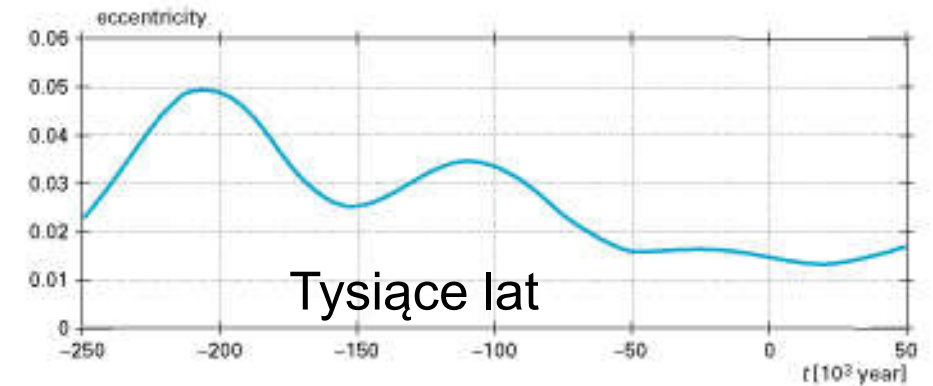
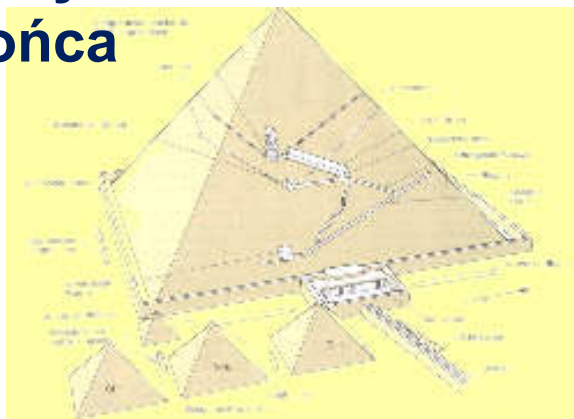
W czasach dinozaurów było znacznie cieplej.
Tak! W czasach dinozaurów...

Source: Le Scienze

Zmiany naturalne (astronomiczne)

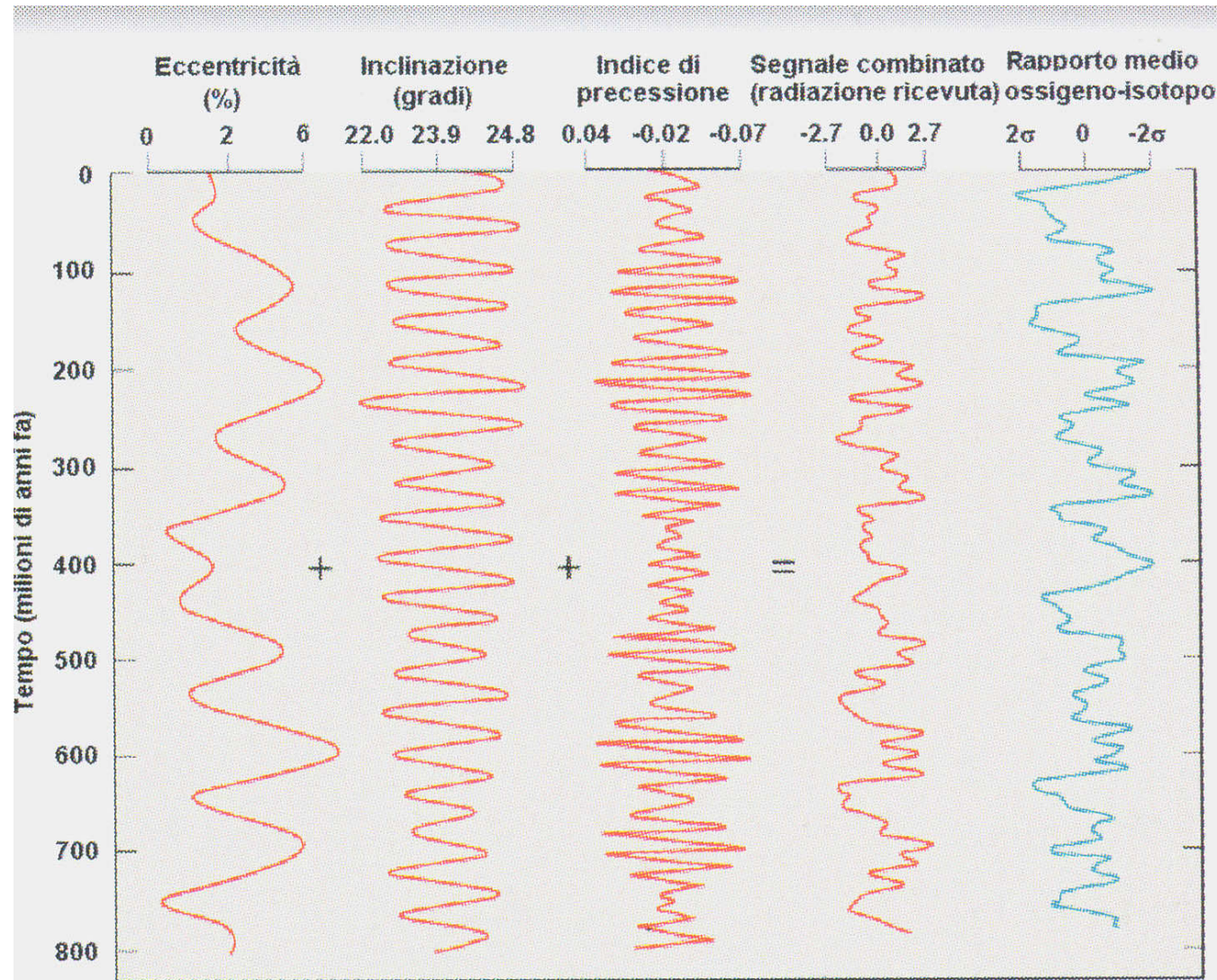


Splaszczanie elipsy
Odległość od Słońca
Nachylenie osi



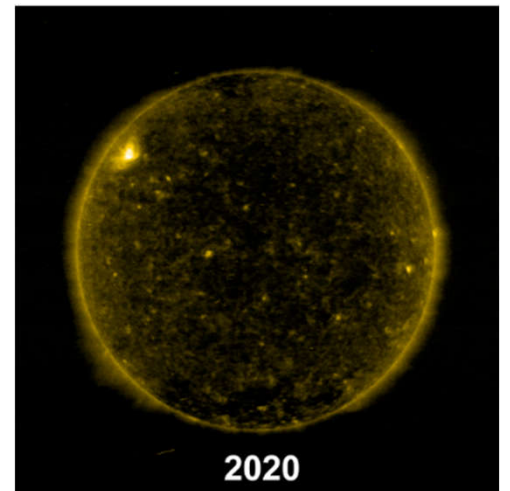
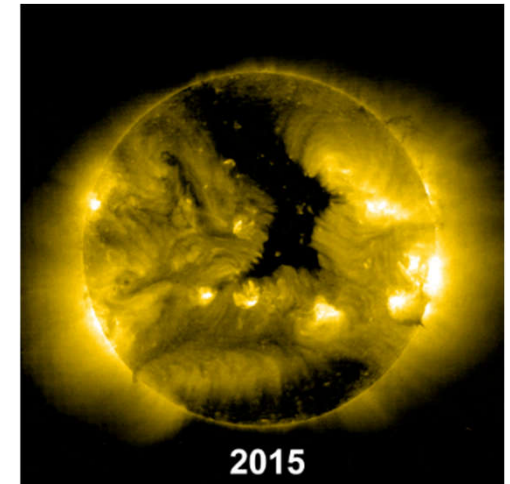
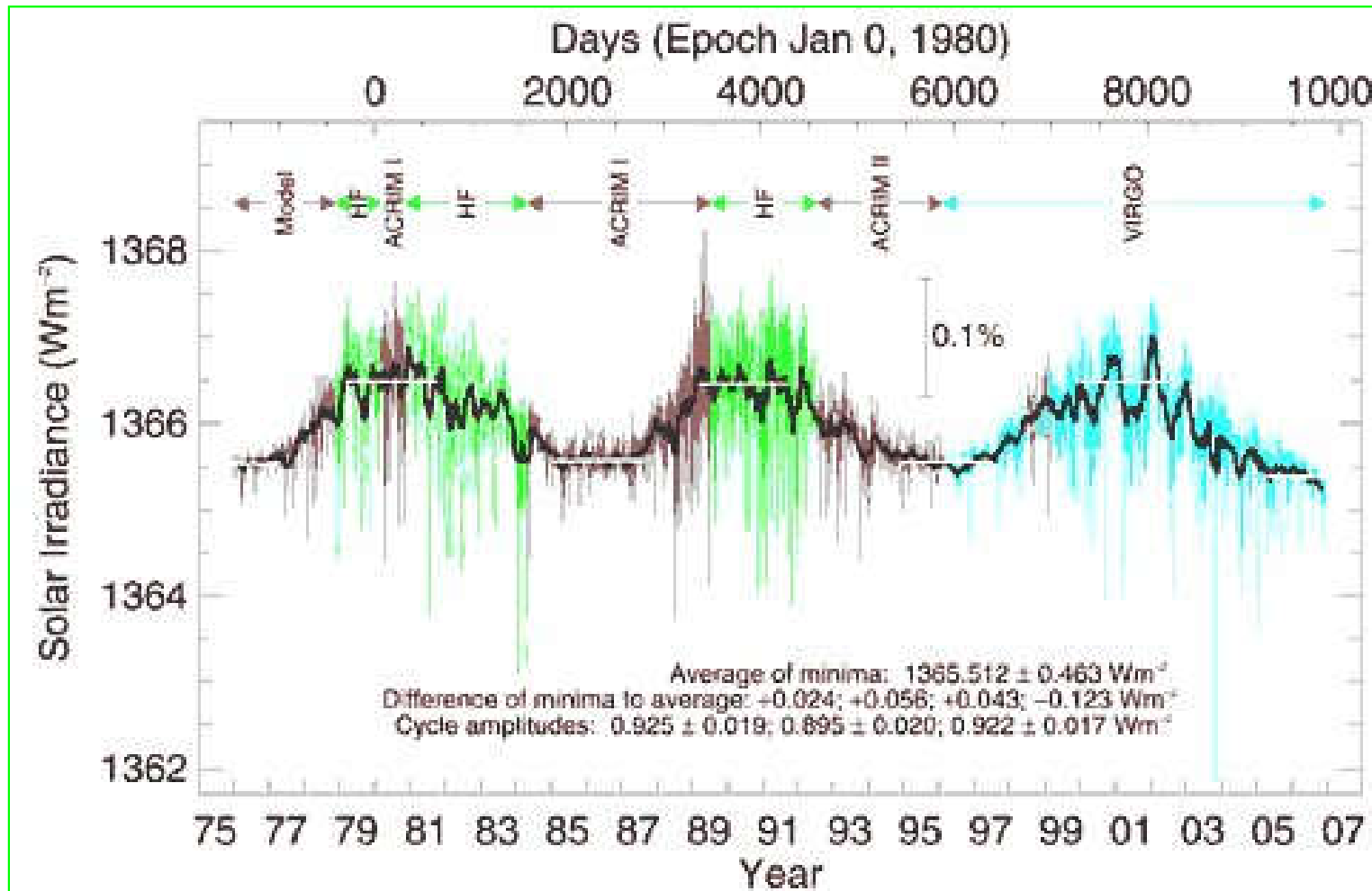
Cykle Milankovica

Zmiany naturalne (astronomiczne)



No właśnie! Zmiany temperatury, w długich, cyklach, wynikają ze zmian astronomicznych

Bilans energetyczny: Słońce



A i w krótszych okresach, co jakieś 11 lat, zmienia się ilość plam na Słońcu, a przez to ilość energii docierająca do Ziemi

Nie tylko Słońce: również wulkany



Fig. A1. Example of a non-volcanic sunset, painted by J. M. W. Turner entitled “The Lake, Petworth, Sunset”, created c.1833.

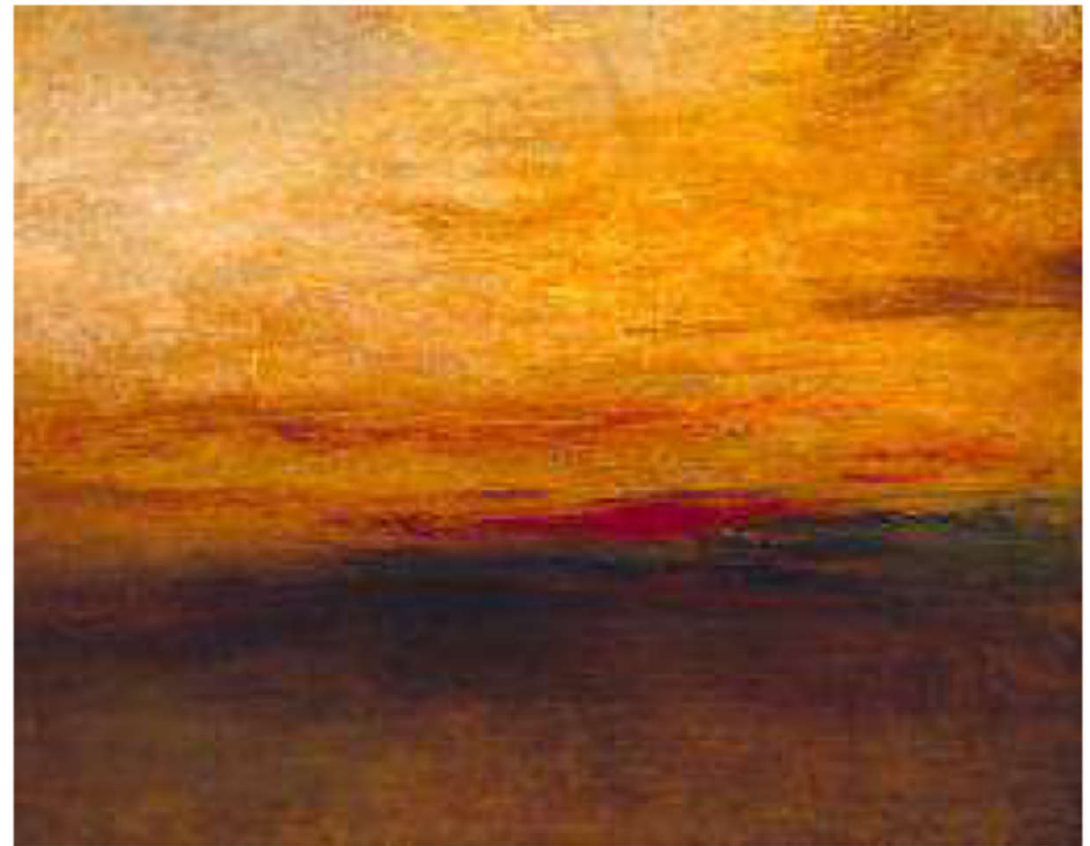


Fig. A2. Example of volcanic sunset by J. M. W. Turner entitled “Sunset” (c.1833) with R/G ratio of 1.76 ± 0.03 , that illustrates the effect of volcanic ash on the color of the sky.

William Turner: Sunsets 1828 i 1833
Źródło: National Gallery, London

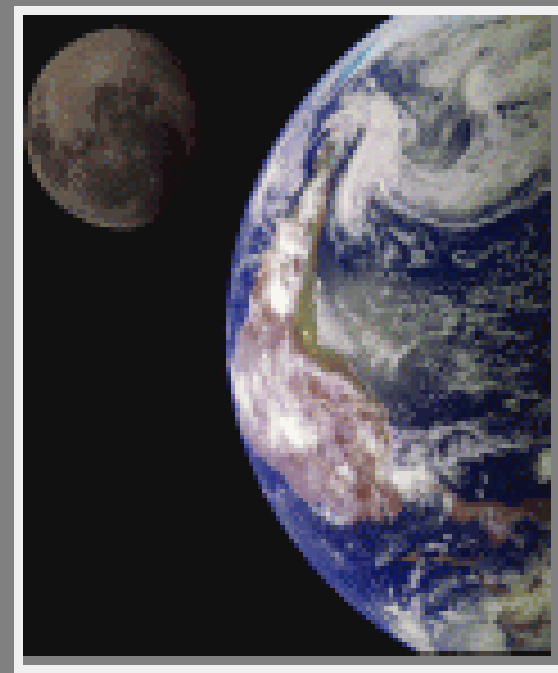
„1815 eruption of Mount Tambora was the most powerful volcanic eruption in recorded human history”

https://en.wikipedia.org/wiki/1815_eruption_of_Mount_Tambora

„Równowaga termodynamiczna”:
ile wpłynie, tyle wypłynie

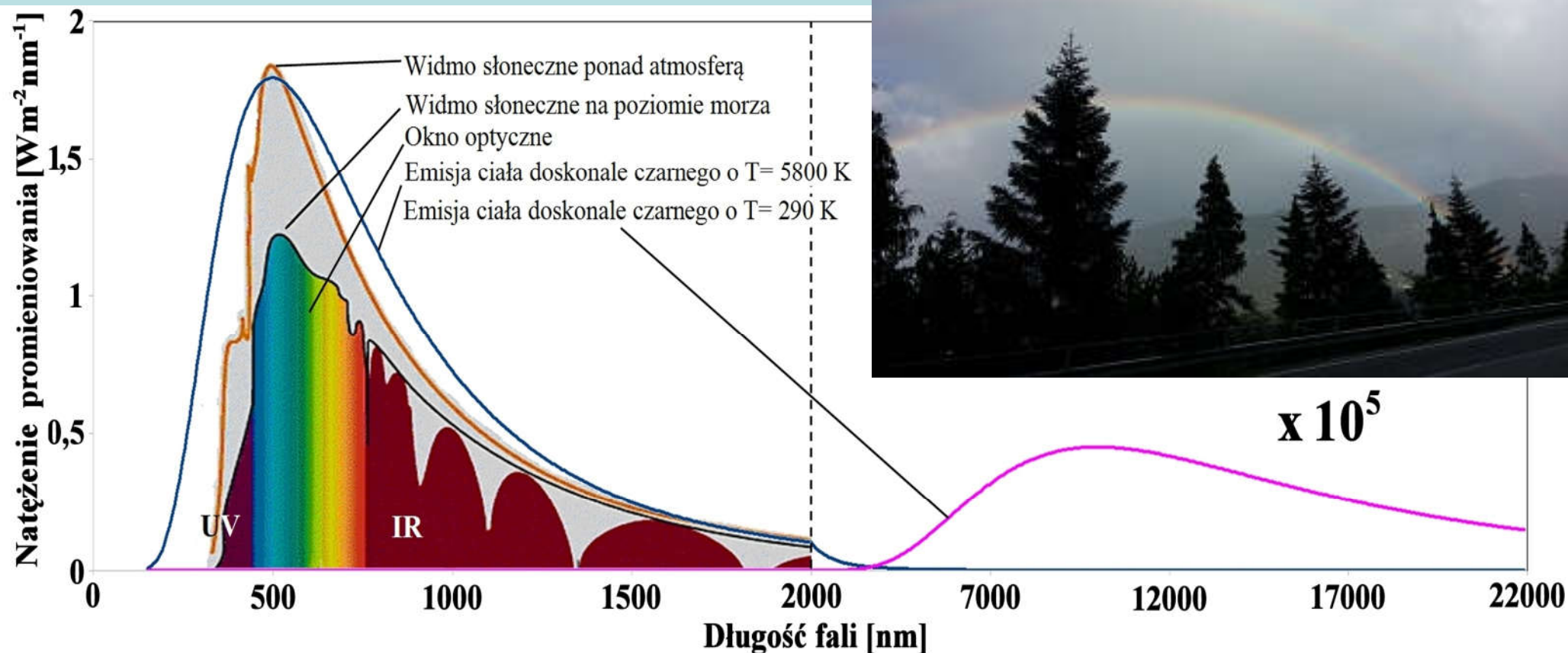


$T = 5700 \text{ K}$



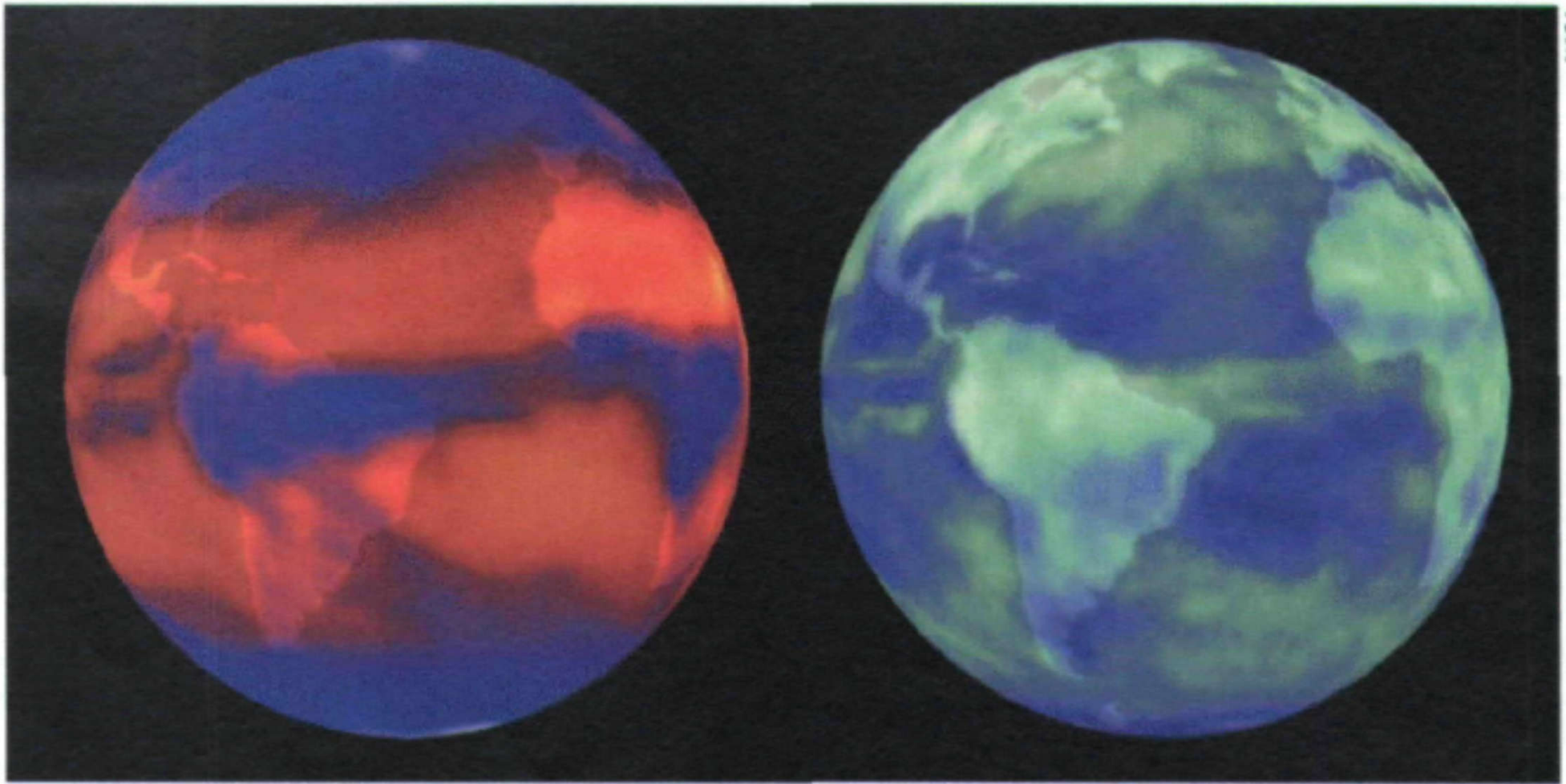
$T = 300 \text{ K} (27^\circ\text{C})$

Bilans energii: kolory tęczy



Source: G. Karwasz, K. Służewski, Foton, 2015

Emisja w IR, absorpcja w VIS



Satellite instruments measure the thermal radiation (left) emitted into space from the Earth's surface and atmosphere together with the sunlight (right) reflected by the ocean, land, clouds and aerosols.

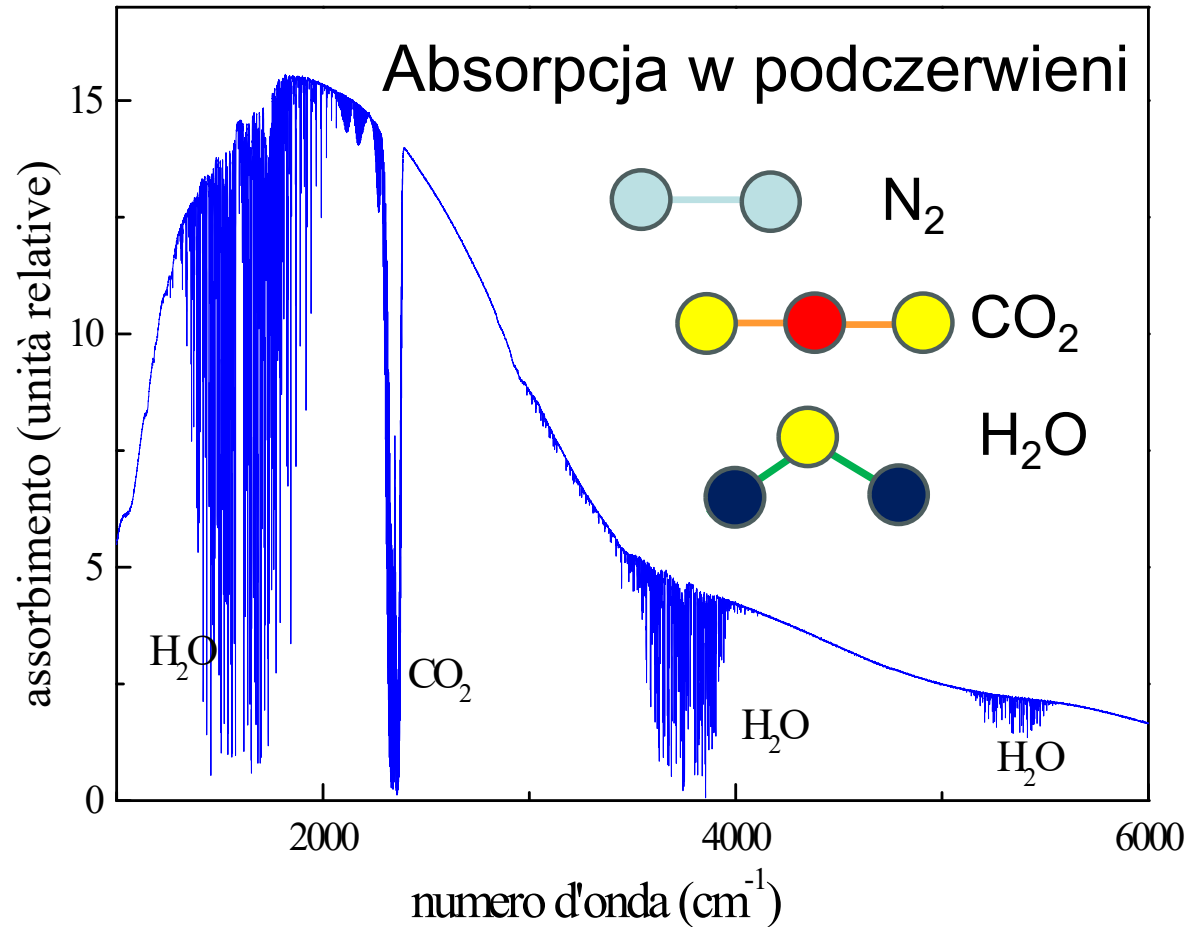
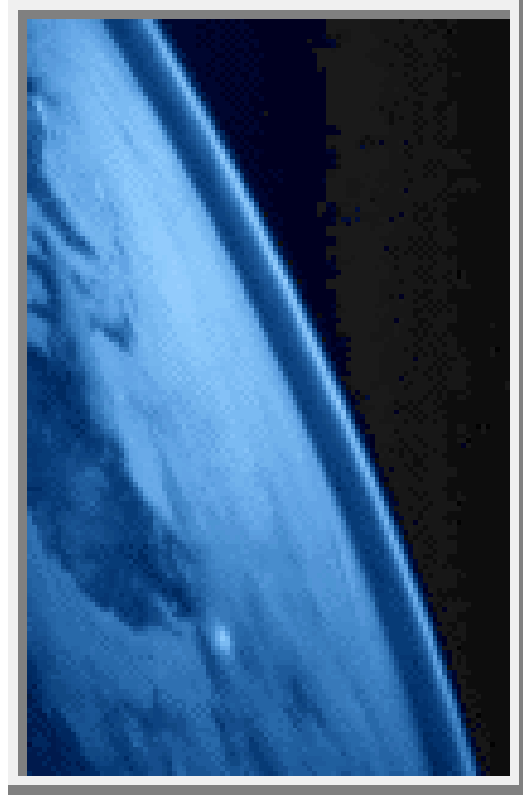
T= 300 K

T = 5700 K

Source: Physics Today

„feather blanket” = water vapour + carbon dioxide

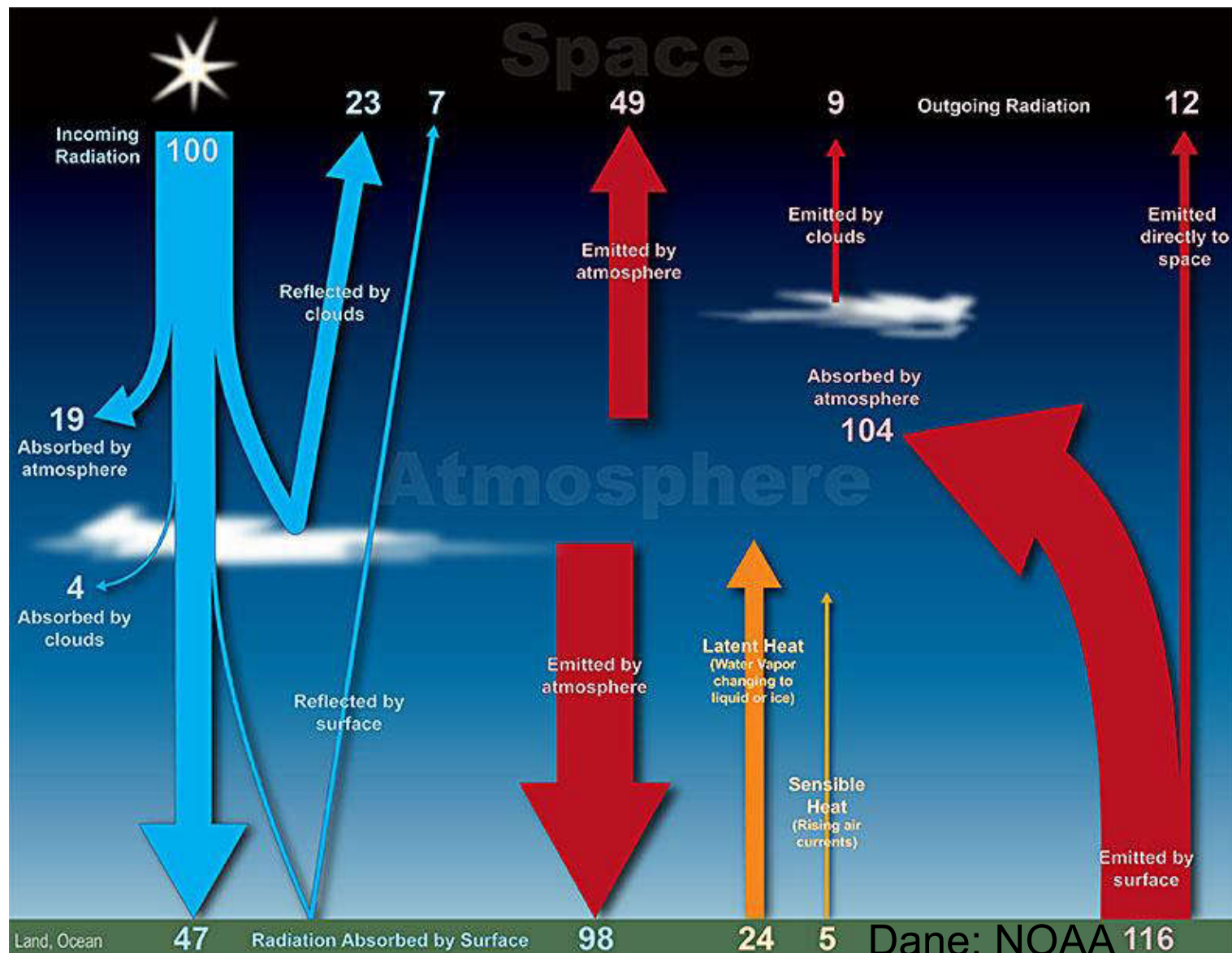
Podwójna pierzynka



H_2O : $-18^\circ\text{C} \rightarrow +15^\circ\text{C}$

CO_2 : $+15^\circ\text{C} \rightarrow +???$

Bilans energetyczny Ziemi



Naturalny efekt cieplarniany:

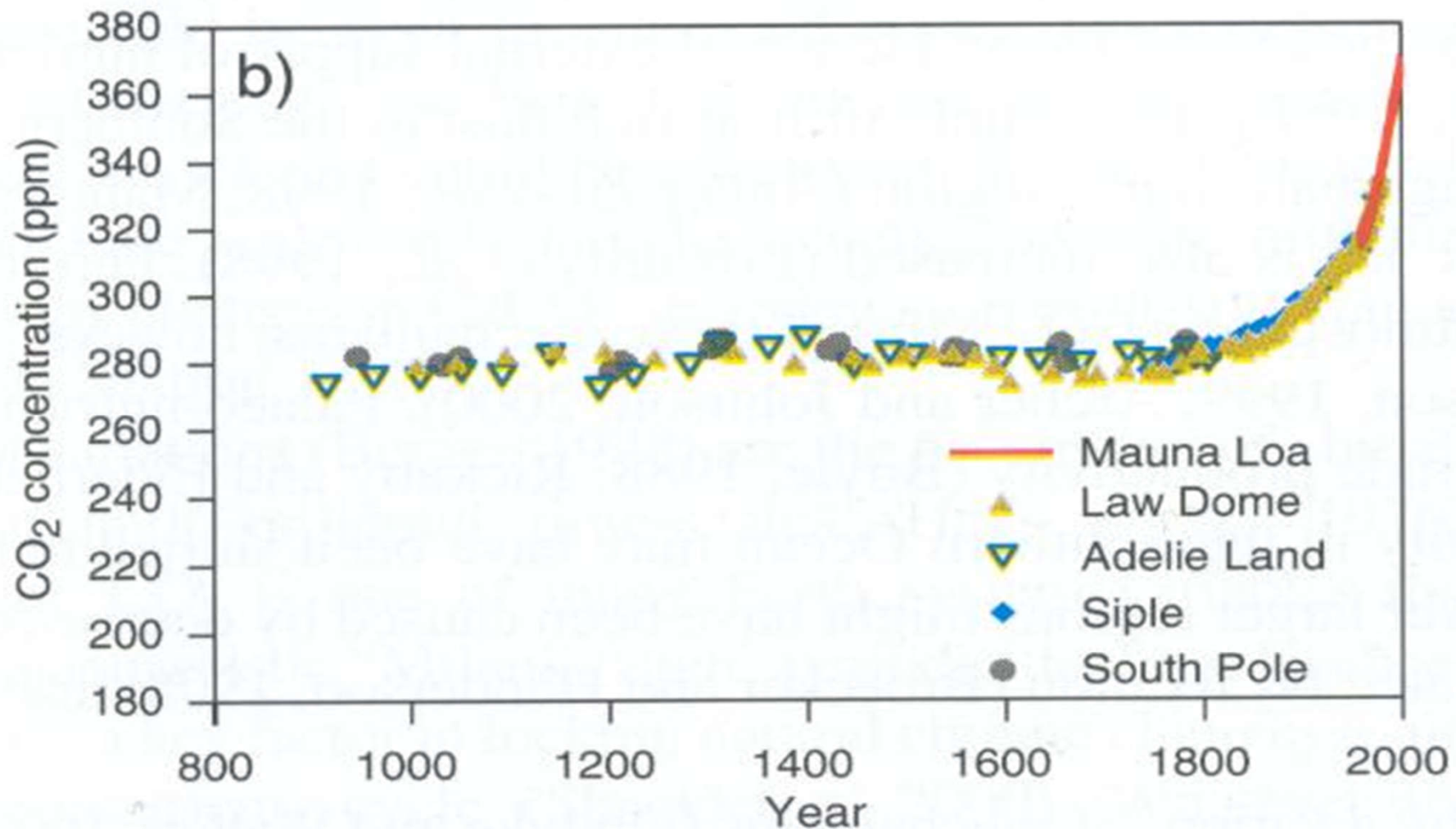
+ 33 K

Zamiast śnieżnej kuli (-18°C)
ciepły majowy wieczór ($+15^{\circ}\text{C}$)

Mars: + 3K
(-60°C)

Z uwagi na obecność gazów „cieplarnianych” (H_2O i CO_2)
Ziemia dysponuje aż **116%** energii docierającej ze Słońca

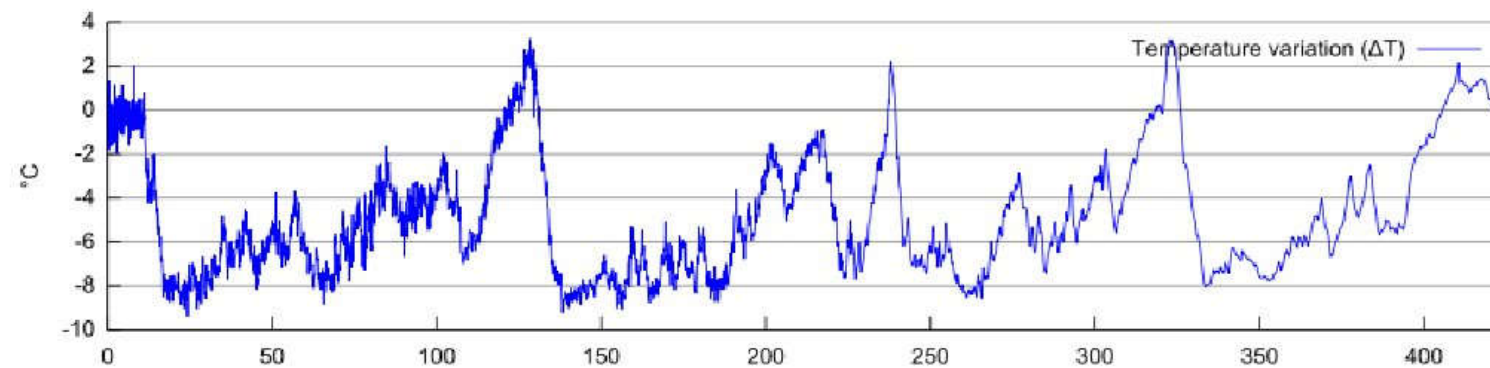
Zawartość CO₂: dokładniej



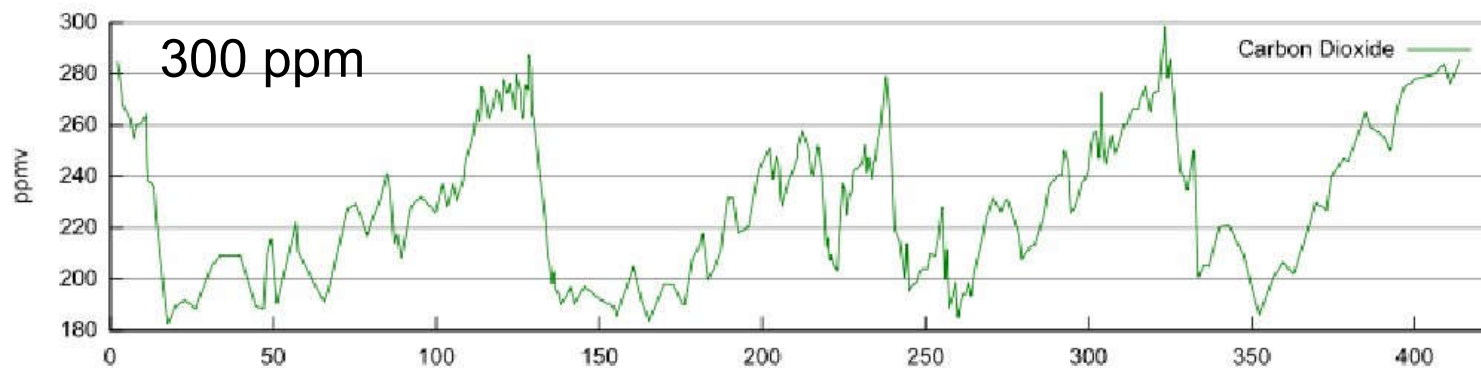
Antropogenic greenhouse effect = CO₂ !

280 ppm → 421 ppm (40%)

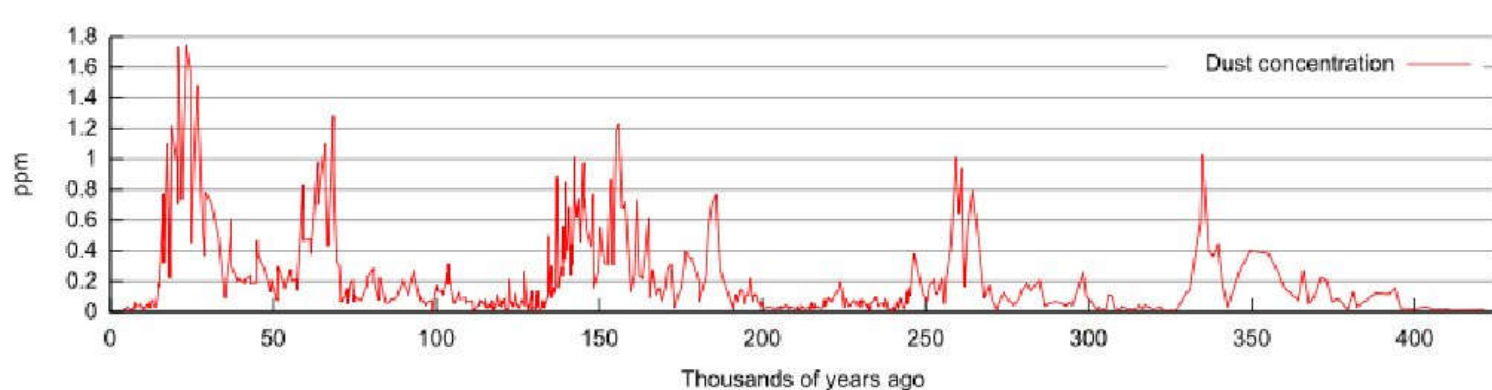
Korelacja CO₂ ↔ temperatura ?



Temperatura



Zawartość CO₂



Pyły

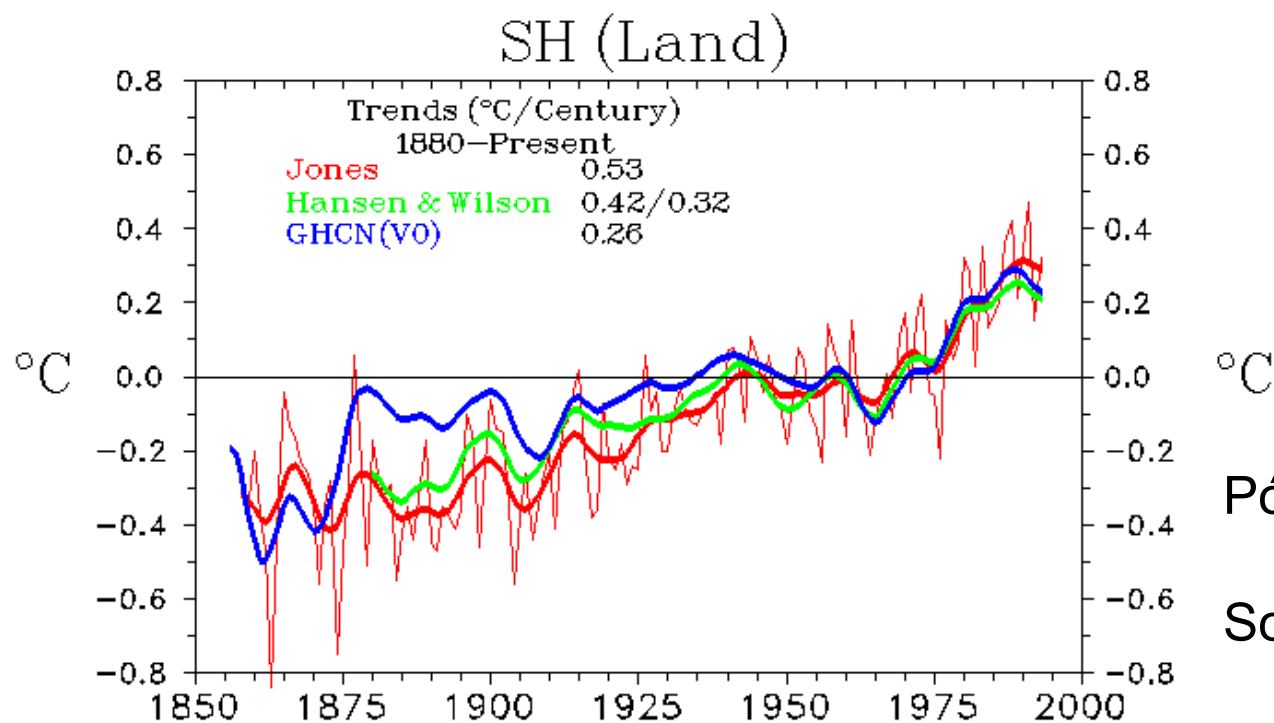
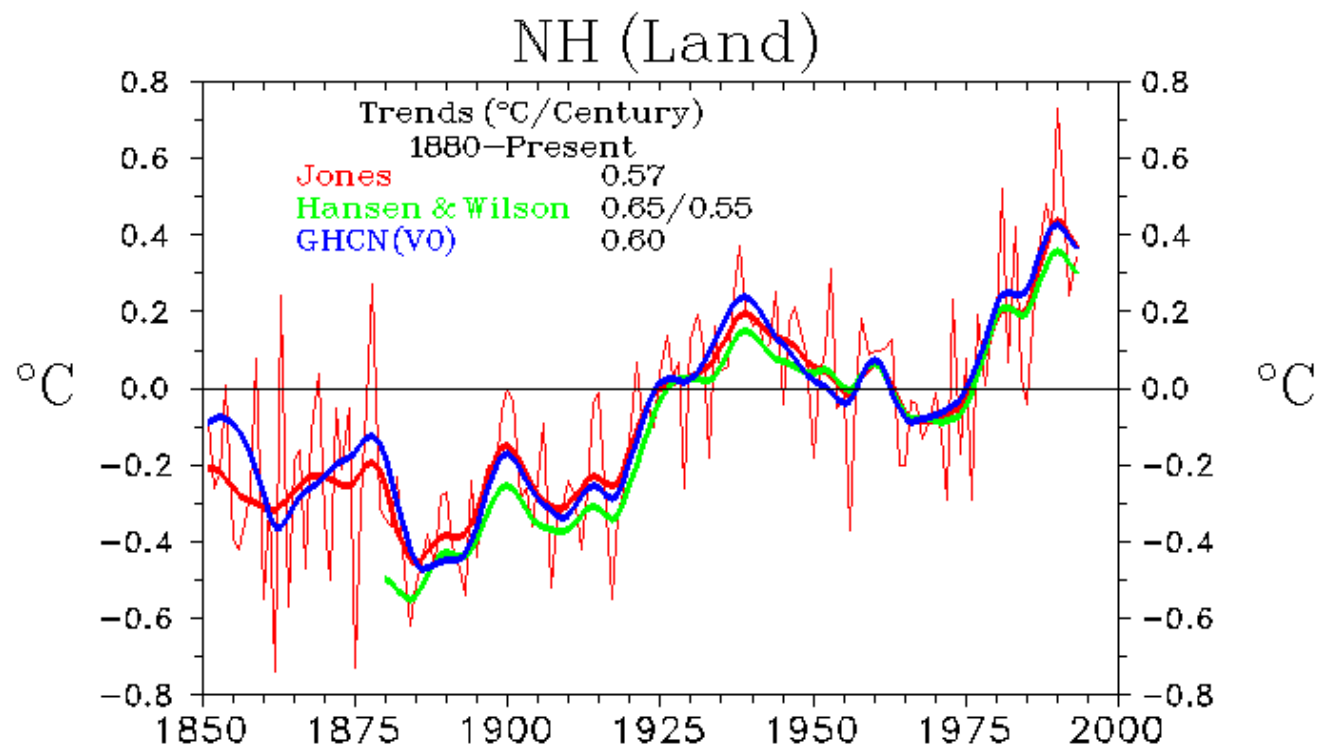
Tak!

Ostatnie 400 tys. lat, dane z Antarktydy

Efekt
cieplarniany ?

Tak!

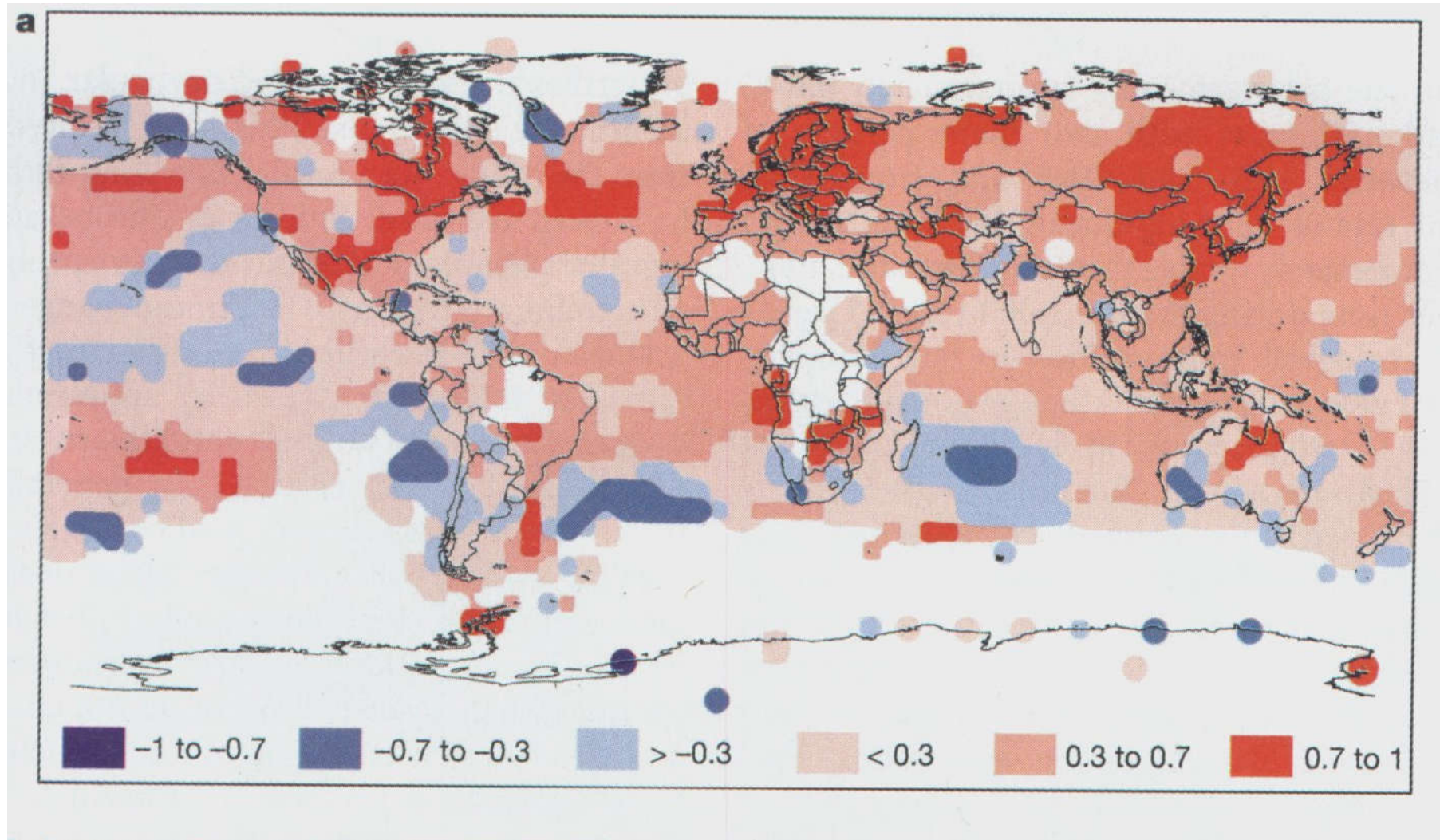
Ale zróżnicowany



Półkula południowa: głównie oceany

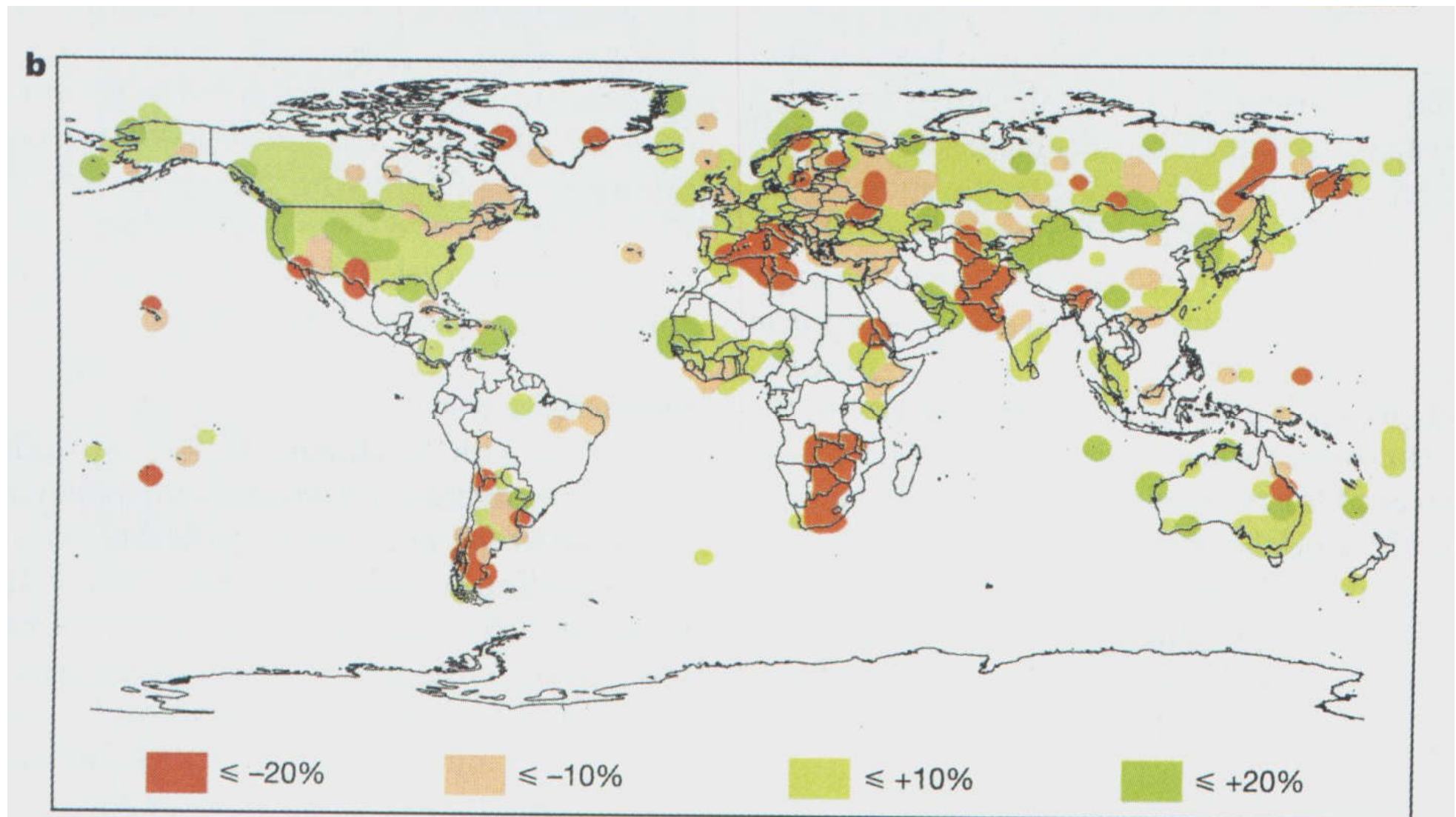
Source: NOAA, 1996

Efekt cieplarniany = grzanie, ale nie jednorodne (Syberia)



Rozmarzanie tundry → uwalnianie metanu (gaz cieplarniany) →
wzrost temperatury → dalsze rozmarzanie

Efekt cieplarniany = susza (ale na pustyni, np. Kalahari)



Zmiany opadów (od 1976)

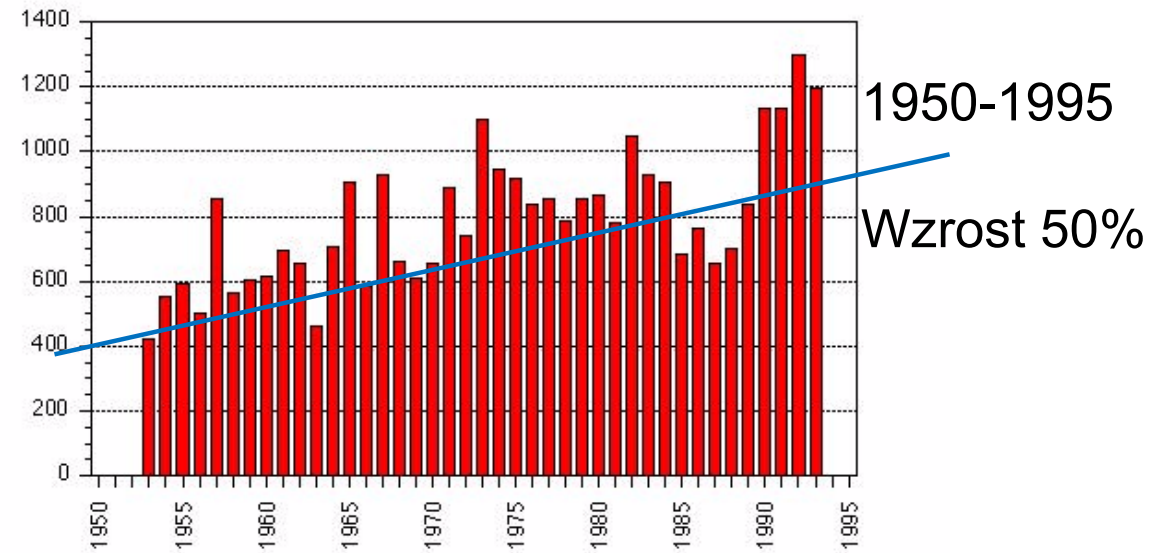
Nature, 28.03.2002, p. 390

Effetto serra = clima **violento** !



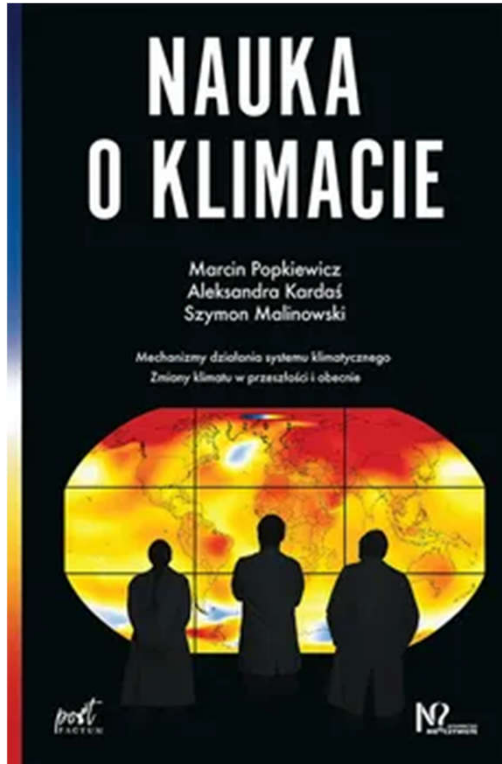
Trento, Listopad 1998

NUMBER OF OBSERVED TORNADOES - U.S.

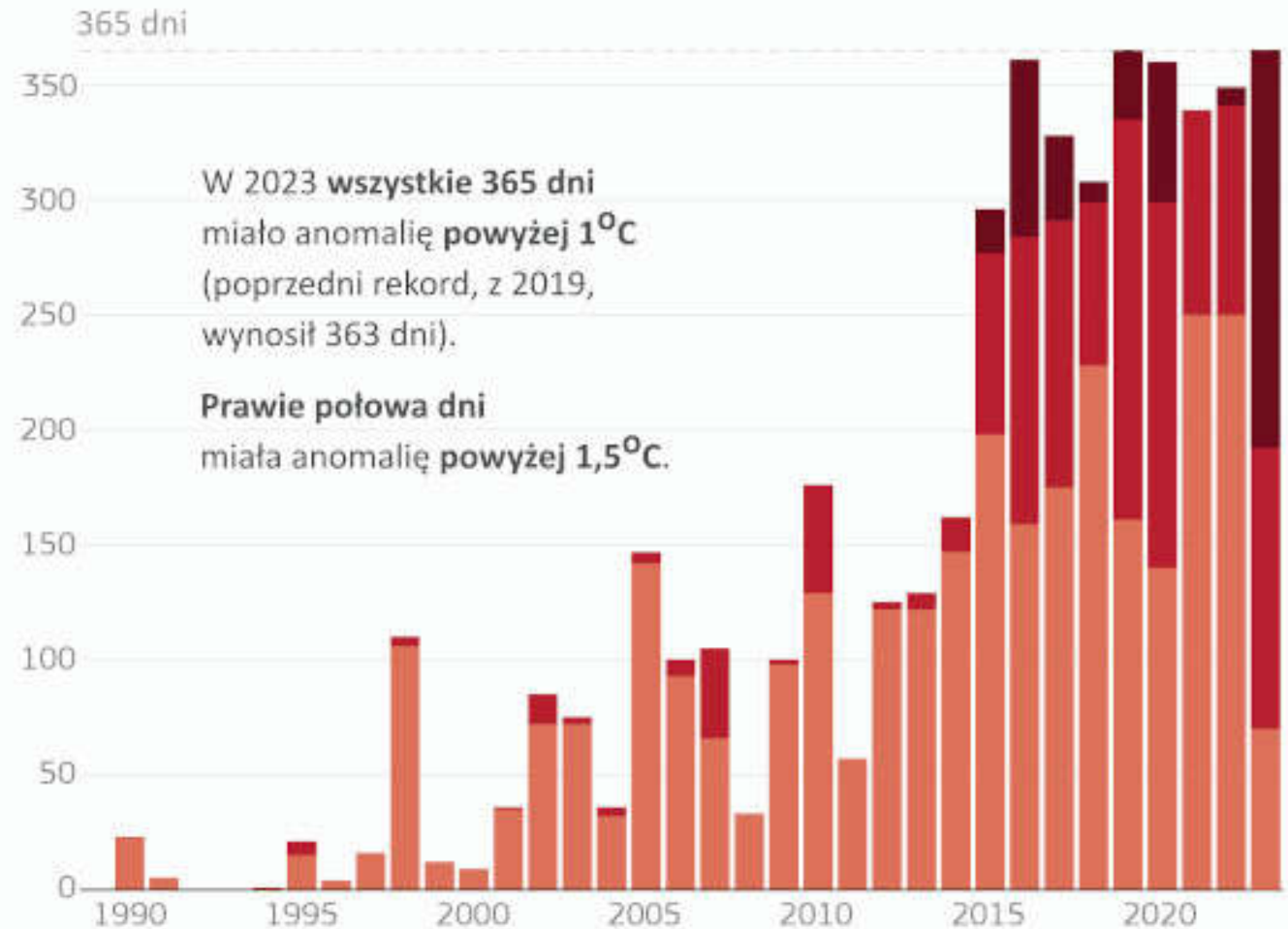


Wenecja, Grudzień 1998

Coraz cieplej i coraz zimniej



1-1,25°C 1,25-1,5°C powyżej 1,5°C



Marcin Popkiewicz, Aleksandra Kardaś, Szymon Malinowski, *Nauka o klimacie*
<https://naukaoklimacie.pl/wykres-na-dzis/roczna-liczba-dni-z-temperatura-wyzsza-od-tej-z-czasow-przedprzemysłowych-o-przynajmniej-1-stopien>

„Czy grozi nam potop?” (GK, 1997)



Sominy, 2017

gigantyczne pęknięcie w pokrywie lodowej na Antarktydzie (*Nature*, 13.02.97) wbrew przewidywaniom modeli.

Na pytanie, czy grozi nam podniesienie się poziomu mórz, słynne kiedyś Radio Erewań odpowiedziałoby więc tak: „Nie, nie grozi nam podniesienie się poziomu mórz. Jeśli grozi, to nie nam, ale Filipinom. A nam najwyżej lipcowe zamiecie śnieżne i trąby powietrzne.”

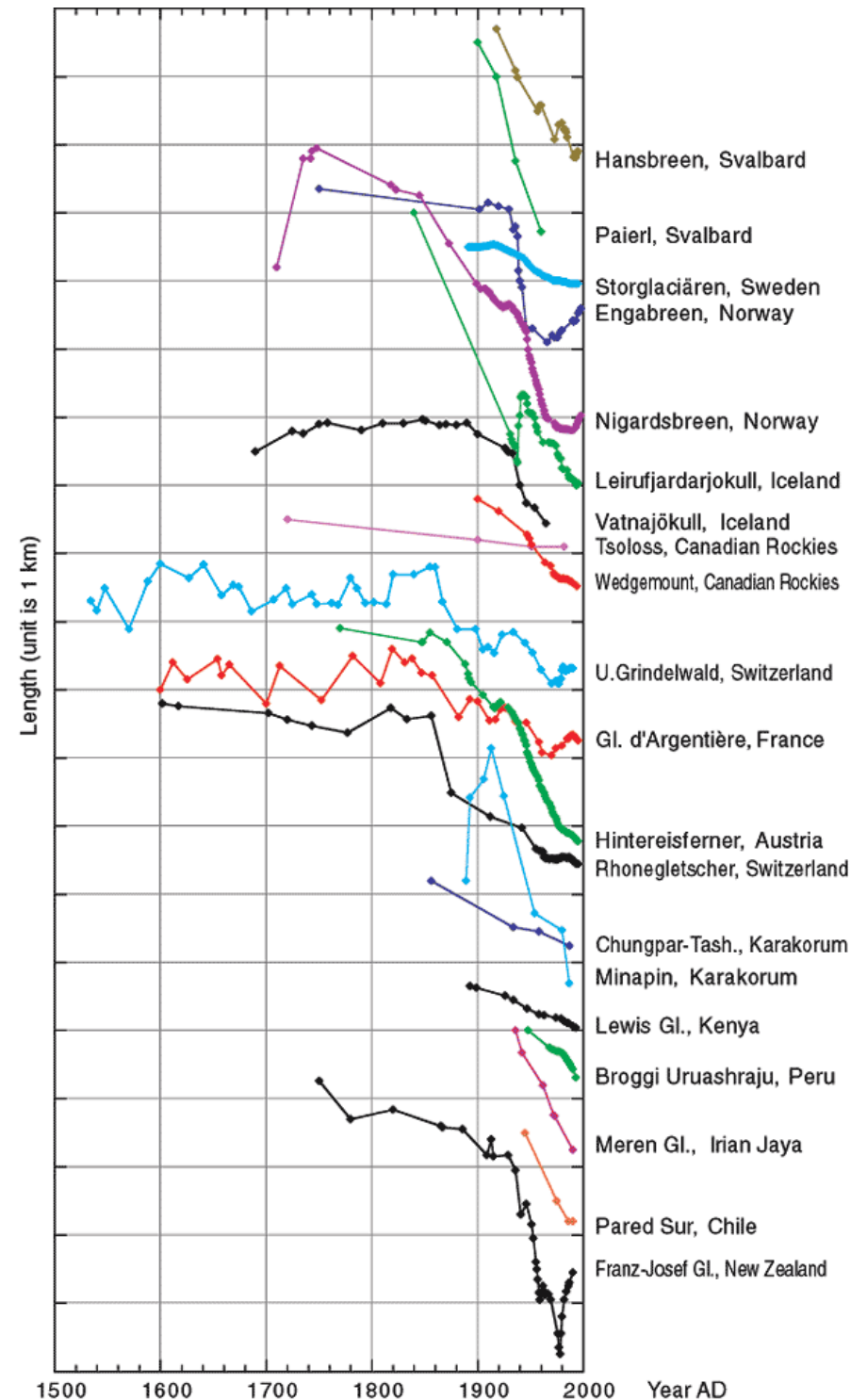
*Dr inż. Grzegorz Karwasz
Dipartimento di Fisica
Università di Trento, Włochy
i Centrum Ochrony Środowiska,
Politechnika Gdańska*



Lodowce górskie



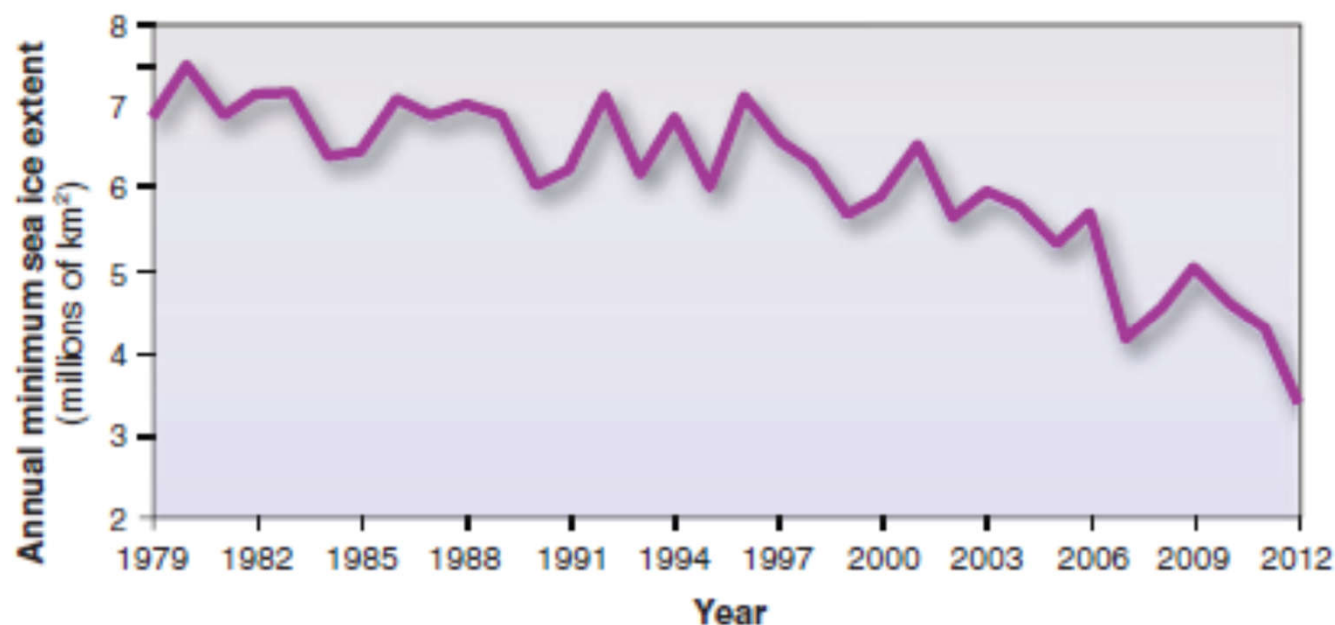
Marmolada, 2003, Foto: Maria Karwasz



Lód na Oceanie Arktycznym



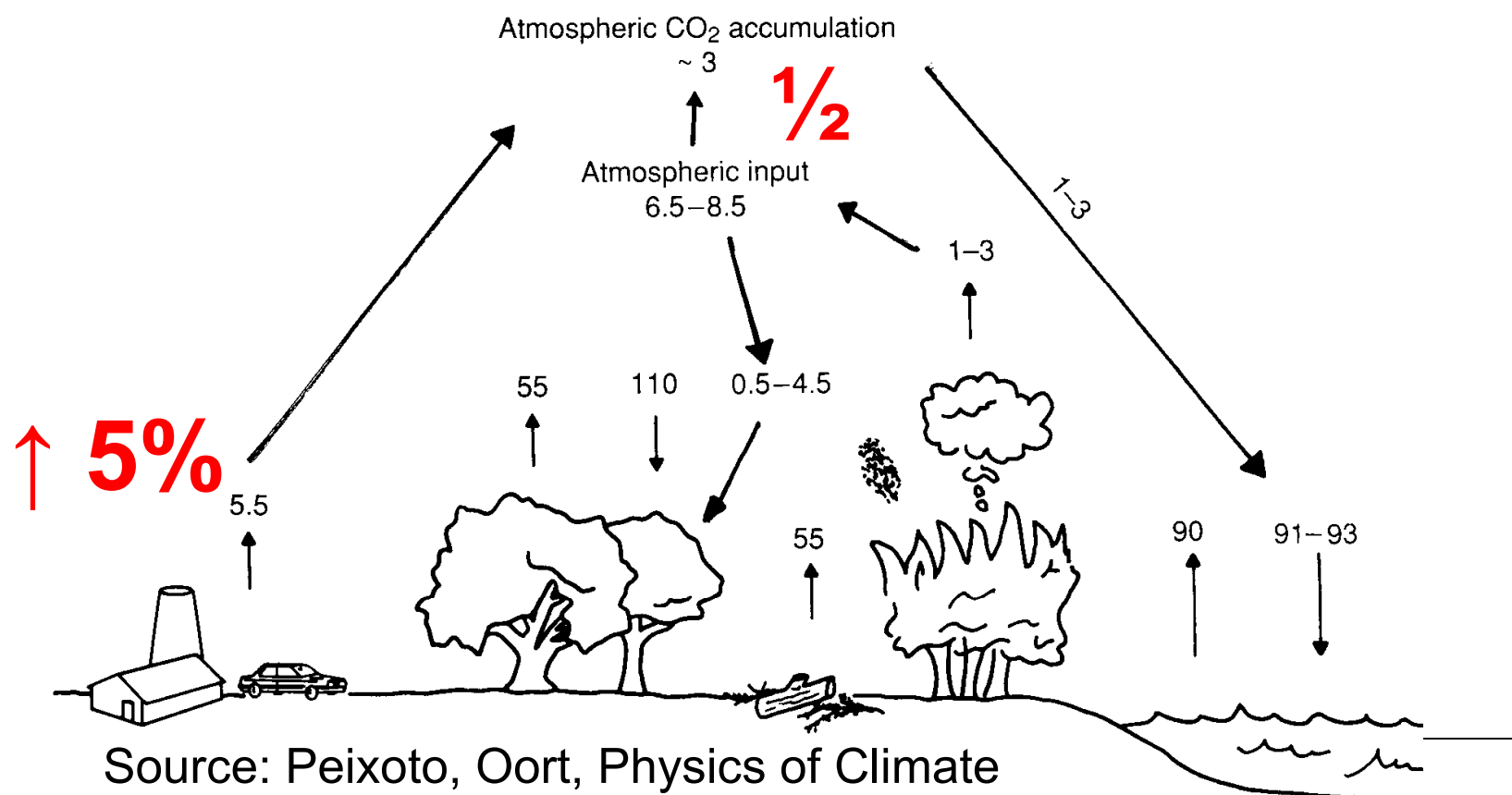
Marit-Solveig Seidenkrantz Centre for Past Climate Studies & Arctic
Research Centre Department of Geoscience, Aarhus University (Denmark)



**Minimalny zasięg
pokrywy lodowej
zmniejszył się o 50%**

Fig. 2 Trends in arctic sea ice through time and space. Annual minimum sea-ice extent (A) has declined dramatically from 1979 to 2012.
E Post et al. Science 2013;341:519-524

Bilans węgla [Gt]:



Zasoby całkowite:

Reszta? Zjedzona
(a raczej spalona)



Gaz
Ropa
?
Węgiel

Polska: jakość powietrza (II)

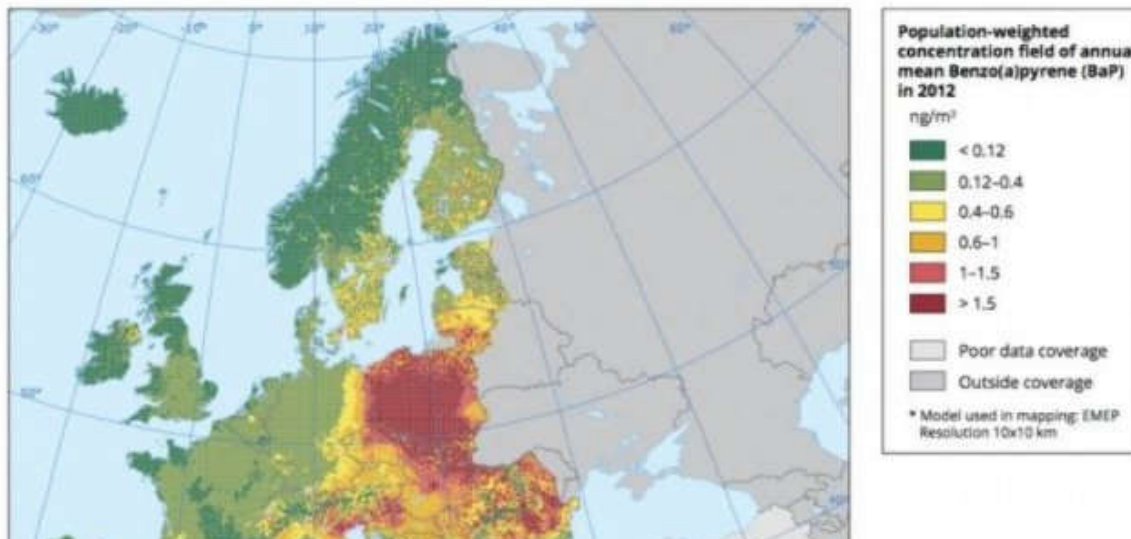
FOCUS.pl



1/2



Map 10.1 Population-weighted concentration field of annual mean BaP in 2012



Polska na czele krajów
zatrzuwających powietrze
w Unii Europejskiej

1/2. Polska na czele krajów
zatrzuwających powietrze w Unii
Europejskiej

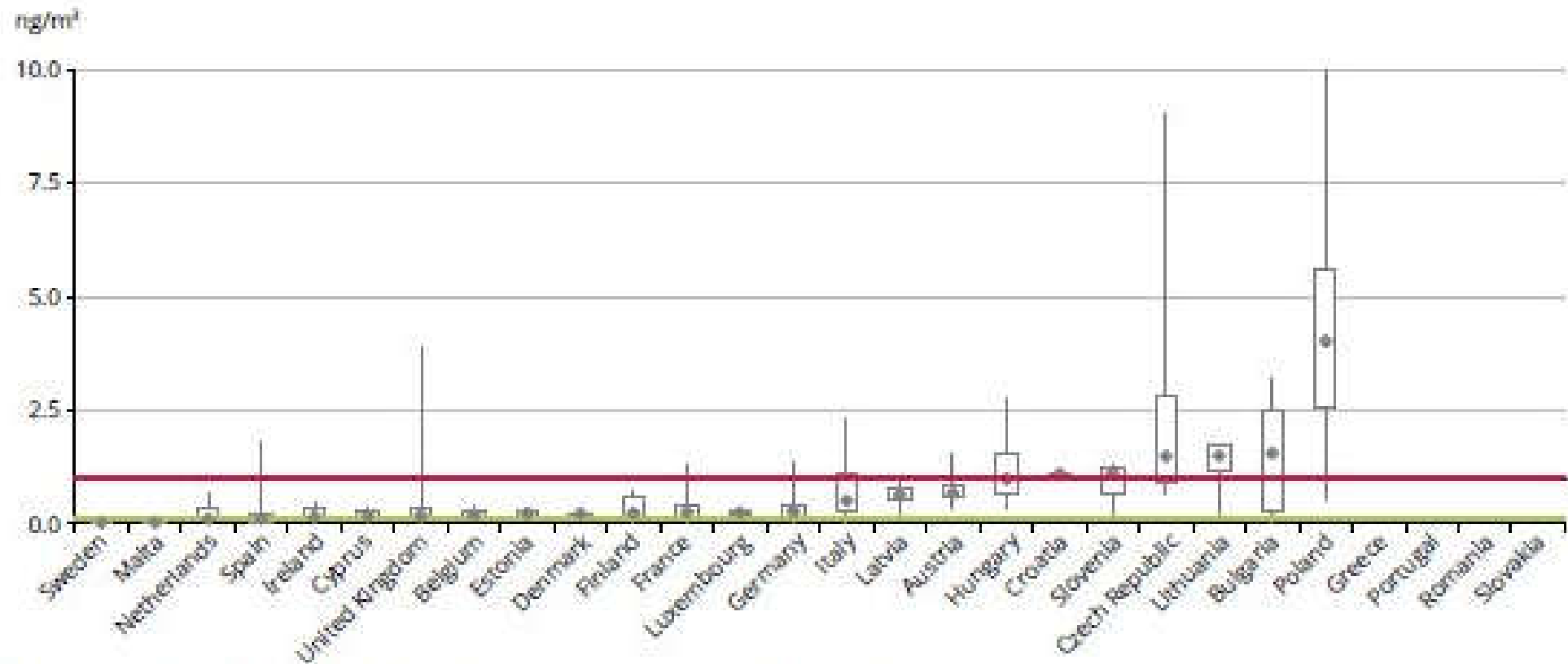
Stężenie benzo(a)pirenu w powietrzu

NIK wskazała, że największym problemem dla jakości powietrza w Polsce jest ponadnormatywne stężenie pyłu zawieszonego (PM₁₀ i PM_{2,5}) oraz benzo(a)pirenu (B(a)P). "Wysokie stężenie pyłu zawieszonego powoduje i pogłębia choroby płuc i układu krążenia. Z kolei benzo(a)piren jest związkiem silnie rakotwórczym. Tymczasem we wszystkich kontrolowanych miastach w 2013 r. dopuszczalne stężenie benzo(a)pirenu przekroczone zostało średnio o 500 proc. Najwyższe stężenie B(a)P odnotowano w Nowym Sączu - limity przekroczone jedenastokrotnie, a w Głubczycach (w woj. opolskim) dziesięciokrotnie. Z kolei w czterech miastach (Kraków, Nowy Sącz, Katowice i Dąbrowa Górnicza) przekroczone zostało średnioroczne stężenie PM₁₀. W skali kraju w latach 2010-2013 przekroczone dopuszczalne poziomy pyłu PM₁₀ w ponad 75 proc. wszystkich stref, w których dokonuje się oceny jakości powietrza, a w przypadku benzo(a)pirenu w ok. 90 proc. stref" - czytamy w raporcie.



Benzopiren w Polsce: 4 ng/m³

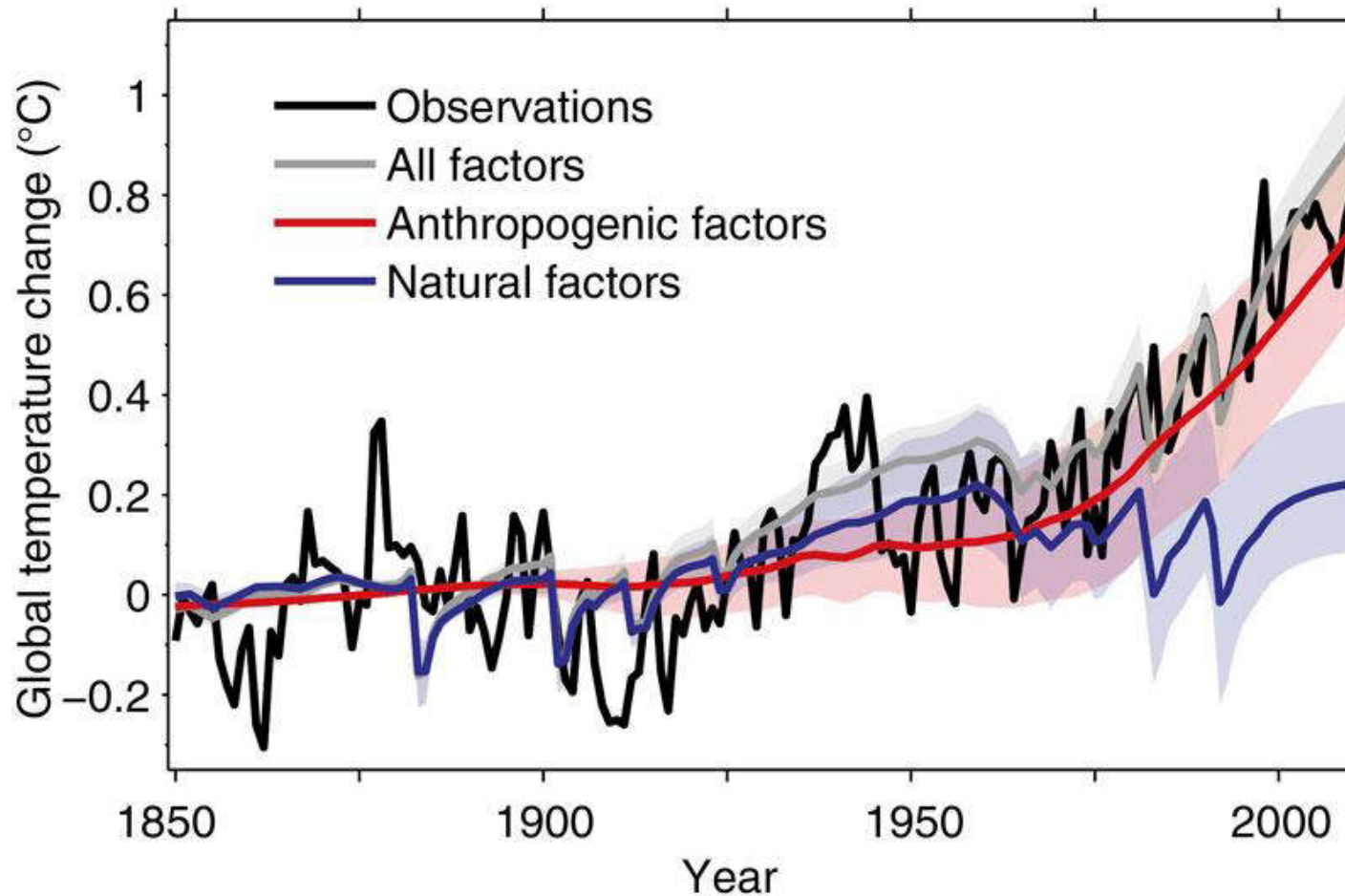
Figure 6.1 Attainment situation for BaP in 2013 in the EU-28



Notes: The graph is based on the annual mean concentration values for each Member State. For each country, the lowest, highest and median values (in ng/m³) at the stations are given. The rectangles give the 25 and 75 percentiles. At 25% of the stations, levels are below the lower percentile; at 25% of the stations, concentrations are above the upper percentile. The target value set by EU legislation is marked by the red line. The estimated air quality reference level is marked by the green line.

Source: Based on Air Quality e-reporting database (EEA, 2015a).

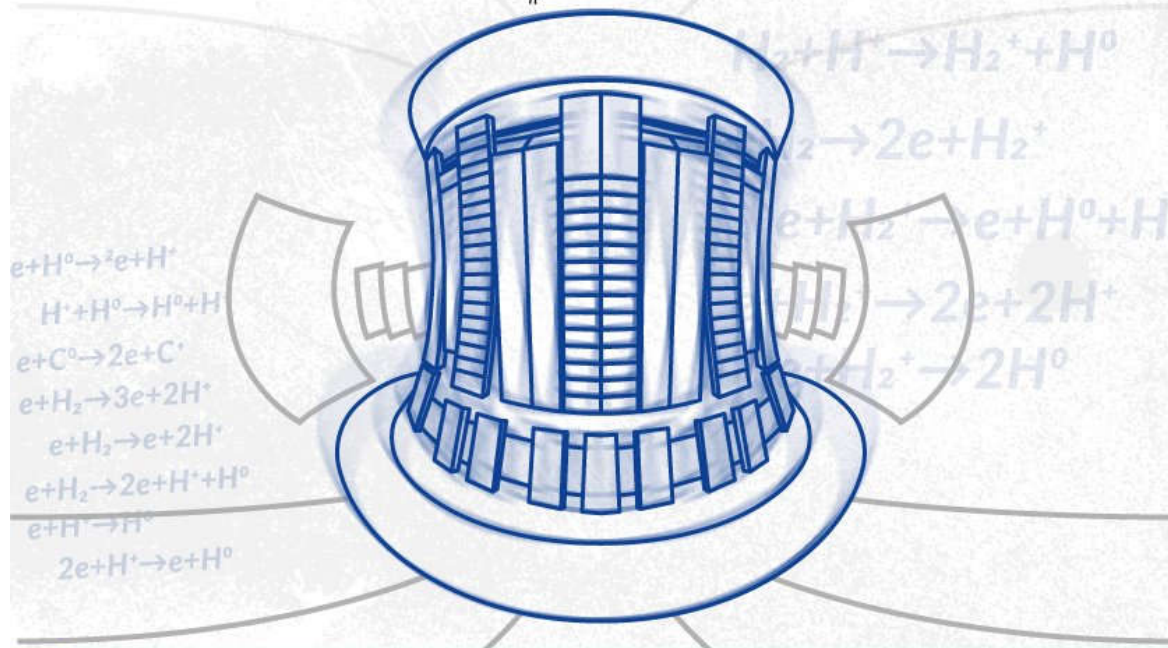
Prognoza (Physics World, 2012)



**Globalne ocieplenie przyspiesza:
nie uwzględniliśmy sprzężeń zwrotnych!**



$$\sigma = \sum_n 4\pi a_0^2 \xi_n \left(\frac{R}{I_n}\right)^2 \frac{1}{t+u_n+1} \left\{ 1 - \frac{1}{t} + \frac{\ln t}{2} \left(1 - \frac{1}{t^2}\right) - \frac{\ln t}{t+1} \right\}$$



Najprawdopodobniej w 2033 roku zabraknie w Polsce 33% energii elektrycznej, a w 2044 roku stężenie CO₂ w atmosferze przekroczy 440 części na milion, przez co średnia temperatura na globie podniesie się o 1,4°C.

Ale przypuszczalnie już w 2055 roku w Republice Korei uruchomiony zostanie przemysłowy reaktor termojądrowy (taki jak Słońce), a energii z niego (i jemu podobnych) wystarczy na ponad dwa i pół tysiąca lat.

Jak do tego dojdzie, i co ma z tym wszystkim wspólnego ogniwo (stos) Volty z 1799 roku, dowiemy się podczas wykładu

III wykład z cyklu „Fizyka wokół nas”

Energia? Od ogniwa Volty do reaktora termojądrowego

prof. dr hab. inż. Grzegorz Karwasz

21.03.2019, godz. 17:15

Instytut Fizyki UMK, ul. Grudziądzka 5/7, Toruń

W prostych słowach o trudnych rzeczach....



ἐνέργεια (Arystoteles)

- „Metafizyka”: akt = stan, działanie, aktualizacja, urzeczywistnienie

ΤΩΝ ΜΕΤΑ ΤΑ ΦΥΣΙΚΑ

METAFISICA, A 6/7, 1071 b 35 - 1072 a 19

35 ἔτυχε κινεῖται, ἀλλὰ δεῖ τι αἰεὶ ὑπάρχειν, ὥσπερ νῦν φύσει μέ
ῶδι, βία δὲ ἢ ν. ὁ νοῦ ἢ ἄλλου ῶδι. εἴτα ποία πρώτη
διαφέρει γὰρ ἀμήχανον ὅσον. ἀλλὰ μὴν οὐδὲ Πλάτων
12^ο γε οἶόν τε λέγειν ἦν οἶεται ἐνίοτε ἀρχὴν εἶναι, τὸ αὐτὸ
ἑαυτὸ κινεῖν· ὕστερον γὰρ καὶ ἅμα τῷ οὐρανῷ ἡ ψυχὴ
ὥς φησίν. τὸ μὲν δὴ δύναμιν οἶεσθαι ἐνεργείας πρότερον
ἔστι μὲν ὡς καλῶς ἔστι δ' ὡς οὐ (εἴρηται δὲ πῶς). οὐ γὰρ
5 ἐνέργεια πρότερον, μαρτυρεῖ Ἀναξαγόρας (ὁ γὰρ νοῦς ἐνέρ
γεια) καὶ Ἐμπεδοκλῆς φιλίαν καὶ τὸ νεῖκος, καὶ οἱ αἰεὶ λέ
γοντες κίνησιν εἶναι, ὥσπερ Λεύκιππος· ὥστ' οὐκ ἦν ἀπειρος
χρόνον χάος ἢ νύξ, ἀλλὰ ταῦτα αἰεὶ ἢ περιόδῳ ἢ ἀλ
λως, εἴπερ πρότερον ἐνέργεια δυνάμεως. εἰ δὴ τὸ αὐτὸ
10 αἰεὶ [περιόδῳ], δεῖ τι αἰεὶ μένειν ὡσαύτως ἐνεργοῦν. εἰ δὲ
μέλλει γένεσις καὶ φθορὰ εἶναι, ἄλλο δεῖ εἶναι αἰεὶ ἐνέρ
γοῦν ἄλλως καὶ ἄλλως. ἀνάγκη ἄρα ὥδι μὲν καθ' αὐτὸ
ἐνεργεῖν ὥδι δὲ κατ' ἄλλο· ἥτοι ἄρα καθ' ἕτερον ἢ κατὰ
τὸ πρῶτον. ἀνάγκη δὴ κατὰ τοῦτο· πάλιν γὰρ ἐκείνῳ

o sia in questo o quel modo. Nulla, infatti, si muove a
atto, ma deve sempre esserci una causa: per esempio, que
si muove ora in questo modo per natura, questo altro in
quest'altro modo per forza, ad opera dell'intelligenza o di
altro. E di che specie è, allora, quel movimento primo?
Questo punto ha una importanza grandissima. Ma a Platone
non sarebbe stato lecito neppure porre quello che egli ritie
ne, talora, essere causa di movimento, ossia ciò che si dà
movimento da se stesso. Infatti questo, che, secondo lui, è
l'anima, è posteriore al movimento e nasce insieme col
mondo, come egli stesso afferma¹⁸⁶.

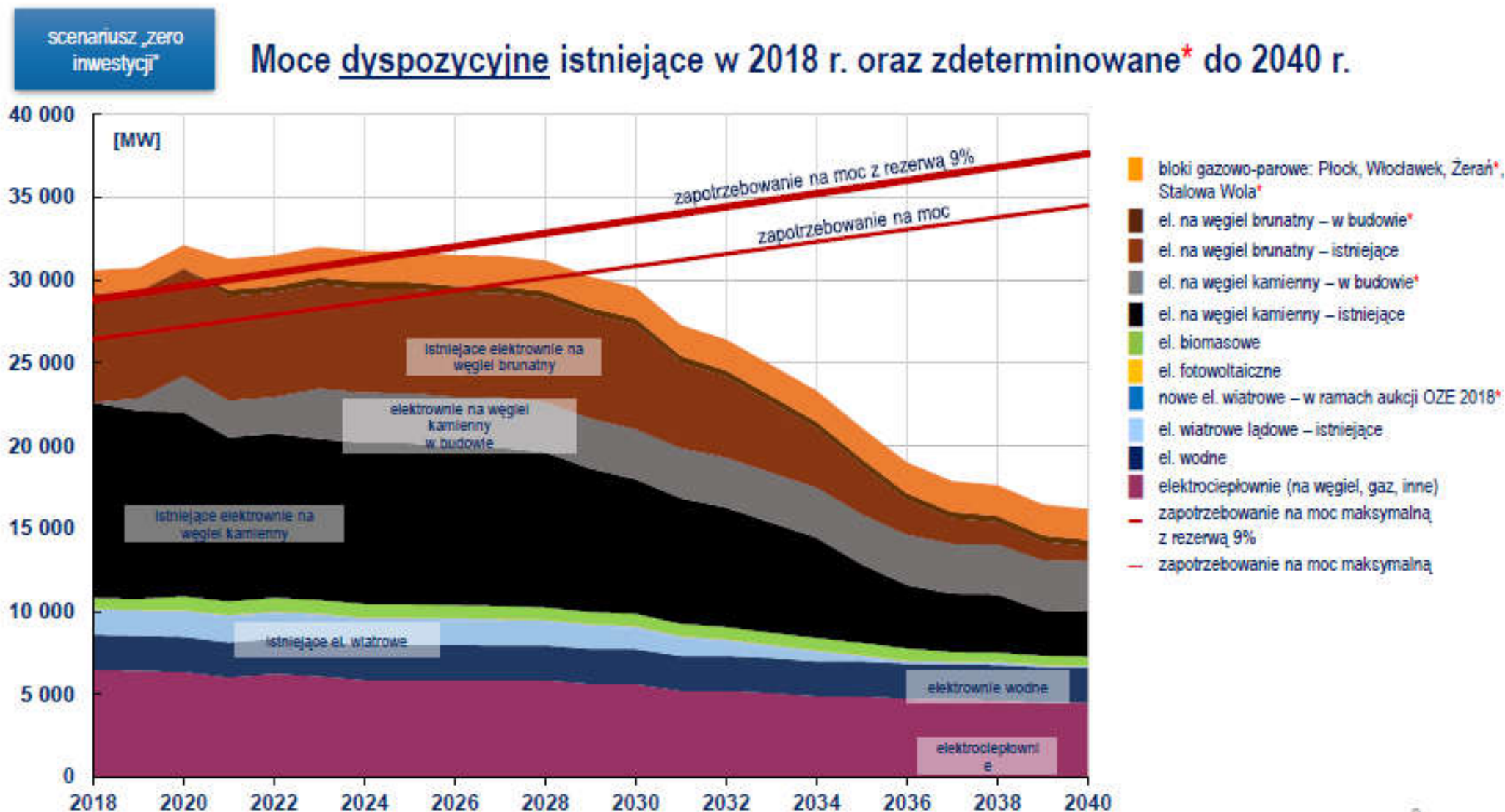
Orbene, ritenere che la potenza sia anteriore all'atto, in
un senso, è vero e, in un altro senso, non è vero, come si è
già detto. Che l'atto sia anteriore, attesta Anassagora,
perché l'Intelligenza di cui egli parla è atto; attesta Empe
docle con la dottrina dell'Amicizia e della Discordia, e atte
stano coloro che, come ad esempio Leucippo, sostengono
che il movimento è eterno. Pertanto, non ci furono per un

„Energia wprawia świat w ruch”

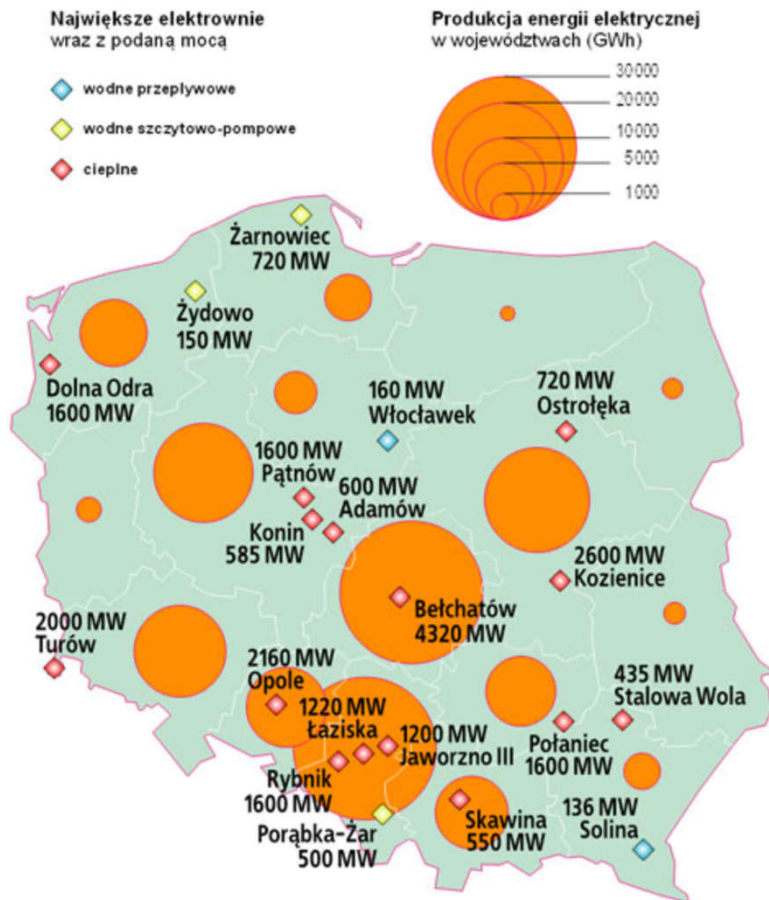


Amelka, lat 12, Uniwersytet Dziecięcy, Brzeg, 2011
5 miesięcy po wykładzie „Z góry na pazurki”

Polityka energetyczna Polski (ME, 22.01.2019)

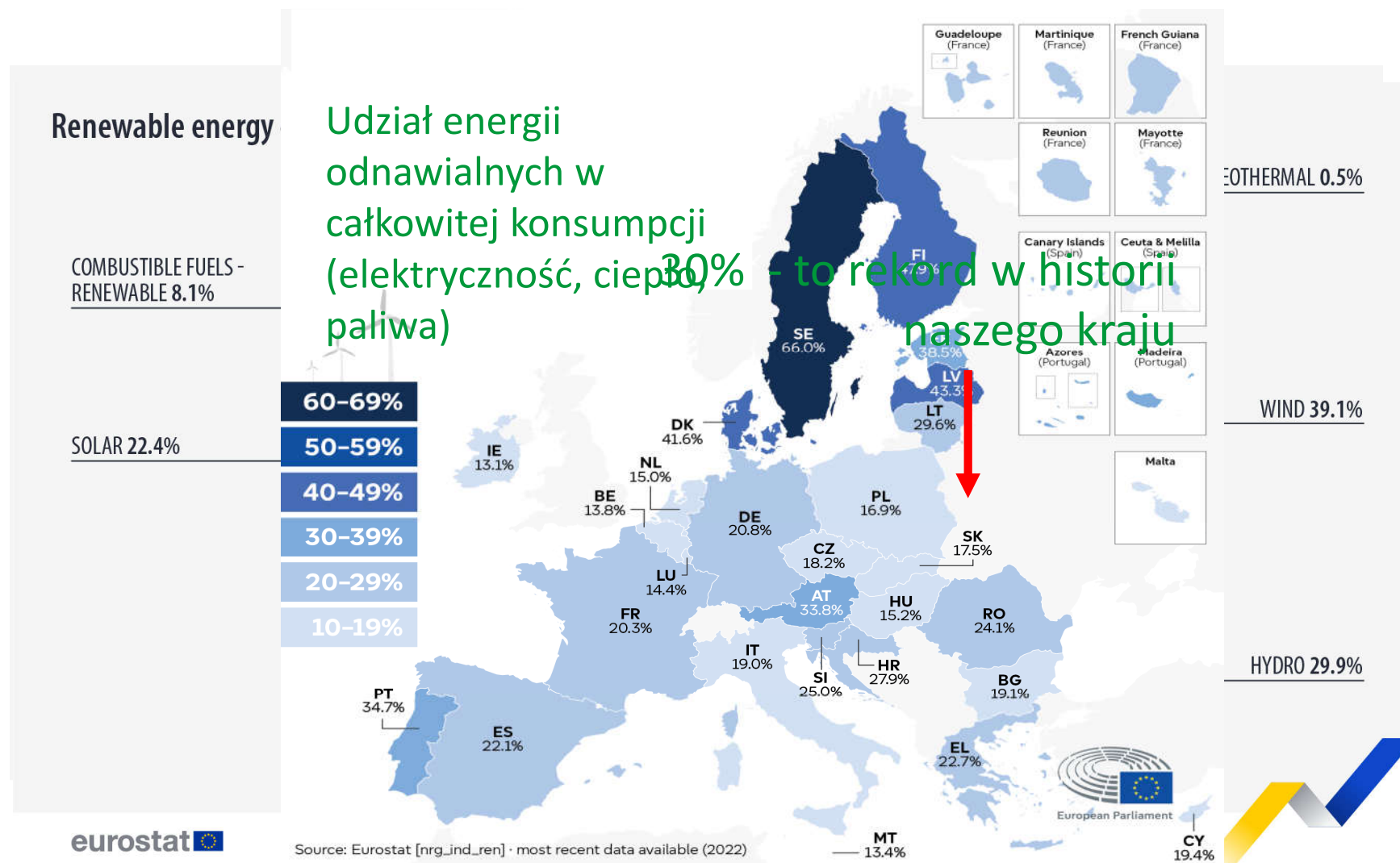


Sytuacja energetyczna w Polsce

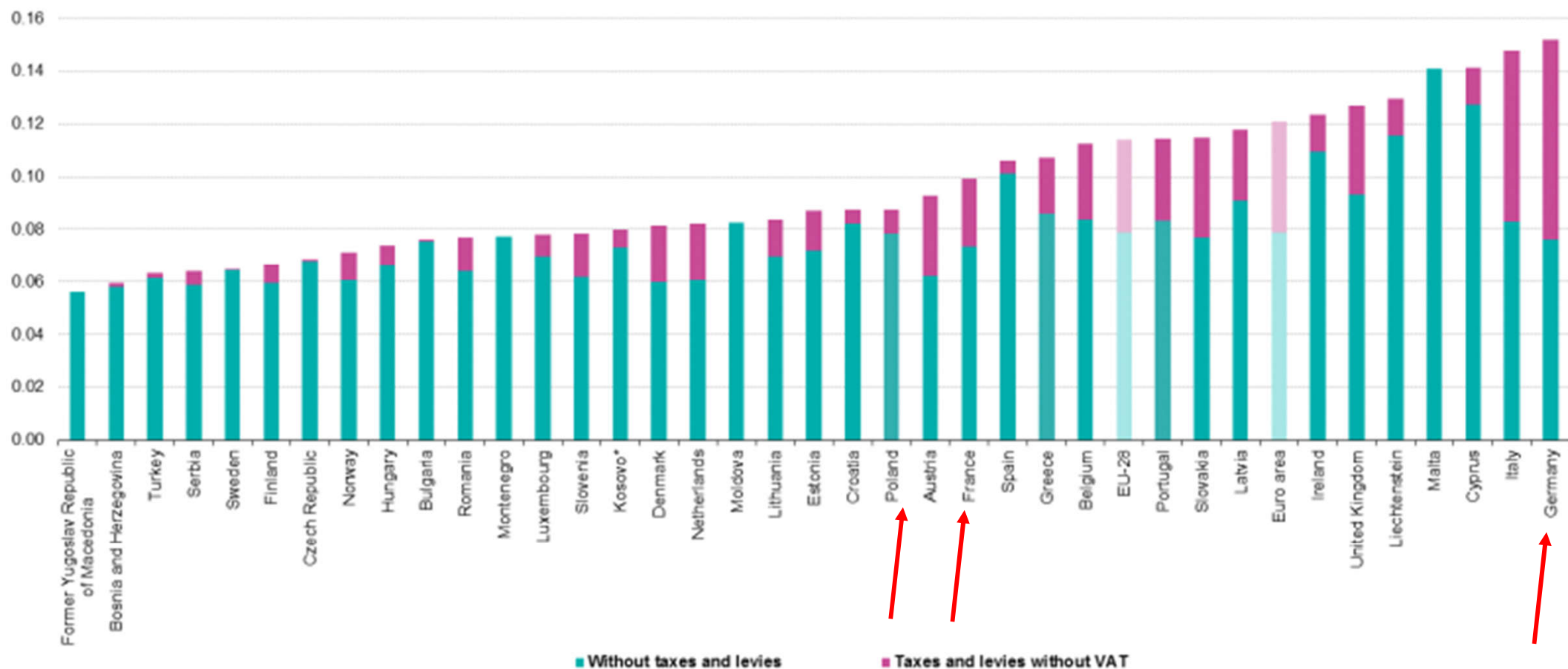


Wydobycie węgla w Polsce jest coraz droższe (i jest jedno z najdroższych na świecie), głównie ze względu na głębokość eksploatacji, trudniejsze warunki geologiczne i koszty związane z zatrudnieniem.

Wkład energii odnawialnych w konsumpcję w UE



Ceny prądu dla przemysłu + VAT

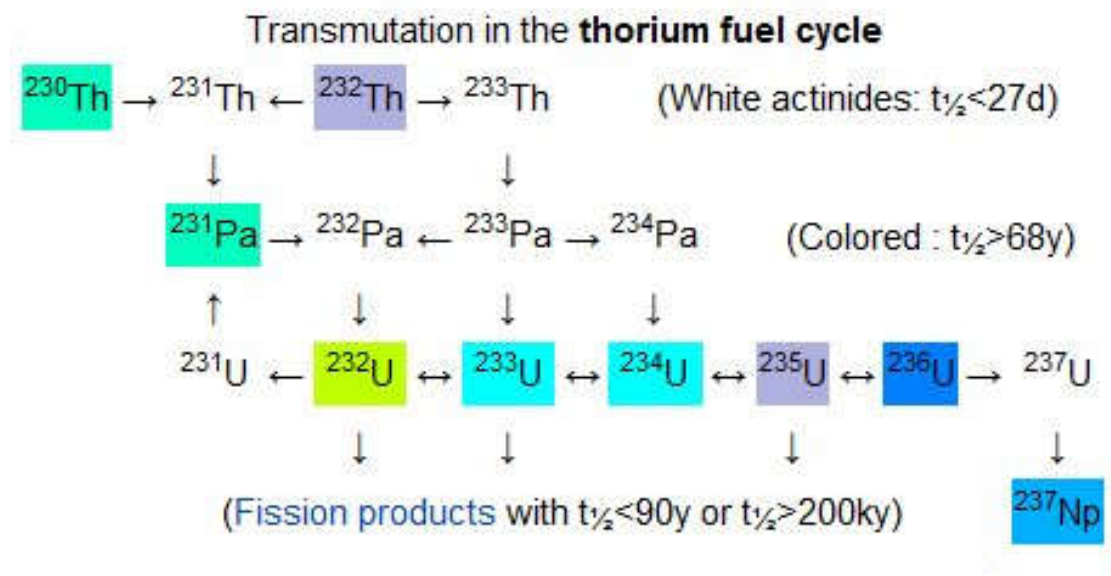
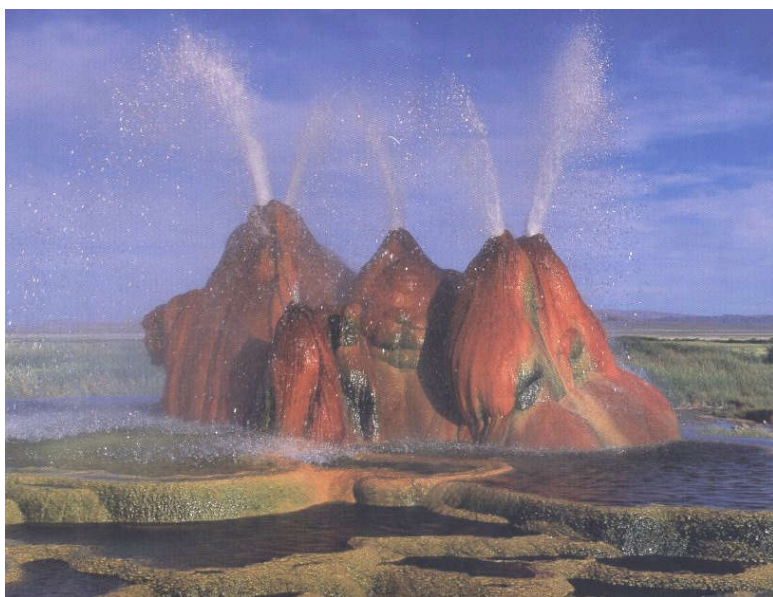


*This designation is without prejudice to positions on status, and is in line with UNSCR 1244 and the ICJ Opinion on the Kosovo Declaration of Independence.

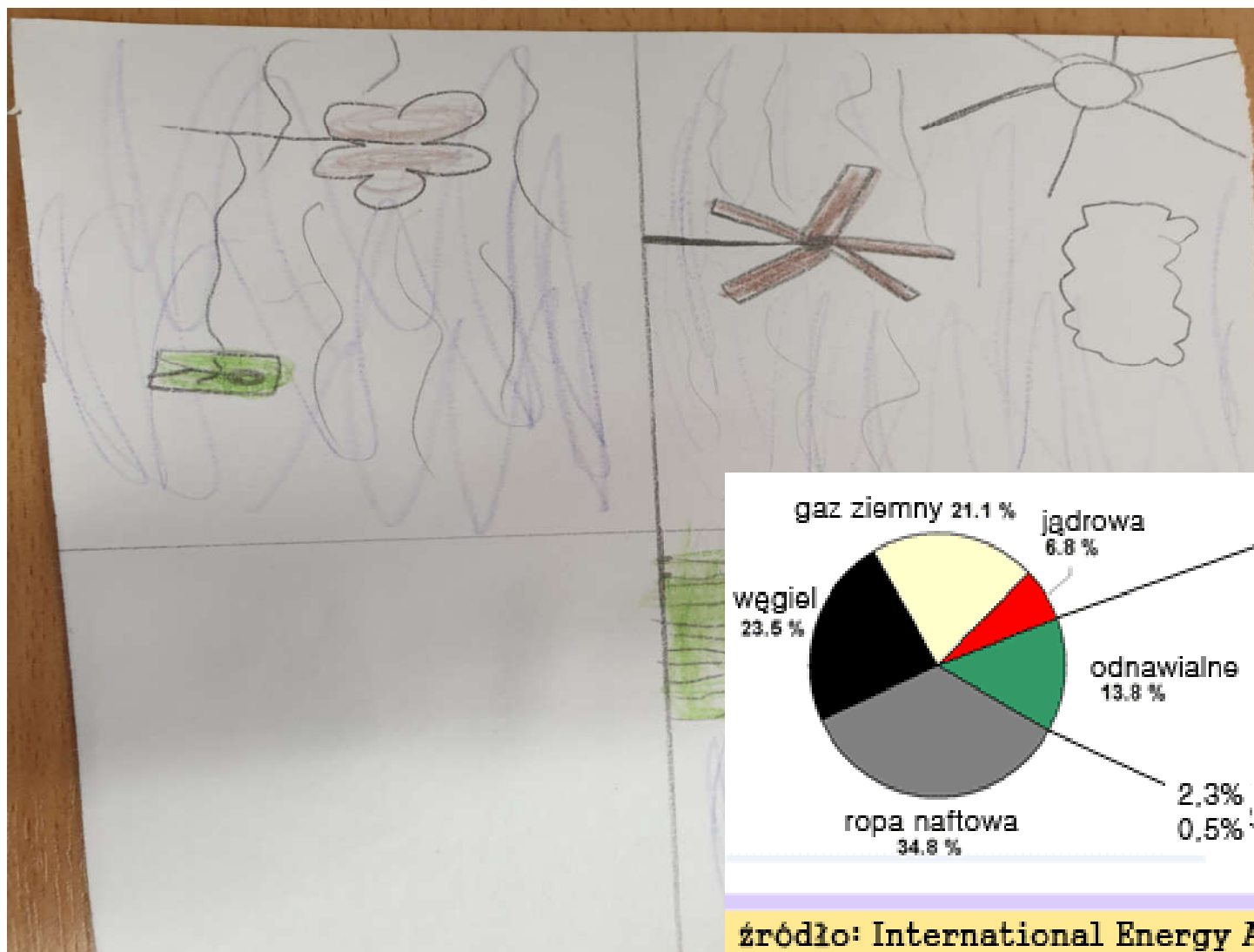
Source: Eurostat (online data code: nrg_pc_205)

Czy coś można zrobić?

Wszystko!

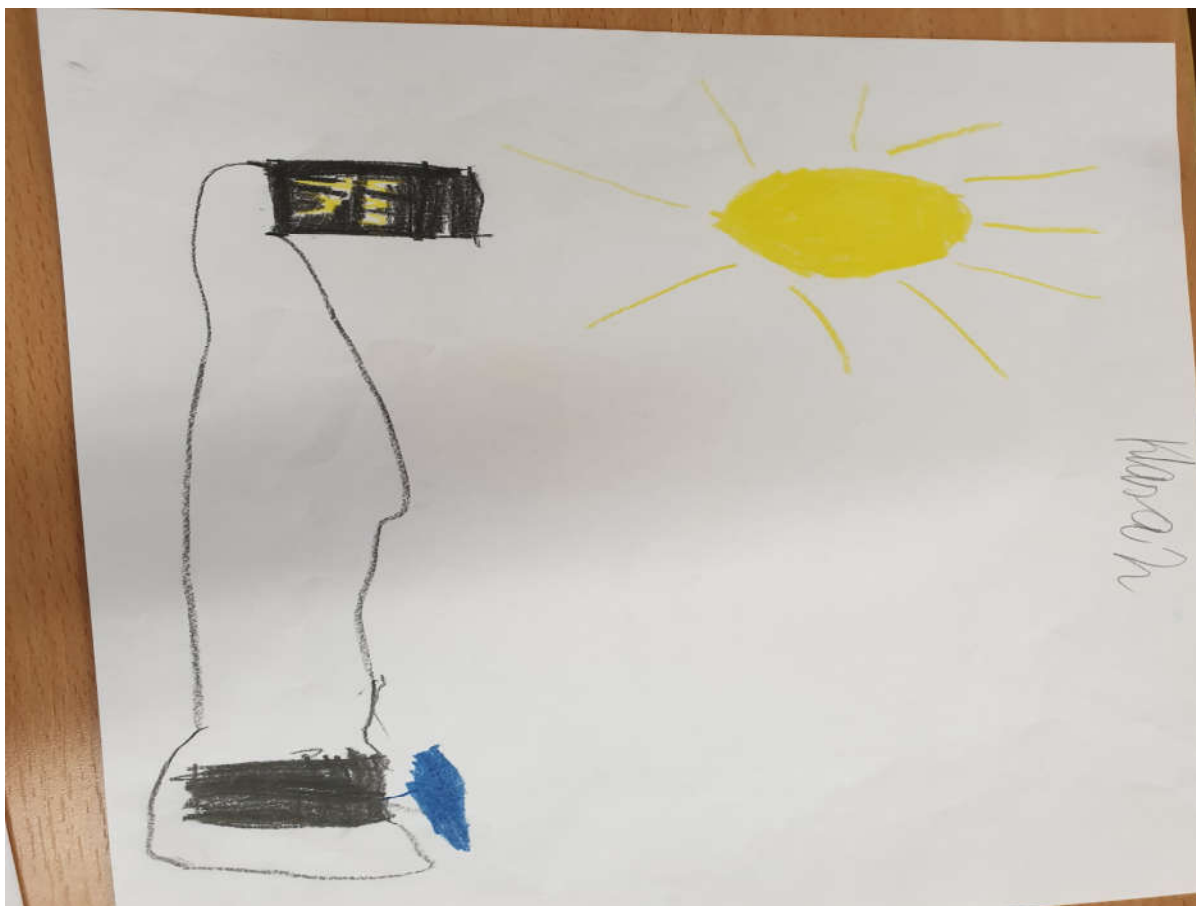


Odnawialne „źródła” energii



Uczniowie klasy II SP w Dąbrowie Biskupiej.
Nauczyciel: mgr Katarzyna Wyborska

Energia fotowoltaiczna: 1364 W/m²

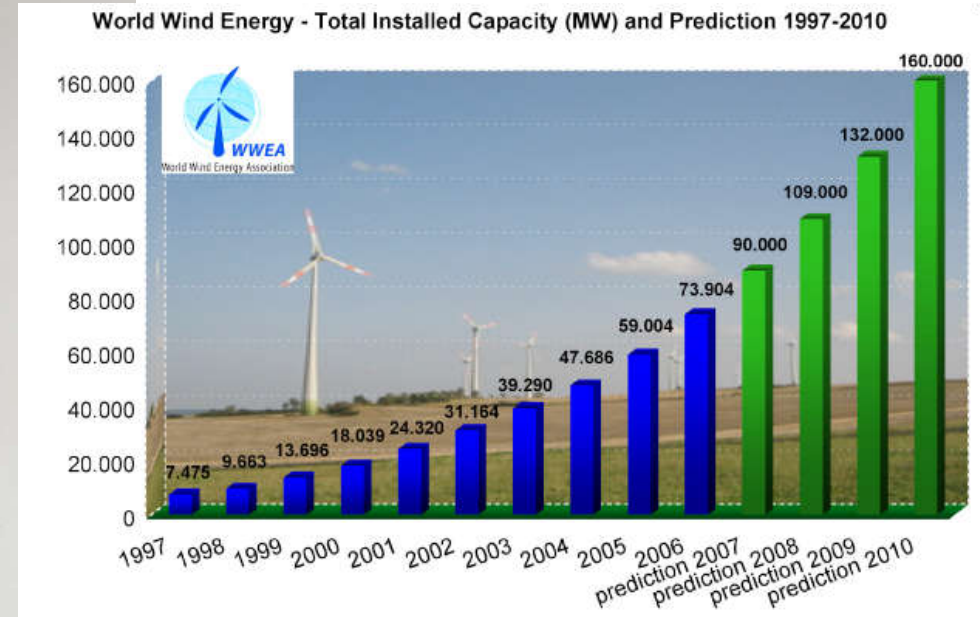
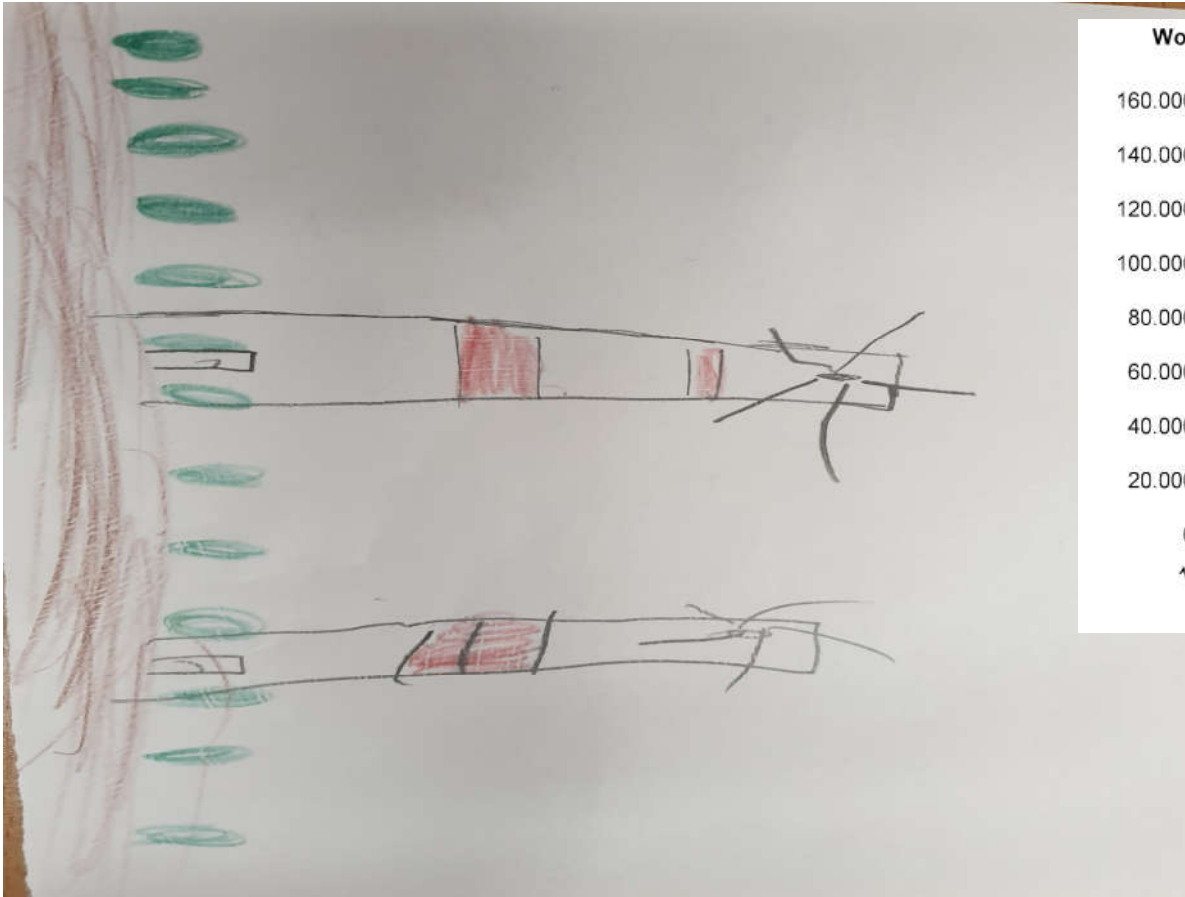


16% heterozłącza (GaAs)
14% krzem monokrystaliczny
13% krzem polikrystaliczny
6% krzem amorficzny

Dla pozyskania 3 kW wystarczy 20-30 m² paneli na dachu

W RFN 50% prądu pochodzi ze słońca (kiedy nie ma chmur)

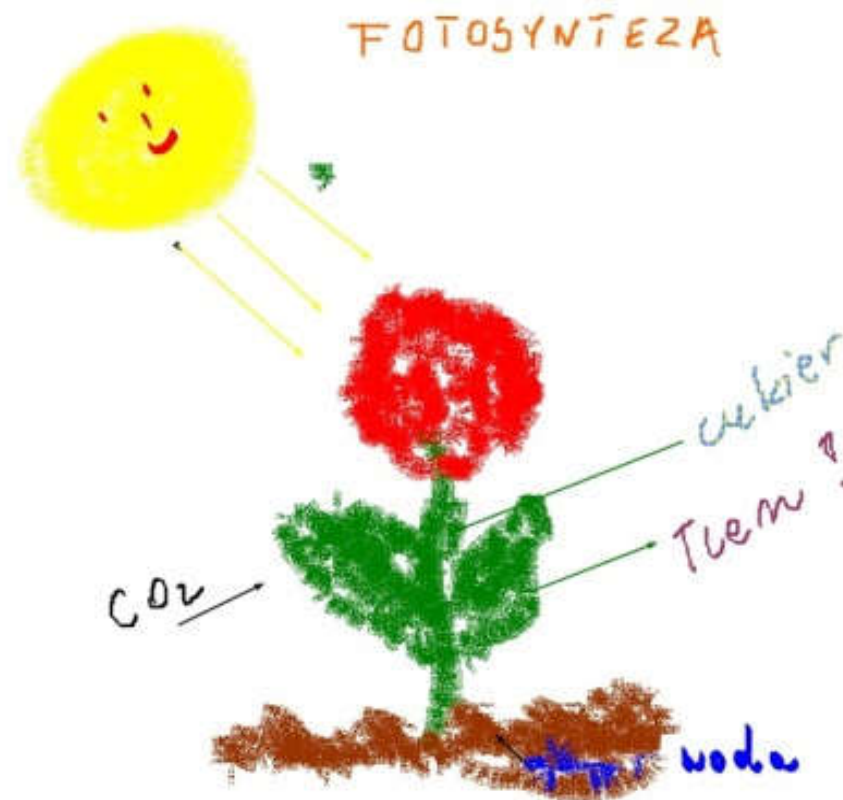
Energia wiatrowa



Jedna turbina wiatrowa wystarcza dla całej wioski

W Danii ponad 50% prądu pochodzi z wiatru i słońca

Bio-energia



Wydajność fotosyntezy to 20%, ubywa CO_2 , przybywa zieleni
(a cukier jest słodki)

Uczniowie SP w Dąbrowie Biskupiej.
Nauczyciel: mgr Katarzyna Wyborska

The image shows the cover of a magazine. The background is a close-up of a large, bright yellow flower with many petals. In the center of the flower is a small globe of the Earth, showing the continents of Europe and Africa. The text is in Italian. At the top, in large blue letters, is 'Arriva l'era dell'IDROGENO'. At the bottom, in smaller blue letters, is 'Come un combustibile può rendere il mondo più giusto, più pacifico, più pulito'. In the bottom right corner, there is a small barcode and some technical text.

Arriva l'era dell'IDROGENO

**Come un combustibile può
rendere il mondo più giusto,
più pacifico, più pulito**

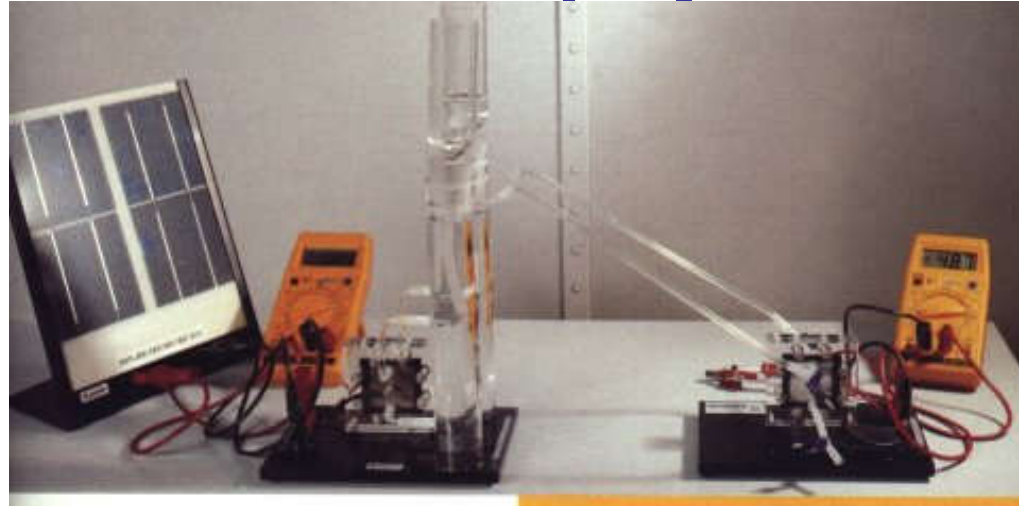
Kończymy jeszcze jedną okładką „Focusa”:

Nadchodzi era wodoru

Nowe paliwo uczyni świat bardziej sprawiedliwym, pokojowym i czystszy

Ogniwo foto-woltaiczne + elektroliza:

światło → prąd → wodór



<35%

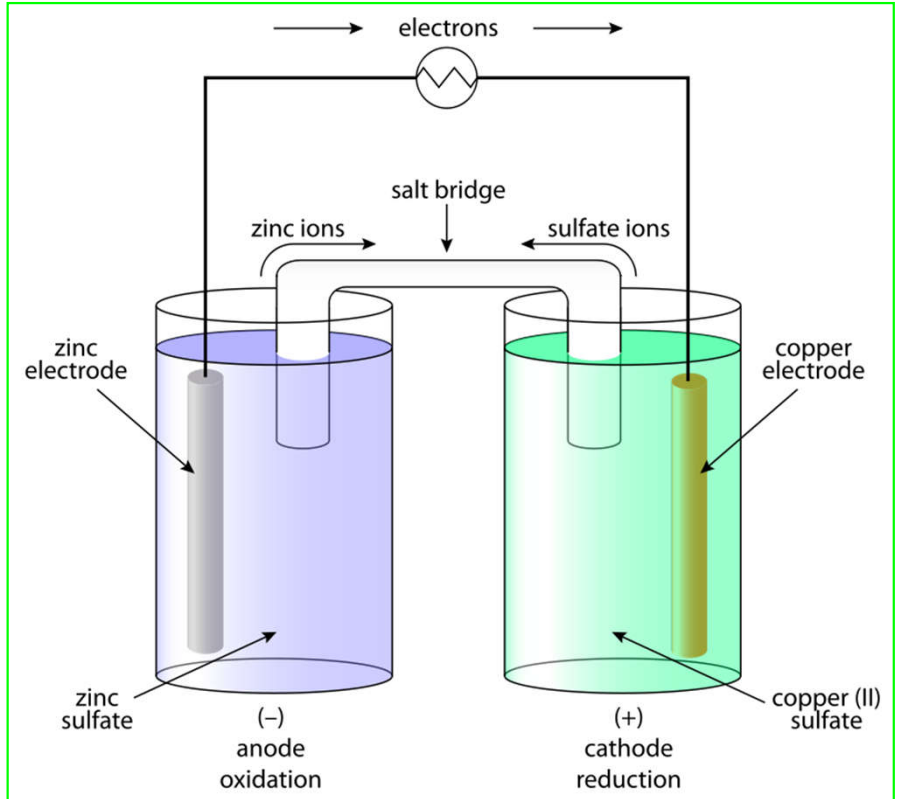
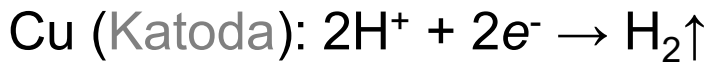
Ogniwo fotochemiczne: **światło → wodór**



Figure 4 Photoelectrolysis occurring in a multi-junction cell, as a concentrated light source on the left is used to dissociate water to hydrogen and oxygen (which are observed as bubbles). The theoretical efficiency for tandem junction systems is 42% in converting the absorbed light into hydrogen production. Practical systems could achieve 18–24% efficiency, and low-cost multi-junction systems could achieve 5–12% efficiency.^{6,11}

<42%

Przepływ jonów i elektronów, dysocjacja,
procesy utleniania (oddawania elektronów)
i redukcji (przyjmowania elektronów)



Szereg Volty – ciągle niezrozumiały

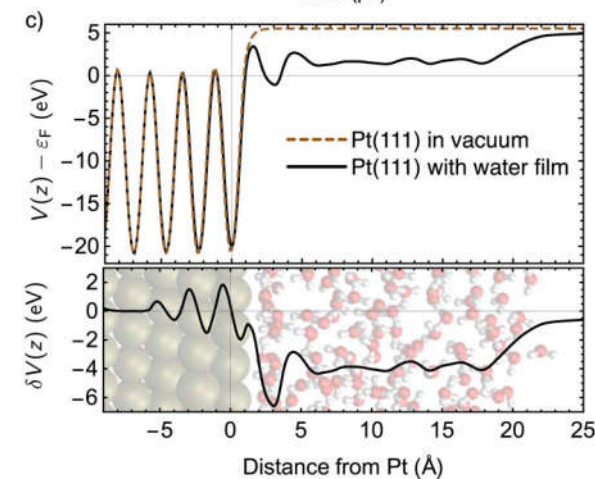
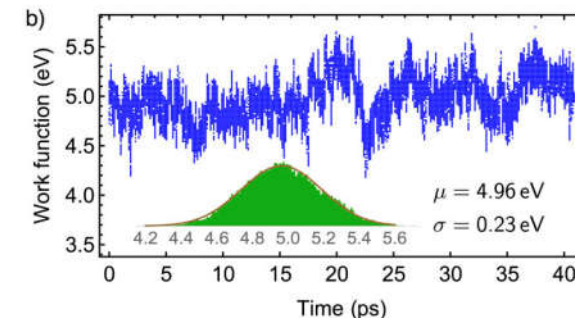
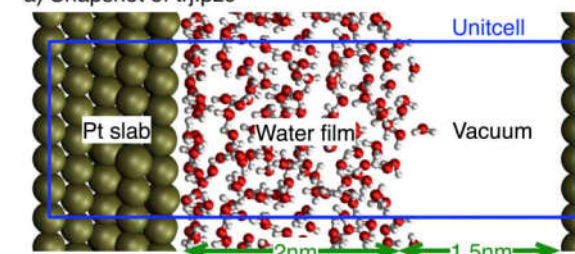
The electric double layer at metal-water interfaces revisited based on a charge polarization scheme ^{EP}

Cite as: J. Chem. Phys. 149, 084705 (2018); <https://doi.org/10.1063/1.5040056>
Submitted: 14 May 2018 . Accepted: 29 July 2018 . Published Online: 28 August 2018

Sung Sakong ^{id}, and Axel Groß ^{id}

$\text{Li}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Li}(\text{s})$	-3,04
$2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$	-0,828
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}(\text{s})$	-0,762
$\text{PbO}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb}(\text{s}) + 2\text{OH}^-$	-0,576
$\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{s})$	-0,41
$\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Sn}(\text{s})$	-0,14
$\text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb}(\text{s})$	-0,13
$2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g})$	0,00
$\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Sn}(\text{s})$	0.14
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{s})$	0,34
$\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}(\text{s})$	0,80
$\text{F}_2(\text{g}) + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{F}^-(\text{aq})$	2,87

a) Snapshot of trj.pzc

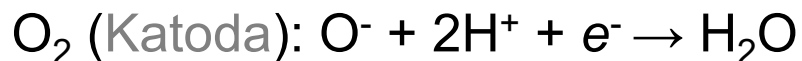
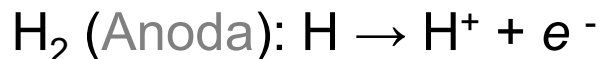
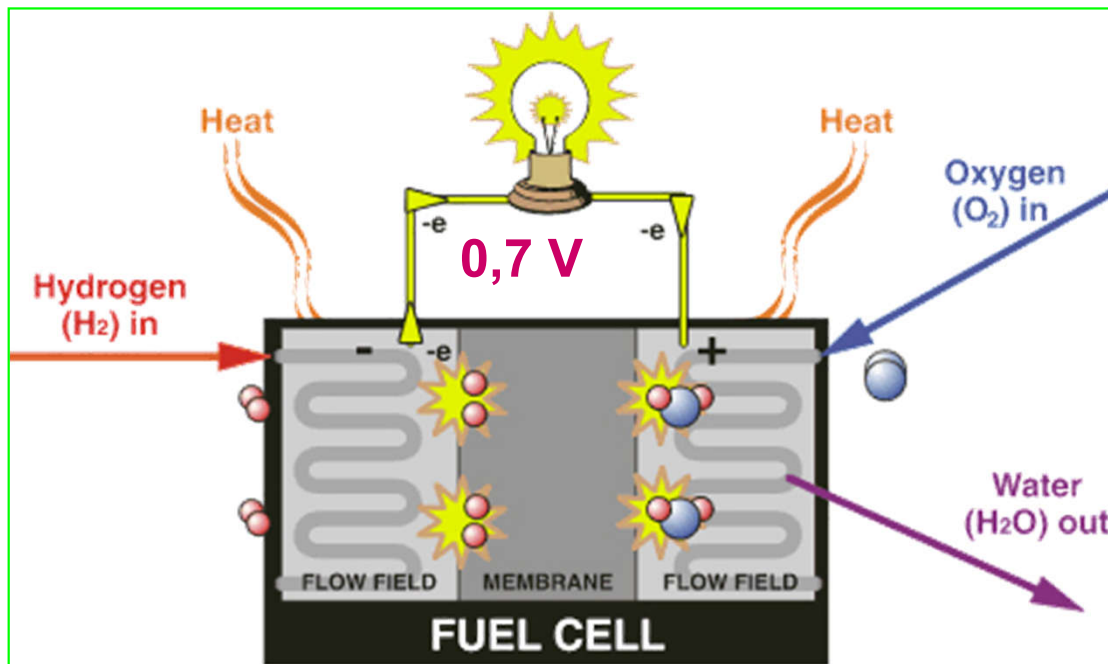


L'idrogeno: un vettore energetico a emissioni zero.

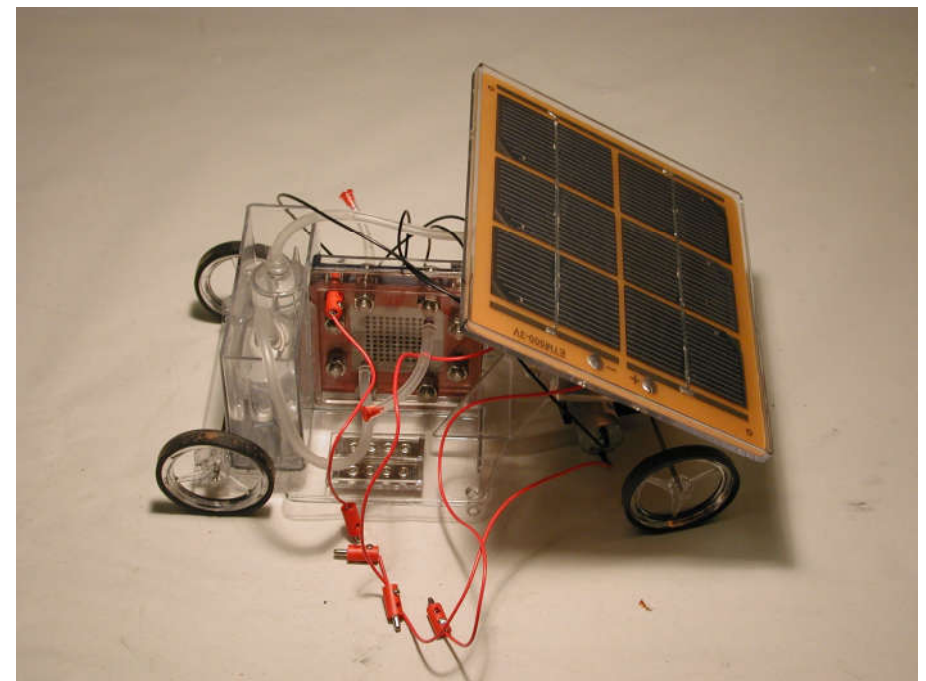
A. Miotello, M. Adami, N. Bazzanella, R. Checchetto, L. Gratton, L. Guzman, C. Tosello, G.P. Karwasz

Dipartimento di Fisica, Università di Trento, I-38050 Povo, TN, Italy

Wodorowe ogniwo paliwowe



Samochód „na wodę”



G. Karwasz, *Fizyka i zabawki*, PAP, 2003



FUEL CELLS AND HYDROGEN JOINT UNDERTAKING

I principali sistemi

- Steam Reforming
- Pirolisi del metano
- Elettrolisi: ancora
- rinnovabili quali so
- Water splitting di
- Processi termochi
- Biomasse



Mg_2NiH_4

$LaNi_5H_6$

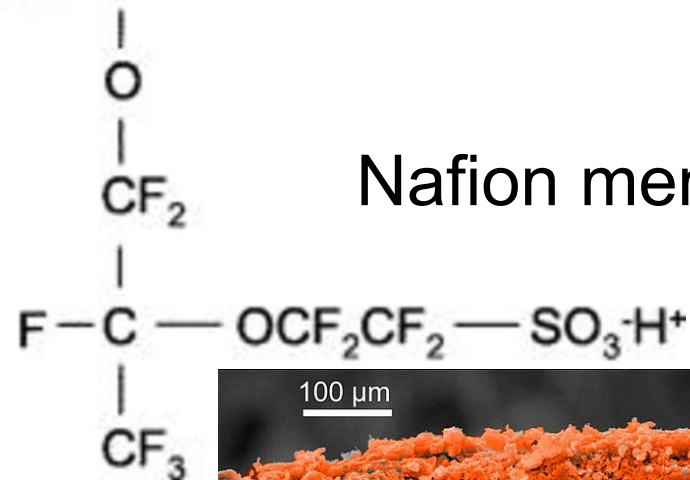
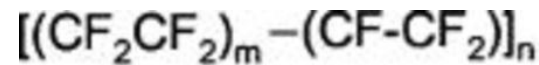
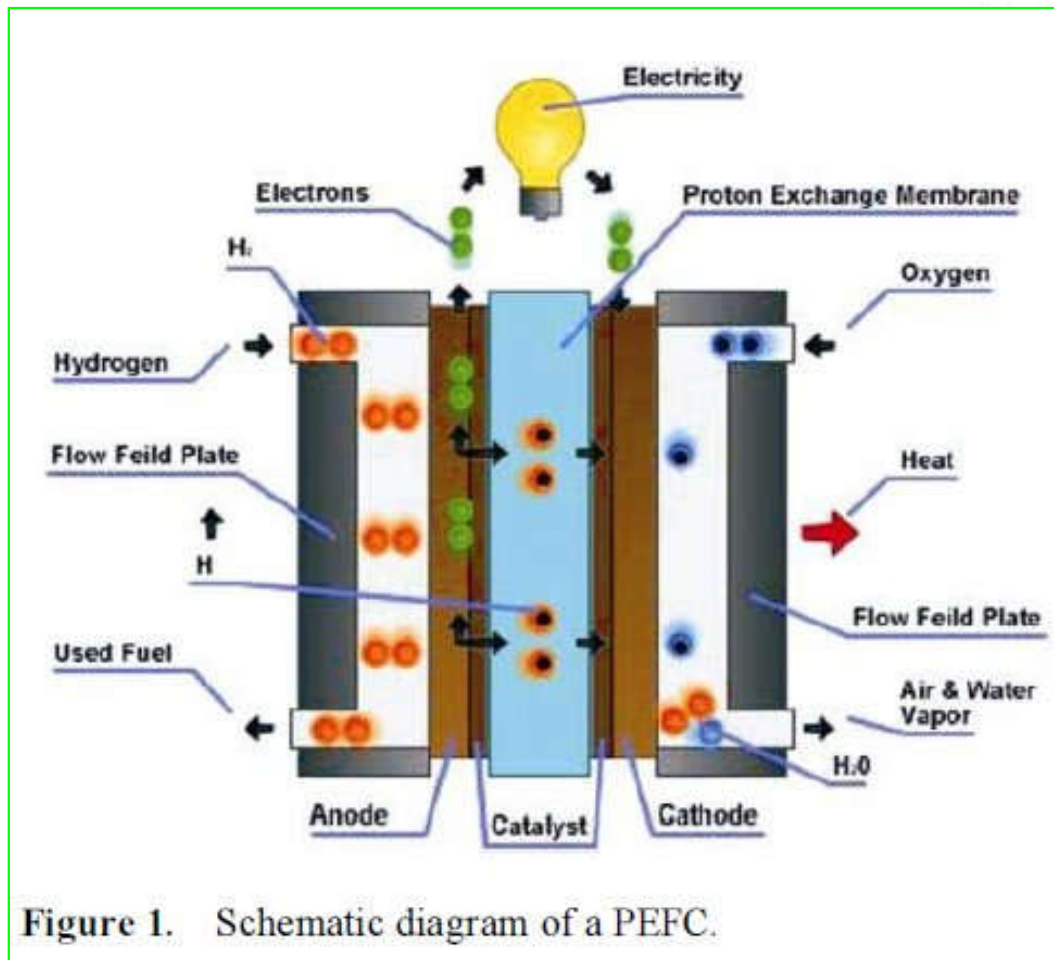
H_2 (liquid)

H_2 (200 bar)

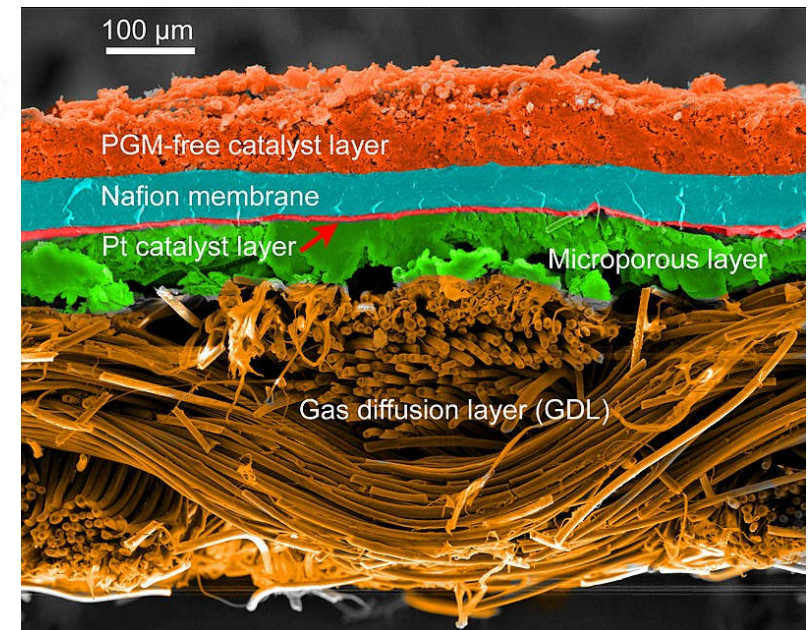
<https://ssl.toyota.com/mirai/fcv.html>



FUEL CELLS AND HYDROGEN JOINT UNDERTAKING



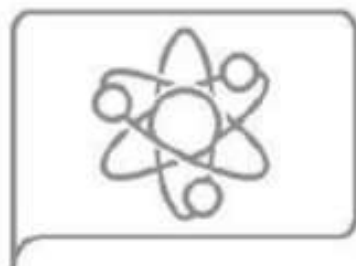
Nafion membrane



A skąd prąd do wytwarzania wodoru?

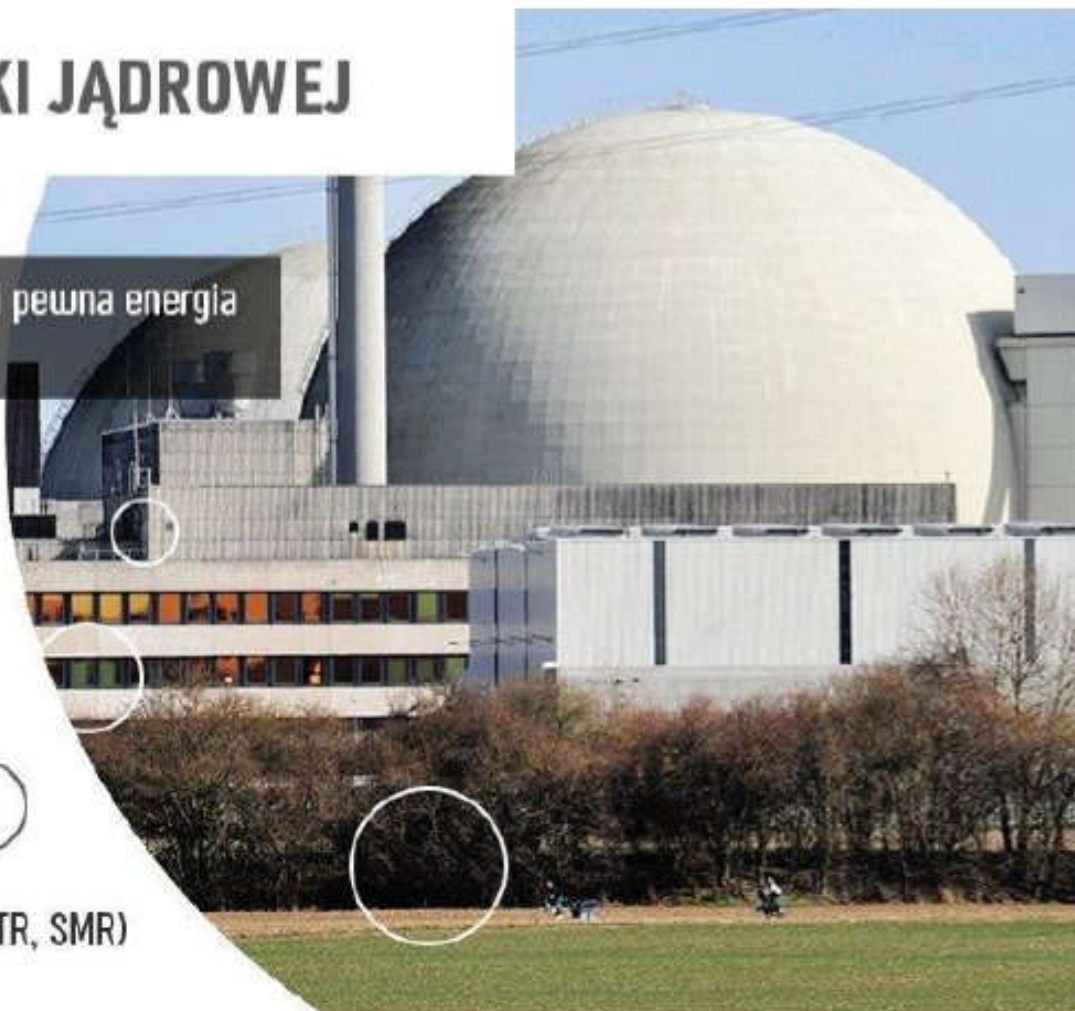


WDROŻENIE ENERGETYKI JĄDROWEJ



Czysta, bezpieczna i pewna energia
przez długie lata

- pierwszy blok jądrowy o mocy 1-1,5 GW do 2033 r.
- 6 bloków jądrowych do 2043 r. (łącznie ok. 6-9 GW)
- zapewnienie warunków formalno-prawnych oraz finansowych budowy i funkcjonowania EJ
- wykwalifikowanie kadr
- właściwy dozór jądrowy
- perspektywiczna rola małych reaktorów jądrowych (HTR, SMR)

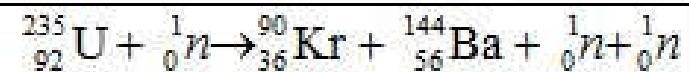


Rozszczepienie uranu ^{235}U

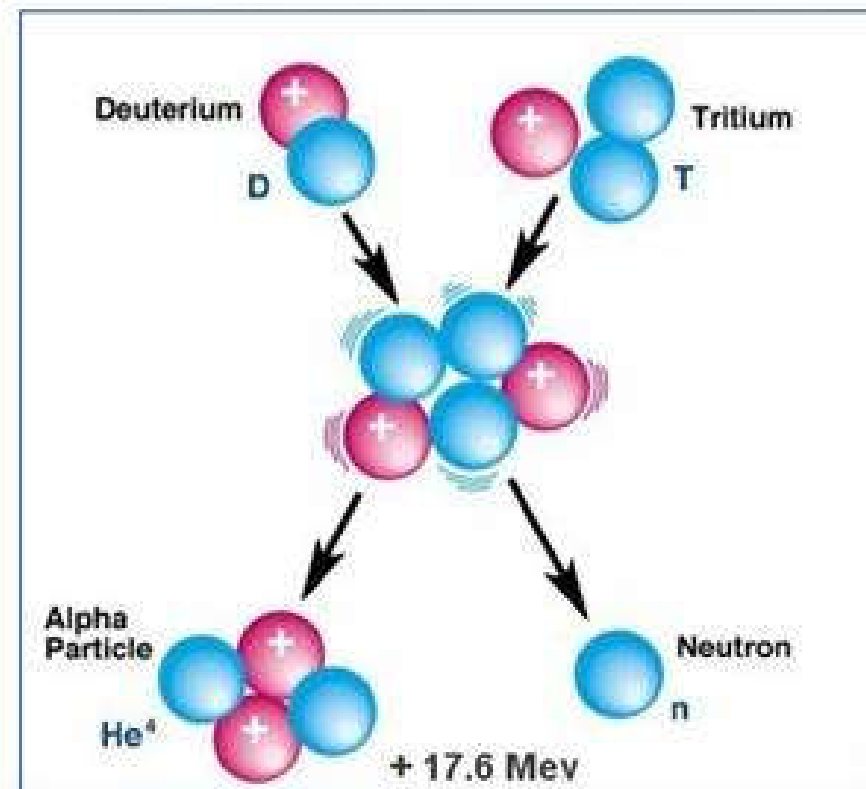
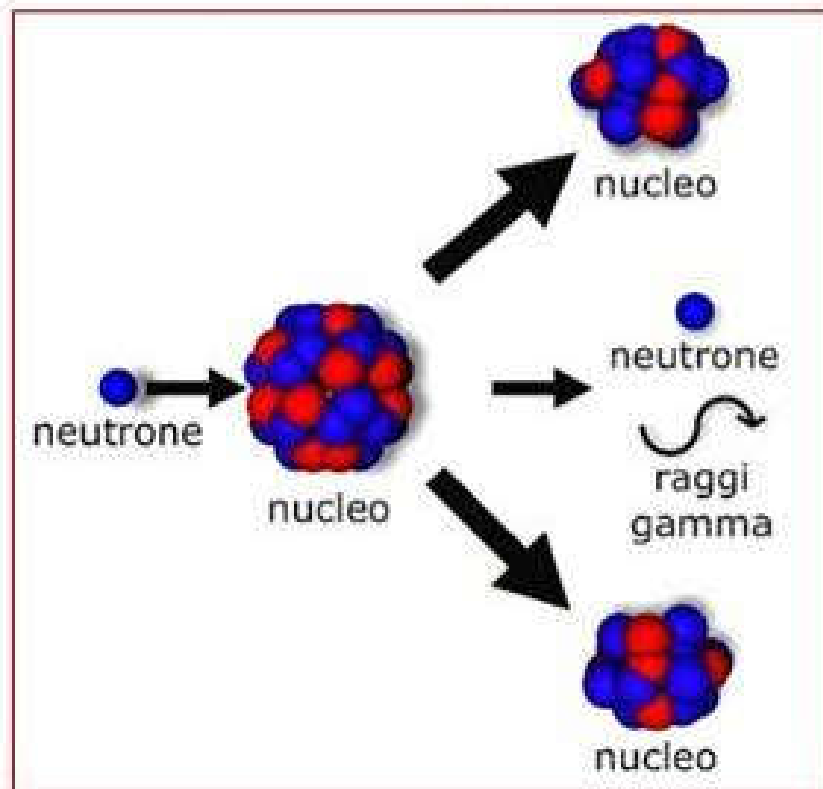
3.8 Reakcje jądrowe

Krótko przed II wojną światową dwójka niemieckich uczonych, Lisa Meitner i Otto Hahn zauważyli, że rzadziej występujący izotop uranu ^{235}U po pochłonięciu neutronu nie podlega żadnej ze znanych wówczas przemian jądrowych, ale, zartobliwie mówiąc „rozpada się na dwie nierówne połowy”.

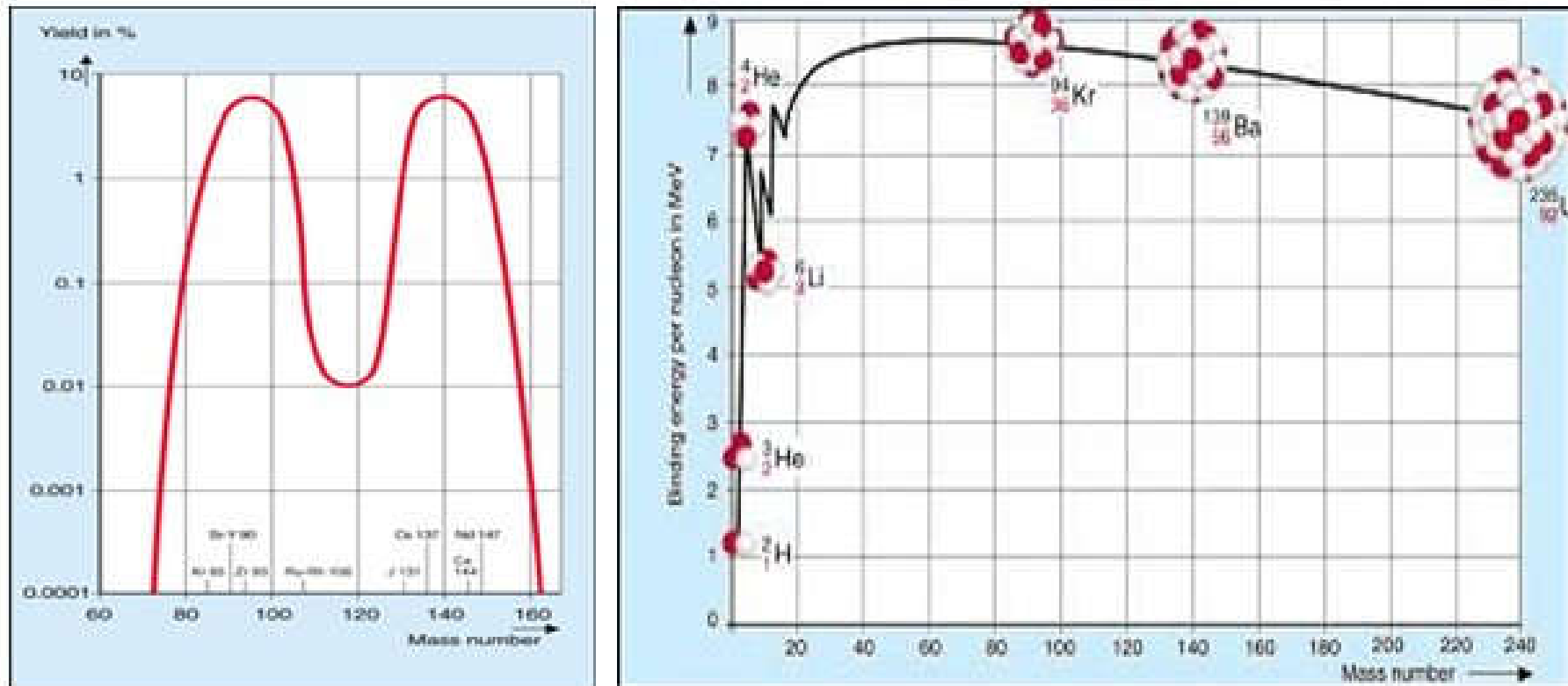
Reakcja, nazywana reakcją *rozzszczepienia*, może mieć przebieg, np.



(3.12)

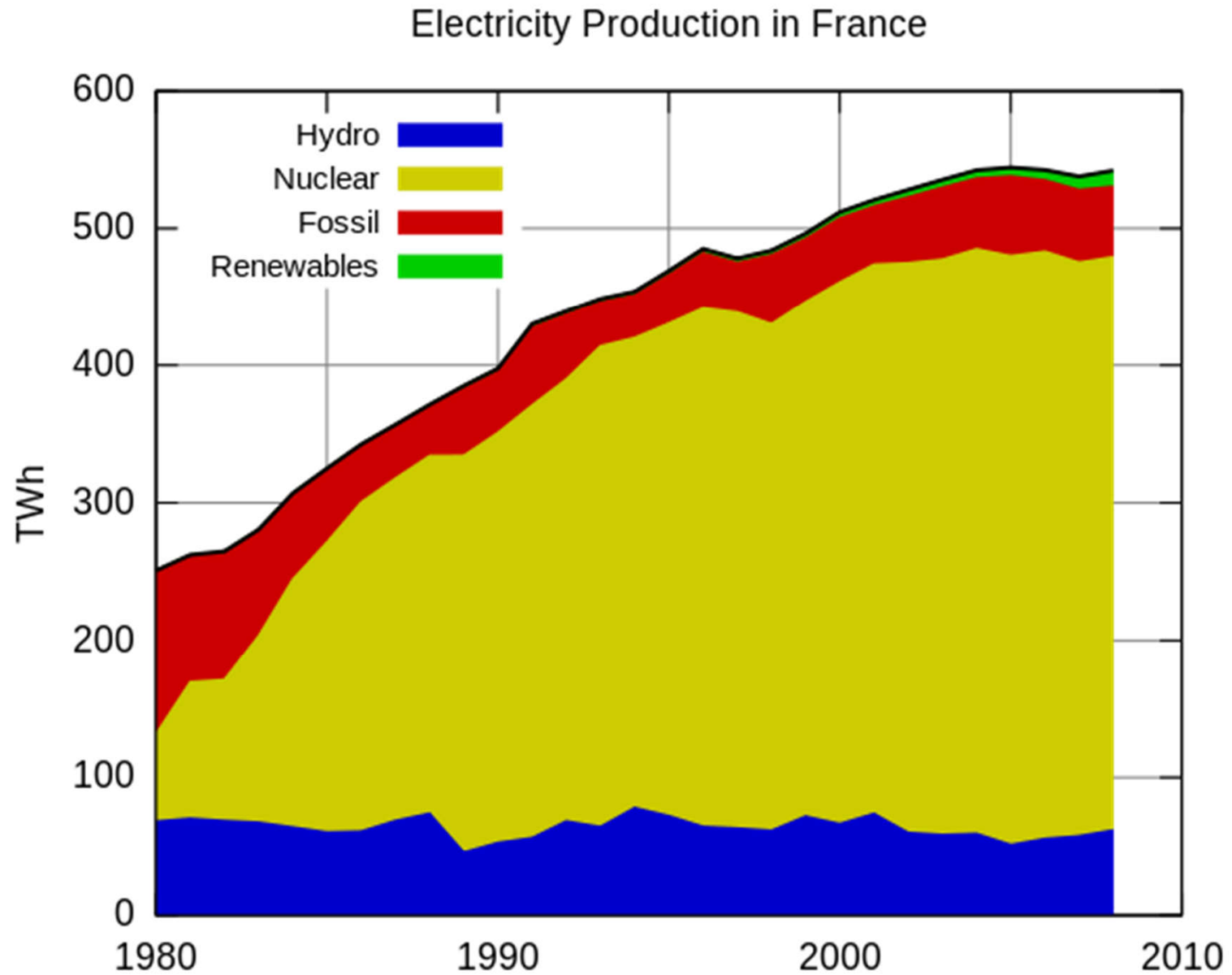


Produkty rozpadu ^{235}U



Ryc. 3.10. a) Produkty rozszczepienia uranu ^{235}U (na dwa fragmenty) obejmują szeroki rozkład izotopów od $A = 70$ do $A = 170$; zwróć uwagę, że skala pionowa jest względna (0.1, 1, 10); **b)** energia wiązania na jeden nukleon w zależności od liczby masowej A ; cząstka alfa, czyli ^4He ma dużą energię wiązania; maksimum krzywa osiąga około żelaza ^{56}Fe ; dla jąder poniżej masy żelaza korzystna energetycznie jest synteza, powyżej żelaza – rozszczepienie (Źródło: [European Nuclear Society](#))

Energia jądrowa (Francja)

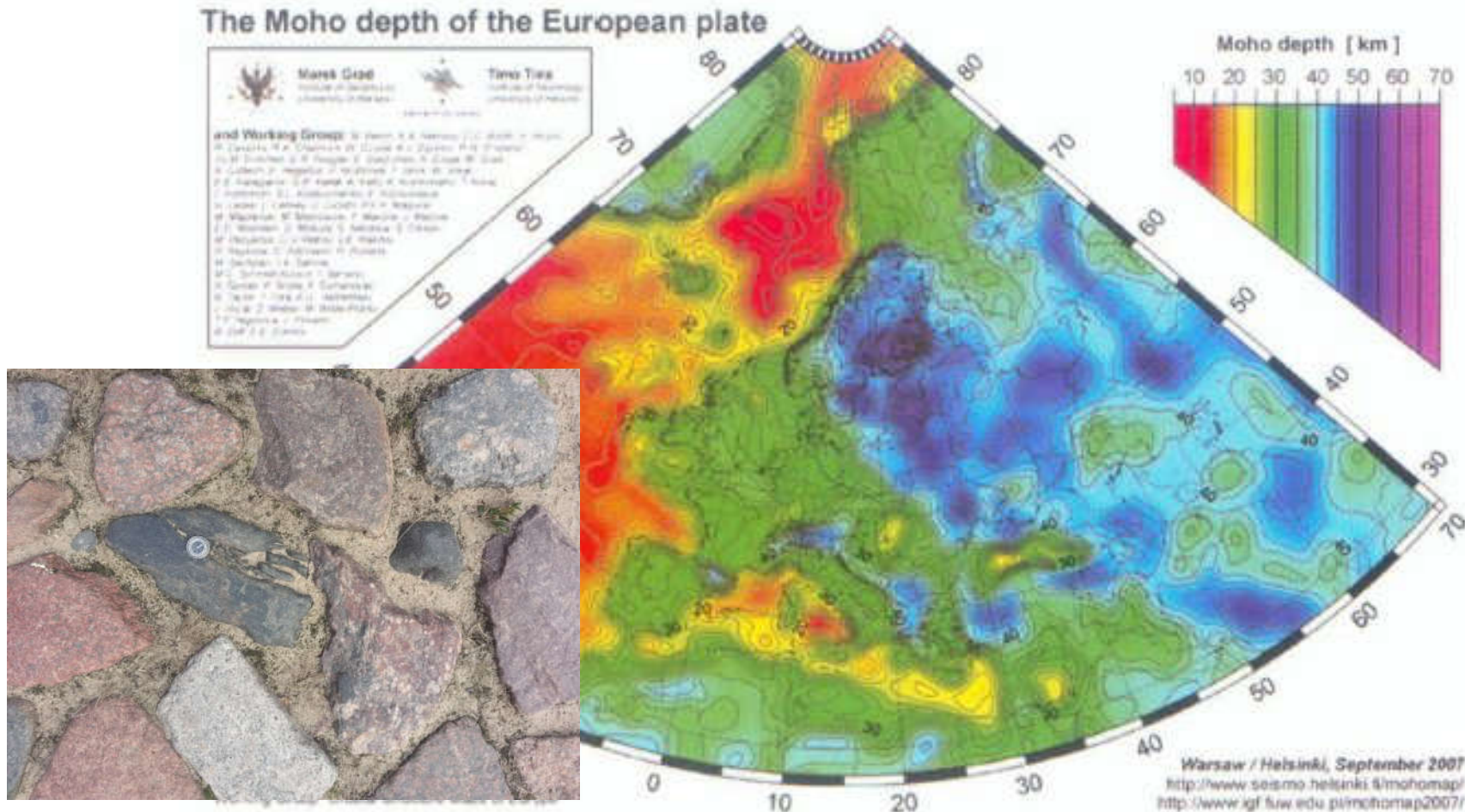


Reaktor kanadyjski na ubogi uran



CanDU at Quinsham

Co z odpadami radioaktywnymi?



Rys. 4. Głębokość, na jakiej znajduje się nieciągłość Moho dla płyty europejskiej. Na najmniejszej głębokości znajduje się ona w obrębie oceanów (kolor czerwony, pomarańczowy), najgłębiej zaś położona jest w rejonie Finlandii i Estonii. Skorupa ma większą grubość również z rejonie zderzeń płyt – pod Alpami, Pirenejami i górami Kaukazu

G. Karwasz, J. Chojnacka,
„Wewnętrzny ogień, czyli o tektonice płyt Ziemi” Geografia w Szkole 3/2012

Atomic Physics at ITER

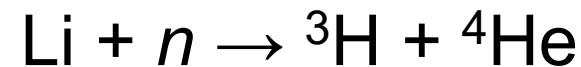
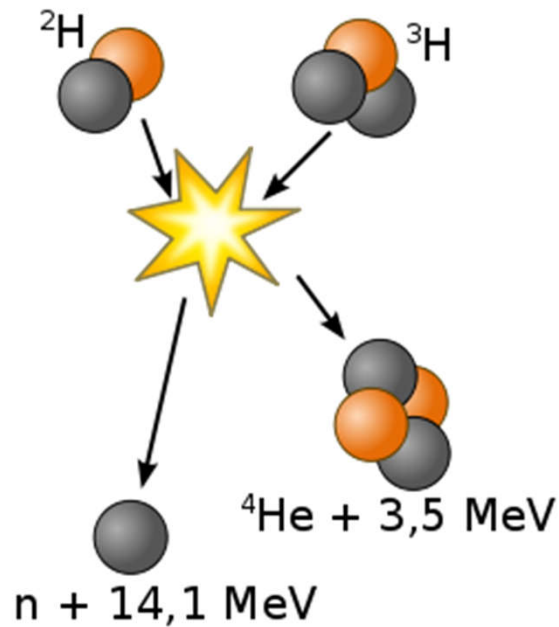
Grzegorz Karwasz

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

Progress Report from IAEA Decennial Meeting,
Daejeon, Korea, 15-19.12. 2014

Czy coś można zrobić?

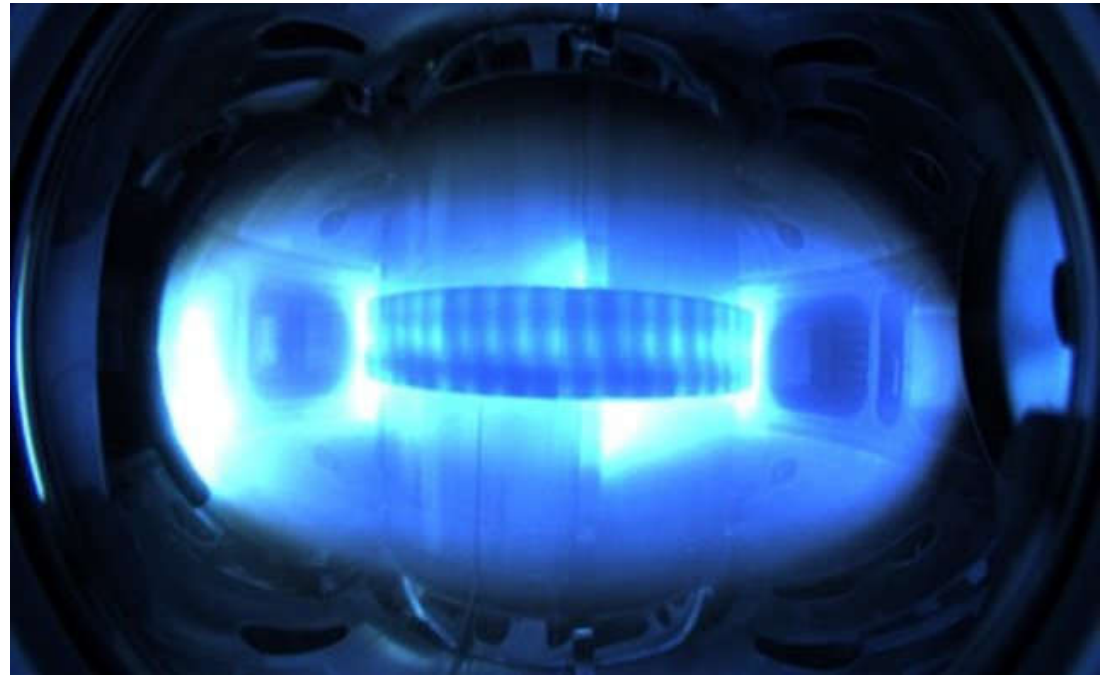
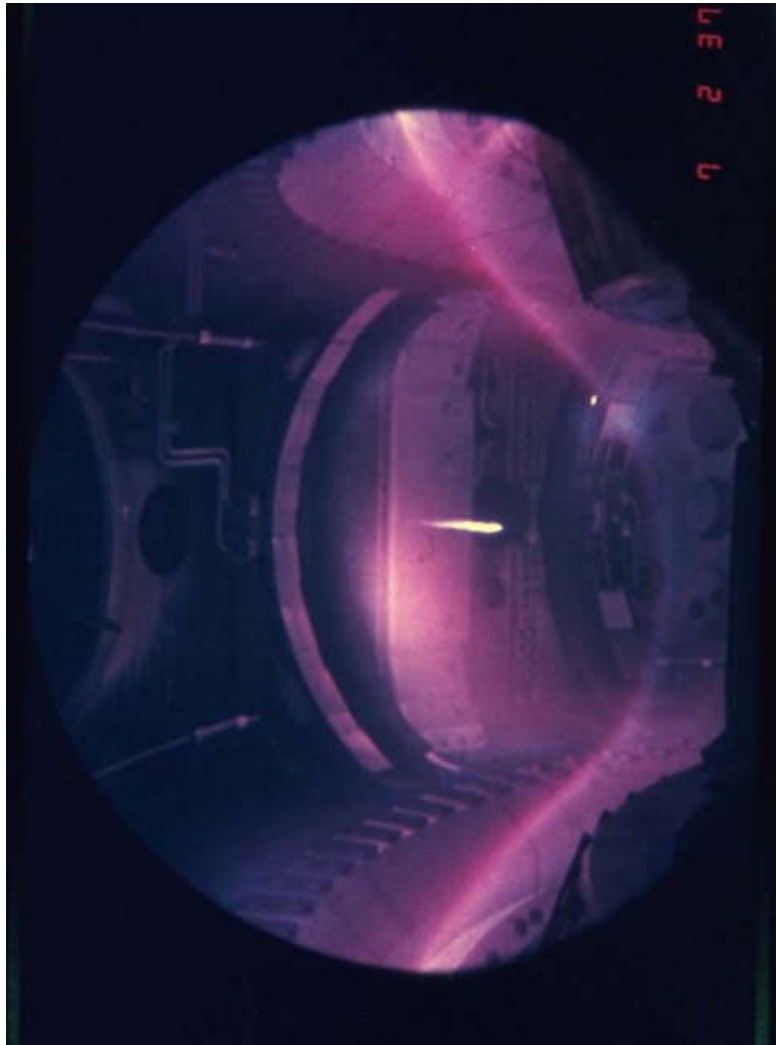
Fuzja termojądrowa



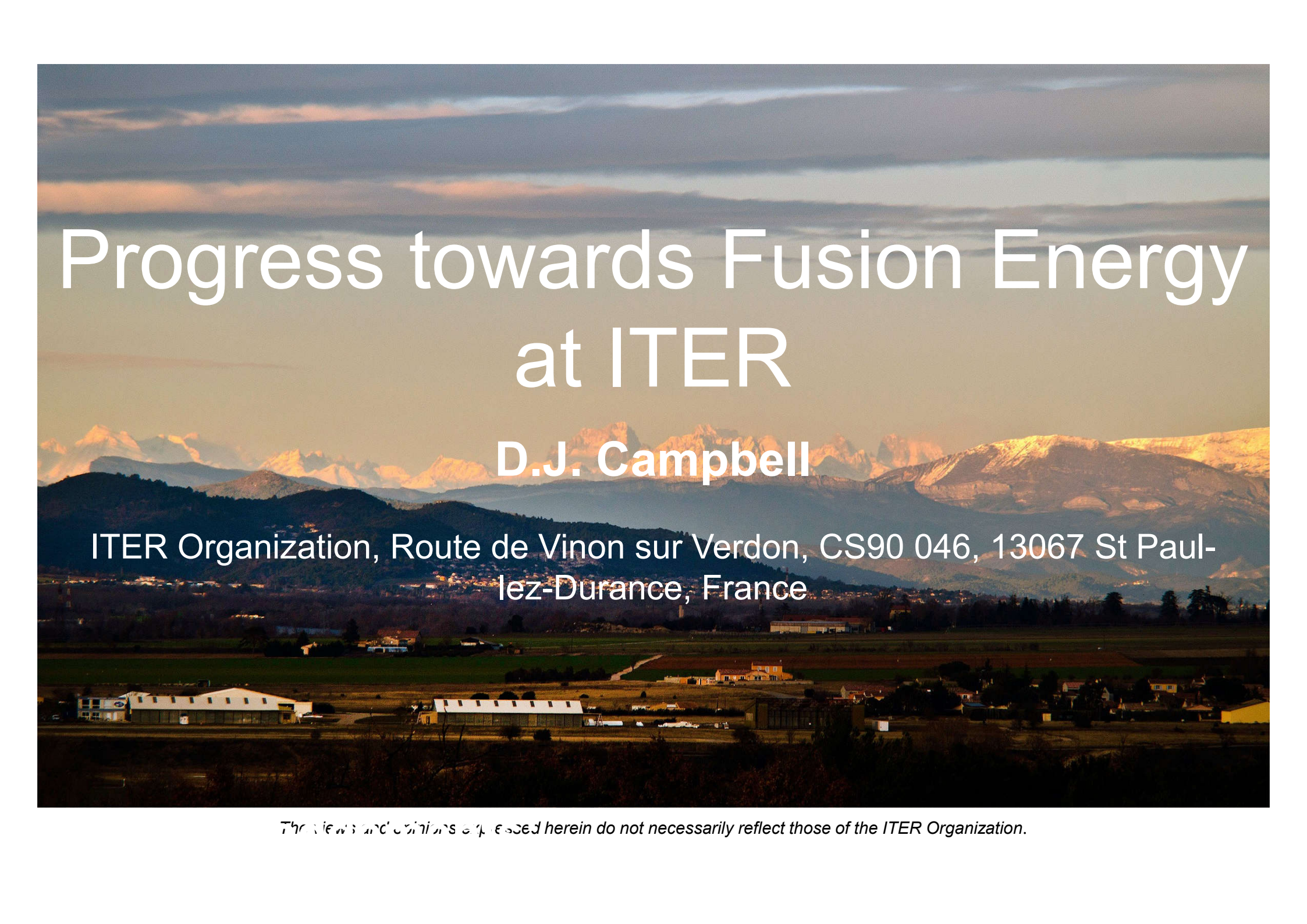
1GWy: 2,7 mld to węgla
lub 250 kg $^2\text{H} + {}^3\text{H}$

Ciężkiej wody w oceanach wystarczy na 3000 lat

150 mln K plazma



Tylko próżnia może być izolatorem termicznym
A plazma zostaje ściśnięta ogromnym polem magnetycznym



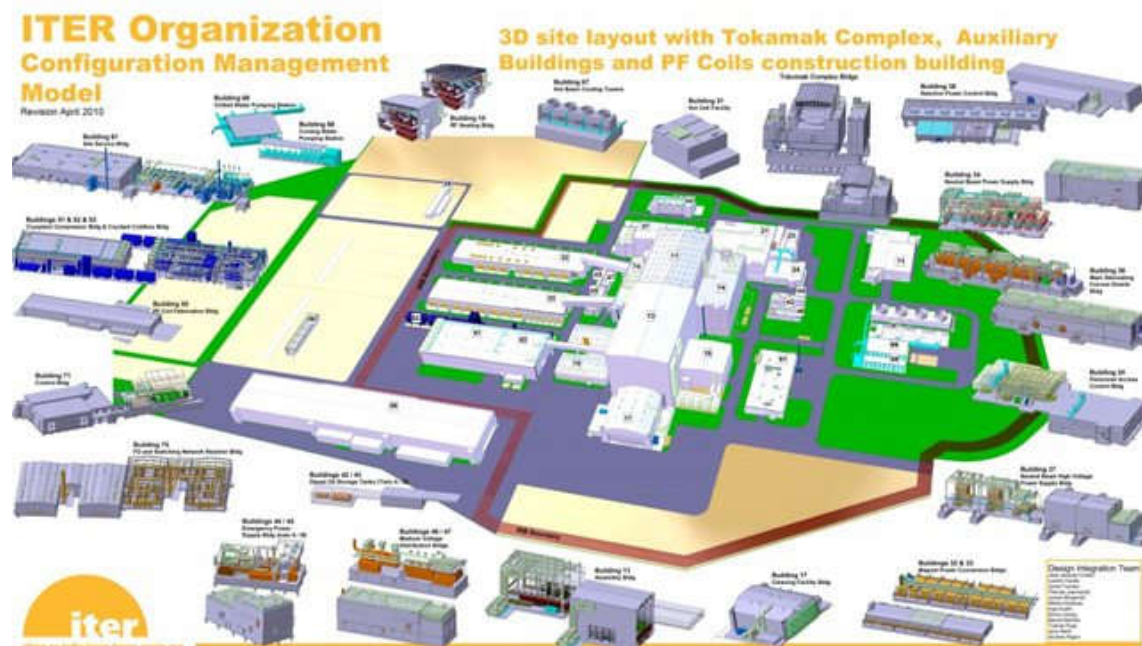
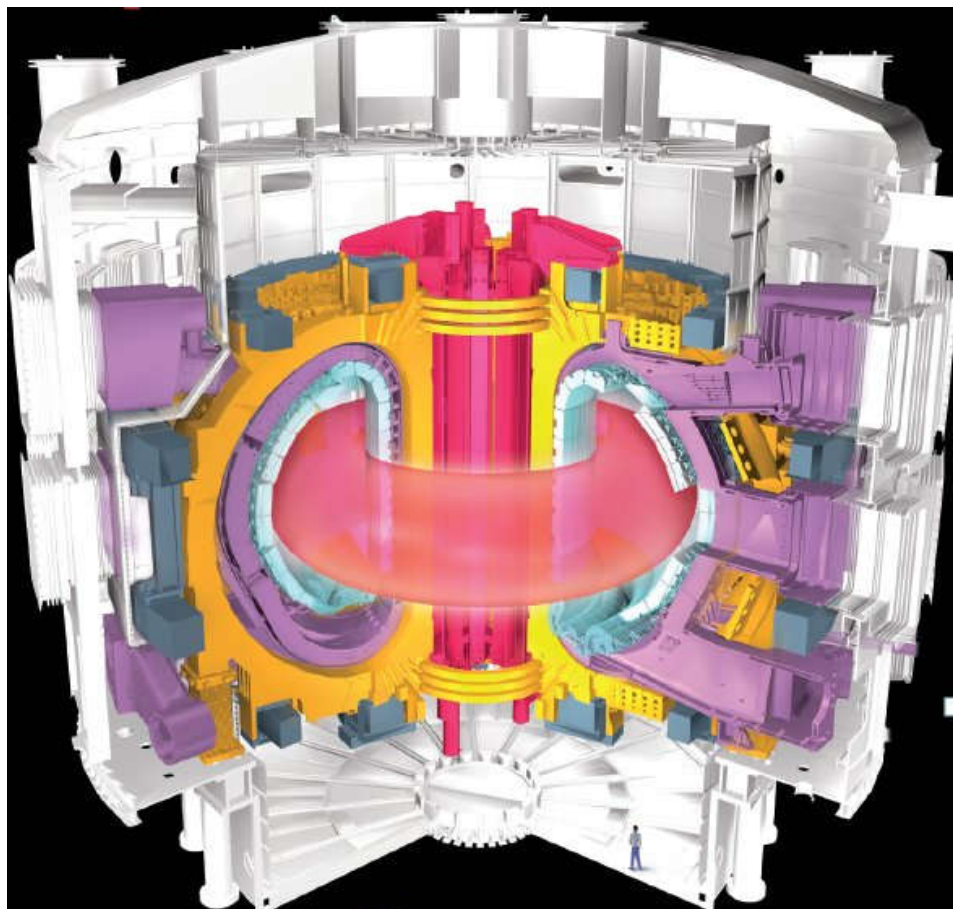
Progress towards Fusion Energy at ITER

D.J. Campbell

ITER Organization, Route de Vinon sur Verdon, CS90 046, 13067 St Paul-
lez-Durance, France

The views and opinions expressed herein do not necessarily reflect those of the ITER Organization.

Prototyp: ITER, France, Cadarache



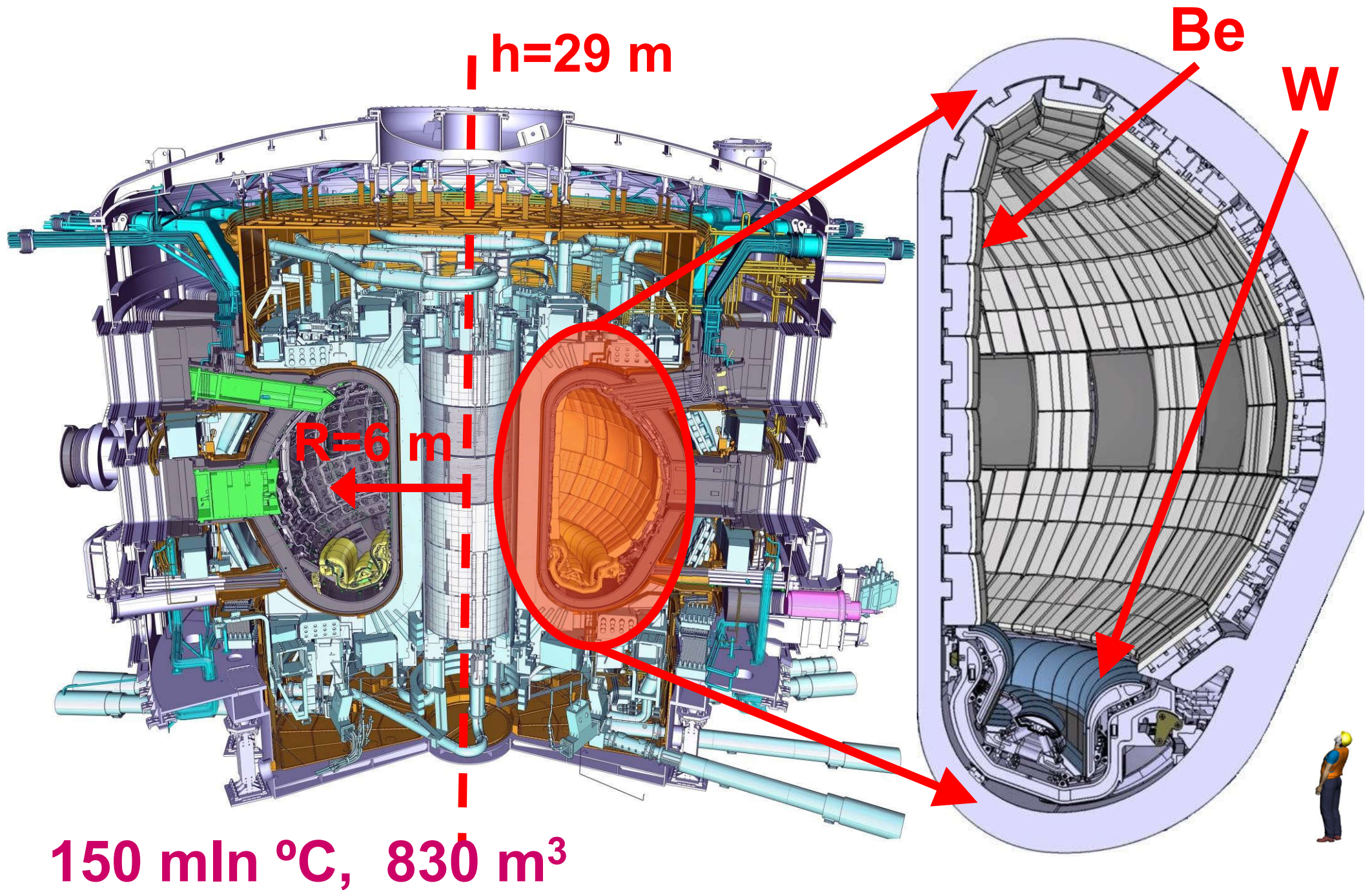
50 MW input → 500 MW output

13 mld €: największy (oprócz lotów kosmicznych) projekt badawczy ludzkości

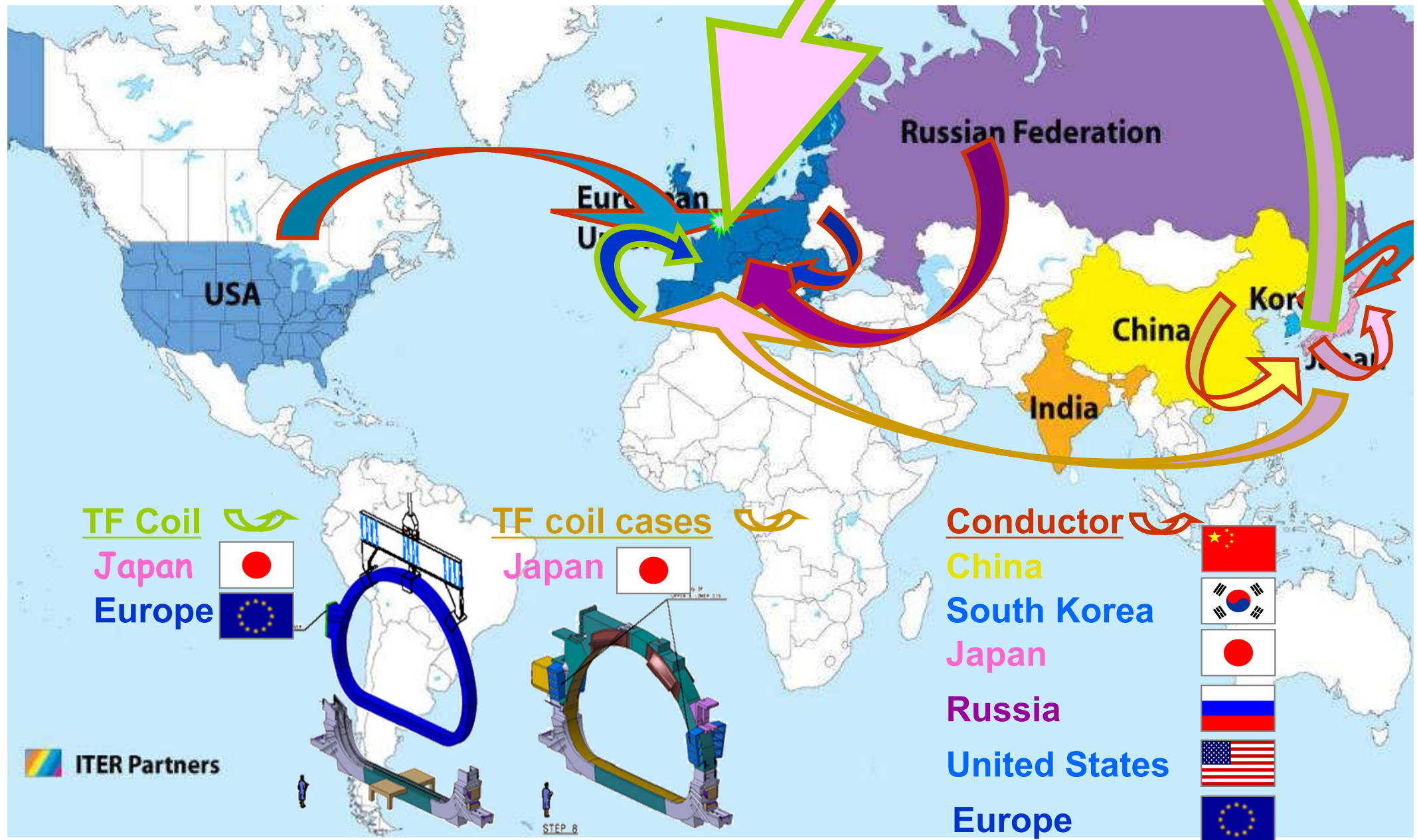
It will be operative in 2025

DEMO (Korea) – pierwszy reaktor przemysłowy: **2055**

The ITER Tokamak



TF Coils – A Global Collaboration



November 8, 2022

News about nuclear science and technology



American Nuclear Society SmartBrief

Science Focus

TOP STORY

ITER fusion project is coming together

News

Future tech

Nature

Space

Human body

Everyday science

Planet Earth

Newsletters



©Matjaz Krivic

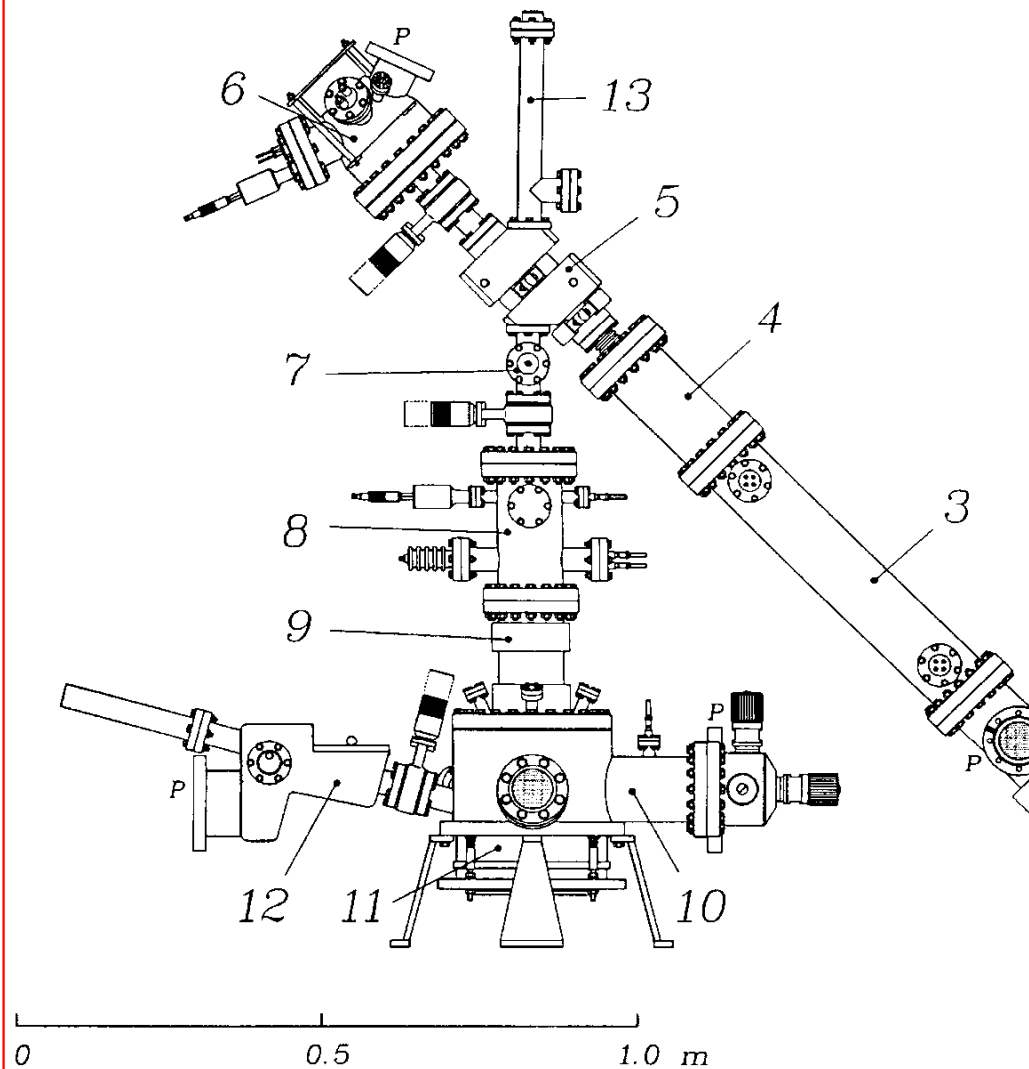
Building a new Sun: The world's largest science experiment continues to take shape

Ad closed by Google



Termojądrowy reaktor przemysłowy
stanie w Korei w 2050 roku
We work for you...!

Skanningowy Mikroskop Pozytonowy (München-Trento 1991-95)



Pejzaż Ziemi



Lago Carezza, Trentino, Italia



Lago Toblino, Trentino, Italia

Inżynieria nanostruktur



UNIwersYTET
MIKOŁAJA KOPERNIKA
W TORUNIU
Wydział Fizyki, Astronomii
i Informatyki Stosowanej



www.fizyka.umk.pl/IN

Nowy interdyscyplinarny
kierunek studiów inżynierskich

Inżynieria Nanostruktur studia inżynierskie

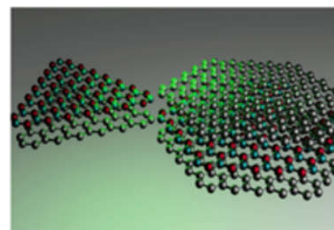
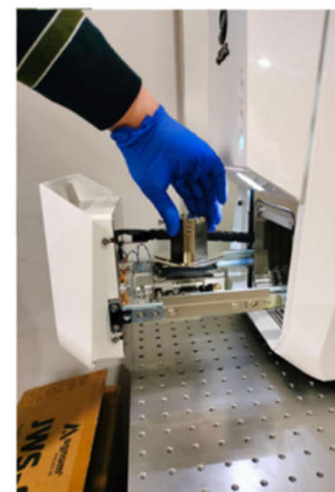
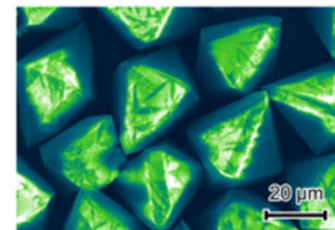
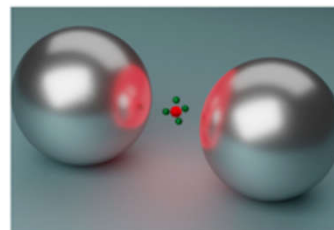
**Kopernik poruszył Ziemię,
Ty – porusz atomy!**

Rozpocznij własną naukową rewolucję
i zostań **inżynierem nanostruktur** w Toruniu!

Jeśli dobrze radzisz sobie z chemią i fizyką oraz chciałabyś/chciałbyś
wybrać coś nowatorskiego, interdyscyplinarnego, a zarazem
zapewniającego atrakcyjną pracę po studiach, to Inżynieria Nanostruktur
jest wprost dla Ciebie!

Studenci kierunku Inżynieria Nanostruktur zdobywają praktyczne
umiejętności w nowoczesnych laboratoriach, w których:

- projektują, modelują i wytwarzają nanomateriały i nanostruktury,
- wykonują analizy statystyczne,
- przeprowadzają pomiary, testy i analizy fizyko-chemiczne
uzyskanych nanomateriałów.



Nowy międzywydziałowy
kierunek studiów
licencjackich



Odnawialne źródła energii

Ten kierunek jest dla Ciebie, jeśli:

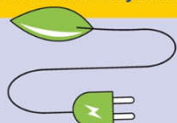
- nie chcesz biernie patrzeć na kryzys klimatyczny,
- fascynujesz się nowoczesnymi technologiami,
- chcesz zdobyć konkretny zawód i jednocześnie działać na rzecz środowiska,
- marzysz o studiach, które mają przyszłość - dostownie!

Nie musisz mieć już gotowego planu na życie - wystarczy, że chcesz się uczyć i rozwijać. Resztą zajmiemy się wspólnie.

KIERUNEK INTERDYSCYPLINARNY

Wydział Chemii
Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej
Wydział Nauk Biologicznych i Weterynaryjnych
Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej
Wydział Filozofii i Nauk Społecznych
Wydział Prawa i Administracji

Szczegóły dotyczące rekrutacji znajdziesz na:
www.rekrutacja.umk.pl



Kierunek OZE na UMK uzyskał wsparcie w ramach projektu:
Integralny Program Wsparcia Kompetencji Kluczowych dla Gospodarki 4.0 studentów i kadry UMK



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



ZAPRASZAMY NA UMK



Czyżby efekt cieplarniany?

Niestety tak!
Co gorzej, nie tylko...

Dziękuję za uwagę!