

# Žalios investicijos:

kodėl jų reikia,  
ir kas iš tikro yra žalia

(žvilgsnis iš neortodoksinės ekonomikos perspektyvos)

R.K. (LB, VU)

Ver. 2.0

2023/kovas

# Turinys

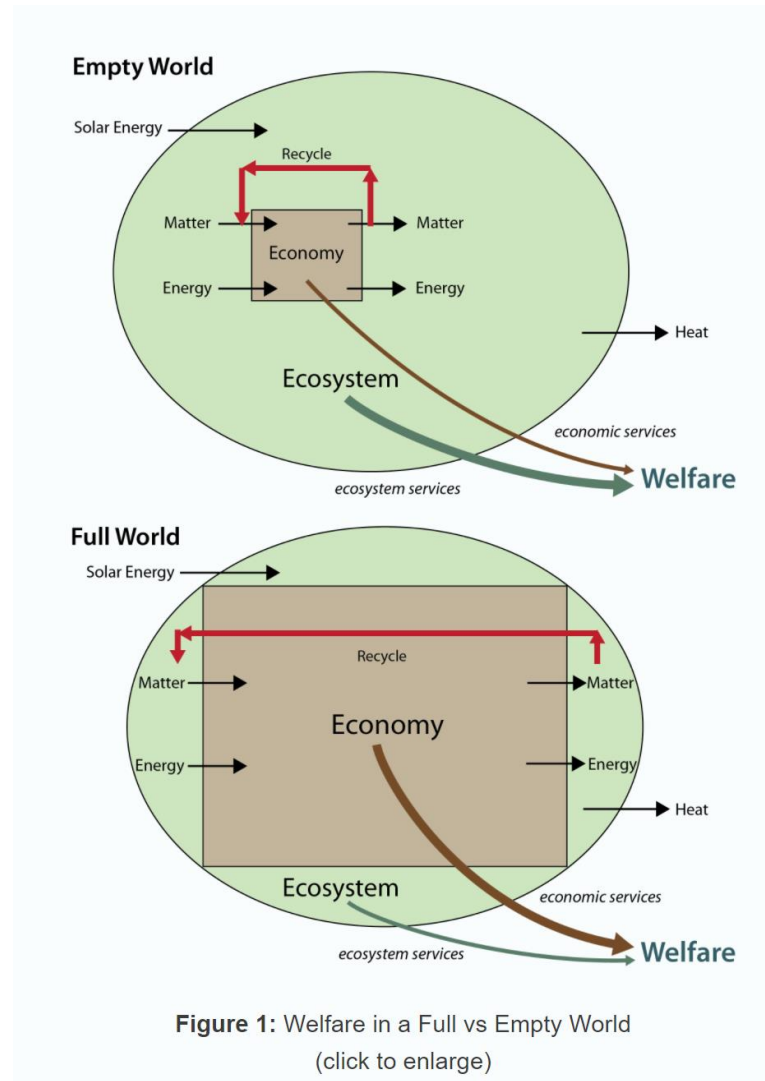
- Neortodoksinę ekonomiką į pagalbą
- Kodėl reikia žalių investicijų
- Kas iš tikro yra žalia
- Kas iš tikro yra žalia + efektyvu: kelių (Lietuvos) atvejų analizė
- I-O ir EROEI
- Literatūra

# **I. Neortodoksinę ekonomiką i pagalbą**

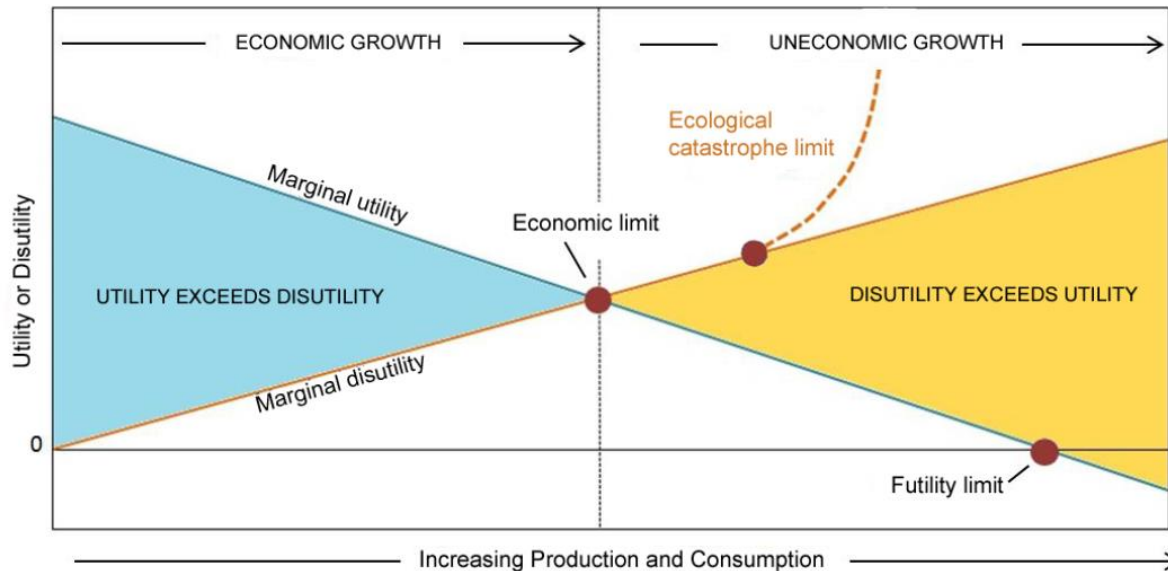
# Kuo neortodoksinė ekonomika skiriasi nuo vyraujančios neoklasikinės

- **Bio-fizinė ekonomika** a) atidžiai modeliuoja:
  - **materijos** ir
  - **energijos** srautus
- b) ekonominė sistema yra **sub-sistema eko-sferos**, o ne atvirkščiai:
  - **ribos augimui...**
  - ...santykinai pilnoje planetoje
  - **ekologinių paslaugų** pripažinimas ir vertinimas
- **Energetikos ekonomika** kaip taikomoji **kaštų-naudos analizė**:
  - EROEI
  - LCOE
  - kaštų-naudos santykis

# Herman Daly: Economics for a Full World

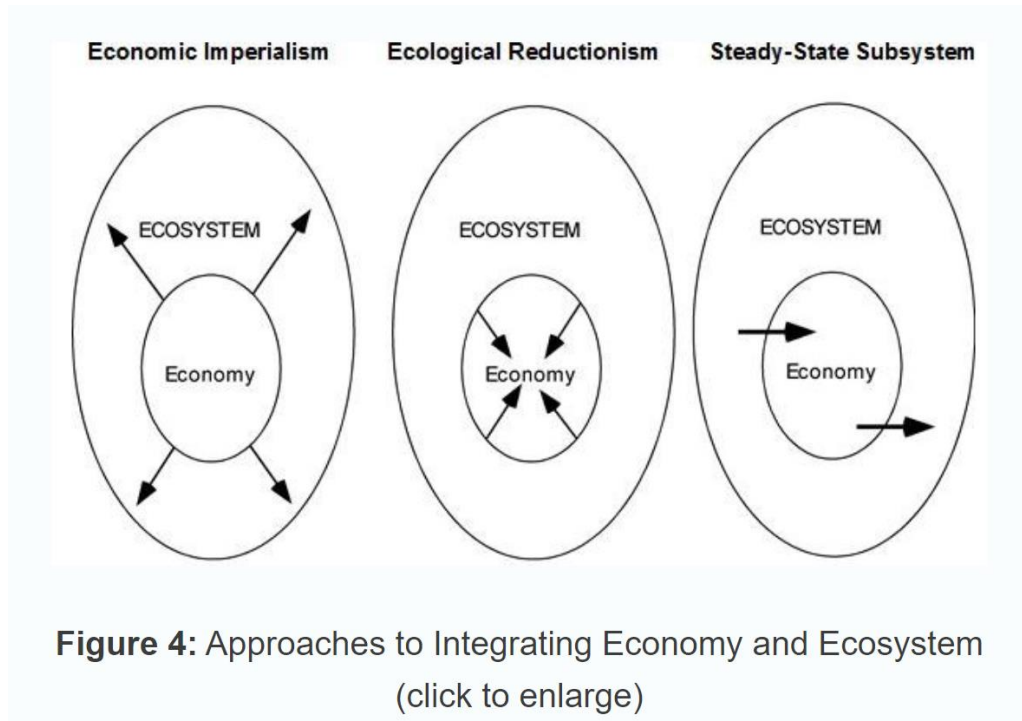


# Herman Daly: NEekonominis augimas



**Figure 3: The Limits to Growth**  
(click to enlarge)

# Herman Daly: nuo siauro ekonominio imperializmo



## **II. Kodėl reikia žalių investicijų: klimato kaita**



# Kodėl reikia (greitai ir daug) žalių investicijų

- Pirma, dėl klimato kaitos:
  - ką daryti, sako I=PAT tapatybė (arba Kaya)
  - W. Nordhausas: “klubų sprendimas“ vietoj daugiašalio, kankinančio ir neefektyvaus dabartinio proceso...
  - nors šalys jau (dėl teigiamų grįžtamųjų ryšių) ruošiasi nebe kovai, o adaptacijai?
- Antra, (mažai apie kalbama) dėl gresiančio gyvenimo standartų sumažėjimo:
  - dėl krentančio iškastinio kuro EROEI...
  - ... rimta krizė apie 2030 metus?
- Trečia, prasminga (anticiklinė) priemonė prasmingam (pilnam) užimtumui sukurt

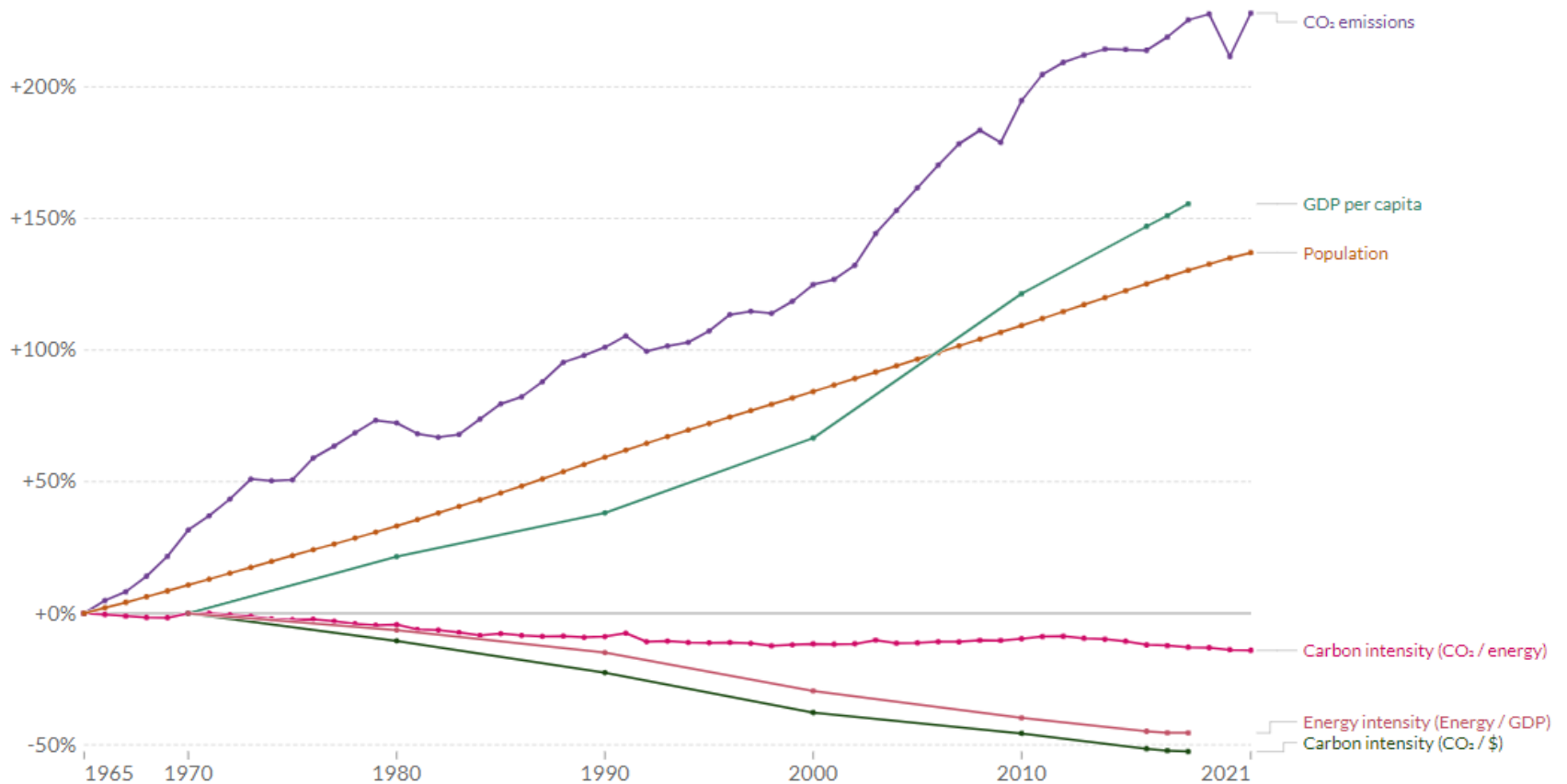
# Kaya tapatybė

## Kaya identity: drivers of CO<sub>2</sub> emissions, World

Percentage change in the four parameters of the Kaya Identity, which determine total CO<sub>2</sub> emissions. Emissions include fossil fuel and industry emissions. Land use change is not included.



[Change country](#)



Source: Our World in Data based on Global Carbon Project; UN; BP; World Bank; Maddison Project Database  
Note: GDP per capita is measured in 2011 international-\$ (PPP). This adjusts for inflation and cross-country price differences.

OurWorldInData.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions • CC BY

# Klimato kaita ir lūžio taškai

- **Lūžio taškai** (tipping points ) jau dabar ar labai netoli, o pasaulis klimato kaitai neutraliu planuoja tapti po 30 metų:

## EMERGENCY: DO THE MATHS

We define emergency ( $E$ ) as the product of risk and urgency. Risk ( $R$ ) is defined by insurers as probability ( $p$ ) multiplied by damage ( $D$ ). Urgency ( $U$ ) is defined in emergency situations as reaction time to an alert ( $\tau$ ) divided by the intervention time left to avoid a bad outcome ( $T$ ). Thus:

$$E = R \times U = p \times D \times \tau / T$$

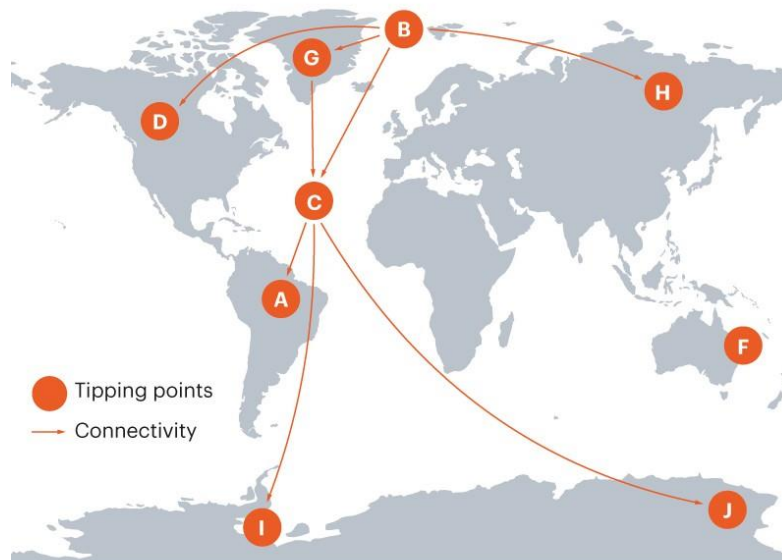
The situation is an emergency if both risk and urgency are high. If reaction time is longer than the intervention time left ( $\tau / T > 1$ ), we have lost control.

<https://www.nature.com/articles/d41586-019-03595-0>

# Lūžio taškai ir domino efektai

## RAISING THE ALARM

Evidence that tipping points are under way has mounted in the past decade. Domino effects have also been proposed.



**A. Amazon rainforest**  
Frequent droughts

**B. Arctic sea ice**  
Reduction in area

**C. Atlantic circulation**  
In slowdown since 1950s

**D. Boreal forest**  
Fires and pests changing

**F. Coral reefs**  
Large-scale die-offs

**G. Greenland ice sheet**  
Ice loss accelerating

**H. Permafrost**  
Thawing

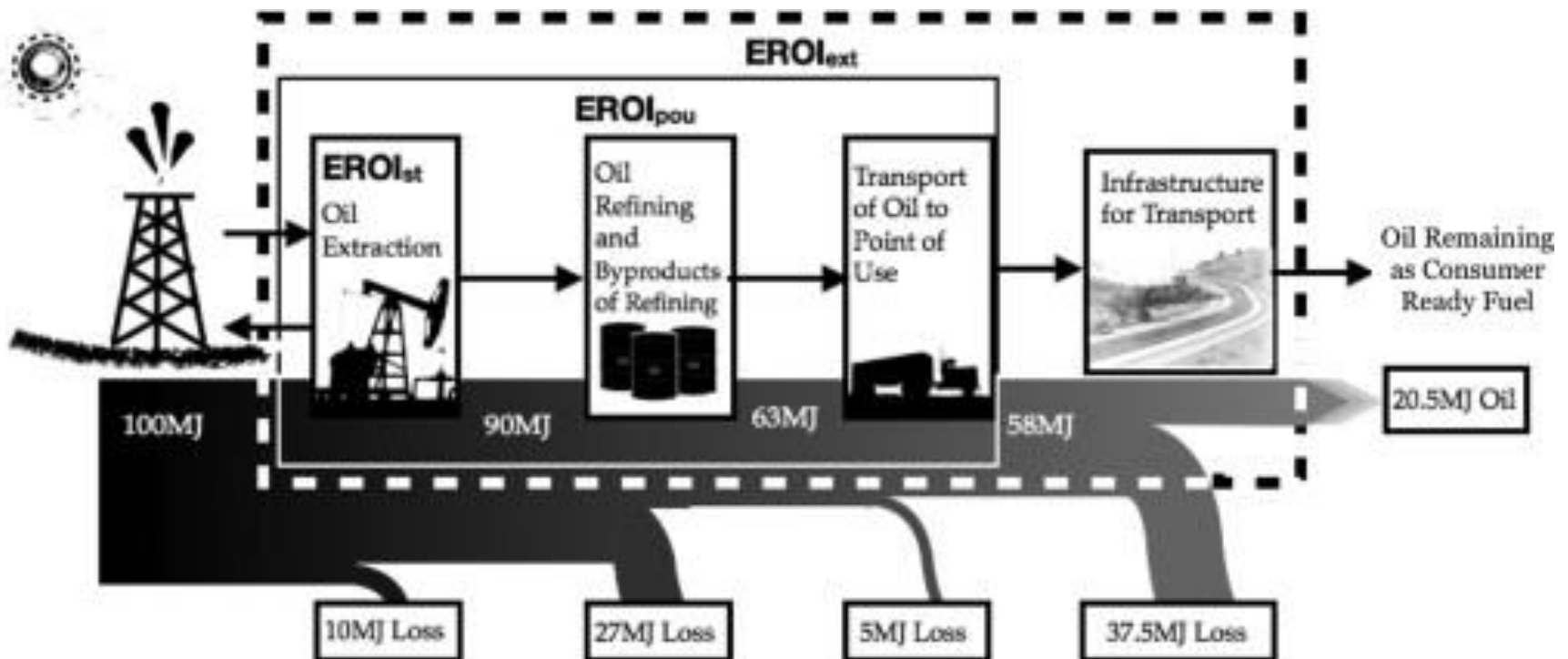
**I. West Antarctic ice sheet**  
Ice loss accelerating

**J. Wilkes Basin, East Antarctica**  
Ice loss accelerating

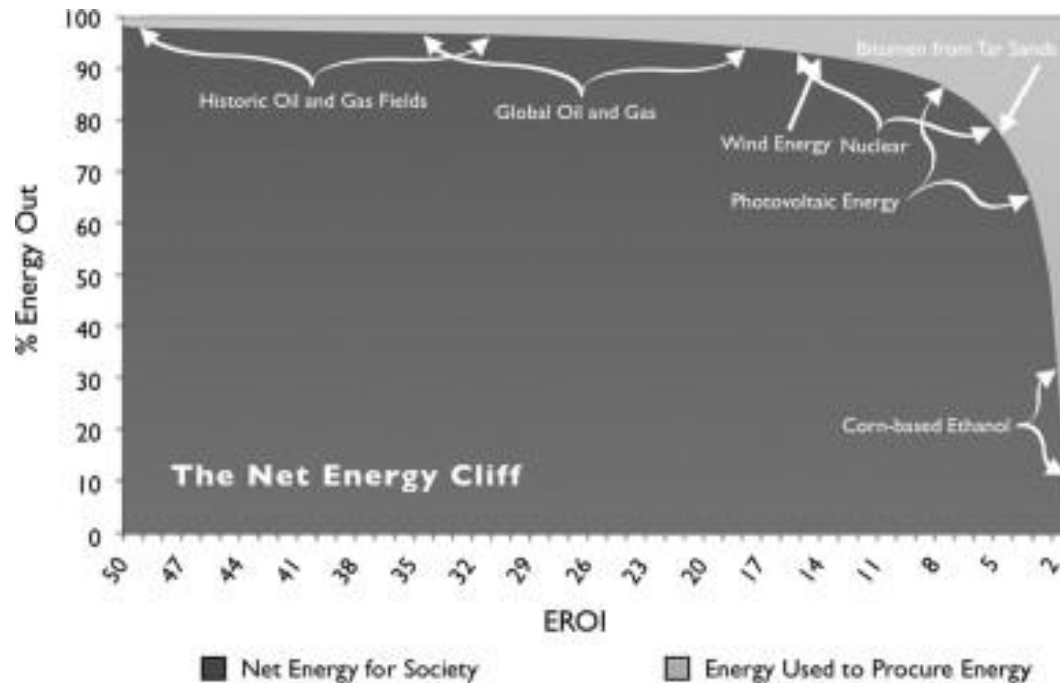
## **II. Kodėl reikia žalių investicijų: mažėjantis EROEI**

# Charles A.S. Hall: EROEI (energy return on energy invested)

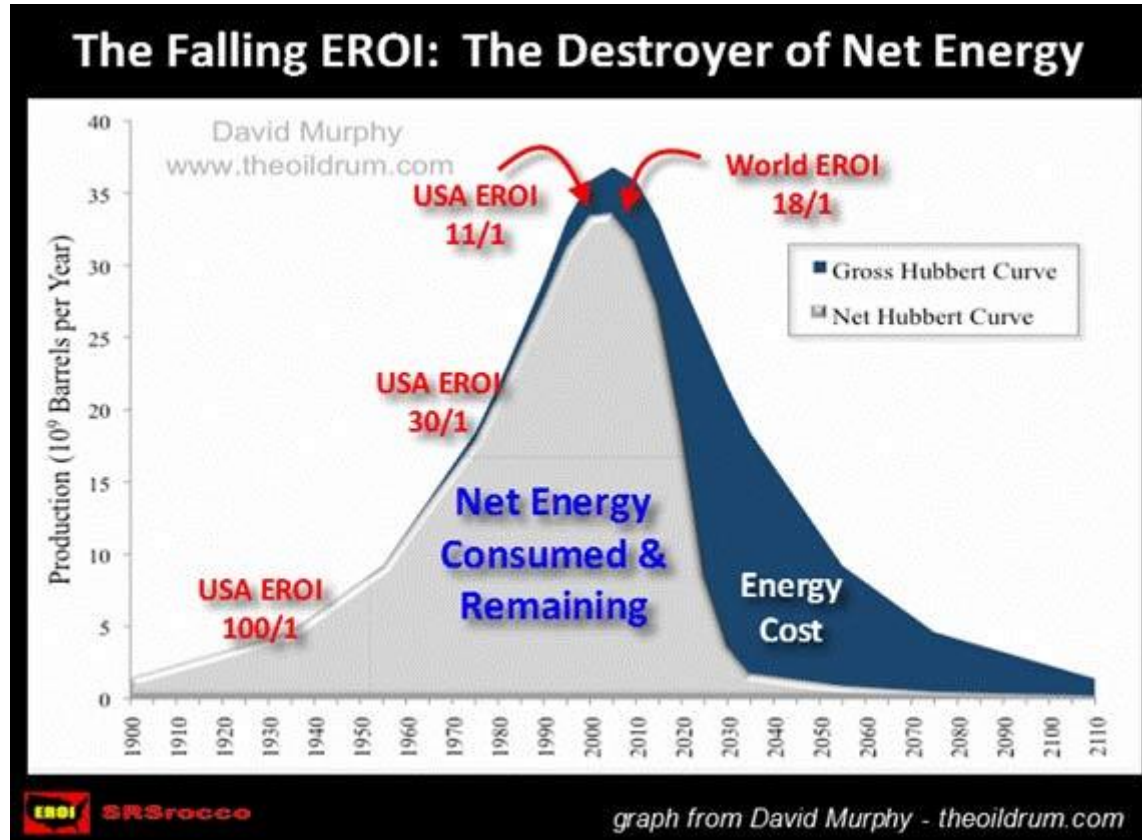
$$\text{EROI} = \frac{\text{Energy gained from an energy gathering activity}}{\text{Energy required to get that energy}}$$



# EROEI skardis



# EROEI skardis: nafta





# Energija ir ekonominis augimas

- Hall/Klitgaard: (aukšto EROEI) energija (daugiausiai iš iškastinio kuro) – pagrindinis ekonominio augimo veiksnys industrinėj epochoj (paaiškina didelę dalį Solow residual):
  - dabar vis labiau judam į post-industrinę epochą...
  - ... bet ar spėsime investuoti pakankamai į atsinaujinančius energijos šaltinius, kol ateis EROEI skardis?

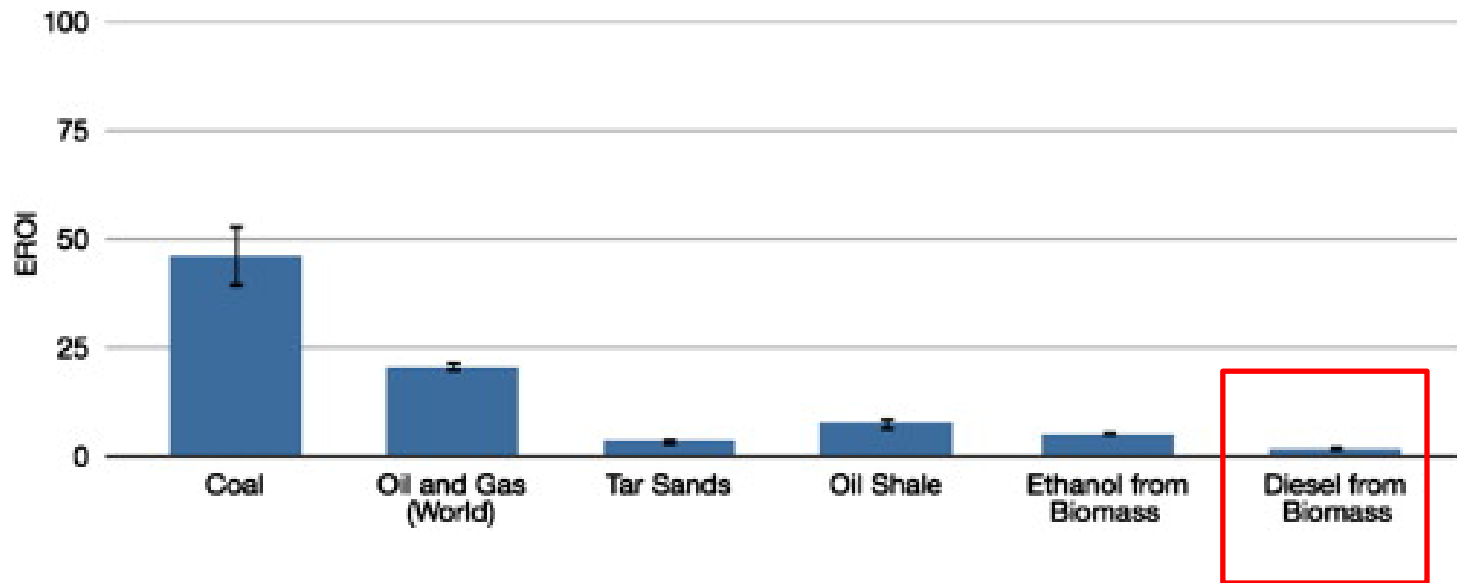
### **III. Kas iš tikro yra žalia + efektyvu: kelių (Lietuvos) atvejų analizė**

# Kas iš tikro žalia

- Žalia ar ne:
  - EROEI
  - gyvenimo ciklo požiūris, net tik teršimo vieta (dinaminė Input-Output analizė)
- Net jei ir (atrodo) žalia:
  - yra skirtingo ekonominio efektyvumo keliai jo link (LCOE (levelized cost of energy, naudos-kaštų santykis, atsižvelgiant į ALTERNATYVINIUS kaštus)

# EROEI

## ir „žalumas“ kabutėse



# I-O ir EROEI: kryžminis narys

Gamtinis I-O ir EROEI	E. Energija	A. ŽŪ (biodeg.)	B... Kita	C + G + I + EX
Vartojimo mokesčiai				
Pelnas				
Darbo užmokestis				
Nusidėvėjimas				
Importas				
Importas iš gamtos	Nafta	Saulės energija	Dujos	
E	Degalai (1)			
A			Degalai (1,2)	
B...		Trąšos		

# „Bio“dyzelis

- Iš maisto (!) degalai:
  - EROEI vos didesnis už 1? Pakeisti barelj naftos, sunaudojant barelj naftos gamybos procese?
  - tik (lobistų išmuštos) subsidijos įgalina tokią veiklą būti buhalteriskai „pelninga“
  - biodegalai ir 2007 m. maisto kainų krizė  
(<http://documents1.worldbank.org/curated/en/229961468140943023/pdf/WP4682.pdf>)

# Dujos kaip tarpinis kuras (po anglies)?

Net nedidelis **metano nuotėkis** dujų išgavime daro dujas beveik ekvivalentiškas angliai ŠESD kontekste:

<https://www.edf.org/climate/methane-studies>

## How do we fix the methane problem?

A [summary of our 16 studies](#) of the whole U.S. supply chain shows **methane emissions are significantly higher than we thought**, reinforcing that major reductions from this sector are urgently needed.

# „Žaliasis“ vandenilis



Raimondas Kuodis

2022-11-05 · 🌐



Gal jau laikas į Enminą įnešti (darbui būtina) sąvoką EROEI - energy return on energy invested.

Pas vandenilį jis - tragiškas, geriau elektrą naudoti nei elektrolizei, o tiesiogiai sprendžiant klimato kaitos problemas.

Jei kalbėtų apie 4 liamus, tai tegu žaidžia:).

400 liamų? Būt gerai, kad visuomenė būtų įsitikinusi, kad jie tikrai supranta, ką šneka ir daro:).

P.S. Fosilinių išlikimo viena strategijų yra vandenilis, nepamirškite:).

## Lietuvos investicijos į vandenilio gamybą – apie 400 mln. Eur

Publikuota: 2022-11-04





# „Žaliasis“ vandenilis



Martynas Nagevičius  
2021-11-14 · 🌐

Apie kodėl investicijos yra kaštai, o ne nauda, ką tik buvo\*. Na bet politikai kaifuoja nuo didelių skaičių - 10 milijardų skamba kaip telkenčioji lideristė. (Kuriuos apmokės ne jie, o vartotojai.)

Todėl investicijos turi būti protingos - su gera biofizine grąža, jei kalbam apie energetiką. Bet energetikos funkcionieriai vėl ir vėl kalba apie VANDENILIO stebuklą.)

O bet tačiau:

"Hydrogen is an energy carrier, not a primary energy source in itself. This means that it requires outside energy at each step – for its production, then for its compression or liquefaction when it's stored, and for its delivery and ultimate use. Moreover, energy is lost when the gas is converted to electricity by fuel cells. This voracious appetite has been aptly named the "parasitic" energy needs of hydrogen.

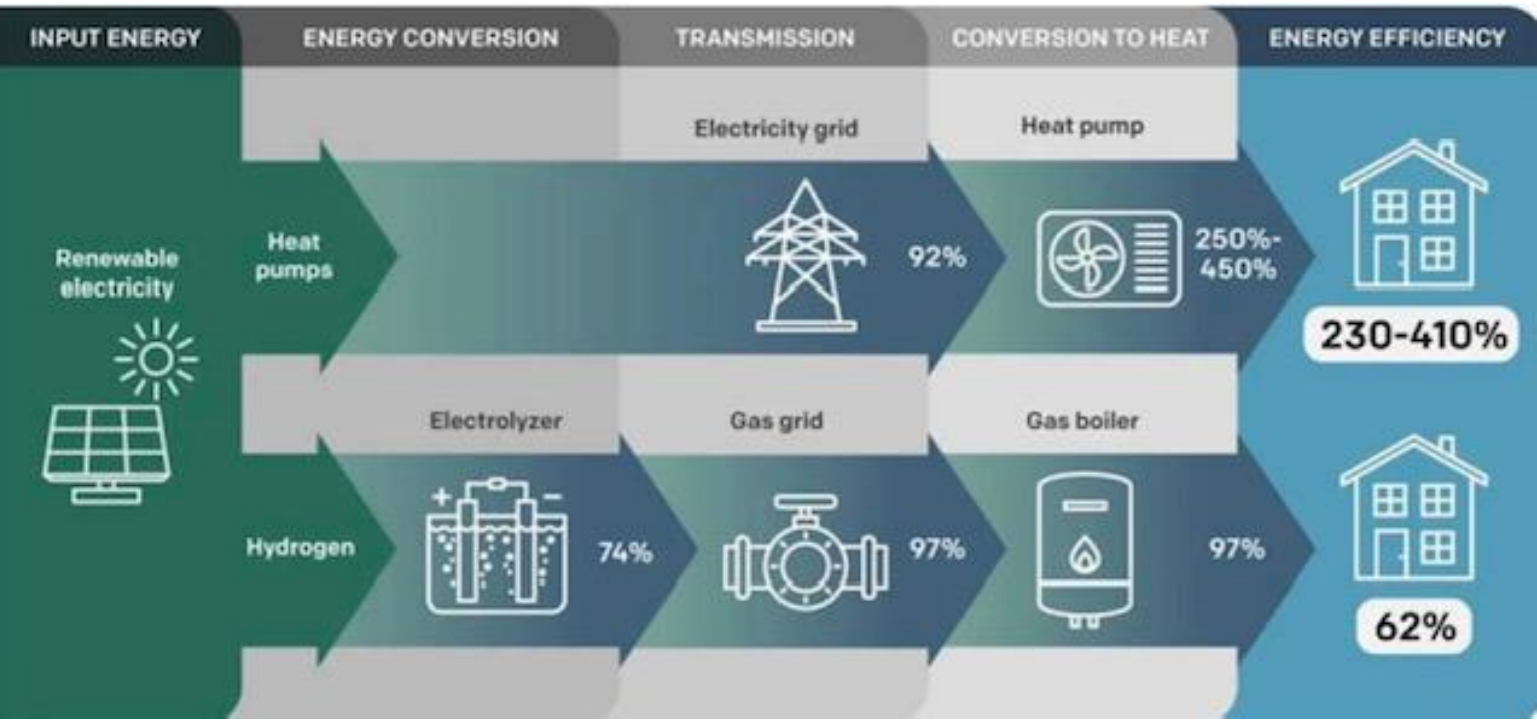
This aspect is made clear when the viability of energy is calculated according to the system used widely to compare the benefits and disadvantages of energy sources. This calculation is known by the acronym EROEI - Energy Return On the amount of Energy Invested, in order to produce energy in its usable form.

The EROI for fossil fuels has decreased as the availability of oil, coal, gas has reduced and the cost of production increased - what was an EROI of 100:1 last century is now sometimes little more than 10:1.\*\*

Hydroelectricity has the highest value at 84:1, compared with wind at 18:1 and solar lower according to whether battery storage costs are included.

For hydrogen the EROI is 1:4 or 1:5. In other words, it's demonstrably negative.\*\*\*\*\*

Maža to, EROEI dar net nėra alternatyvinių kaštų matas! Jei jau turi švarią elektrą, tai ją galima naudoti tiesiogiai kitoms CO2 mašinančioms veikloms, o ne "žalio" vandenilio gamybai\*\*\*. Apie tai daug diskutavom su [Martynas Nagevičius](#), bet lyg ir jau sutarėm:) Pradžioj jis teigė, kad nesvarbu koks proceso EROEI, svarbu kad jis bent per nago juodymą sumažina šiltnamio dujų emisijas...



# Ar dviratis = nulis CO2? (atsakymas M.N.)

Raimondas Kuodis

Martynas Nagevičius Power output is calculated on bicycle with the equation: Power in watts = Torque x Cadence. This is a cycling-specific version of the general equation Power = Force x Velocity. A kilojoule is unit of energy representing the work performed by producing watts in a given amount of time: Kilojoules = (watts x seconds)/1000. For example, riding at an absolutely constant 200 watts for 3600 seconds produces 720 kJ of work in an hour.

Calories are the potential energy in food, and kilojoules are kinetic energy of turning the pedals. Your body burns calories so your muscles can produce force, and the work performed by muscles to move a bicycle is expressed as kilojoules.

## Kilojoules to Calories Conversion

The burning question, so to speak, is how many calories are burned to produce how many kilojoules? Both are units of energy and 1 kilocalorie = 4.184 kilojoules.

Here's where things get tricky. Your body tries to burn 1 food calorie (1 kilocalorie) to produce 4.184 kilojoules of work, but a cyclist's Gross Metabolic Efficiency (GME) is only 20-25%. That means only 20-25% of the energy from fuel (calories) ends up doing mechanical work. The rest is lost as heat. So, if only one quarter of a food calorie ends up as work, then only 25% of 4.184 kilojoules of work is produced. Hence, for practical reasons we estimate the ratio of calories burned to kilojoules produced to be 1:1 during cycling.

1h Like Reply



# **V. Žaliosios strategijos elementai**

# LT energetikos strategija

- Daugiau dujų adatų ar (iš esmės) dujų atsisakymas?
- Brangi branduolinė gigantomanija ar iš tikro žalios investicijos?
- Plačiau:
- [http://ekonomika.org.gedutis.serveriai.lt/Econlib/rk\\_energ\\_strat\\_2013.pdf](http://ekonomika.org.gedutis.serveriai.lt/Econlib/rk_energ_strat_2013.pdf)

# Branduolinė energetika ir gyvenimo ciklas (VAE prisimenant)

Branduolinis ciklas iš 14 stadijų (Shrader-Frechette (2011), What Will Work, OUP):

- (1) mining uranium ore—or leaching it out, by using hundreds of metric tons of chemicals such as sulfuric acid, nitric acid, and ammonia;
- (2) milling the ore to extract the roughly 0.2 percent uranium oxide (U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>) from it;
- (3) converting the U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> to gaseous uranium hexafluoride (UF<sub>6</sub>) by means of fluorine;
- (4) enriching the UF<sub>6</sub> so that it becomes 3.5 percent U-235 (rather than 0.7 percent, as in natural uranium), and removing the 85 percent of the UF<sub>6</sub> which are enrichment tails;
- (5) fabricating the fuel into ceramic pellets of uranium dioxide (UO<sub>2</sub>), packing the pellets into zirconium alloy tubes, then bundling the tubes together to form fuel rods for reactors;
- (6) constructing the reactor, which takes 10-12 years or more (ir kiek reikia betono, metalo etc., kurių gamybai naudojama daug iškastinio kuro – RK);
- (7) operating the reactor;
- (8) reprocessing waste fuel or spent fuel;
- (9) conditioning the spent fuel;
- (10) storing radioactive waste (in pools of water on the reactor site) until it is cool enough for transport and permanent storage;
- (11) transporting the waste to a secure, permanent, storage facility;
- (12) storing the waste permanently in a secure facility;
- (13) decommissioning the reactor; and
- (14) reclaiming the uranium mines, milling facilities, enrichment facilities, and so on

Išvada: iš esmės branduolinė energetika = gamtinių dujų deginimui

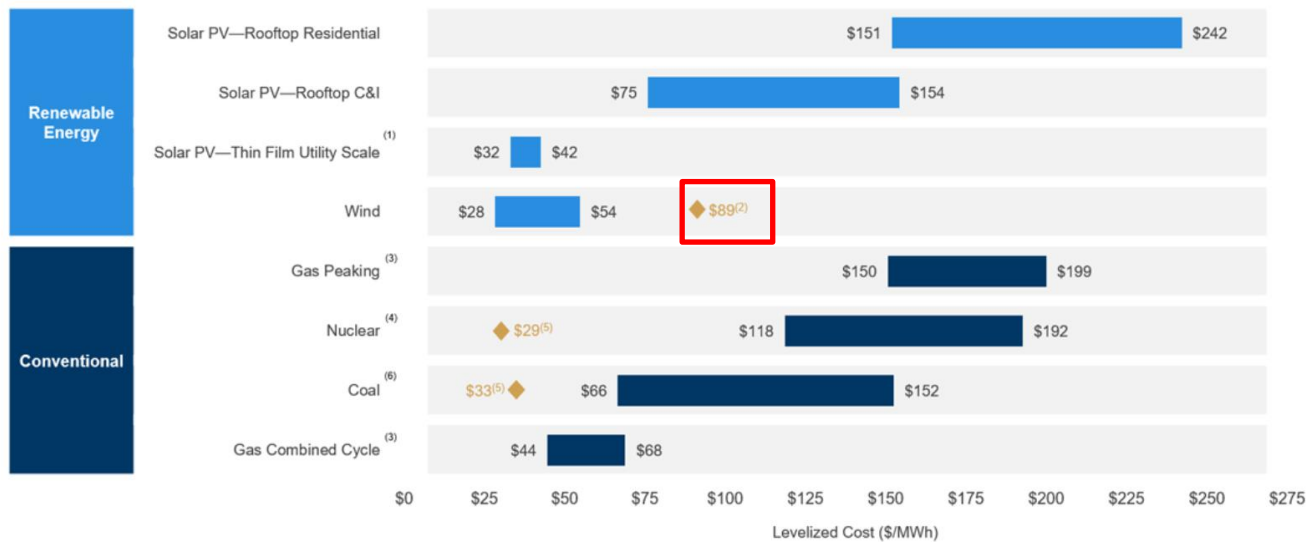
# Protinga renovacija

- Daugiau:
- [http://ekonomika.org.gedutis.serveriai.lt/Econlib/rk\\_renov\\_klaidos\\_2014.pdf](http://ekonomika.org.gedutis.serveriai.lt/Econlib/rk_renov_klaidos_2014.pdf)
- [http://ekonomika.org.gedutis.serveriai.lt/Econlib/rk\\_renov\\_opt\\_2013.pdf](http://ekonomika.org.gedutis.serveriai.lt/Econlib/rk_renov_opt_2013.pdf)

# Vėjo energetikos LCOE: kodėl LT valdžia nori offshore parko?

## Levelized Cost of Energy Comparison—Unsubsidized Analysis

Selected renewable energy generation technologies are cost-competitive with conventional generation technologies under certain circumstances



Source: Lazard estimates.

Note: Here and throughout this presentation, unless otherwise indicated, the analysis assumes 60% debt at 8% interest rate and 40% equity at 12% cost. Please see page titled "Levelized Cost of Energy Comparison—Sensitivity to Cost of Capital" for cost of capital sensitivities. These results are not intended to represent any particular geography. Please see page titled "Solar PV versus Gas Peaking and Wind versus CCGT—Global Markets" for regional sensitivities to selected technologies.

(1) Unless otherwise indicated herein, the low end represents a single-axis tracking system and the high end represents a fixed-tilt system.

(2) Represents the estimated implied midpoint of the LCOE of offshore wind, assuming a capital cost range of approximately \$2.33 – \$3.53 per watt.

(3) The fuel cost assumption for Lazard's global, unsubsidized analysis for gas-fired generation resources is \$3.45/MMBTU.

(4) Unless otherwise indicated, the analysis herein does not reflect decommissioning costs, ongoing maintenance-related capital expenditures or the potential economic impacts of federal loan guarantees or other subsidies.

(5) Represents the midpoint of the marginal cost of operating coal and nuclear facilities, inclusive of decommissioning costs for nuclear facilities. Analysis assumes that the salvage value for a decommissioned coal plant is equivalent to its decommissioning and site restoration costs. Inputs are derived from a benchmark of operating coal and nuclear assets across the U.S. Capacity factors, fuel and variable and fixed operating expenses are based on upper and lower quartile estimates derived from Lazard's research. Please see page titled "Levelized Cost of Energy Comparison—Renewable Energy versus Marginal Cost of Selected Existing Conventional Generation" for additional details.

(6) High end incorporates 90% carbon capture and compression. Does not include cost of transportation and storage.



# Transportas

- **130 km/h greitis** magistralėse nepraeina KNA:
  - sutaupyto laiko vertė nedidelė palyginti su kaštais (kuro, ŠESD)
  - kuro sąnaudos (ir CO2 emisijos yra **greičio KVADRATO** funkcija
- Olandai mažina iki 100 km/h:
  - LT didina Vilnius-Kaunas 😊

# Energetikos ir ŠESD bendras modeliavimas

- **Least-cost modelių** pranašumas:
  - mažiau **neprotingų investicijų** (VAE, terminalas...)
  - labiau **suderinta nacionalinė politika** (pvz., **šiukšlių perdirbimo/deginimo pajėgumai; konkurencija vs. planavimas šilumos ūkyje**)
- **Daugiau:**  
[http://www.ekonomika.org.gedutis.serveriai.lt/Econlib/rk\\_LT\\_MKM\\_2013.pdf](http://www.ekonomika.org.gedutis.serveriai.lt/Econlib/rk_LT_MKM_2013.pdf)

# Plačiau:

