



## „Nowa Era Energii – Amoniak surowcem energetycznym?”



**Dr inż. Andrzej P. Sikora**  
**Mgr Mateusz Sikora**

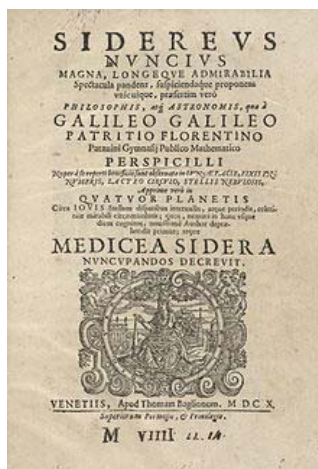
## **Disclaimer**

**The information on which this presentation is based derives from our own experience, knowledge, data and research.**

**The opinions expressed and interpretations offered are those of Energy Studies Institute in Warsaw and have been reached following careful consideration.**

**However, the Oil&Gas business is characterized by much uncertainty and all of our comments and conclusions should be taken in that light.**

**Accordingly, we do not accept any liability for any reliance which our clients may place on them.**



Mikołaj Kopernik 1543

Giordano Bruno 1600

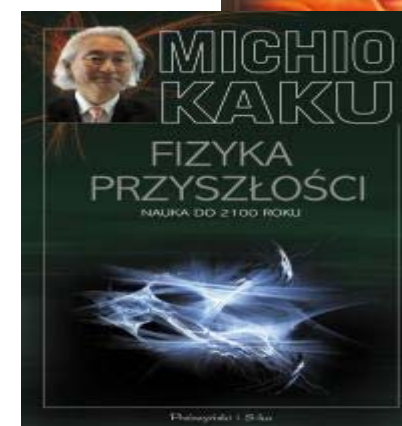
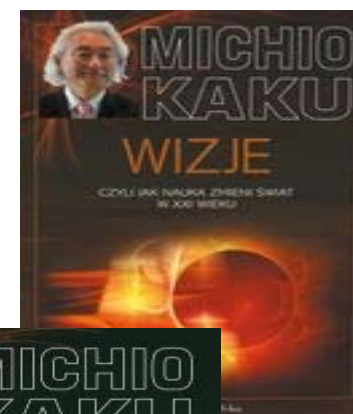
Galileusz (Galileo Galilei 1642)

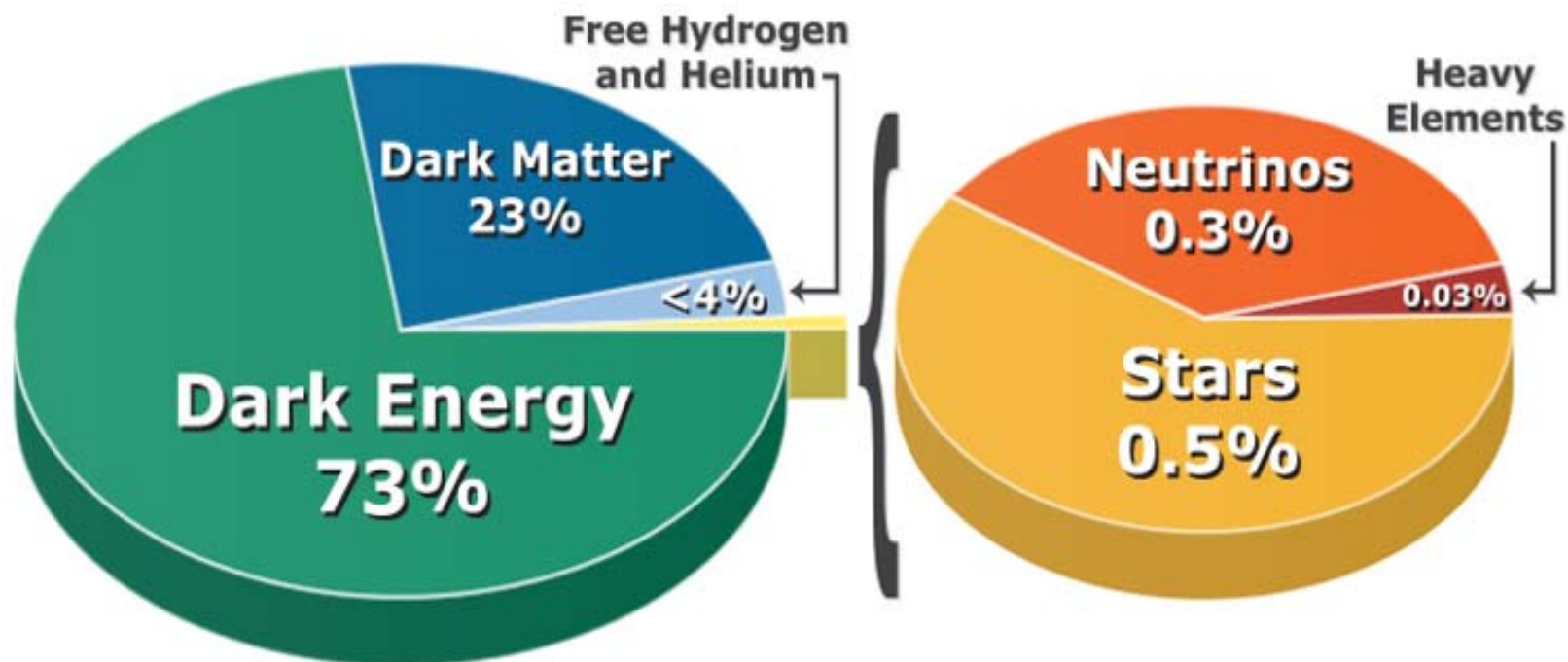
1610 - publikuje *Sidereus Nuncius*

**CZY KTOŚ WTEDY MYŚLAŁ O GAZIE ZIEMNYM?  
O WĘGLOWODORACH? PRĄDZIE ELEKTRYCZNYM?  
Cząstce Higgsa? Falach grawitacyjnych?  
Ciemnej materii i ciemnej energii?**

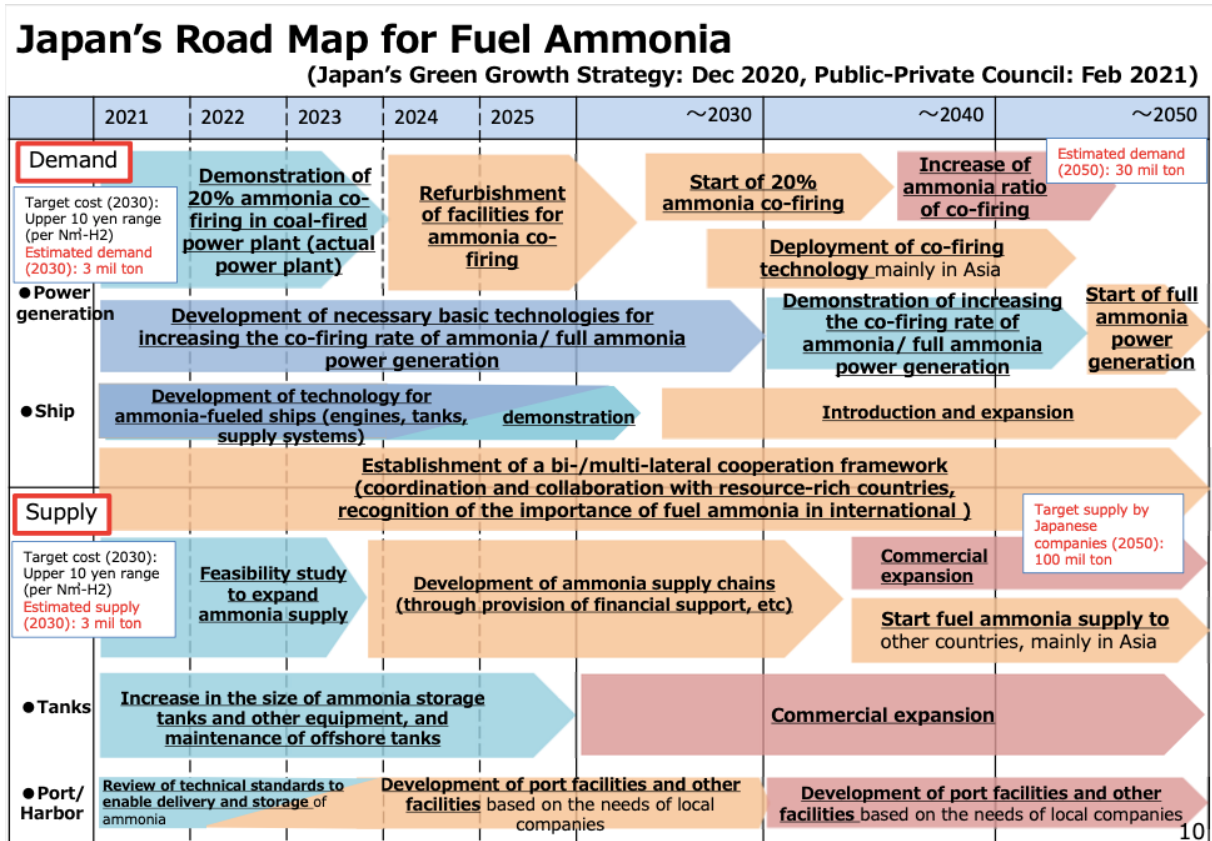
## Era energii słoneczno-wodorowej

*„W tym stuleciu ujarzmimy potęgę gwiazd, źródło energii bogów. Na krótką metę oznacza to wprowadzenie ery energii słoneczno-wodorowej, która zastąpi paliwa kopalne, a w dłuższej perspektywie czasowej – opanowanie syntezy jądrowej, a nawet energii słonecznej z przestrzeni kosmicznej.”*





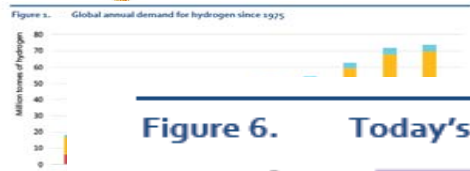
Masowo-energia ciemnej materii i zwykłej (barionowej) materii wnosi odpowiednio 26,8% i 4,9%, a inne składniki, takie jak neutrino i fotony, mają bardzo niewielki udział. Gęstość ciemnej energii ( $\sim 7 \times 10^{-30} \text{ g/cm}^3$ ) jest bardzo niska, znacznie mniejsza niż gęstość zwykłej materii lub ciemnej materii w galaktykach. Jednak dominuje nad masowo-energią wszechświata, ponieważ jest jednorodny w przestrzeni.



## Terminale amoniaku na świecie



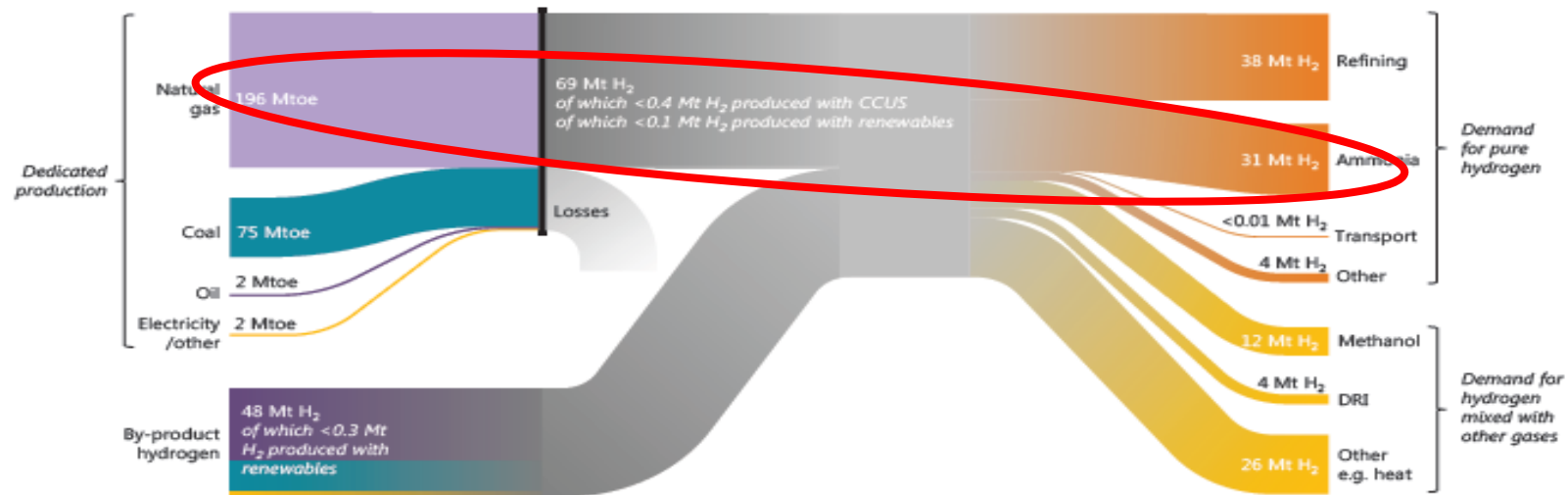




Notes: DRI = direct reduced iron that requires heat demand for sinter  
Source: IEA 2019  
Around 20 Mt of fertilizers are

„Nowa Era Energii - Amoniak surowcem energetycznym?”  
Zakopane, 17 października 2021 r.

Figure 6. Today's hydrogen value chains

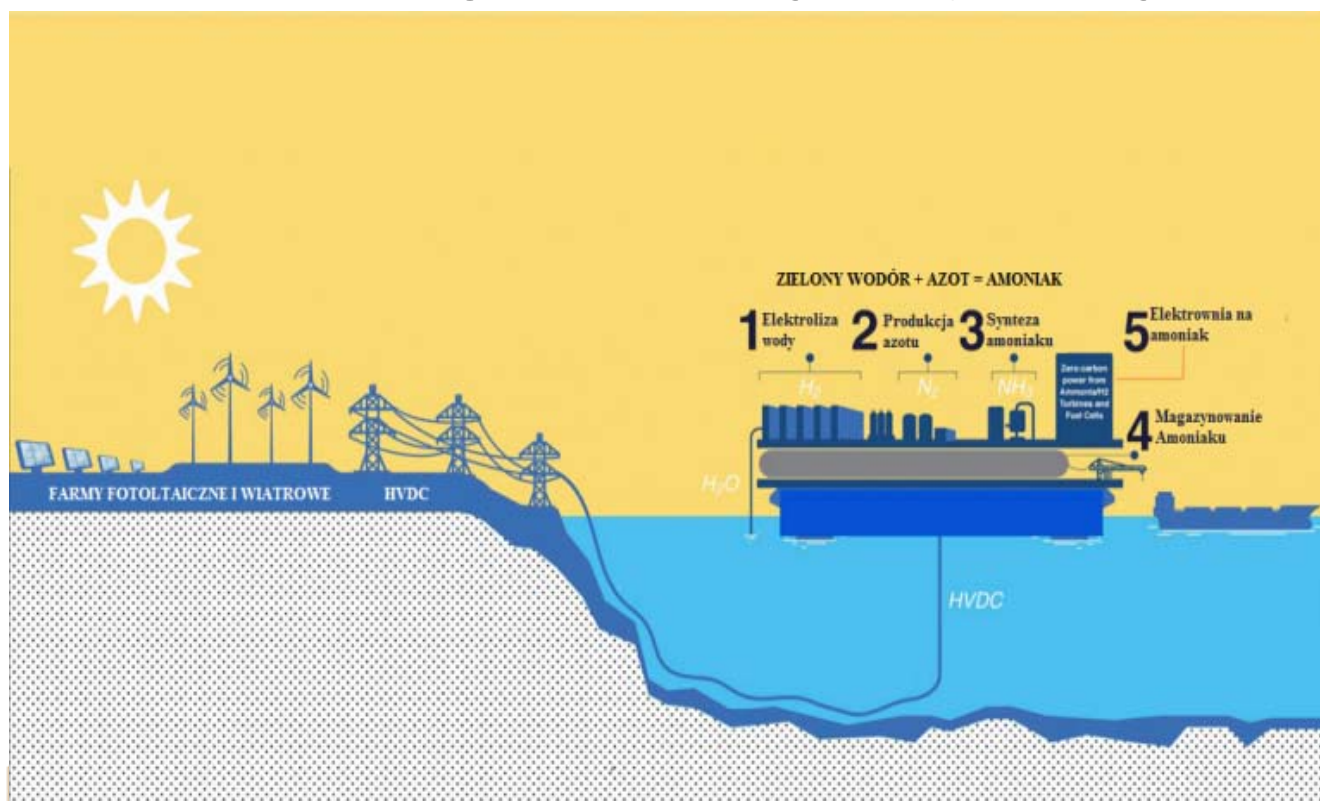


Notes: Other forms of pure hydrogen demand include the chemicals, metals, electronics and glass-making industries. Other forms of demand for hydrogen mixed with other gases (e.g. carbon monoxide) include the generation of heat from steel works arising gases and by-product gases from steam crackers. The shares of hydrogen production based on renewables are calculated using the share of renewable electricity in global electricity generation. The share of dedicated hydrogen produced with CCUS is estimated based on existing installations with permanent geological storage, assuming an 85% utilisation rate. Several estimates are made as to the shares of by-products and dedicated generation in various end uses, while input energy for by-product production is assumed equal to energy content of hydrogen produced without further allocation. All figures shown are estimates for 2018. The thickness of the lines in the Sankey diagram are sized according to energy contents of the flows depicted.

Source: IEA 2019. All rights reserved.



## Zielony amoniak jedną z opcji “Power to X”



Metan	$CH_4$
Propan	$C_2H_6$
Woda	$H_2O$
Azan	$NH_3$

## Na podsumowanie

## Energia z syntezy jądrowej o krok bliżej

"Marzenie o wolnej od zanieczyszczeń i promieniowania elektryczności pochodzącej z syntezy jądrowej może być coraz bliżej urzeczywistnienia dzięki przełomowi dokonanemu przez brytyjskich naukowców. Wydaje się, że rozwiązali oni problem spalin w kompaktowych elektrowniach termojądrowych, czyniąc je bardziej opłacalnymi ekonomicznie.

Naukowcy opracowali układ wydechowy, który radzi sobie z ogromnymi temperaturami powstającymi podczas procesu syntezy jądrowej i który dotychczas ograniczał żywotność komercyjnych elektrowni termojądrowych.

Wstępne wyniki eksperymentu MAST Upgrade przeprowadzonego przez UK Atomic Energy Authority sugerują, że pierwsze na świecie tego rodzaju rozwiązanie może oznaczać, że rozwój energii termojądrowej stanie się łatwiejszy.

Wytwarzanie energii elektrycznej za pomocą reaktora termojądrowego jest nadal na etapie eksperymentalnym, ale eksperci twierdzą, że energia termojądrowa - oparta na tej samej zasadzie, zgodnie z którą gwiazdy wytwarzają ciepło i światło - może być bezpieczną i zrównoważoną częścią naszego zaopatrzenia w energię w przyszłości.

Elektrownia termojądrowa wykorzystuje maszynę zwaną tokamakiem, aby umożliwić atomom wodoru połączenie się, uwalniając energię, która może wytwarzać elektryczność. Jednak reakcje termojądrowe mogą wytwarzać dużo ciepła i bez układu wydechowego, który by sobie z tym radził, materiały wymagają częstszej wymiany. Ogranicza to zdolność operacyjną elektrowni i zwiększa koszty energii. System użyty w eksperymencie MAST Upgrade - divertor Super-X - pomógł jednak częściom tokamaka działać dłużej.

Testy wykazały co najmniej 10-krotną redukcję ciepła, co może sprawić, że elektrownie będą bardziej opłacalne ekonomicznie, co z kolei zmniejszy koszt energii elektrycznej z syntezy jądrowej.

Główny naukowiec UKAEA w MAST Upgrade, dr Andrew Kirk, powiedział, że wyniki były "fantastyczne", dodając: "To jest moment, do którego dążył nasz zespół w UKAEA od prawie dziesięciu lat. Stworzyliśmy MAST Upgrade, aby rozwiązać problem wydechowy w kompaktowych elektrowniach termojądrowych i wszystko wskazuje na to, że nam się udało."

Super-X redukuje ciepło w układzie wydechowym z poziomu palnika do poziomu bardziej zbliżonego do silnika samochodowego.

Może to oznaczać, że część ta będzie musiała zostać wymieniona tylko raz w okresie eksploatacji elektrowni. "Jest to kluczowy krok naprzód dla planu Wielkiej Brytanii, aby umieścić elektrownię termojądrową w sieci do wczesnych lat czterdziestych XXI wieku - i wprowadzić na świat niskoemisyjną energię pochodzącą z syntezy jądrowej".

źródło: SKY NEWS



Fizycy z NIF po raz pierwszy uzyskali „zapłon” termojądrowy. „To historyczne osiągnięcie”  
18.08.2021  
Michał Rolecki  
Udostępnij:

Naukowcom z National Ignition Facility (NIF) w Kalifornii udało się doprowadzić do fuzji termojądrowej wodoru. Na razie nie wyprodukowano w ten sposób nadwyżki energii, ale granica była bardzo blisko. Fizycy z NIF po raz pierwszy osiągnęli „zapłon” termojądrowy. „To historyczne osiągnięcie” Naukowcy są coraz bliżej zainicjowania reakcji termojądrowej (fot. CC0 Public Domain)

Fuzja termojądrowa to proces, w którym dwa lżejsze jądra atomowe łączą się w jedno cięższe. Uwalniana przy tym energia jest znacznie większa niż w procesie odwrotnym, czyli rozpadu jąder, co dzieje się w reaktorach jądrowych. Teoretycznie, fuzja mogłaby stanowić dla nas niewyczerpane źródło energii na miliony lat. Jak w gwiazdach, jądra wodoru mogłyby łączyć się w atomy helu. Niestety jądra atomowe nie lubią się łączyć - odpychają je od siebie siły elektrostatyczne. W gwiazdach do reakcji termojądrowej dochodzi dzięki bardzo wysokim ciśnieniu i temperaturze. I choć na Ziemi jest pod dostatkiem potencjalnego paliwa termojądrowego, czyli wodoru, to bardzo trudno stworzyć warunki niezbędne, by doszło do fuzji. Fuzja jądrowa na Ziemi

Jednym ze sposobów jest uwięzienie gazu w polu magnetycznym i podgrzewanie go do temperatury milionów stopni za pomocą mikrofal. Jednak jest to metoda skomplikowana. Wymaga budowy wielkich i złożonych instalacji, wyposażonych w gigantyczne magnesy. Eksperymentalne reaktory w Niemczech i Chinach osiągały już odpowiednie warunki i fuzja w nich zachodziła, choć tylko przez sekundy. Budowany na południu Francji ITER, do którego niedawno dotarły najpotężniejsze na świecie magnesy, ma dowiedzieć, że proces termojądrowej fuzji w ogóle da się utrzymać – a tocząca się reakcja dostarczać będzie więcej energii, niż włożono w podgrzanie gazu.

Na osiągnięcie fuzji jest jednak drugi sposób. To ściskanie i podgrzewanie za pomocą laserów malutkich, ważących zaledwie setki części grama, pojemników z izotopami wodoru. Z początku to właśnie ta metoda wydawała się bardziej obiecująca. Z czasem okazało się, że jej wydajność jest znacznie niższa niż spodziewana. Największe laboratorium pracujące nad tego rodzaju fuzją powstało w amerykańskim National Ignition Facility (NIF), części Lawrence Livermore National Laboratory.

Przez dekady osiągnęło tylko część mocy laserów potrzebnej do rozpoczęcia fuzji - w 2015 roku była to jedna trzecia. Postęp jednak ma to do siebie, że często przyspiesza. Fizycy z NIF ogłosili właśnie, że udało im się osiągnąć odpowiednią moc laserów i zainicjować fuzję.

Lasery NIF, które są tak wielkie, że zajmują powierzchnię trzech boisk do amerykańskiego futbolu, skierowano na cel wielkości piłki do baseballa. W środku, w obszarze średnicy ludzkiego włosa, po raz pierwszy zaszła termojądrowa reakcja łańcuchowa. Dostarczyła 1,3 megadżuli (MJ) energii, czyli niewiele ponad jedną trzecią kilowatogodziny (0,361 kWh) – choć wyprodukowała 10 miliardów watów mocy, trwała zaledwie 100 bilionowych części sekundy.

Tajemnicze zjawisko po raz pierwszy zaobserwowane w reaktorze jądrowym

Co istotne, po raz pierwszy udało się tym sposobem zapoczątkować termojądrową reakcję łańcuchową (fizycy mówią o „zapłonie” termojądrowym), która dostarczyła znaczące ilości energii. Było jej pięć raz więcej niż w eksperymencie przeprowadzonym jeszcze wiosną tego roku. Największe znaczenie ma jednak fakt, że ilość wyprodukowanej energii była niewiele niższa od tej, którą dostarczono za pomocą laserów. W praktycznym wykorzystaniu fuzji termojądrowej chodzi zaś właśnie o to, by zapoczątkować reakcję łańcuchową, która dostarczy więcej energii, niż włożono w podgrzanie gazu.

„To najważniejsze osiągnięcie od lat 70.”

– Ten wynik to historyczny postęp dla badań nad inercyjną fuzją termojądrową – mówi Kim Budil, szef Lawrence Livermore National Laboratory w Kalifornii.

– Zespół NIF wykonał niezwykłą pracę. To najważniejsze osiągnięcie w dziedzinie inercyjnej fuzji termojądrowej od czasu jej powstania w 1972 roku – komentuje prof. Steven Rose, fizyk z Centre for Inertial Fusion Studies (CIFS) na Imperial College London, ośrodka, który ściśle współpracuje z NIF.

Jak jednak zastrzega Jeremy Chittenden, również z CIFS, przekucie tego osiągnięcia na źródło elektryczności nie uda się szybko. – Po drodze jest do pokonania wiele znaczących problemów technicznych – mówi.



Postęp w badaniach nad fuzją termojądrową był tak powolny, że stał się wśród fizyków przedmiotem żartów. Coraz więcej wskazuje jednak na to, że w końcu uda się zbudować „Słońce na Ziemi”, które dostarczać będzie czystą energię.

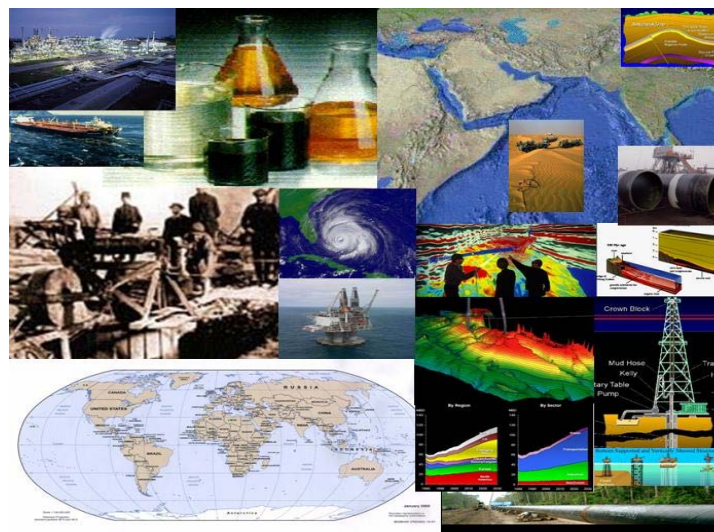
# O Instytucie Studiów Energetycznych



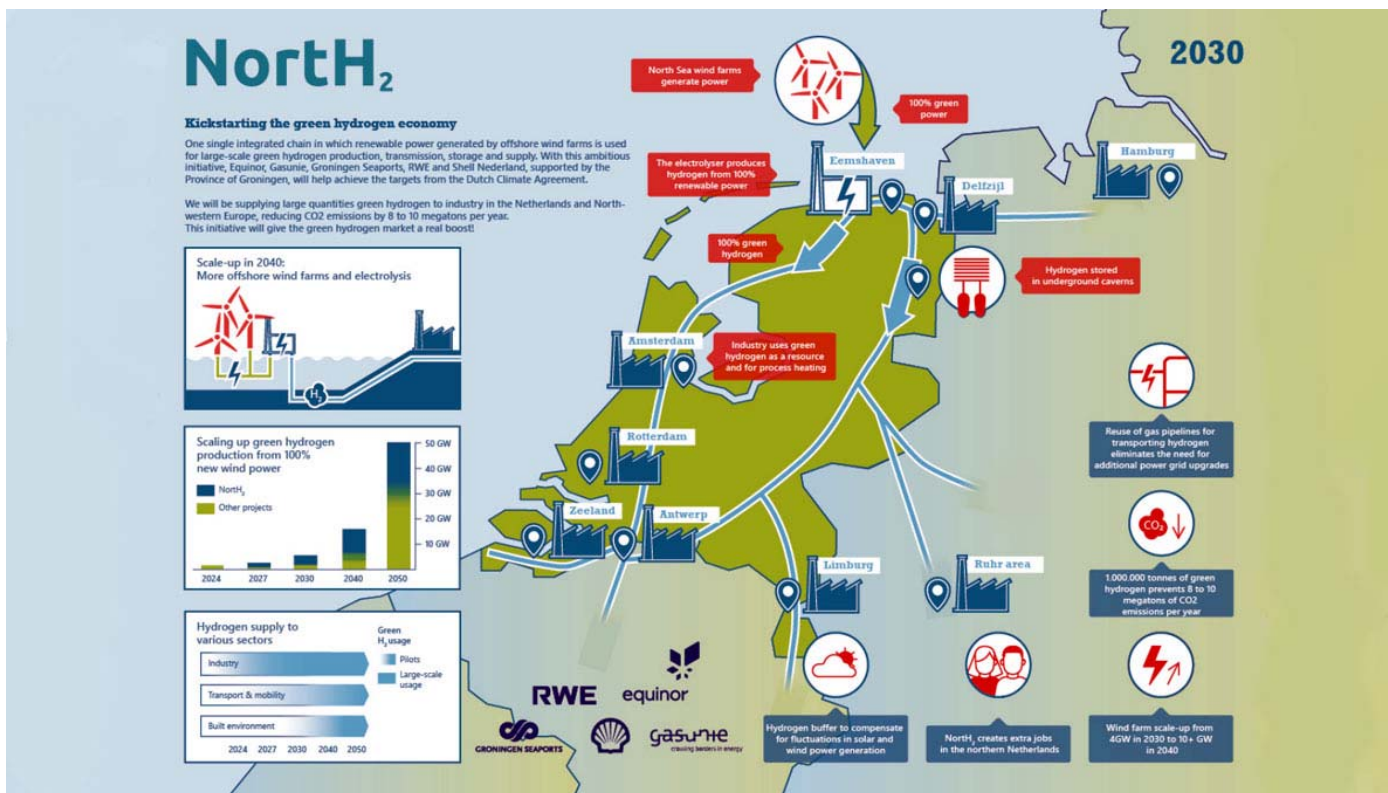
Instytut Studiów Energetycznych (ISE)  
jest polską firmą konsultingową  
wyspecjalizowaną w doradztwie  
dla sektora  
naftowo-gazowego-energetycznego  
oraz ciężkiej chemii.

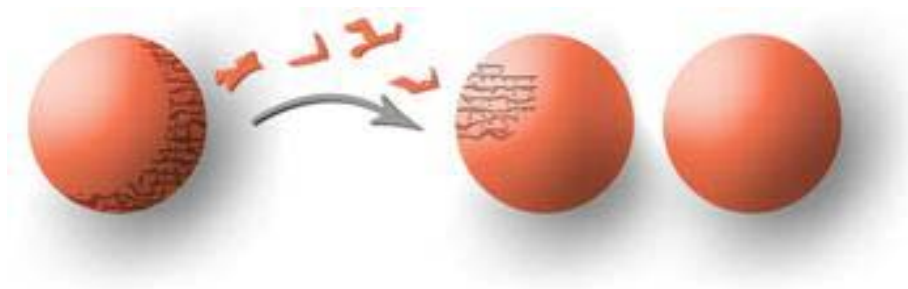
Oferta na:  
[www.ise.com.pl](http://www.ise.com.pl)

ul. Marszałkowska 87 lok.59  
00-687 Warszawa  
tel.: +48 (22) 629.97.46  
fax/tel: +48 (22) 621.74.88



# Dutch Hydrogen Project NorthH2





$$\begin{aligned}\|A\| &= \inf \{c > 0: \|Ax\| \leq c\|x\|, x \in X\} \\ &= \sup \{\|Ax\|: x \in X, \|x\| \leq 1\} \\ &= \sup \{\|Ax\|: x \in X, \|x\| = 1\} \\ &= \sup \left\{ \frac{\|Ax\|}{\|x\|}: x \in X, x \neq 0 \right\}, \quad A \in L(X, Y)\end{aligned}$$

## Paradoks Banacha–Tarskiego:

Kula może być pocięta na skończenie wiele kawałków, z których można złożyć dwie kule identyczne z kulą wyjściową