



Co-funded by the European  
Union under the Horizon  
Europe Grant No 101083746



NAUJOS KARTOS  
LIETUVA



LIETUVOS  
ENERGETIKOS  
INSTITUTAS



Federal Ministry  
for Economic Affairs  
and Climate Action



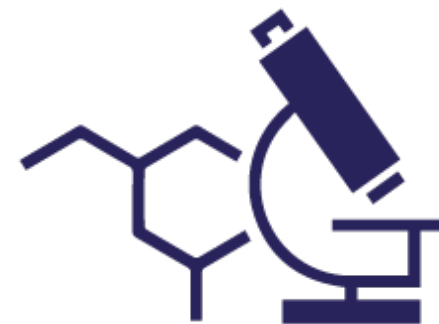
European  
Climate Initiative  
EUKI

# Vandenilio vaidmuo savivaldybės energetinėje sistemoje

Dr. Darius Milčius  
Vandenilio energetikos technologijų centras  
Lietuvos energetikos institutas

2024, Molėtai

# Vandenilio Energetikos Technologijų Centras



- **Moksliniai tyrimai.**
- **Ekspertavimas.**
- **Konsultacijos.**
- **Mokymai.**
- **Projektinės veiklos.**

# VANDENILIO SAVYBĖS



-  Paprasčiausias cheminis elementas (1 protonas, 1 elektronas)
-  14 kartų lengvesnis už orą
-  75% visatos masės (9 labiausiai paplitęs elementas Žemėje)
-  Bespalvis, beskonis, bekvapis
-  Dėl skvarbumo reikalingos specifinės saugojimo sąlygos
-  Gali saugoti kitur generuojamą energiją
-  Paprastai randamas junginiuose (išimtis – baltas vandenilis)
-  Didžiausias energijos kiekis iš masės vienetu dujose
-  Skystėjimo temperatūra:  $-253^{\circ}\text{C}$



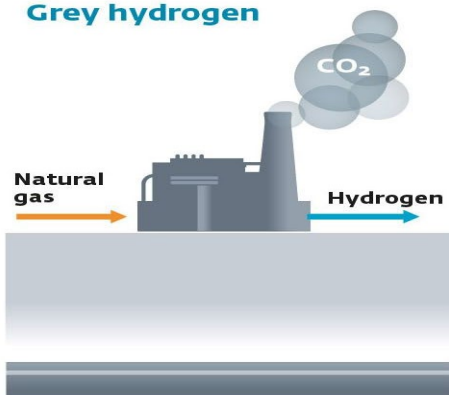
# Vandenilio spalvos



## Pilkasis (Riformingas)

- Plačiausiai naudojamas (Apie 95 % viso  $H_2$ );
- Gaminamas iš angliavandenilių;
- Šalutinis produktas:  $H_2O$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ .

Grey hydrogen

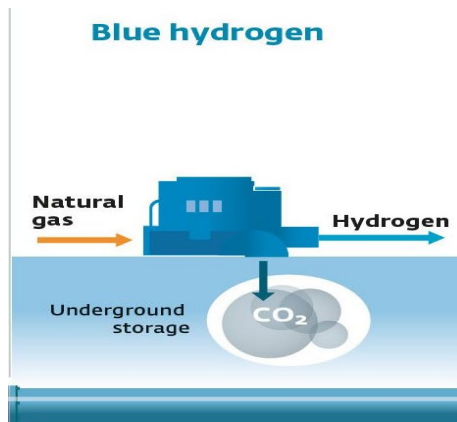


$1\text{kg } H_2 \rightarrow 8-12\text{ kg } CO_2$

## Mėlynasis (Riformingas su „CCS“)

- CCS – Carbon Capture and Storage ( $CO_2$  gaudyklės)
- Iki 0,5 % viso  $H_2$ ;
- Gaminamas iš angliavandenilių;
- Šalutinis produktas :  $H_2O$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ .

Blue hydrogen

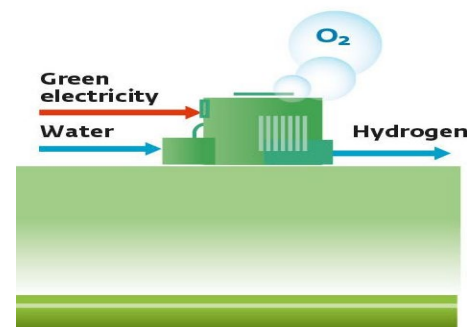


$1\text{kg } H_2 \rightarrow 8-12\text{ kg } CO_2$

## Žaliasis (Elektrolizė)

- $2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$ ;
- Apie 4 % viso  $H_2$ ;
- Elektrodai, elektrolitas, nuolatinės srovės šaltinis;
- Švarus gavybos metodas.

Green hydrogen



$1\text{kg } H_2 \rightarrow 0\text{ kg } CO_2$

## Kiti (<1 % viso $H_2$ )

- Pirolizė iš gamtinių dujų

- Elektrolizė iš branduolinės energijos

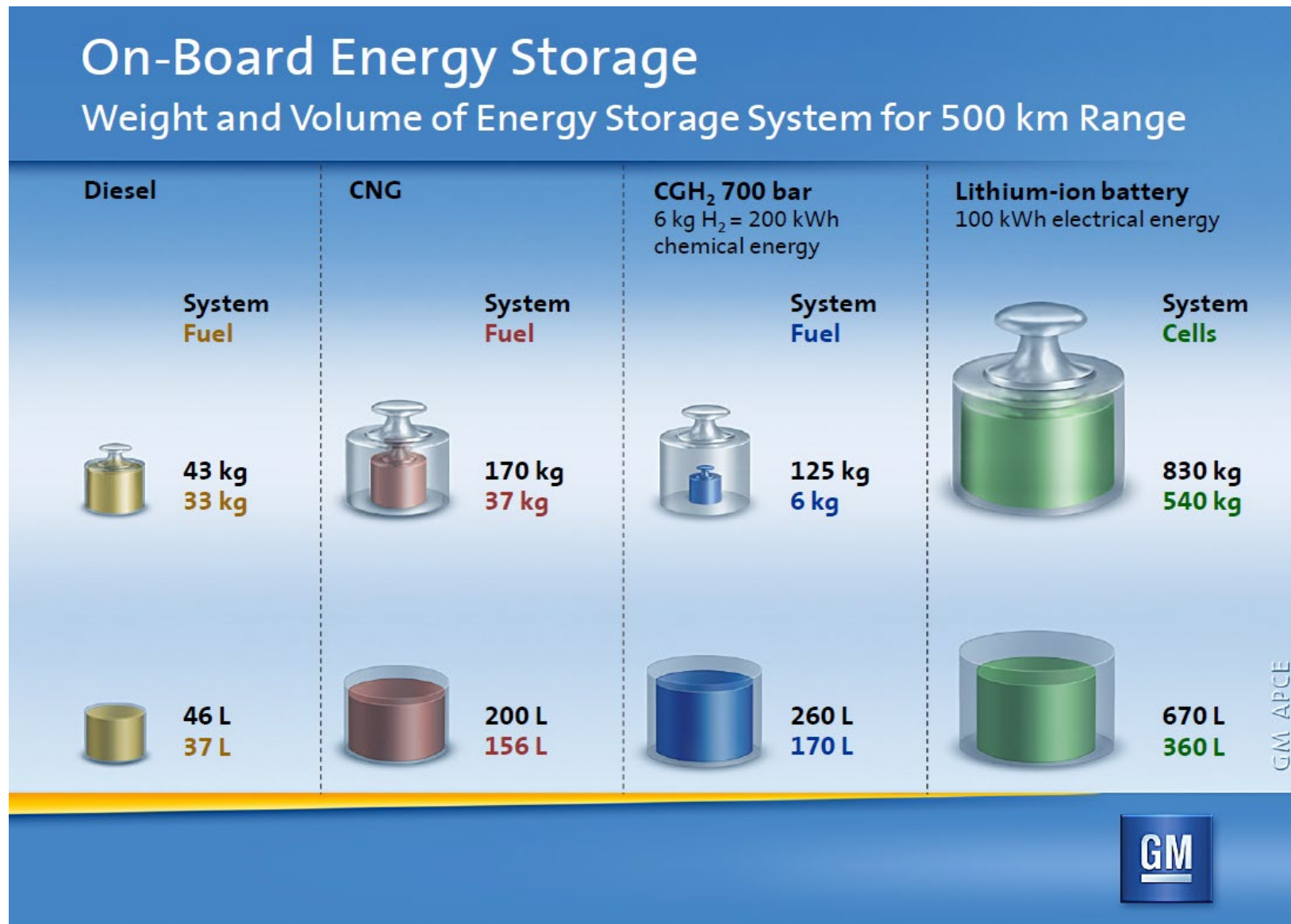
- Katalizinis skaidymas iš branduolinės energijos

- Gazifikacija iš rusvosios anglies

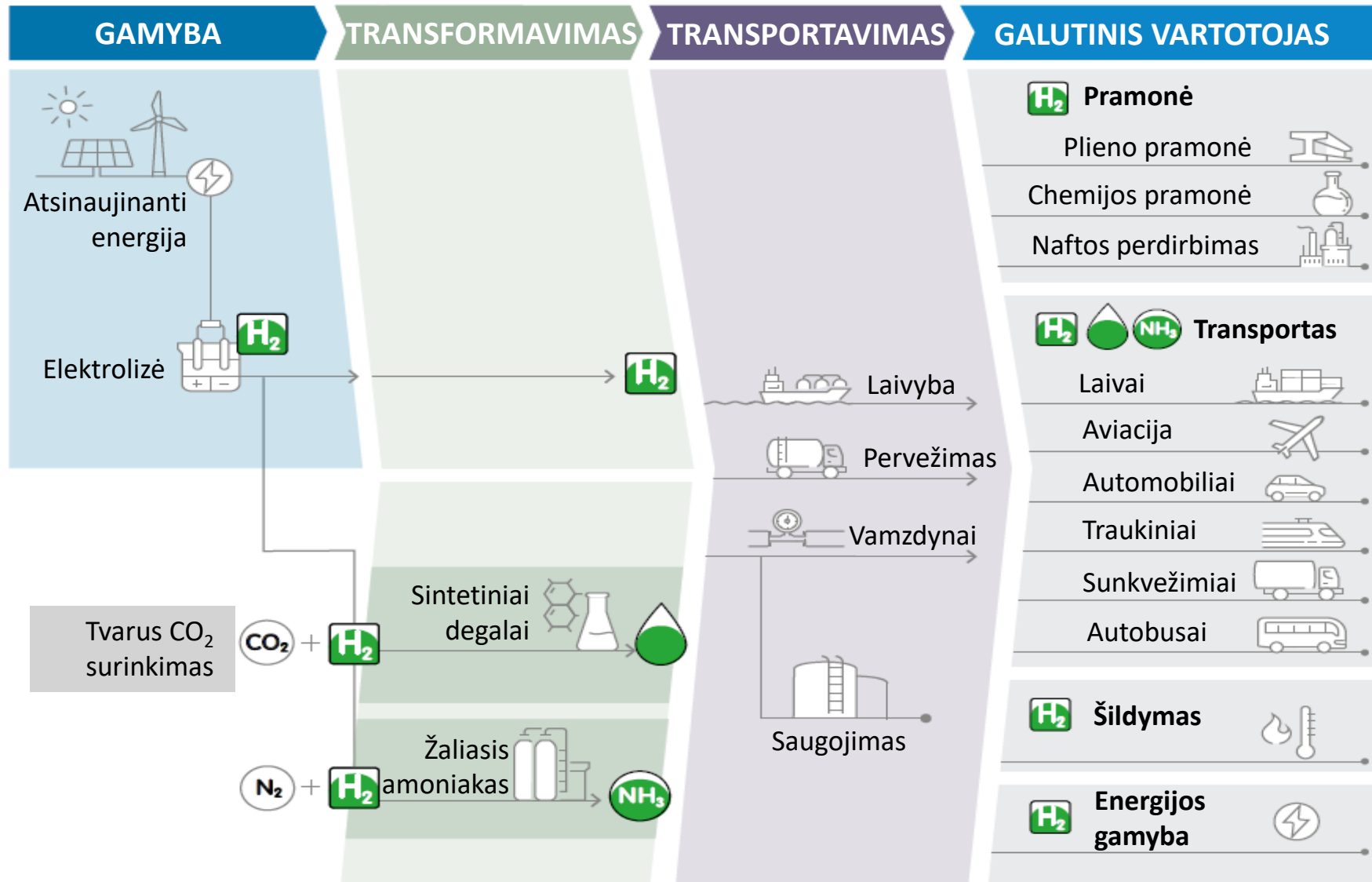
- Gazifikacija iš anglies

Baltas (arba auksinis) vandenilis

# Energijos nešėjai transportui



# VANDENILIO VERTĖS GRANDINĖ

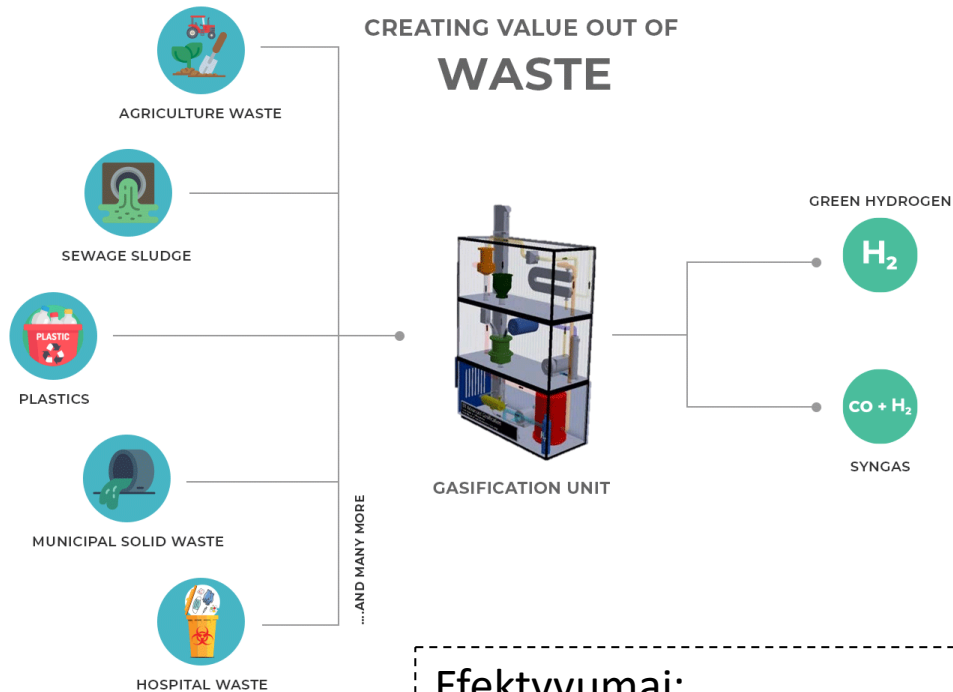




# H<sub>2</sub> SAVIVALDYBĒMS: ŠIUKŠLĒS / CH<sub>4</sub> → H<sub>2</sub>

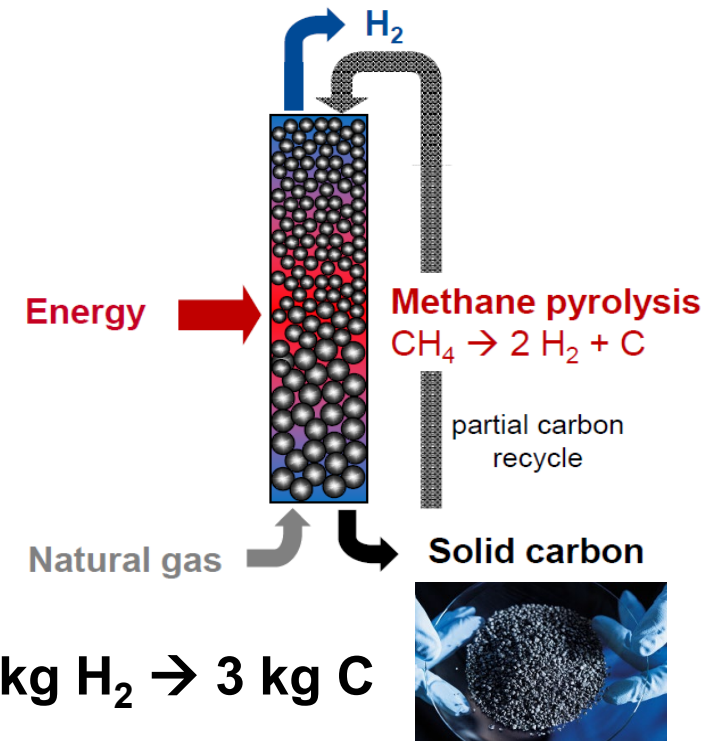


## Gazifikacija



Efektivumai:  
Gazifikacija – iki 69%  
Metano pirolizē – iki 58 %

## Metano Pirolizē



Kordinatorius

Lietuva



Slovēnija



Jožef Stefan Institute

Latvija



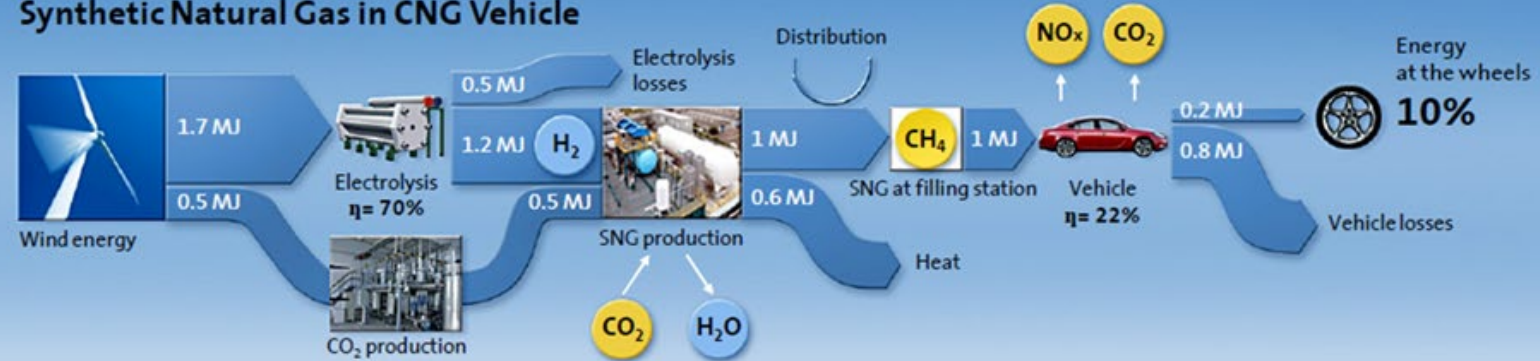
LATVIJAS UNIVERSITĀTES  
CIETVIELU FIZIKAS INSTITŪTS  
INSTITUTE OF SOLID STATE PHYSICS  
UNIVERSITY OF LATVIA

# Energijos nešėjai transportui

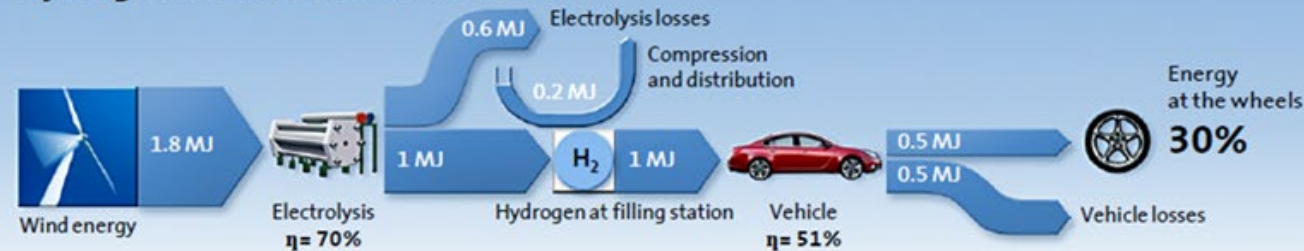
## Renewable Energy Usage as SNG and Hydrogen

Assessment based on 1 MJ of chemical energy available at filling station

### Synthetic Natural Gas in CNG Vehicle



### Hydrogen in Fuel Cell Electric Vehicle



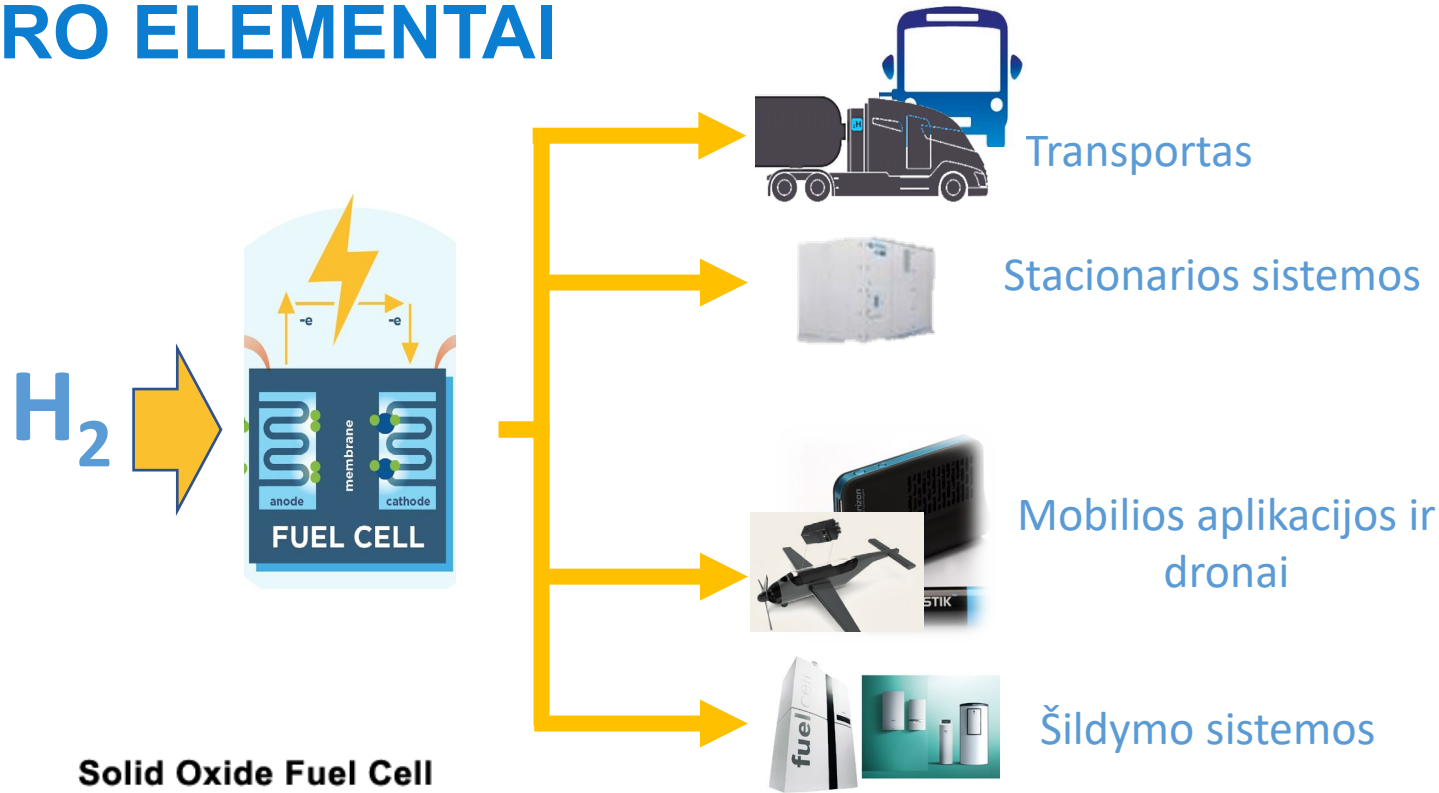
➔ To reach high efficiency, reduction of the number of energy conversion steps to a minimum and application of electric powertrain concepts is required

Source: 2011 presentation „Synthetisches Methan aus Windstrom“ to the „Verkehrswirtschaftliche Energiestrategie (VES)“ by J. Wind, D. Kreyenberg (both Daimler), and U. Eberle (GM) based on LBST and EUCAR/CONCAWE/JRC Well-to-Wheel assessments (2010)





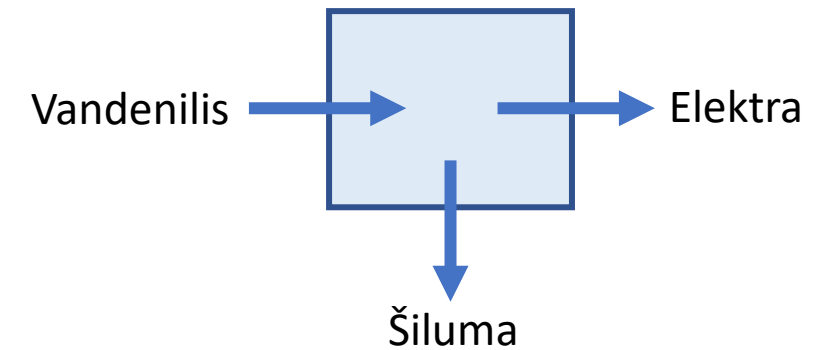
# KURO ELEMENTAI



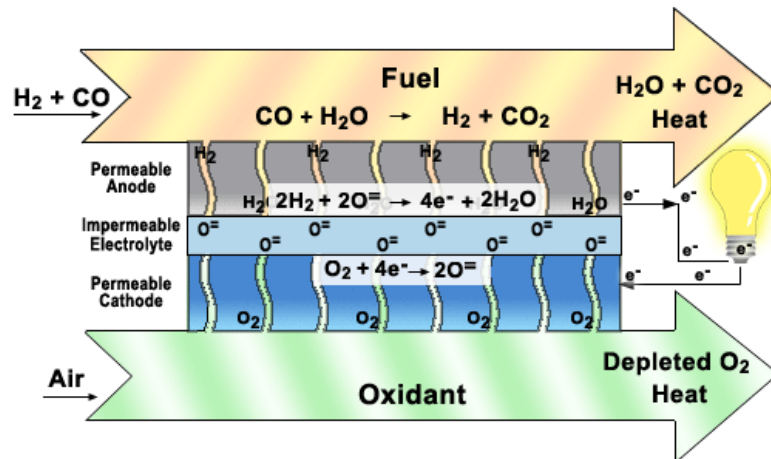
**Kuro elementas (PEM)**

**(40-60 % efektyvumas)**

**1kg H<sub>2</sub> → 33 kWh**



**Solid Oxide Fuel Cell**



# ŽALIOJO VANDENILIO RINKOS AUGIMO PROGNOZĖS

- ✓ „Transparency Market Research“: Pasaulinė žaliojo H<sub>2</sub> rinka per ateinantį dešimtmetį **kasmet** turėtų **augti apie 50 %**;
- ✓ Rinkos dydis nuo dabartinės **2,10 mlrd. eurų** turėtų padidėti iki maždaug **133,5 mlrd. eurų** 2031 metais;
- ✓ „Guidehouse Insights“: iki 2031 m. elektrolizerių **pasiūla ir paklausa padidės 8000 proc.**

**Commission invests €3 billion in innovative clean tech projects to deliver on REPowerEU and accelerate Europe's energy independence from Russian fossil fuels**

**EC green lights €5.4 bn for IPCEI Hy2Tech**

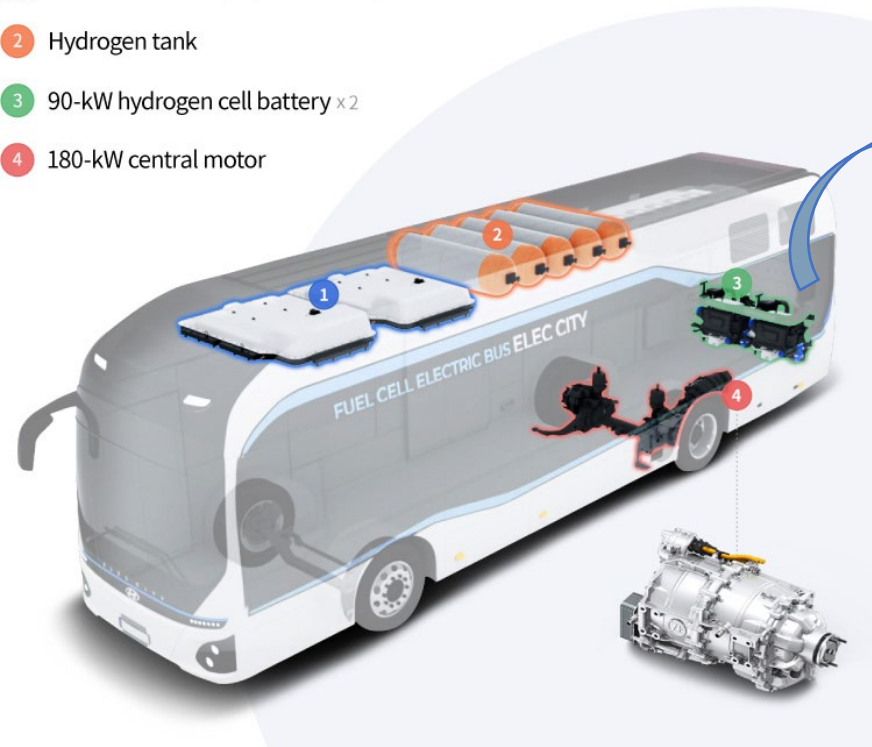
**EU approves €5.2 billion for IPCEI Hy2Use**

# H<sub>2</sub> SAVIVALDYBĖMS: TRANSPORTAS

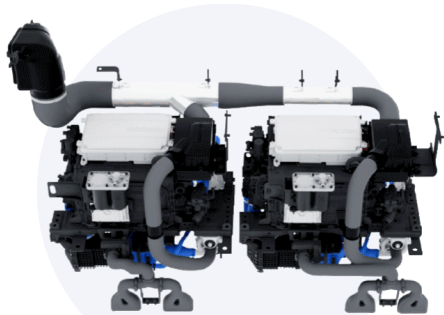


## Hydrogen-powered Elec City structure

- 1 78.4-kWh lithium polymer battery x2
- 2 Hydrogen tank
- 3 90-kW hydrogen cell battery x2
- 4 180-kW central motor



Hydrogen Fuel Cell System of Elec City bus



- 1 Air intake O<sub>2</sub>
- 2 Hydrogen supply
- 3 H<sub>2</sub> + O<sub>2</sub> = Electric energy
- 4 Emits water



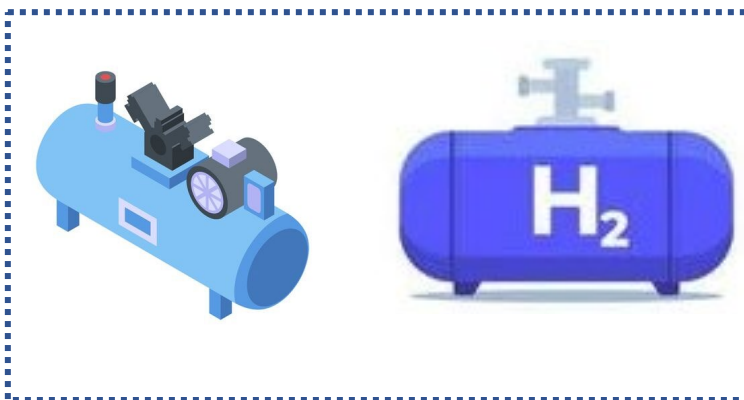
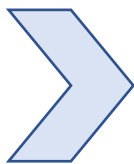
## Green Bus Specifications

|                                                | Electric Elec City                                                         | Hydrogen-powered Elec City                                    |
|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| N. Of passengers<br>Seats / standings / driver | 27/20/1 person(s)                                                          | 22/25/1 person(s)<br>Default hip rest                         |
| Max. Output                                    | 240kW                                                                      | 180kW                                                         |
| Charging time                                  | 72 minutes until fully charged                                             | 15 minutes until fully charged                                |
| Charging method                                | Electricity                                                                | Hydrogen                                                      |
| Range<br>Seoul Mode simulation                 | 210 km (0.92km/kWh)<br>When similar EV efficiency measurements are applied | Over 434km (14.54km/kg)                                       |
| CO <sub>2</sub> emission                       | No                                                                         | No                                                            |
| Features                                       | Lower noise, less vibration, high power                                    | Lower noise, less vibration, high power, long-distance travel |

# PAGRINDINIAI H<sub>2</sub> UŽPILDYMO KOLONĖLĖS KOMPONENTAI



Vandenilio generavimas ar transportavimas



Vandenilio suslėgimas ir saugojimas

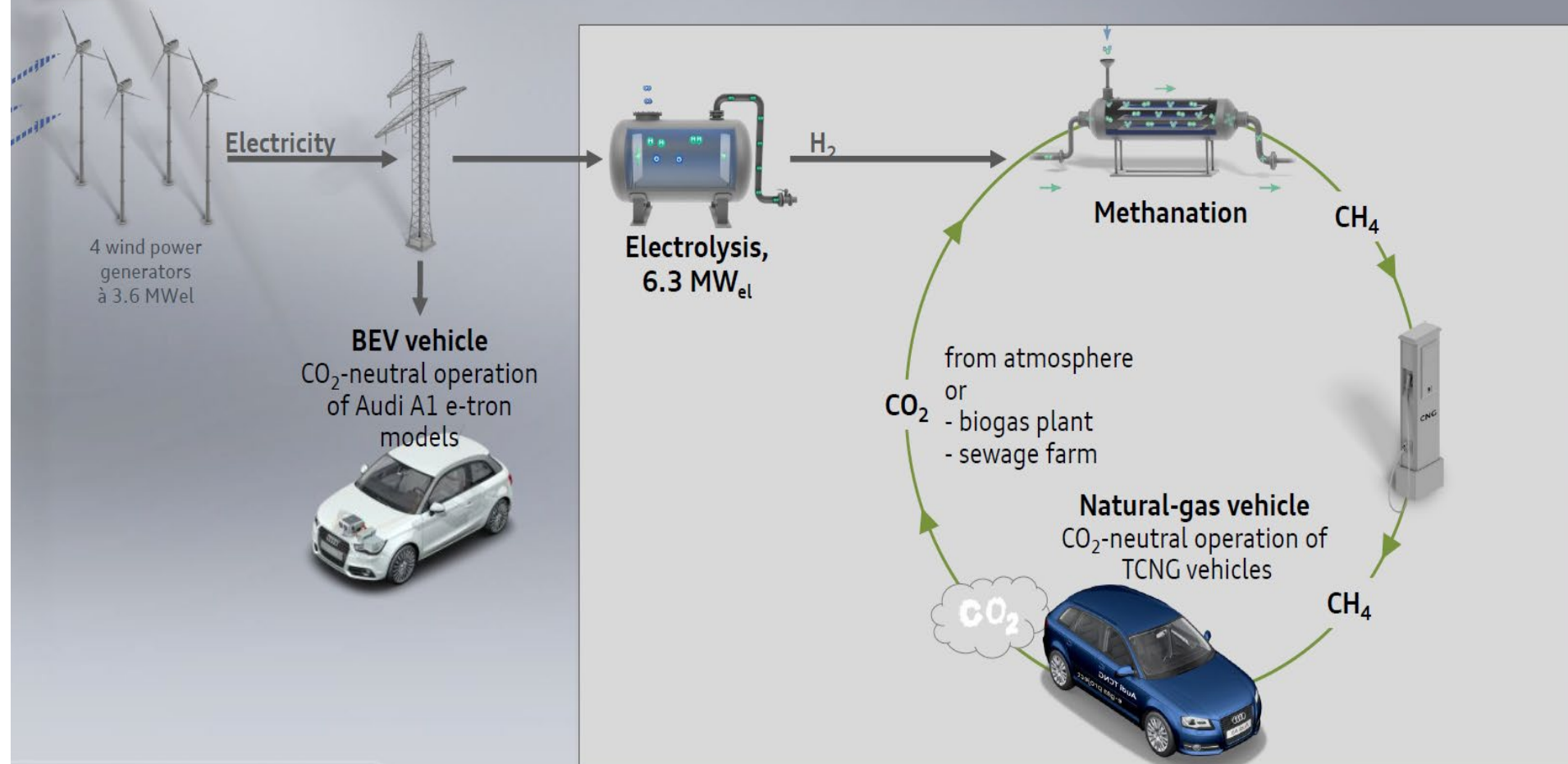


Dispenceris





## CO<sub>2</sub> neutrality for e-tron and TCNG models



Audi balanced mobility



Audi Vorsprung durch Technik





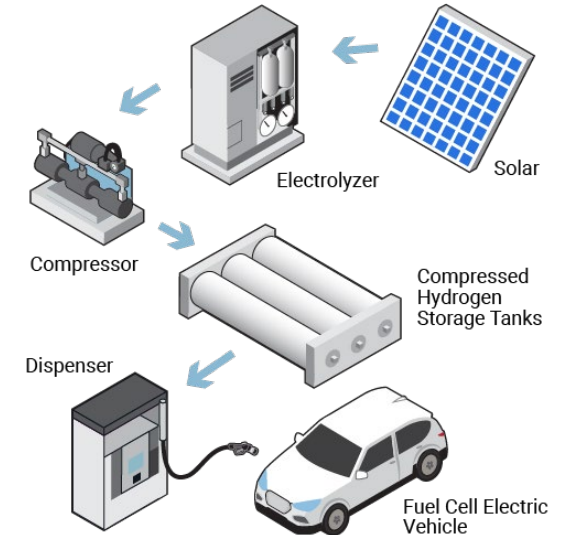
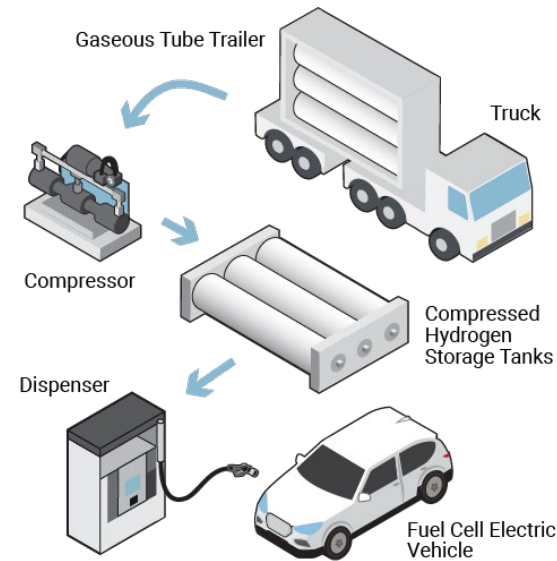
# VANDENILIO UŽPILDYMO KOLONĖLIŲ, BEI VANDENILIO KAINOS



| Regionas           | Vandenilio kaina |
|--------------------|------------------|
| Vokietija          | 11 – 14 Eur/kg   |
| Jungtinė Karalystė | 14 Eur/kg        |
| Danija             | 11 – 14 Eur/kg   |
| Šveicarija         | 12 – 14 Eur/kg   |
| Nyderlandai        | 14 Eur/kg        |
| Italija            | 14 Eur/kg        |
| JAV (Kalifornija)  | 16 – 24 Eur/kg   |
| Japonija           | 12 – 14 Eur/kg   |

1 kg → 100 km

<https://h2.live/en/tankstellen/>  
<https://h2stationmaps.com/costs-and-financing>



Vandenilio kolonėlės kaina: 1 – 1,5 mln. Eur

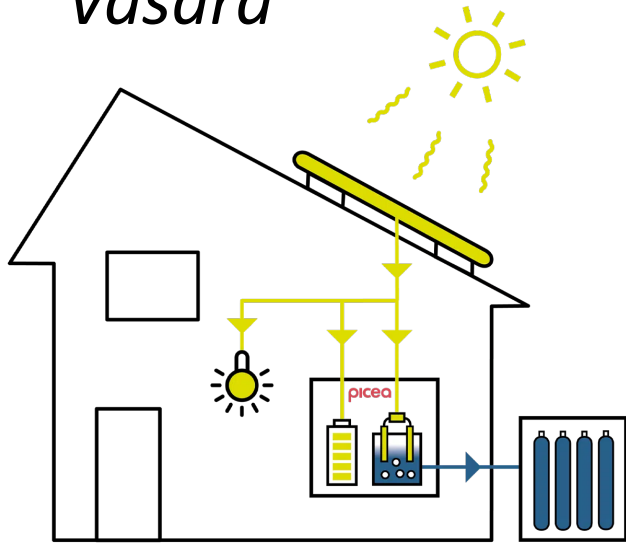
Vandenilio kolonėlės kaina su elektrolizeriu (1 MW): 2 – 2,5 mln. Eur

Vidutinės kolonėlės pajėgumas: 1240 kg/dienai

# ENERGIJOS PERKĖLIMAS: VASARA – ŽIEMA

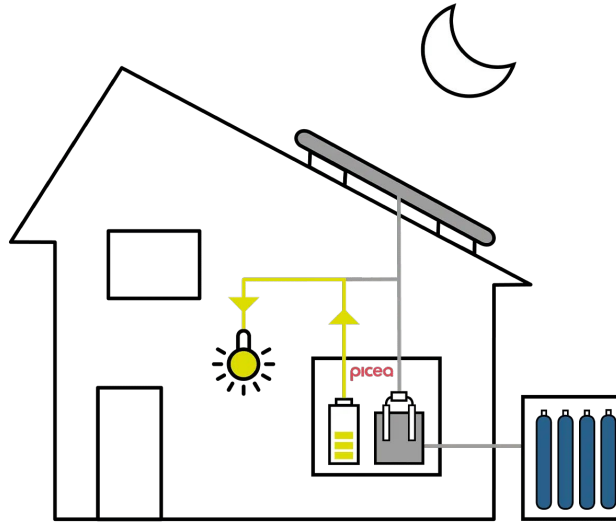


*Vasara*



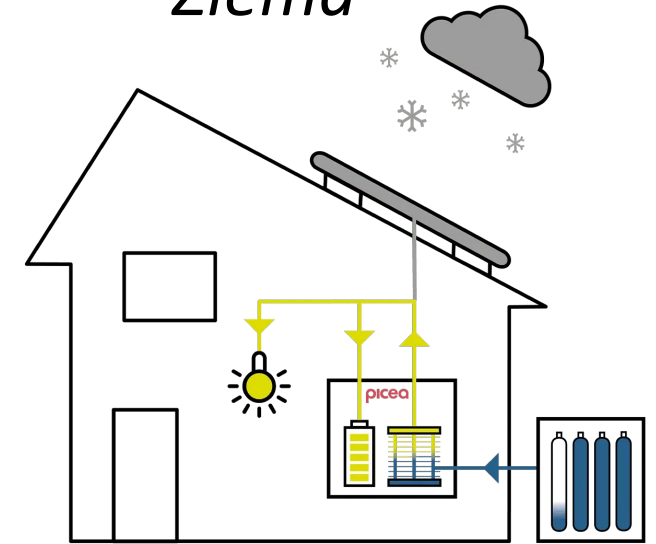
- Nesuvargota energija kaupiama **baterijoje**
- Kai baterija pilna gaminamas **H<sub>2</sub>** žiemai

*Debesys ar sutema*



- **Baterija** tiekia reikalingą elektros energiją

*Žiema*



- **Kuro elementas** naudoja sukauptą H<sub>2</sub> ir gamina elektros energiją
- **Vandenilis** aprūpina namus ir įkrauna bateriją



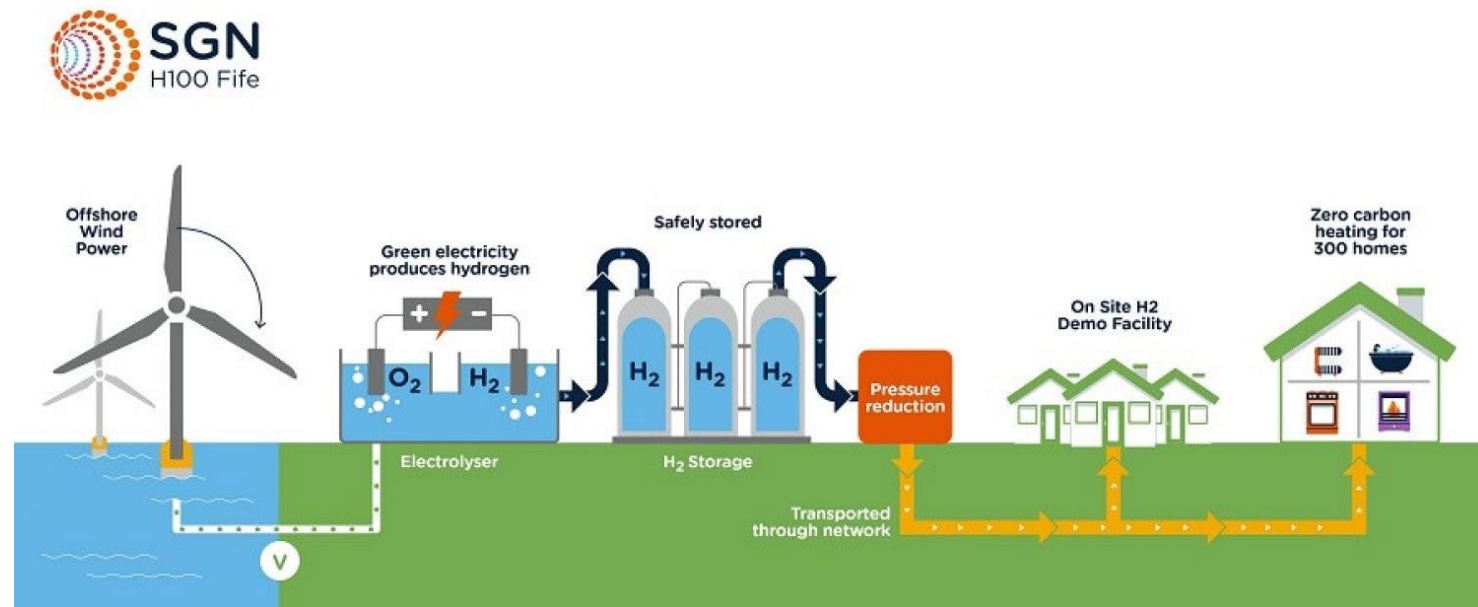
**Home Power  
Solutions**

# ŠKOTIJOS NAMAI PIRMIEJI PASAULYJE NAUDOS 100 % ŽALIAJĄ VANDENILĮ

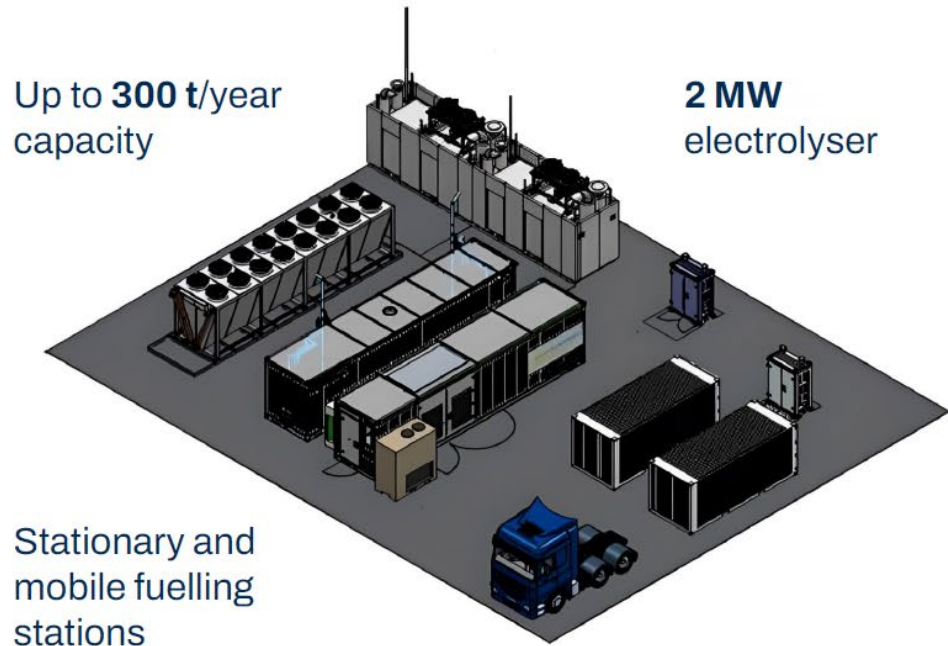


## Projektas – H100 Fife

- Plėtojamos instaliacijos 300 namų komplekse. Sėkmingai užbaigus pirmąjį bandymo etapą, gali būti įtraukta iki 1000 namų.
- Namuose bus nemokami įrengti katilai, šildytuvai ir maisto ruošimo prietaisai adaptuoti veikti su H<sub>2</sub> dujomis.
- Projektas baigsis 2027 m.



# PROJEKTAI LIETUVOJE



2025 m. balandis  
H<sub>2</sub> gamybos pradžia

## ŽALIOJO VANDENILIO GAMYBA VILNIUJE

Investments

**8 055 000 Eur** w/o VAT

**70 %**  
Subsidy

**30 %**  
Vilnius city



Capacity of electrolyser

**3 MW**



Hydrogen production technology

**PEM electrolyser**



Hydrogen storage capacity

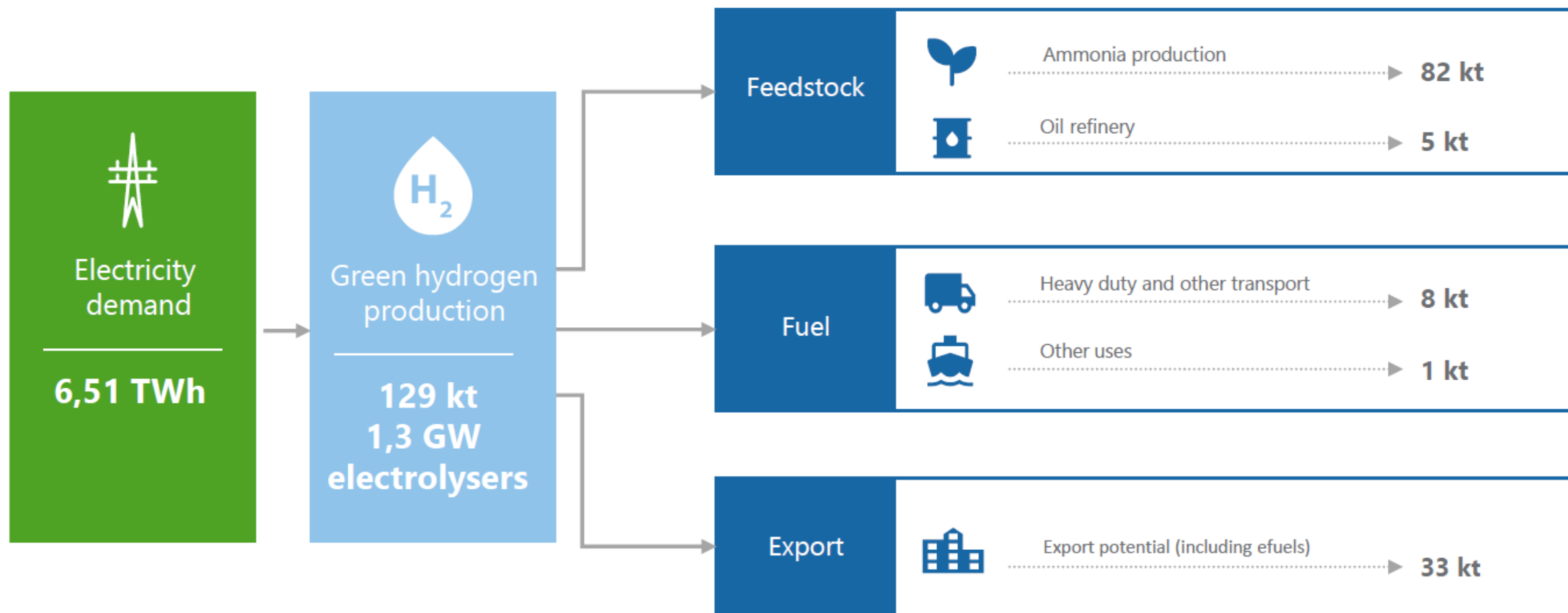
**1700 kg**



Commissioning in

**2026**

# Lietuvos H<sub>2</sub> tikslai iki 2030

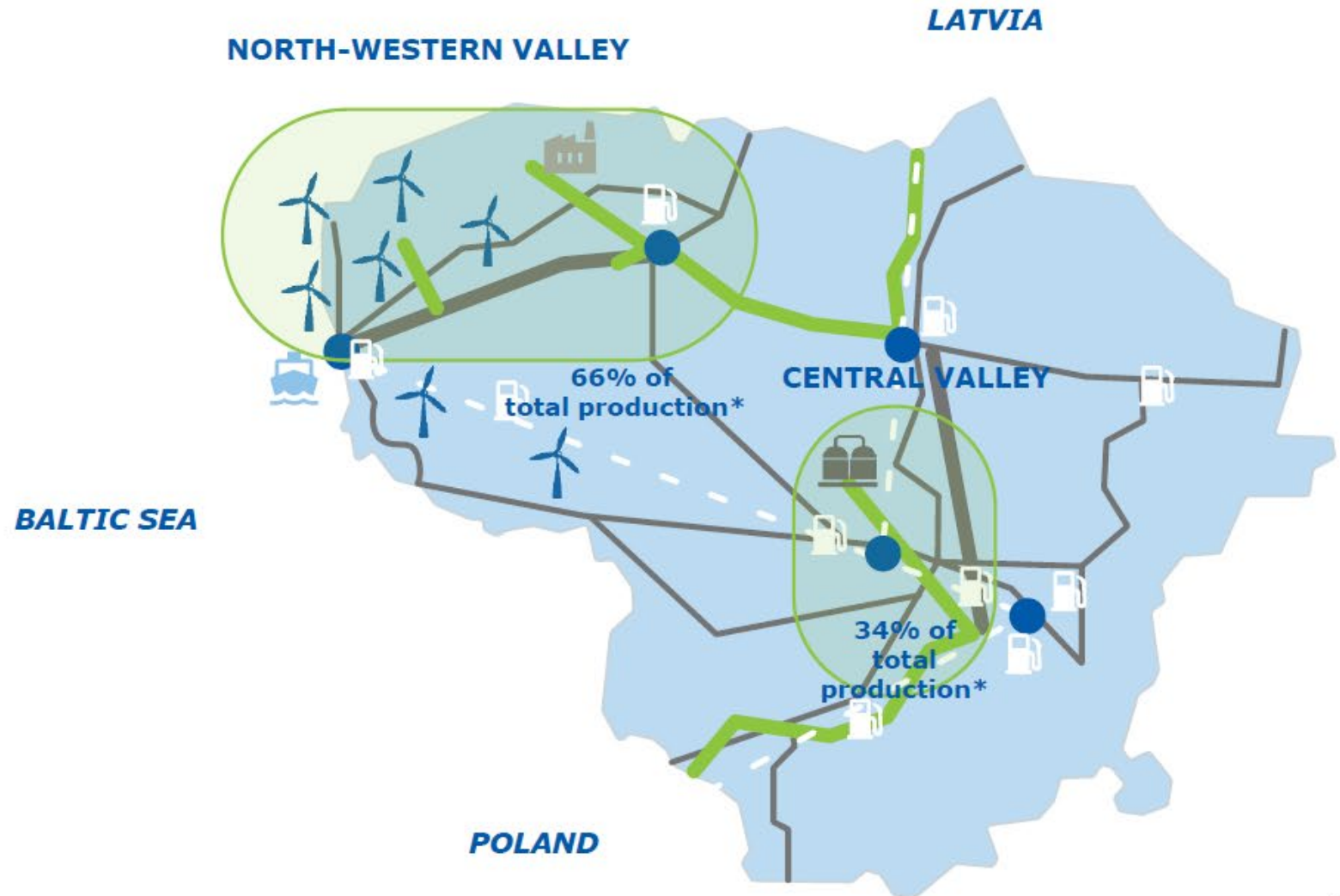




# Hydrogen infrastructure in Lithuania

Two regions in Lithuania will be the main hydrogen production centers

*\*Rough estimates of production potential for 2050*



***Teisinis reguliavimas:*** Ar tikrai pagamintas vandenilis žalias? T. y. jei elektrolyzerio darbo metu vandenilio/išvestinių produktų (pvz. žalieji angliavandeniliai) gamintojas turės sąlytį su elektros perdavimo/skirstomaisiais tinklais tai sertifikuoti, kad vandenilis žalias – gali iškilti iššūkių. Ir kas atliks sertifikavimą Lietuvoje? Ir ar Lietuvoje pagamintas žaliasis tikrai bus pripažintas kaip žalias vandenilis Europoje? Reiktų sukurti aiškią žaliojo vandenilio sertifikavimo sistemą ir tai komunikuoti potencialiems gamintojams.

***Elektros tiekimo užtikrinimas:*** norint pasiekti optimalų elektrolyzerio darbo režimą, reikia elektros energiją tiekti 24/7, gamybos režimas >60 % apkrova pastoviai. Kitu atveju elektrolyzerio celę gali tekti keisti ne kas 8 -10 metų o kas 2-3. Tai turėtų neigiamą įtaką žaliojo vandenilio savikainai ir konkurencingumui.

***Vandenilio transportavimas:*** nėra išspręstas vandenilio transportavimo klausimas nuo galimos gamybos vietos ir galutinių vartotojų. Tai galėtų būti naujas specialiai dedikuotas polimerinis vamzdynas (kaip dabartiniu metu vykdomi net keli projektai Jungtinėje Karalystėje) arba sukurta vandenilio transportavimo sistema, panaudojant vandenilio dujovežius.

***Kalbant apie e-metanolį, e-kerosiną, e-metaną ir e-amoniaką,*** reikia atlikti detalius CAPEX , OPEX skaičiavimus ir kokie inžinieriai tai eksploatuotų? Iš kur gauti reikalingus kiekius švaraus biogeninio CO<sub>2</sub>, pigiai? Ir kas pirktų galutinius produktus net jei kaina būtų didesnė nei šiuo metu esančių CO<sub>2</sub> generuojančių produktų?

**Kaina (CAPEX dalis):** dabartiniu metu pilkojo vandenilio kainos svyruoja apie 1 – 1,5 Eur/kg; mėlynojo apie 2,0 Eur/kg; žaliojo vandenilio atveju mūsų skaičiavimai rodo, kad tai gali būti nuo 6 – 12 Eur/kg (priklausomai nuo technologinių sprendinių ir galimos paramos CAPEX). Dabartiniu metu, jei neklystame, Lietuvoje, skaičiuojant CAPEX (esant MW elektrolizerių instaliavimo galioms), elektrolizerio instaliavimui skaičiuojamas 750 kEur/MW ir 70 % paramos intensyvumas. Kas tik dalinai atspindi reikalingą paramą CAPEX, nes papildomai turi būti įskaityti elektros įvadams reikalinga įranga; baterijos, tiekimo stabilizavimui; vandens osmosė, vandens paruošimui; azotas aušinimui; vandenilio gryninimo žingsniui reikalinga įranga; tarpinis vandenilio pasaugojimas, priklausomai nuo tolimesnio panaudojimo (pvz. kelis šimtus kg.); kompresoriai prieš transportavimą ir t.t. Mūsų skaičiavimais įvertinant pilnai išpildytas sistemas, priklausomai nuo komplektacijos realus CAPEX gali būti ir 3100 – 3500 kEur/MW. Siekiant esminio vandenilio technologijų proveržio Lietuvoje, reiktų pakeisti paramos į CAPEX skaičiavimo metodiką ir remti ne tik elektrolizerį, bet ir susietus technologinius įrenginius kaip visuminę vandenilio technologijų sistemą.

***Kaina (OPEX dalis):*** žaliojo vandenilio kainoje (jei jis gaminamas panaudojant elektrolizės procesus ir 1 kg reikia apie 55-60 kWh žaliosios elektros ir 10 ltr. švaraus vandens), elektros kaina sudaro apie 70 %. Mūsų skaičiavimai rodo, kad žaliasis vandenilis gali būti konkurencingas su mėlynuoju, jei elektros energijos kaina svyruos 0-2 cnt./kWh. Šiuo metu, jei neklystame Lietuvoje nėra paramos į OPEX mechanizmą, pvz. kaip JAV atveju 3 USD/kg žaliojo vandenilio (kaip subsidija arba mokestinė lengvata). Taigi vandenilis turi ateitį Lietuvoje, kai turėsime realius žaliosios elektros gamybos perteklius (vėjo, saulės atvejais).

*Žaliasis vandenilis turi labai didelę potencialią rinką, bet, deja, Lietuvoje, laibai mažą realią. Kalbant apie galutinius vartotojus, šiandien galimi penki dideli žaliojo vandenilio vartotojai: Achema (žaliojo amoniako sintezė), Orlen LT (angliavandenilių proceso žalinimas), Akmenės cementas (vandenilis cemento gamybai), įmonės naudojančios aukštatemperatūrinius procesus pvz. Panevėžio ir Kauno stiklo fabrikai (gamtinių dujų keitimas į vandenilio gamtinių dujų mišinius ir grynąjį žaliąjį vandenilį); Ambergrid (žaliojo vandenilio įmaišymo į gamtines dujas technologijos). Pakeitus gamtines dujas žaliuoju vandeniliu tik šiuose įmonėse sumažintume bendrus Lietuvos CO<sub>2</sub> išmetimus daugiau nei 50 %. Norint pasiekti žaliojo vandenilio plėtrą, aukščiau išvardintose įmonėse reikia, kad jo kaina būtų 2,0 – 3,0 Euro/kg vartotojo vietoje.*





Co-funded by the European  
Union under the Horizon  
Europe Grant No 101083746



NAUJOS KARTOS  
LIETUVA



Federal Ministry  
for Economic Affairs  
and Climate Action



European  
Climate Initiative  
EUKI



LIETUVOS  
ENERGETIKOS  
INSTITUTAS

<https://www.lei.lt>

Darius.Milcius@lei.lt