



**The issue with existing batteries
is that they suck.**

Elon Musk



Koduse akusalvestuse omahind



Toodetud ja salvestatud elektri omahind

=

Tootmise omahind (LCOE)

+

salvestuse omahind (LCOS)

**Tootmise omahind 8 ... 10 €c/kWh
Salvestuse omahind ~ 10 ... 12 €c/kWh**

Kokku 18 ... 22 €c/kWh

vs.

Elekter võrgust:

EE; LT, CZ, HU: 11 ... 12€c/kWh

EU avg 21 €c/kWh (2015)

DK 30€c/kWh (2015)

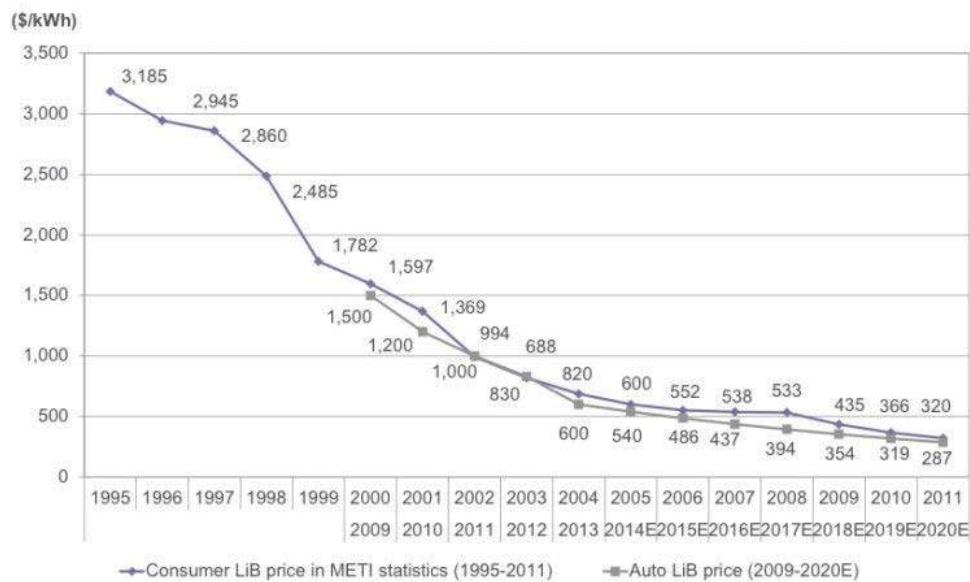
DE 29€c/kWh (2015)

BG 9€c/kWh



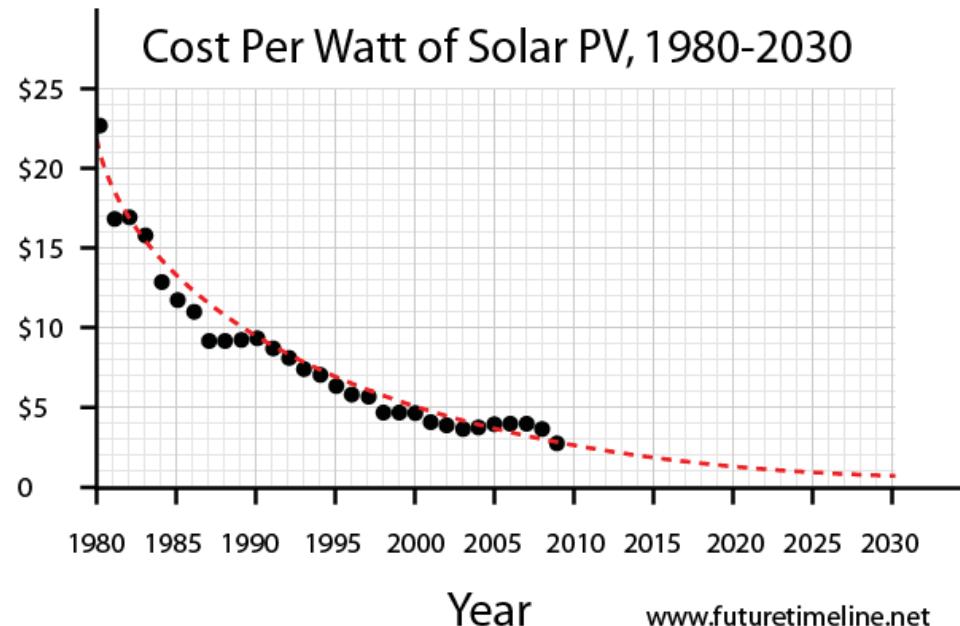
Akusalvestuse hind on langemas... Kas langus on võrreldav PV hinnalangusega?

Figure 37. Historical price declines in consumer and automotive lithium-ion batteries



Note: We assume ¥100/\$ for consumer lithium-ion battery prices.

Source: Company data, TSR, METI, Citi Research



www.futuretimeline.net

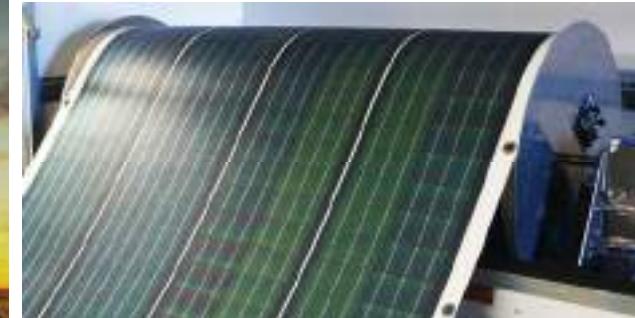
Mõned näited tulevikust...



Seljaskantav päikeseenergia



Elektrit genereerivad seinad, katused, aknad



Prinditavad ja lahtirullitavad PV moodulid



Päikeseenergial töötav lennumasin



Ujuvad PV-jaamad



EESTI
PÄIKESEELEKTRI
ASSOTSIATSIION



SOLARSTREET



ENERGIA
PARTNER



SOLAREst

energiateenus
Vajaduspõhised energialahendused

solar4you
free energy

ENERGOGEN



UBK
SOLUTIONS

Helioest
energiasäästlikud hooned



TALLINN UNIVERSITY OF
TECHNOLOGY



REPUBLIC OF ESTONIA
ROAD ADMINISTRATION

Elektrit tootev tee

Malle Krunks

Materjali- ja keskkonnatehnoloogia instituut

Tallinna Tehnikaülikool



Millega tuleb juttu

Elektrit tootev tee

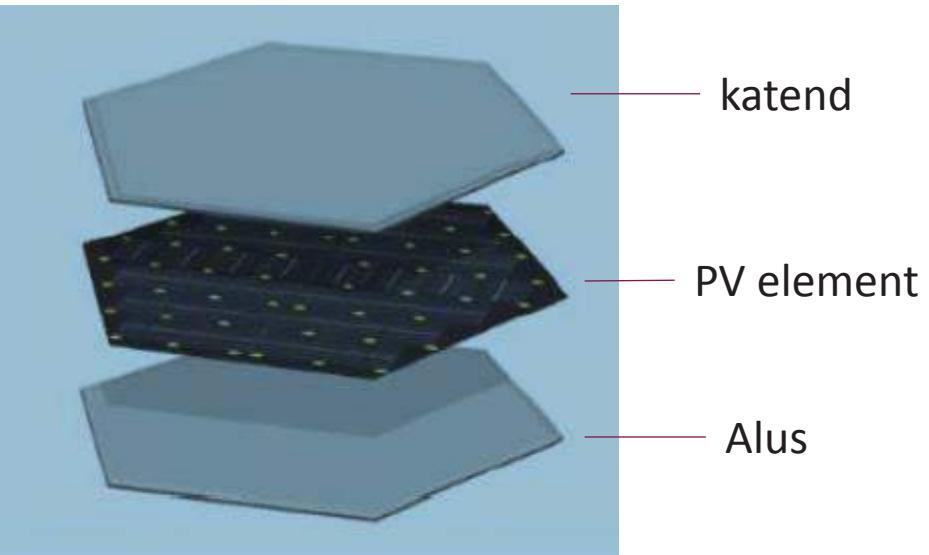
- Senised lahendused maailmas
- TTÜ-s väljatöötatud lahendused
 - PV paneelil põhinev
 - E-sillutiskividel põhinev

Maanteeameti poolt rahastatud projekt
„Nordic e-pavement“ 15.02. – 31.10.2017

Ülesanne:

töötada välja lahendus elektrit tootva tee jaoks, kus toodetud energiat kasutatakse kohapeal eesmärgiga suurendada liiklusohutust

Elektrit tootev tee



Nõuded:

- Mehaaniliselt tugev
- Katend
 - hea optiline läbipaistvus tagamaks PV- elemendi efektiivne toimimine
 - kõrge hõõrdetegur
- Ilmastikukindel
- Hinnalt vastuvõetav



Näiteid maailmast



Jeff Jones Town Square in
Sandpoint, Idaho, US

A pilot for **walkways**

Area of ca 15 m²

Cost ca 60 000 USD

Opened Sept.30, 2016

[*http://www.sandpointidaho.gov/visiting-sandpoint/solar-roadways#ad-image-5.*](http://www.sandpointidaho.gov/visiting-sandpoint/solar-roadways#ad-image-5)



World's first **solar road** in France

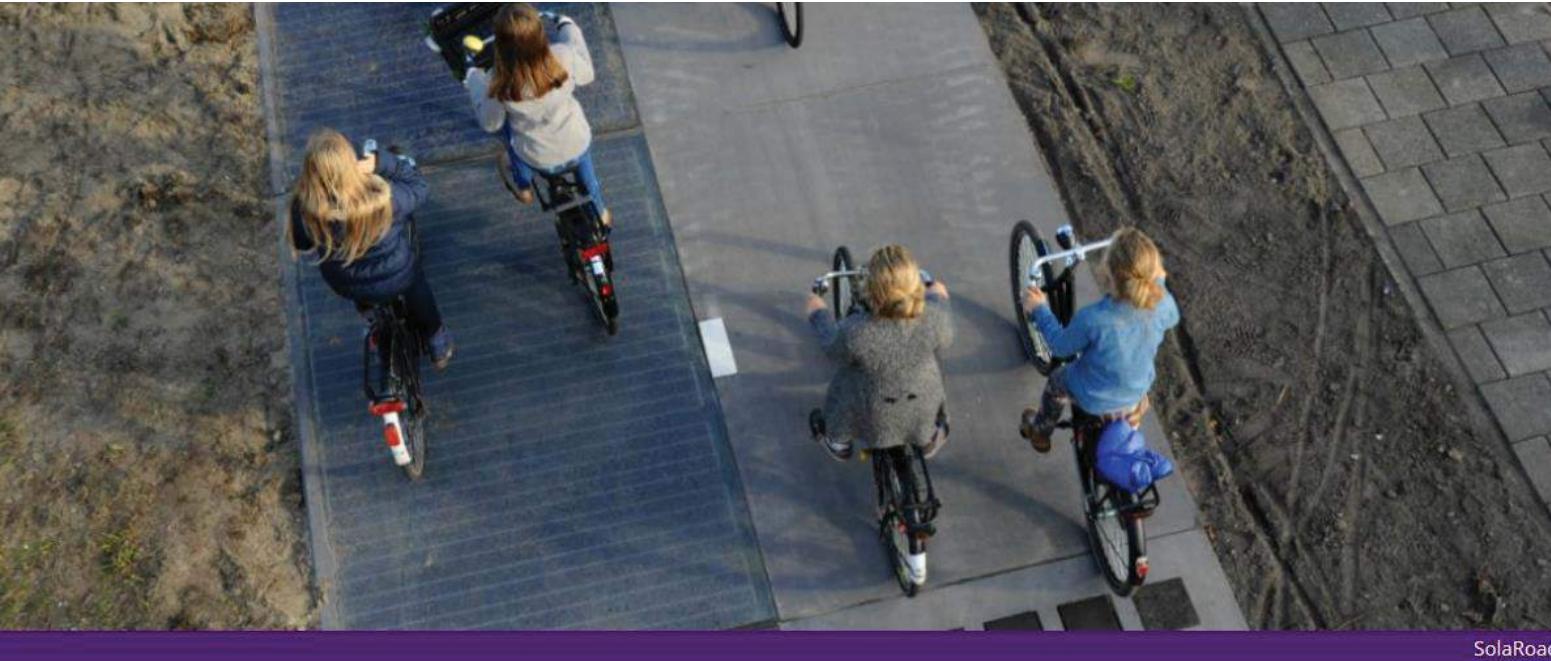
Ca 1 km long

Cost ca 5.2 million USD

Opened Dec. 2016

[*https://arstechnica.com/cars/2016/12/worlds-first-solar-road-opens-in-france/*](https://arstechnica.com/cars/2016/12/worlds-first-solar-road-opens-in-france/)

Näiteid maailmast



SolaRoad

The Solar Road in The Netherlands Is Working Even Better Than Expected

Hell yeah, solar roads!

FIONA MACDONALD 11 MAY 2015

**Solar cycle path,
3.7 million USD for 70 meter bike path, 2014-2017**

<https://www.sciencealert.com/solar-roads-in-the-netherlands-are-working-even-better-than-expected> 5

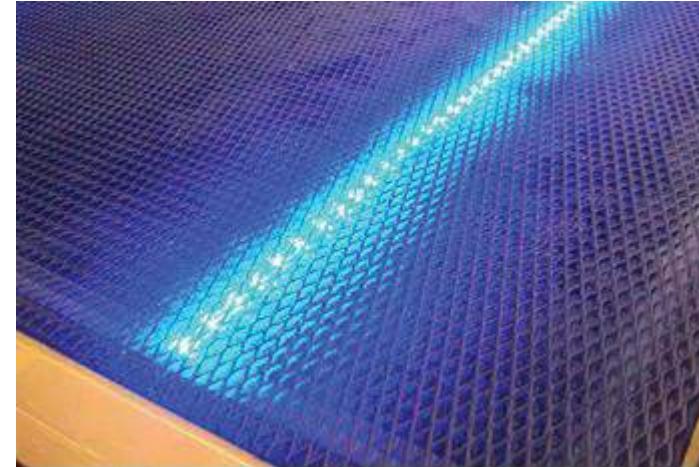
Näiteid maailmast



- Elektrit tootva tee PV moodulid on betoonalusel
- PV moodul on kahe karastatud klaasi lehe vahel
- Kasutati Hollandis jalgrattatee ehitamiseks



PV paneelil põhinev elektrit tootva tee paneel (TTÜ)



- ❑ Klaasi asemel kasutame sukeldamist polümeeri
- ❑ Höördeteguri ja tugevuse suurendamiseks kasutame metallvõrku
 - Probleemid:
 - mehaaniline tugevus suurele koormusele?
 - varjutamine!
 - paindlikkuse puudumine



E-sillutuskividel põhinev väljatöötlus (TTÜ)

2x2 cm² katsekehad



16x16 cm² e-sillutiskivid

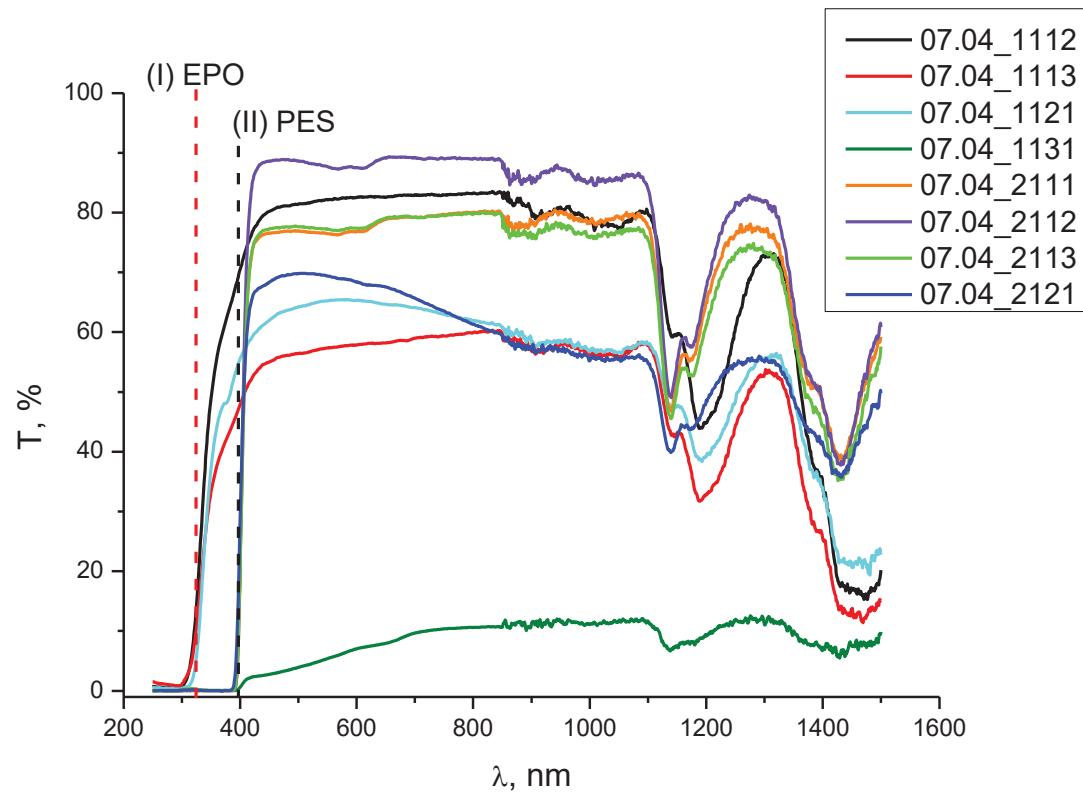


1 m² e-sillituskivist moodul

Ülesanded

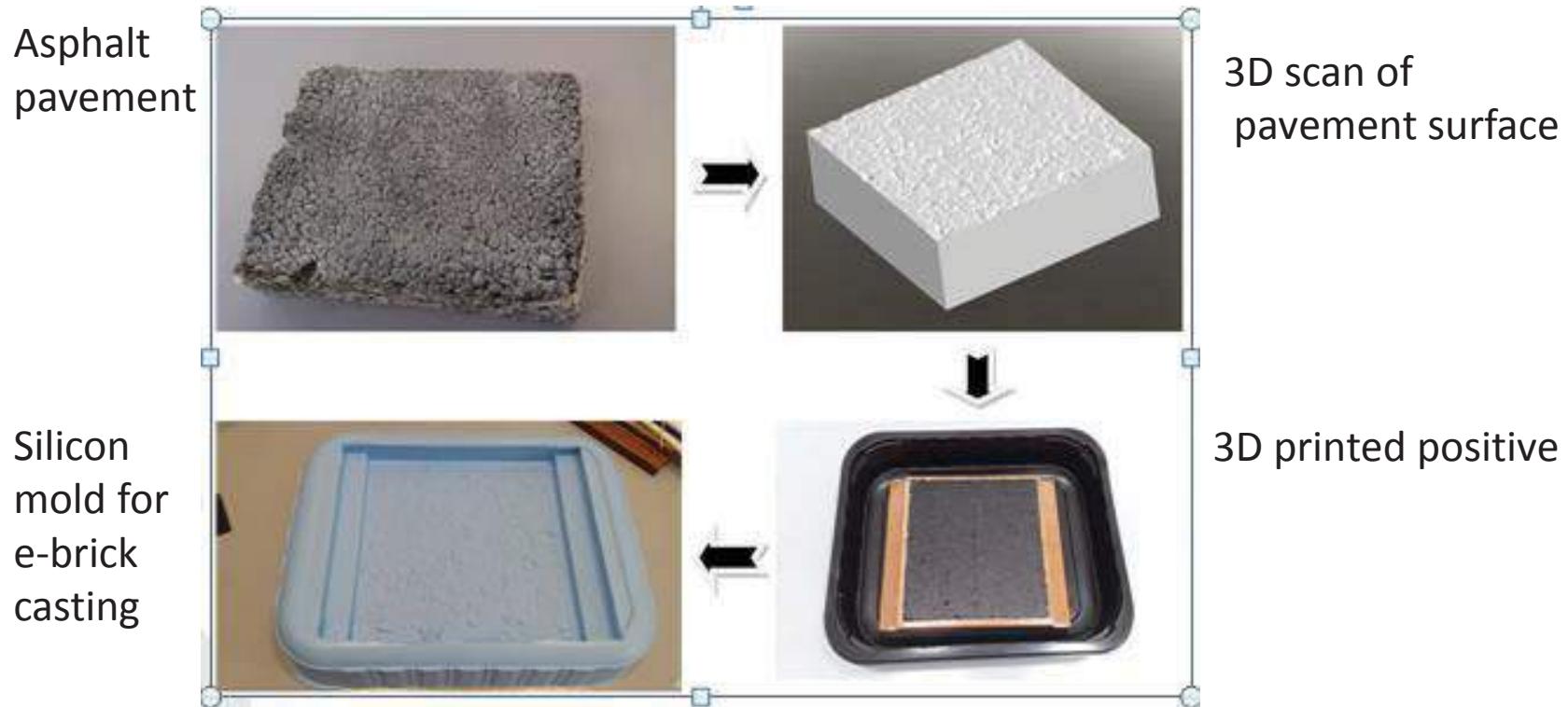
- Töötada välja optiliselt läbipaistev ja mehaaniliselt tugev katend e-sillutiskividele
- Pakkuda välja lahendused elektrilistele ühendustele loomiseks, energia salvestamiseks ja monitoorimiseks ning kasutamiseks kohapeal
- E-sillutiskivist moodulide koostamine

Katendi materjali valik

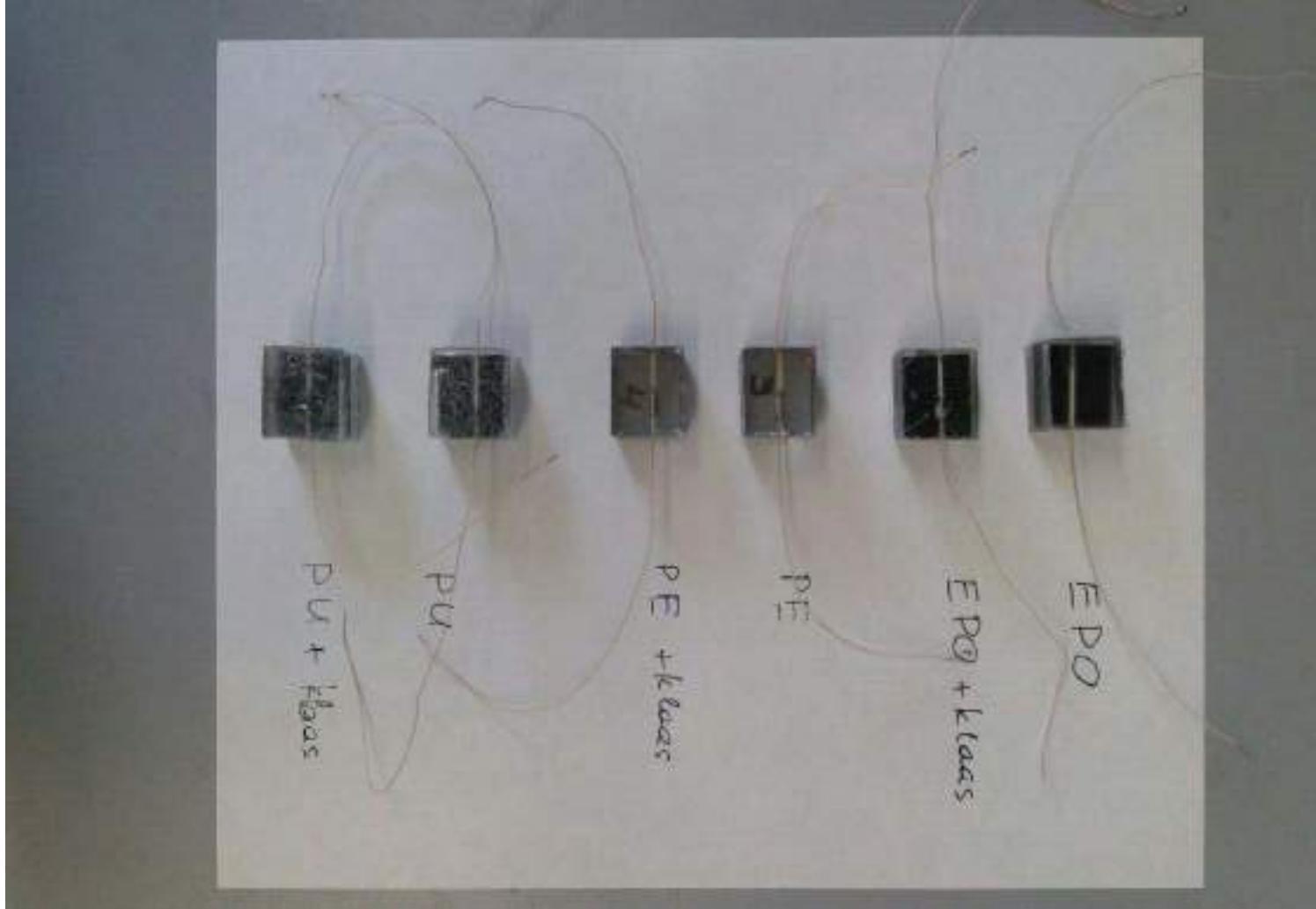


Optiliselt parimate omadustega katendi valik $2 \times 2 \text{ cm}^2$ suuruste katsekehade baasil

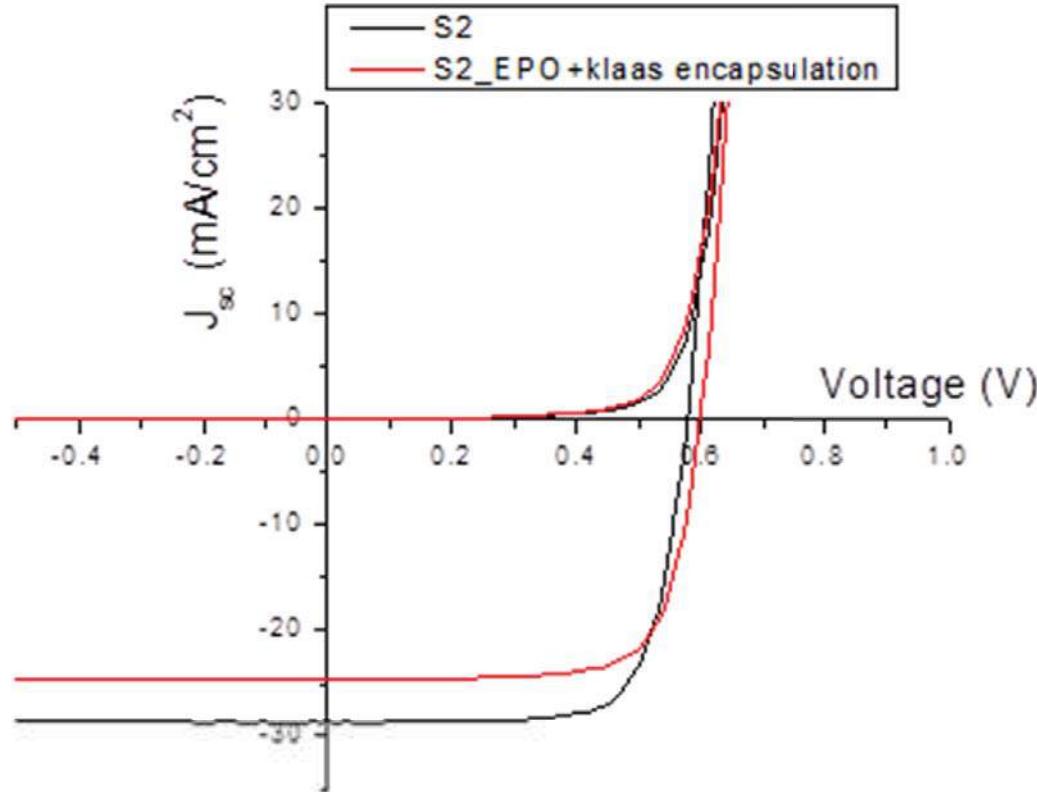
Asfaldi struktuuri 3D modelleerimine valuvormide valmistamiseks



Erinevatesse katenditesse kapseldatud minimoodulid valmis elektrilisteks mõõtmisteks



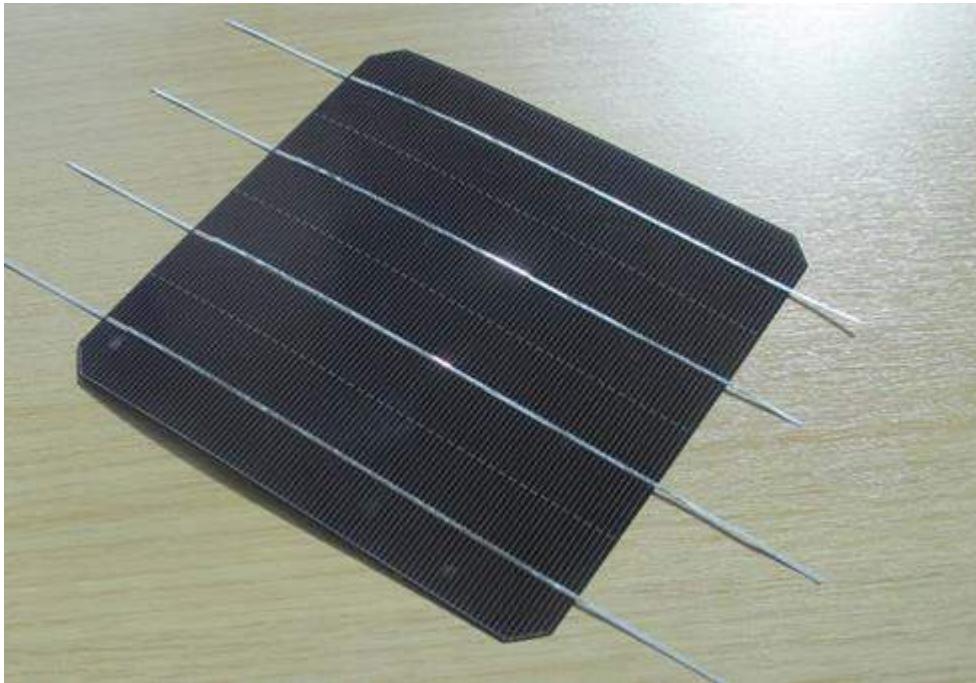
PV elemendi elektrilised karakteristikud enne ja pärast kapseldamist (AM1,5)



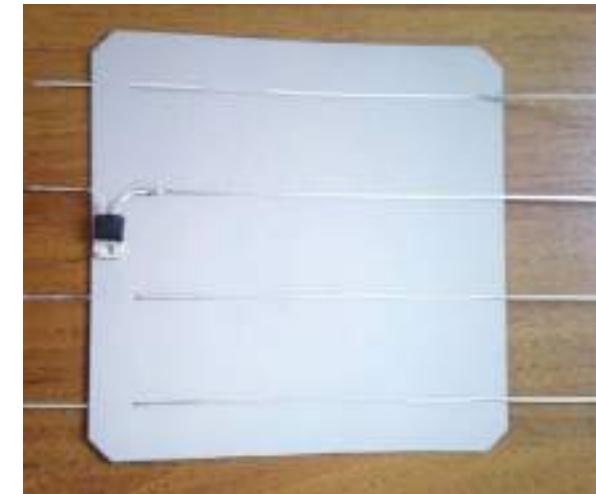
Sample nr.	V_{oc} , mV	J_{sc} , mA/cm^2	FF, %	η , %
S2	580	28.7	74	12.3
S2-EPO+klaas	600	24.7	74	11

PV element (Si) ühe e-sillutiskivi jaoks

Muundamise efektiivsus 12-14 %, 16cm x 16cm,



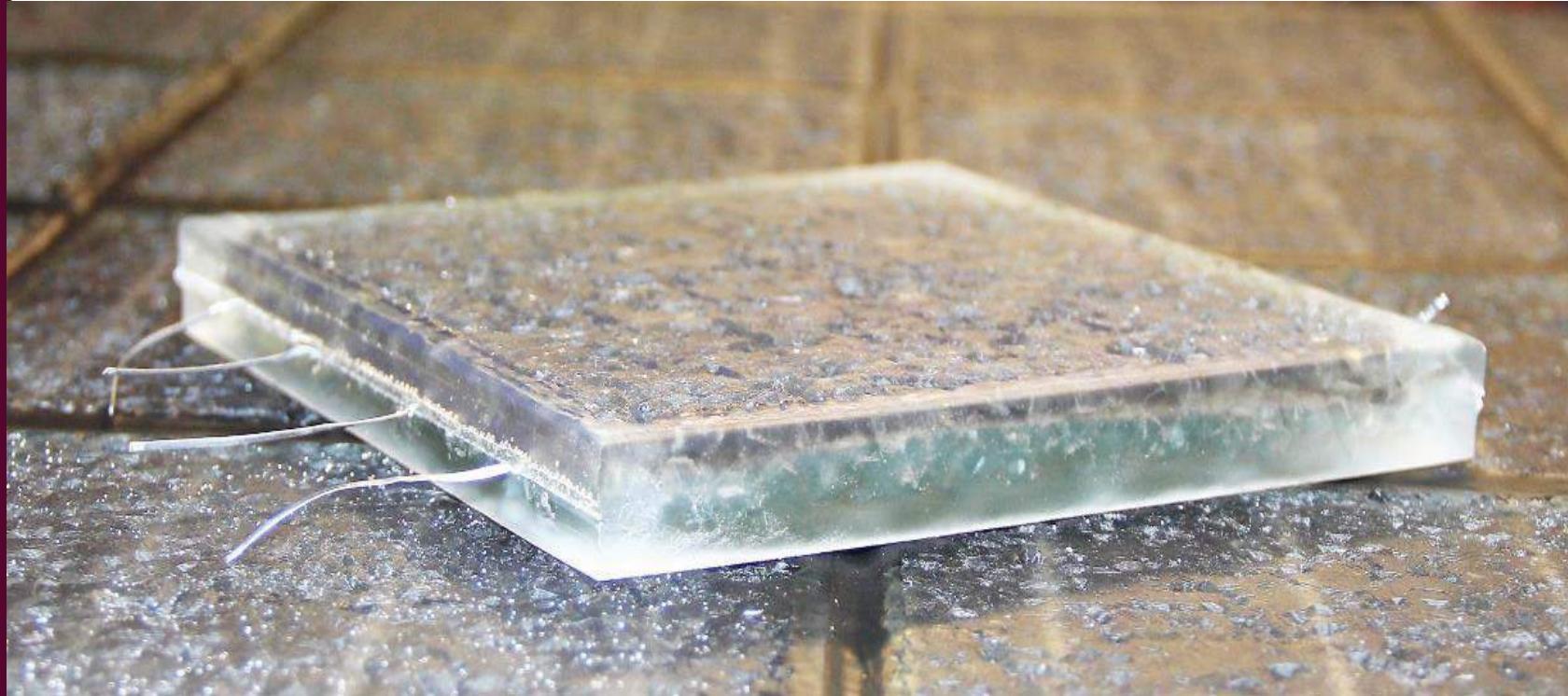
PV elemendi eestvaade



PV elemendi tagakülg

E-sillutiskivi

PV element sukeldatud polümeeri, kus täiteainena on
kasutatud klaasi murdu
E-kivi pealispind imiteerib asfaldi struktuuri



E-sillutiskividest koosneva elektrit tootva tee paneel



Kokkuvõte



2. okt. 2017 sai paneelist könnitee osa
Asukoht: TTÜ, MEKTOORY

E-sillutiskividest koosnev paneel:

- Hõõrdetegur 0.9
- Kannatab koormust 1000 kgf/cm^2
- Kõrgem töökindlus võrreldes monoliitse paneeliga
- 1m^2 suuruse paneeli võimsus ca 70 W (oleneb PV elemendi parameetritest ja valgustusest)
- Võimaldab katta erinevaid pinnavorme
- Toodetud energia salvestatakse ja kasutatakse teemärgistuse (LED strips), valgusfooride ja LED tänavavalgustuse toiteks

**Kõnniteed, kergliiklusteed,
ülekäigurajad, sõidutee ääre
märgistus jne.**



Tänusõnad

Projekti meeskond: TTÜ, Inseneriteaduskond

Arvo Mere	vanemteadur
Nicolae Spalatu	teadur/järeldoktor
Malle Krunks	professor
Atanas Katerski	teadur
Viktoria Vassiljeva	doktorant
Mihkel Viirsalu	insener/doktorant
Andres Krumme	professor
Ain Kendra	lektor
Allan Lahi	projekti mänedžer
Maanteeamet	
Taavi Tõnts	juhtivinsener

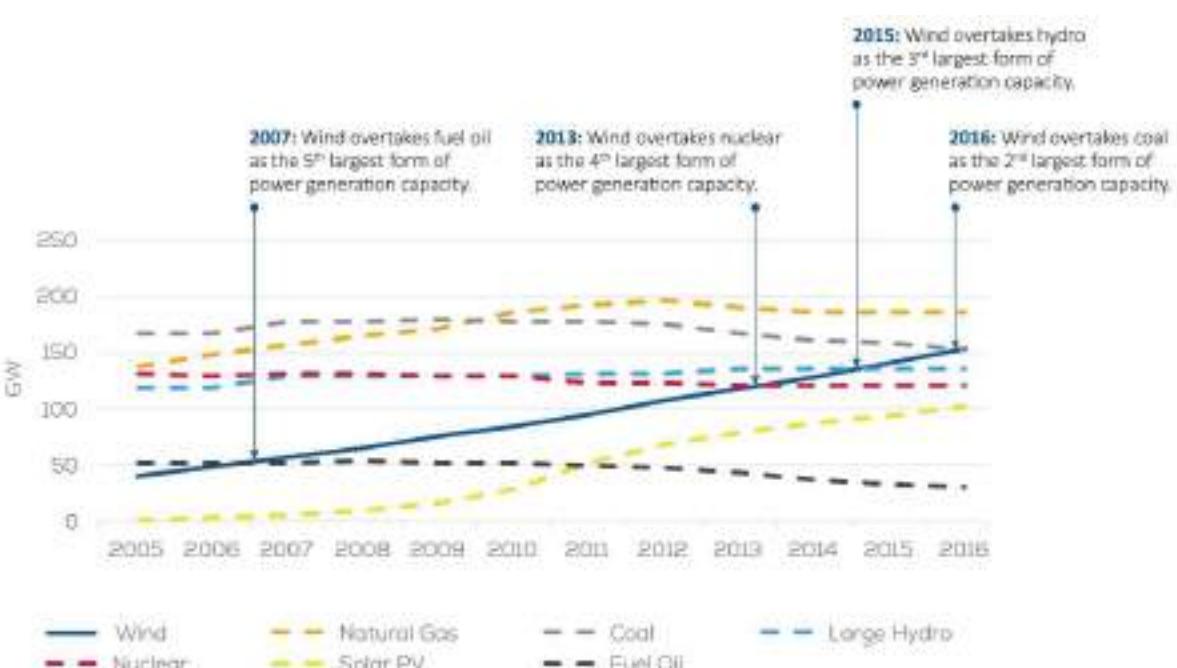
Finantseerija: Maanteeamet

Tänan kuulamast!

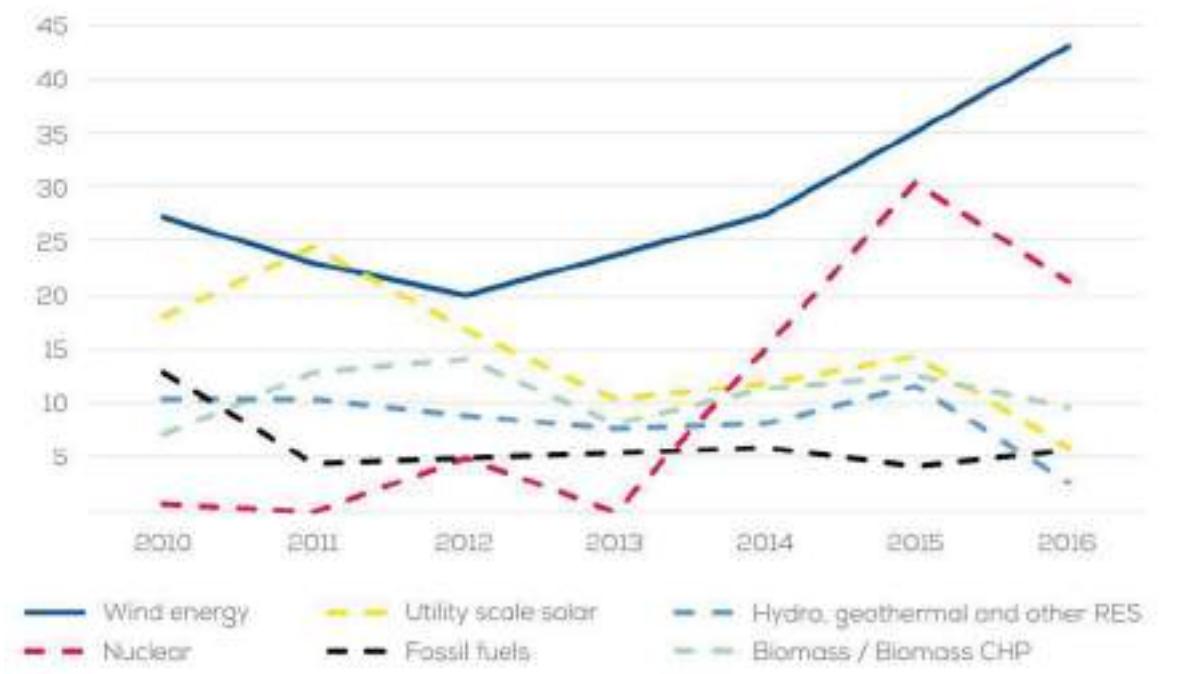
Innovatsioon tuuleenergeetikas

**Tuuliki Kasonen, Eesti Tuuleenergia Assotsiatsioon
TEUK XIX - Tartu - 02.11.2017**

Elektritootmise koguvõimsused Euroopas perioodil 2005 – 2016 (GW)



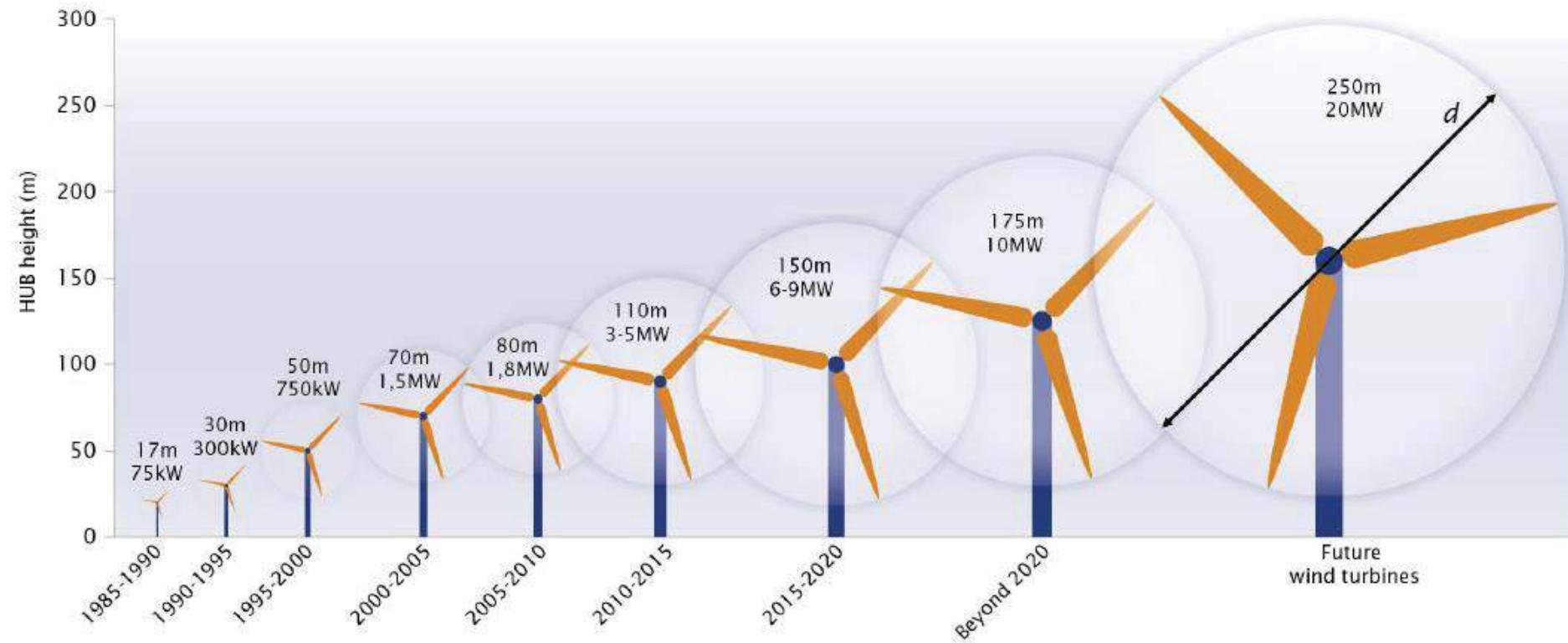
Investeeringud elektritootmise võimsustesse Euroopas perioodil 2010 – 2016 (mld eurot)



Peamine märksõna tuuleenergias: kasv

3

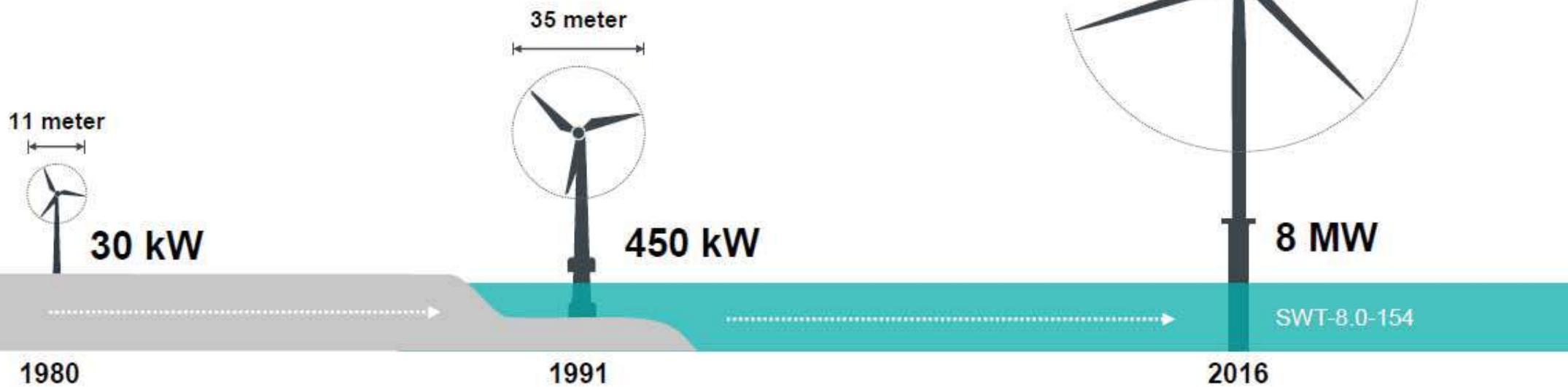
Kasv nii masti kõrguses, labade pikkuses kui võimsuses ja seega ka toodangus



Graafika allikas: Van Oord CM Markets

From the early days –
Innovation has been a key driver

From **30 kW** to **8 MW**
turbine size in **35 years**



Näiteid uusimatest tuuliku mudelitest

5

Nordex N149/4.0-4.5 (4 - 4,5 MW)

Labade pikkus – 74,5 m, rootori diameeter 149,1 m
+28% energiatoodangut võrreldes N131/3600



Vestas V150- 4.2 MW

Labade pikkus - 73.7 m, rootori diameeter 150 m
+21 % energiatoodangut võrreldes V136-3.45 MW



Kasvanud on ka tuuleparkide suurused

6



1991

Vindeby

World's 1st offshore wind power plant

5 MW

2000

Middelgrunden

World's 1st offshore wind power plant w/MW turbines

40 MW

2003

Nysted

World's largest offshore wind power plant in operation

166 MW

2012

Greater Gabbard

World's largest offshore wind power plant in operation

504 MW

2013

London Array

World's largest offshore wind power plant in operation

630 MW

2016

Gode Wind

Big power plant based on the D6 platform in operation

582 MW

2019

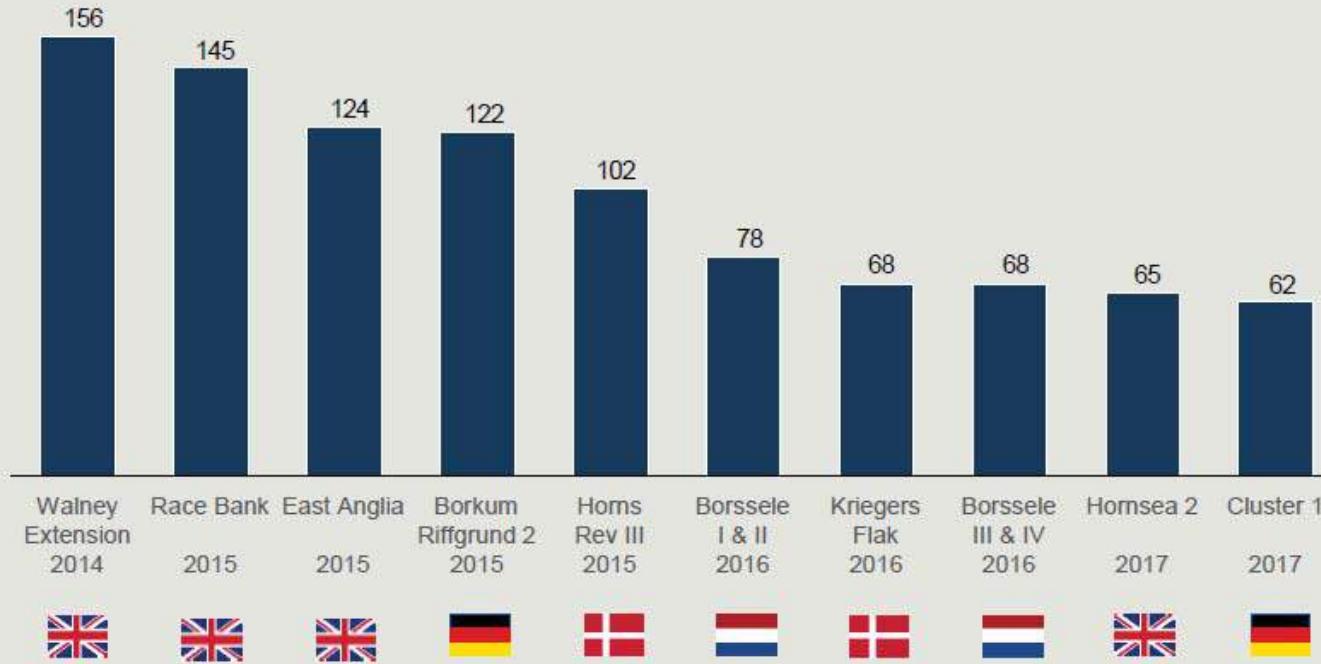
Hornsea 1

World's largest offshore wind power plant

1,200 MW

- Innovatsioon tehnoloogias
- Mastaabi efekt tarneahelas
- Lessons learned, tänu millele nt ehitusaja lühenemine
- Odavaim võidab (vähepakkumised fikseeritud toetusskeemi asemel), nt:
 - Aprill 2017 Saksamaa meretuuleenergia vähepakkumine:
 - EnBW 900MW He Dreiht meretuulepark - turuhind
 - DONG Energy Borkum Riffgrund II West (240 MW) - turuhind
 - Gode Wind 3 (110 MW) 60 eurot/MWh,
 - OWP West (240MW) - turuhind
 - Sept 2017 UK meretuuleenergia vähepakkumine:
 - Dong Energy 1386 MW Hornsea II - 64,10 EUR/MWh
 - EDPR + Engie 950 MW Moray East - 64,10 EUR/MWh
 - Innogy (ex RWE Innogy) 860 MW Triton Knoll – 86 EUR/MWh
 - 50% odavamad kui eelmises voorus

Levelised costs for society of electricity, incl. transmission costs

 EUR/MWh¹, 2016-prices, bid announcement year.


Sources: BEIS; Danish Energy Agency; Energinet.dk; NEV (Dutch Energy Scenarios), Bundesnetzagentur

1. Levelised revenue (price) of electricity over the lifetime of the project used as proxy for the levelised cost to society. It consists of a subsidy element for the first years and a market income for the whole lifetime. Discount rate of 3.5% used to reflect society's discount rate. Market income based on country specific public wholesale market price projections at the time of contracting where available else an average of 5 analytics is used. For comparability across projects and because there is no transparency round the TSO costs of transmission a generic scope adjustment (incl. transmission and extra project development costs) have been applied. Due to the specific DC transmission set up in Germany cost estimates from the Offshore Netzentwicklungsplan 2017 have been applied.



Offshore Wind Projects - Strike Price Development

based on year of construction start

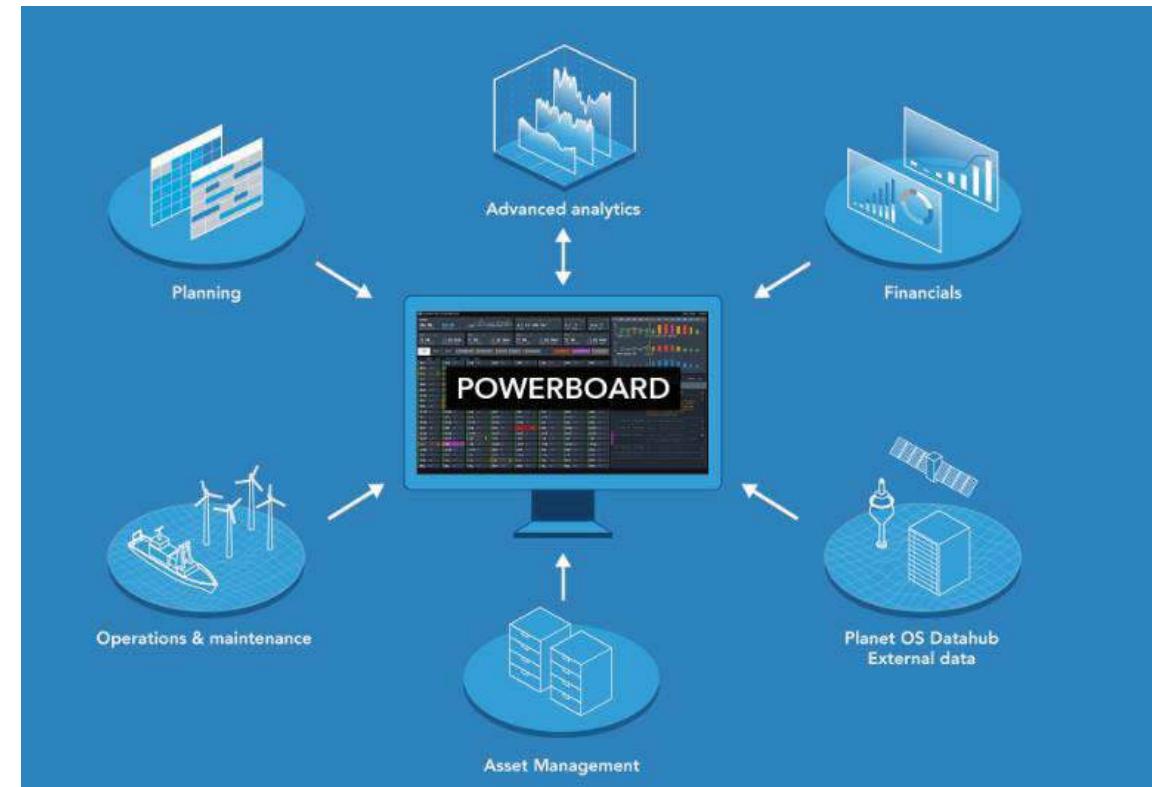


Source: Van Oord C&M Markets

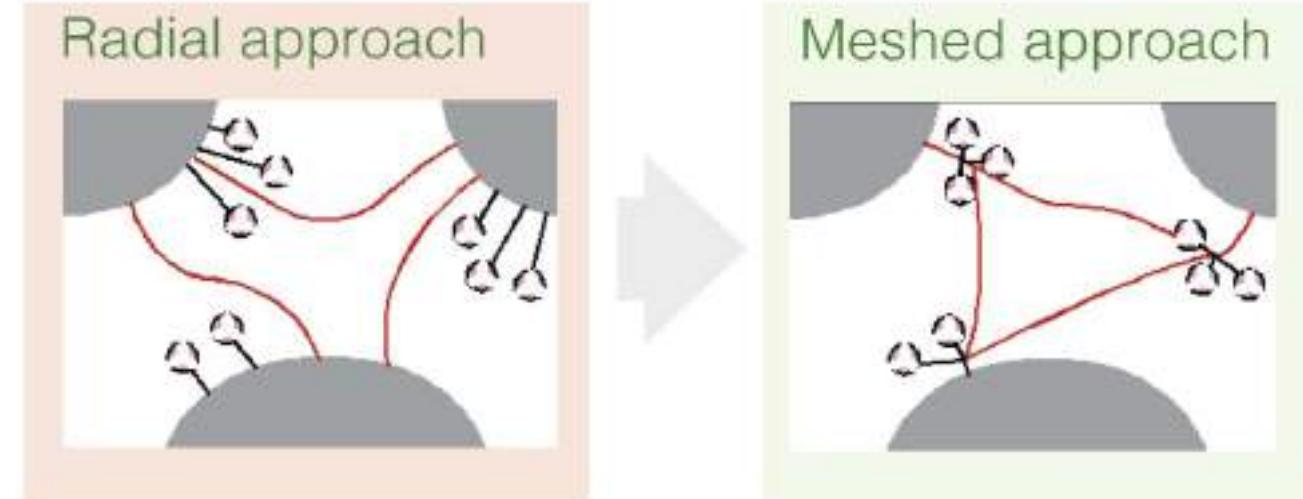
Digitaliseerimine tuulikute hoolduses

10

Digitaliseerimine aitab rikkeid ennetada



Hübridprojektid, *meshed grid*

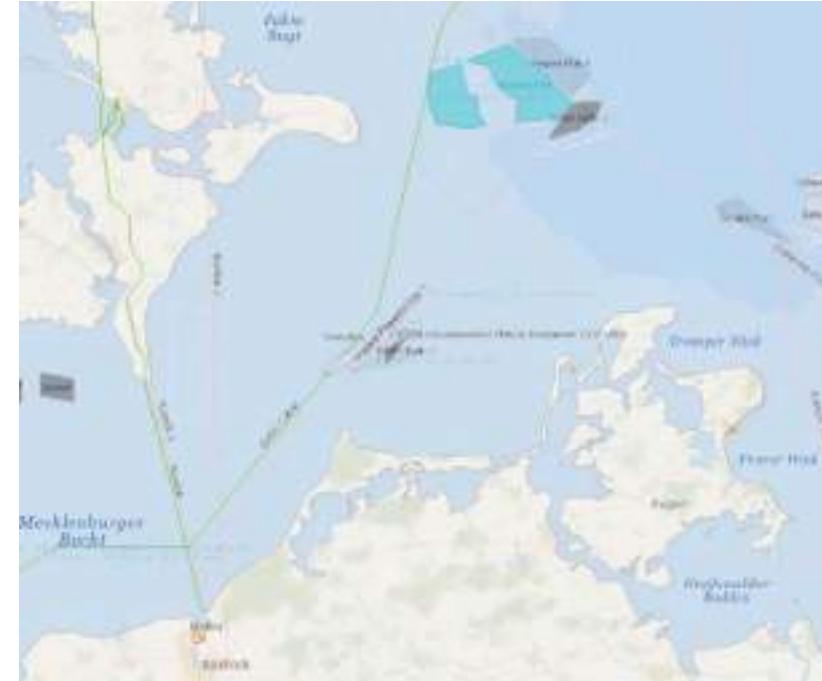


Kuhu edasi?

12

Hübridprojektid - Meshed grid, näiteks:

- Kriegers Flak projekt (600 MW) Läänemeres



- Miks mitte ka Baltimaade elektrivõrgu sünkroniseerimine läbi meretuulepargi



<http://www.tuge.ee>
info@tuge.ee

Kiirülevaade

- Esimene generator 2012
- Üle 20 paigaldatud generaatori
- 5 generaatorit välismaal
- Päikeseelektrijaamad (kuni 150 kW)
- Off-grid lahendused
- Microgrid lahendused



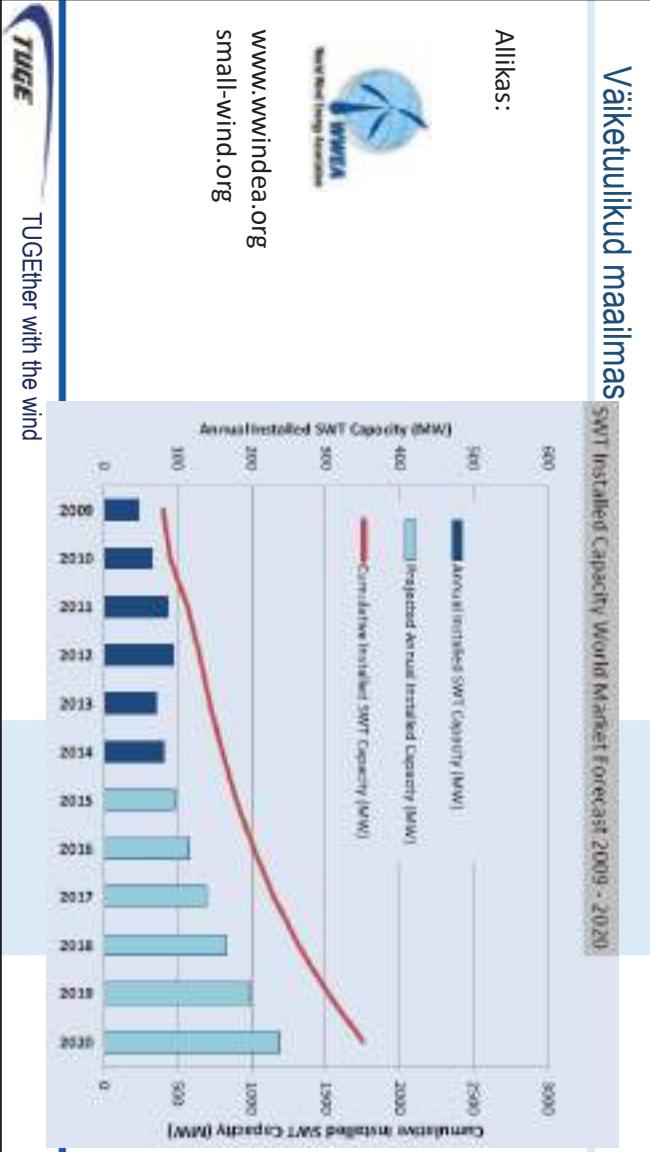
TUGEther with the wind

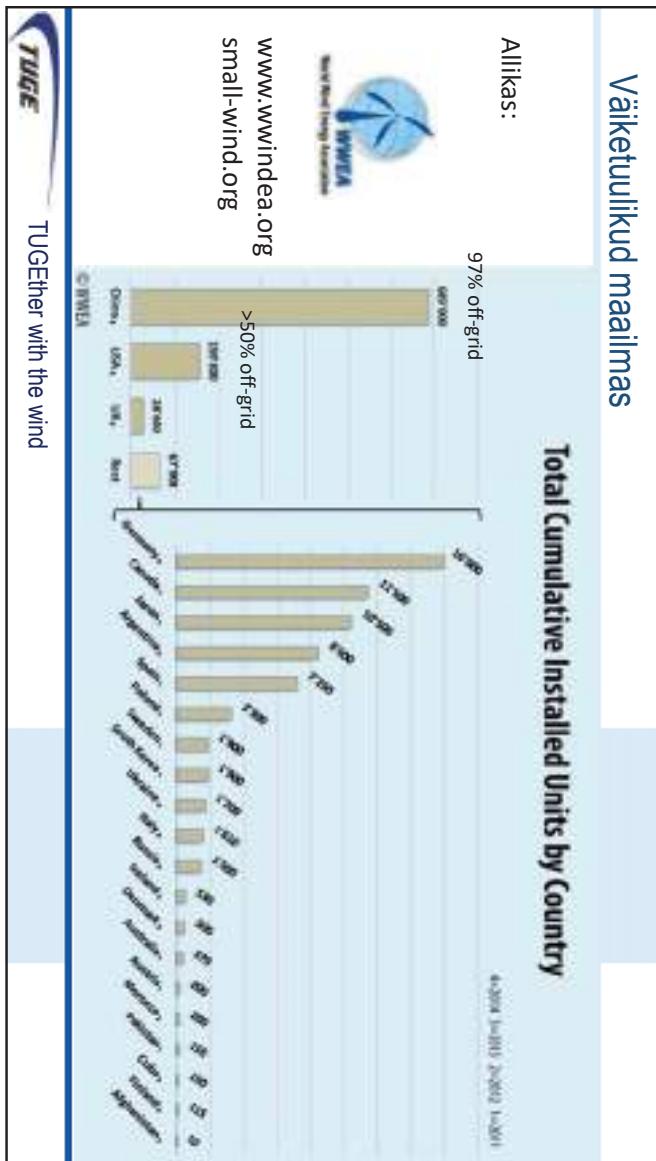
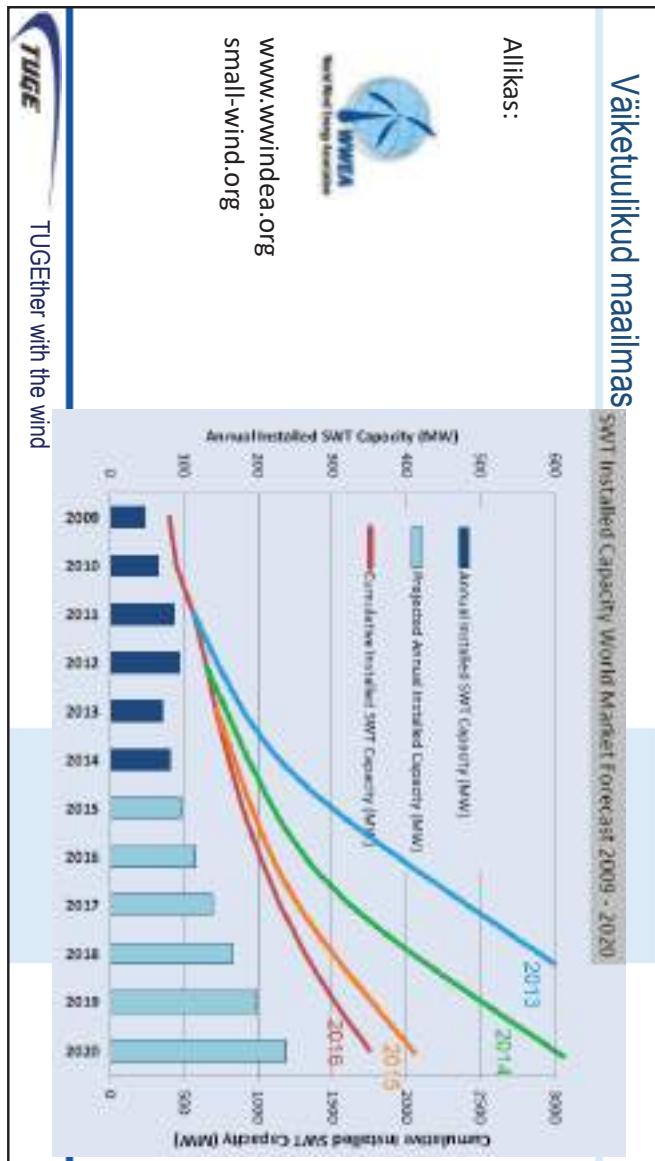
Tootmises – TUGE 10



TUGE

TUGEther with the wind





Väiketuulikud maailmas

kW	USA	UK	Hiina
<2.5	8 200 USD/kW	6 200 USD/kW	1 900 USD/kW
2.5...15	7 200 USD/kW		
>15	6 000 USD/kW	4 800 USD/kW	



TUGEther with the wind

Väiketuulikud maailmas ja Eestis

- Jaapan – 0,417 EUR/kWh
- Kanada – 0,210 EUR/kWh (ca 0,50 EUR/kWh aastal 2009)
- Taani – 0,28 EUR/kWh (0,08 EUR/kWh aastal 2011)
 - 0,25 EUR/kWh (0,30 EUR/kWh aastal 2012)
 - 0,097 EUR/kWh (ca 0,29 EUR/kWh aastal 2011)
- UK – 0,0537 EUR/kWh
- Eesti



TUGEther with the wind

Väiketuulikud maailmas ja Eestis



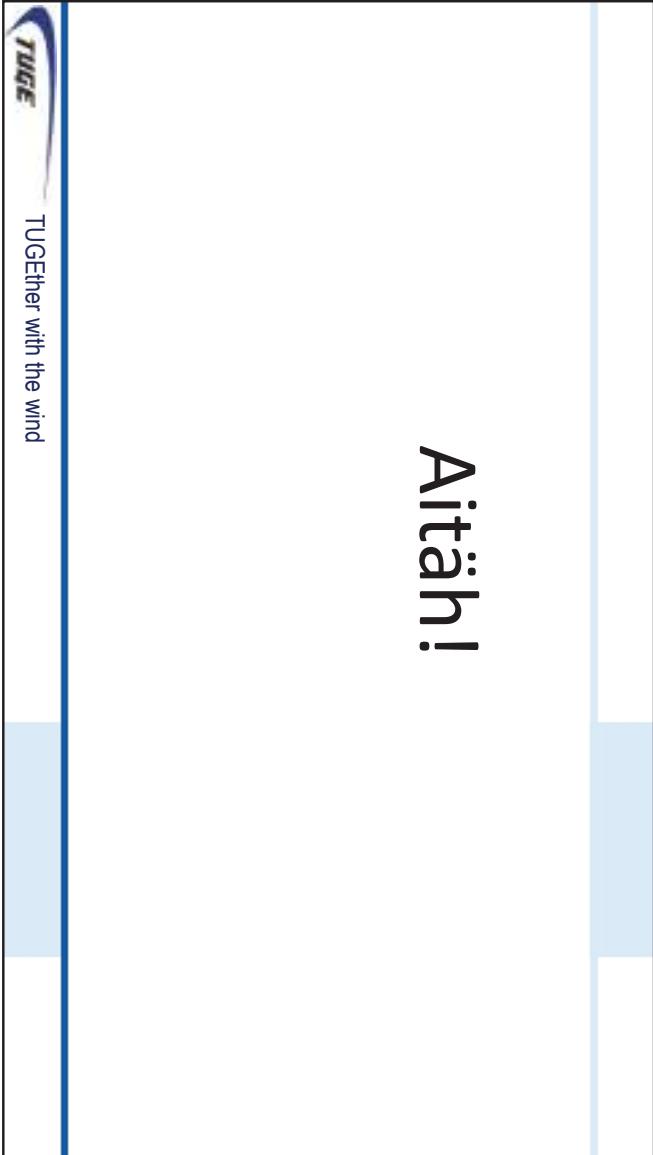
Väiketuulikud Eestis

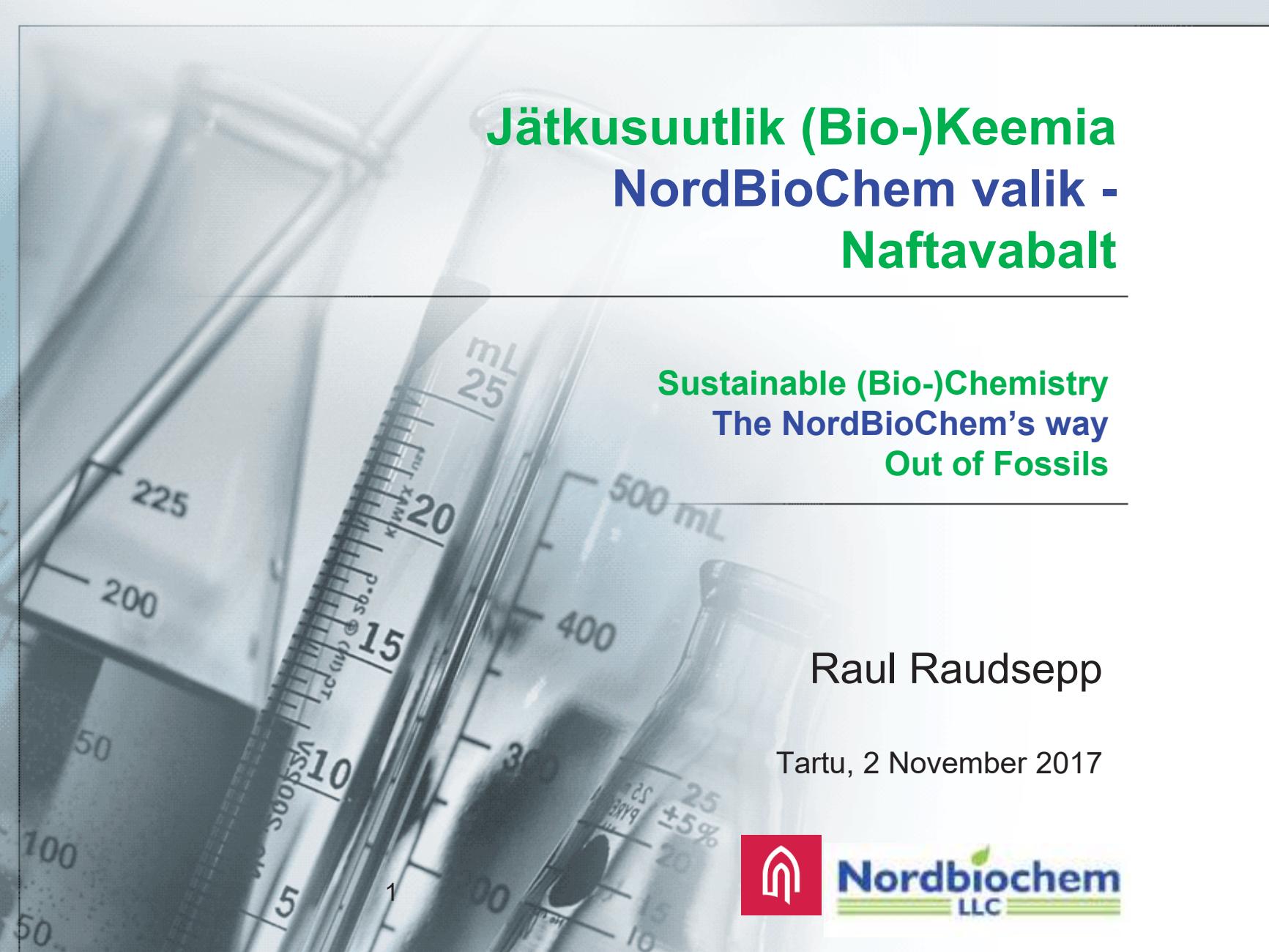
- Elektrilevi - < 10 (alates 2010)
- TUGE Energia - 16
- Avalik info - > 30
- Kokku - > 100



TUGEther with the wind

Aitäh!





Jätkusuutlik (Bio-)Keemia NordBioChem valik - Naftavabalt

Sustainable (Bio-)Chemistry
The NordBioChem's way
Out of Fossils

Raul Raudsepp

Tartu, 2 November 2017



Nordbiochem
LLC

Biokütused ja lähtematerjalid



C3 derivaadid

**Etanol
Biodiisel
Metaan
Metanol
Dimethüleeter
Süngaas
Butanol
Vesinik**



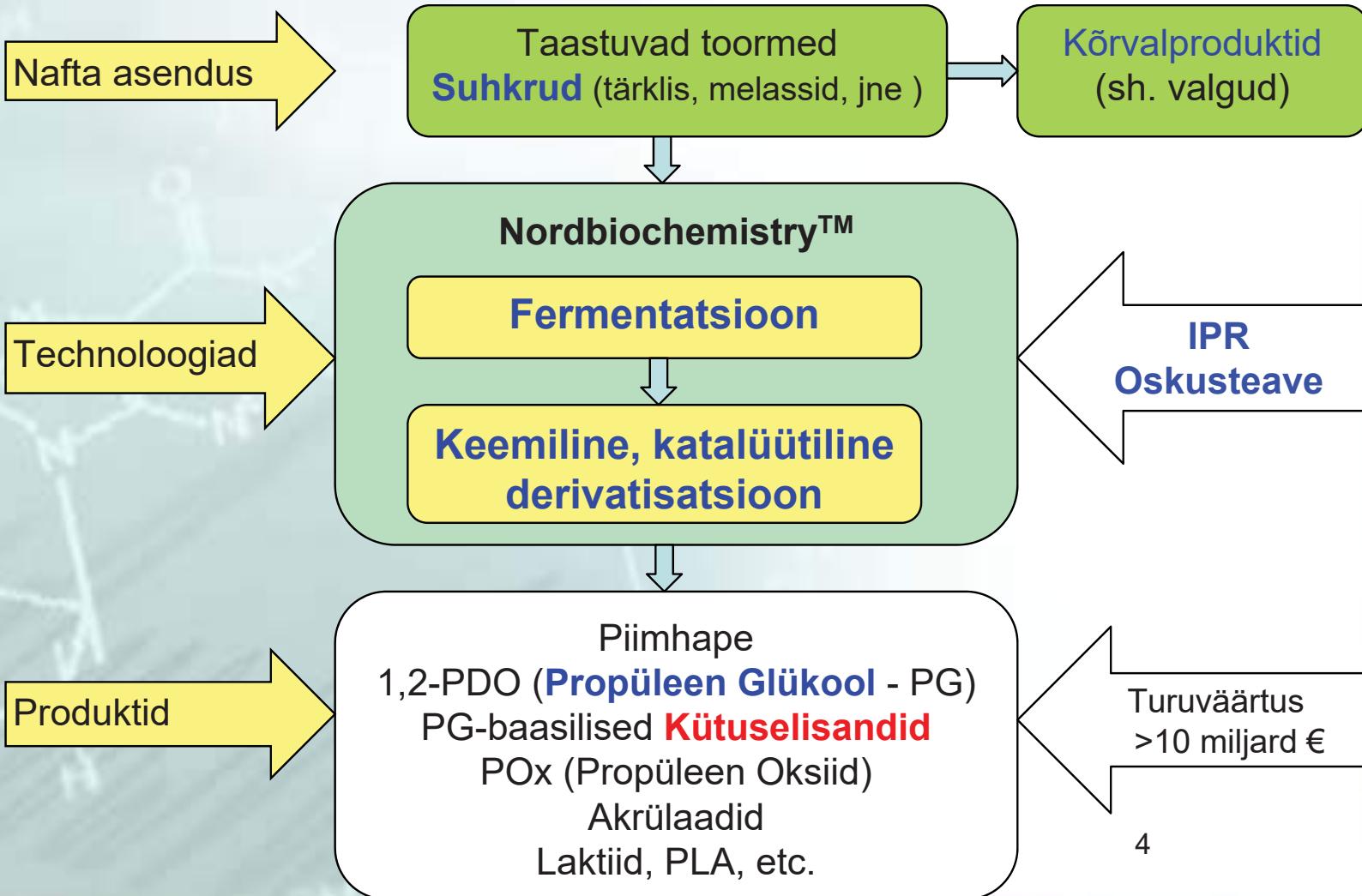
Tänaste biokütuste (lisandite) puudused

- Kõrge hind = dotatsioon
- Heterogeensus
- Kehv segunevus fossiilkütustega
- Toormete tootmise sesoonsus, sõltuvus ilmast
- Toormete hinnakõikumised
- Madal küttevääratus
- Sobimatus mootorite ja sõlmedega

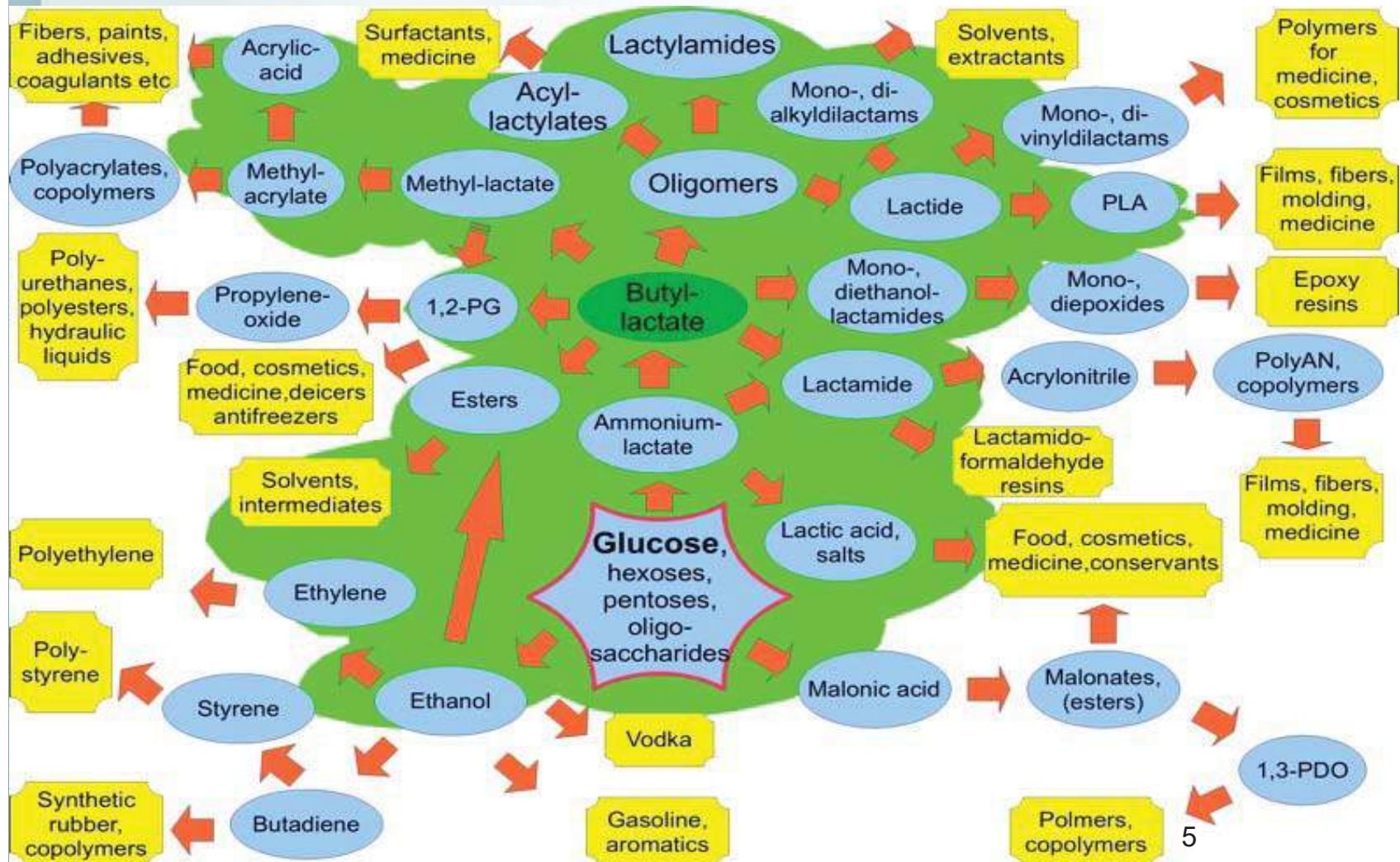
Nordbiochemistry™



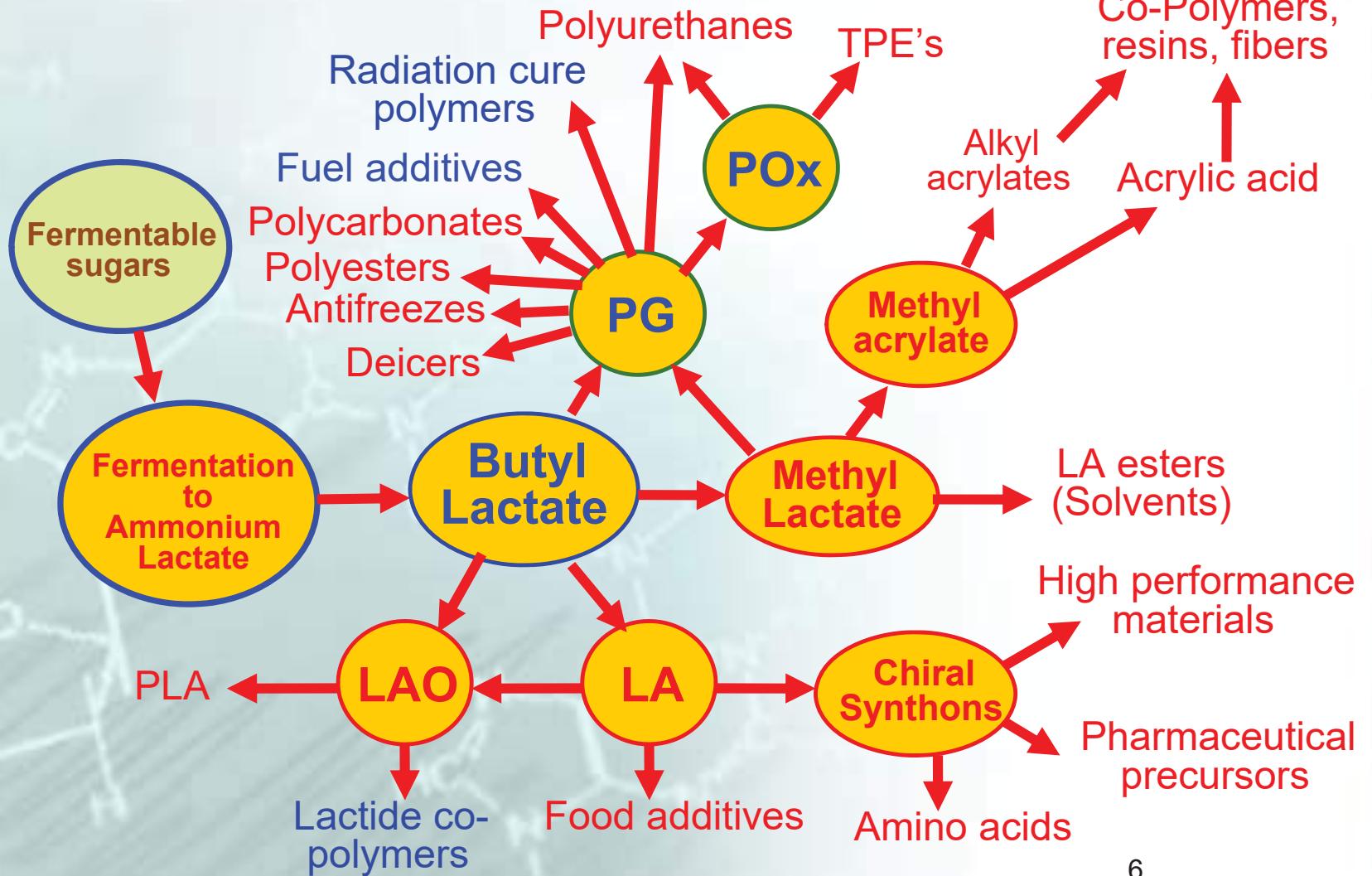
Nordbiochem
LLC



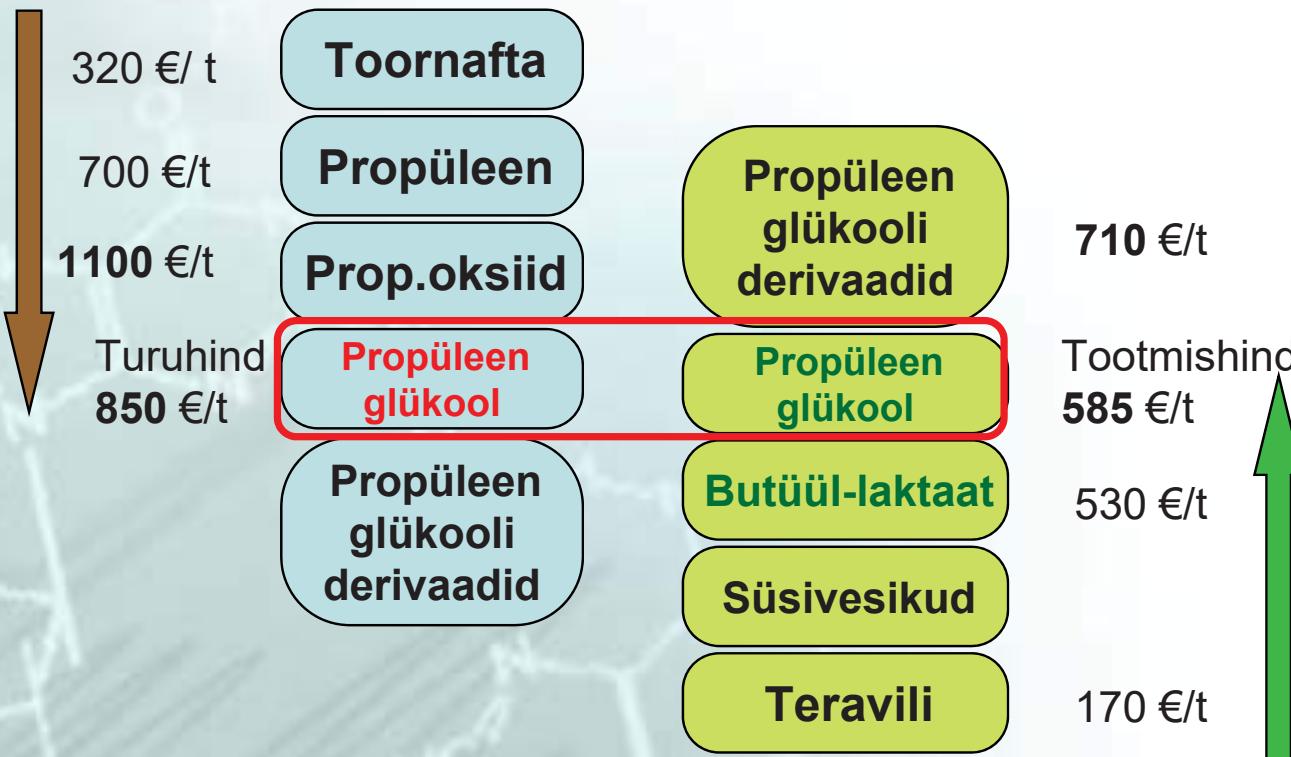
Tehnoloogiline platvorm



Tehnoloogiline platvorm 2



C3: Petro- versus Nordbiochemistry™



Hinnavahe (kalkulatiivselt): $850 - 585 = 265 \text{ €/t} = -30\%$



Kütuselisandite alased uuringud

Oxygenates for Advanced Petroleum-Based Diesel Fuels

INTERIM REPORT

TFLRF No. 357

by

David W. Naegeli

Stan Moulton

Edwin C. Owens

Edwin A. Frame

U.S. Army TARDEC Fuels and Lubricants Research Facility (SwRI)

Southwest Research Institute

San Antonio, TX 78228-0510

Under Contract to

U.S. Army TARDEC

Petroleum and Water Business Area

Warren, MI 48397-5000

for

U. S. Department of Energy

Office of Transportation Technologies

1000 Independence Avenue, SW

Washington, D. C. 20585

and

Coordinating Research Councils, Inc.

3650 Massell Road, Ste. 140

Alpharetta, GA 30022-3068

Contract Nos: DAAE-07-99-C-L053 (WD03 of SwRI Project No. 03-3227)

DAAK-70-92-C-0059 (WD69 of SwRI Project No. 03-5137)

Approved for public release; distribution unlimited

February 2001

Kütuselisandite alased uuringud 1

Table 14. Fuel Property Analysis and Engine Emissions Measurements

Proposed Ranking & Label	Oxygenate – ALS Blend	Relative Emissions				Added Cost /gal	Predicted Biodegradability Relative to Benzene	Elastomer Compatibility Ranking	Oxyg. Vol.%	Flash Point °C
		Total PM	Dry PM	NOx	Toxicity					
9-A	ALSD Base Fuel for Reference	100	100	100	LR*	0	NA*	1	0	88
8-D	Di-propylene glycol mono-methyl ether	75	62	96	LR	30	NR*	NR	19	77
7-C	1-Methoxy-2-propanol	70	43	112	LR	27	NR	5	18	35
6-E	2-Ethoxy ethyl acetate	75	67	95	SC*	26	1.25	7	17	62
5-G	Diethyl adipate	74	62	111	SC	76	1.35	8	19	91
4-F	2-Ethoxy ethyl ether	75	68	106	LR	43	0.73	3	22	78
3-H	Tributyrin	78	56	111	LR	29	1.36	4	18	91
2-I	Di-butyl maleate	74	56	119	SC	33	1.33	5	22	93
1-B	Tri-propylene glycol mono-methyl ether	70	52	113	LR	30	0.21	2	20	90

* LC=Lower risk based on limited data. SC=Some concern, ND=No data, NA=No analysis, U=Unknown, NR=No result

Table 14. Fuel Property Analysis and Engine Emissions Measurements (Continued).

Proposed Ranking & Label	Oxygenate - ALS Blend	Lubricity, µm HFRR, 60°	Cetane Number	Viscosity CST at 40°C	T90 °C	Density g/cc	Surface Tension Dynes/cm
9-A	ALSD Base Fuel for Reference	483	65.5	2.94	346	0.8169	30.3
8-D	Di-propylene glycol mono-methyl ether	545	61.4	2.54	342	0.8403	30.4
7-C	1-Methoxy-2-propanol	495	57.2	2.19	343	0.8321	30.8
6-E	2-Ethoxy ethyl acetate	490	61.3	2.10	344	0.8397	31.0
5-G	Diethyl adipate	443	56.0	2.55	340	0.8506	30.9
4-F	2-Ethoxy ethyl ether	670	66.4	2.09	342	0.8342	31.0
3-H	Tributyrin	375	52.6	3.06	342	0.8550	30.6
2-I	Di-butyl maleate	268	57.7	2.78	340	0.8537	31.1
1-B	Tri-propylene glycol mono-methyl ether	505	65.0	2.73	342	0.8416	30.5

The two oxygenates given the highest rating are tripropylene glycol monomethyl ether and di-butyl maleate.



Kütuselisandite alased uuringud 2

Test 1 96,5% (volume) low-sulfur Diesel fuel + 3,5% (volume) Thiophen (to simulate high sulfur content diesel fuel, as used in marine engines)

Test 2 Test 1 with 5 % (v/v) Di-Propylene-Glycol content

Test 3 Test 1 with 10 % (v/v) Di-Propylene-Glycol content

Test engine: One-cylinder diesel engine „Ricardo Hydra“ with undivided combustion chamber
Engine speed n = 2000 min⁻¹

Parameters	Test-method	Units	Measured results				
			Test 1	Test 2 (5% DPG)	Test 3 (10% DPG)		
			Value	Value	Difference in %	Value	Difference in %
Sulphur content	EVS-EN ISO 20846	Mass-%	1,65	1,59	-3,6	1,50	-9,3
Exhaust gas emission							
CO ₂		Mass-%	2,23	1,59	-28,7	1,49	-33,2
CO		ppm	43	21	-51,2	18	-58,1
NO		ppm	189	154	-18,5	137	-27,5
NO _x		ppm	199	162	-18,6	144	-27,6
SO ₂		ppm	134	123	-8,2	99	-26,1
H ₂ S		ppm	42,5	34,3	-19,3	23,3	-45,3
Engine key figures							
Effective power		kW	3,4	3,6	5,9	3,8	11,8
Specific fuel consumption	GOST 18502	g/(kW h)	387,2	380,0	-1,9	356,4	8,0

Kütuselisandite alased uuringud 3

Kasutati mootoridünamomeetriga ühendatud 4-silindrilisse 4-taktilisse 1998 ccm töömahuga Mercedes Benz M102 ottomootorit.

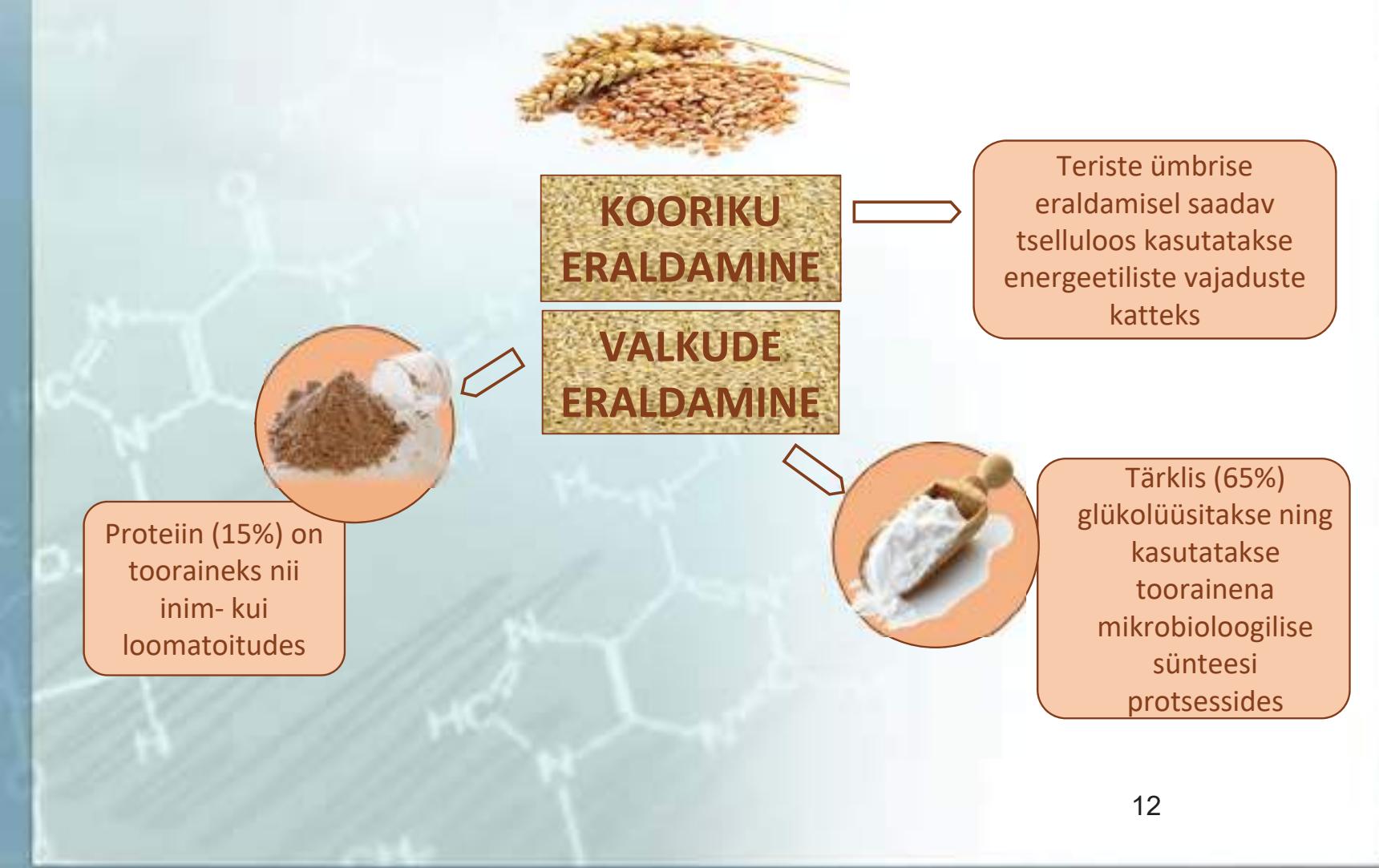
Katsetati iga kütuseseguga viiel erineval väntvölli pöörlemissagedusel vastavalt – 1700, 2200, 2700, 3200 ja 3700 min⁻¹. Mootori töötamisel erinevate kütusesegudega püüti maksimiseerida mootori eelsüütenerka.

Katsetuste ajal registreeriti mootori poolt arendatav efektiivvõimsus [kW] ja pöördemoment [Nm] valitud režiimil, kütuse erikulu [g/KWh], heitgaaside protsentuaalne koostis (CO, CO₂, HC, O₂) ja kütusesegu tihedus.

Piimhappe estrite mõju järjestus:

- Metüül-laktaat
- Propüül-laktaat
- Etüül-laktaat
- Butüül-laktaat
- Etüülheksüül-laktaat

Nisu biorafineerimine



NBC C3-Fermentatsiooni eelised

1. Protsessi kiirus on 50-90 g/l/h võrrelduna 2-5 (max10) g/l/h (10-kordne vahe!) üldlevinud meetoditega.
2. Ca. 60 kg jääke toodetud piimhappe tonni kohta, *versus* ca.1400 kg/t (enamikus CaSO_4 = kips) (25-kordne vahe)
3. „*Asünkroonne-läbivoolu*“- tüüpi fermenter NBC-It *versus* konventsionaalne (üldiselt) „*Batch*“-tüüpi.
4. Nordbiochemistry võimaldab hakkama saada 10-15 korda väiksema seadmepargiga, sama tootmismahu juures. See omakorda tähendab väiksemaid investeeringuvajadusi.

Propylene

Propylene is produced primarily as a by-product of petroleum refining and of ethylene production by steam cracking of hydrocarbon feedstocks. Propylene is a major chemical intermediate. The most important derivatives of chemical and polymer grade propylene are **polypropylene, acrylonitrile, propylene oxide, isopropanol and cumene**. Use of polypropylene in plastics (injection molding) and fibers (carpets) accounts for over one-third of global consumption. It is also used in the production of **synthetic rubber and as a propellant** or component in aerosols. Today, propylene was ranked seventh to tenth (regionally differ) among the top 50 chemicals produced all over the world.

- Demand of the Propylene – 96 million t/y
- Growth of the markets – 4,5% annually
- Market size – 106 billion EUR/y

Tänan tähelepanu eest!





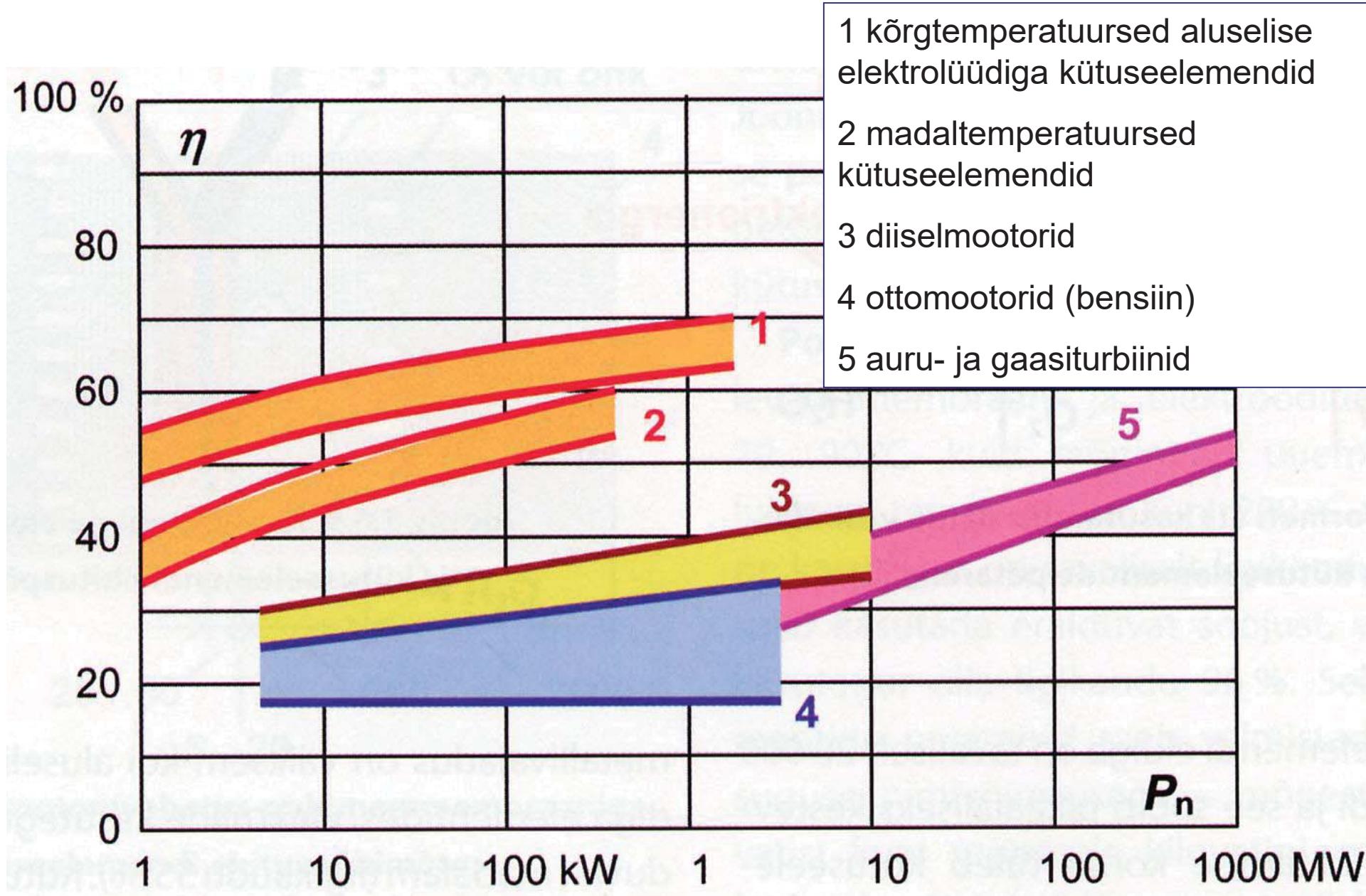
Arengutest vesinikuenergeetikas

E.Lust, Keemia instituut,

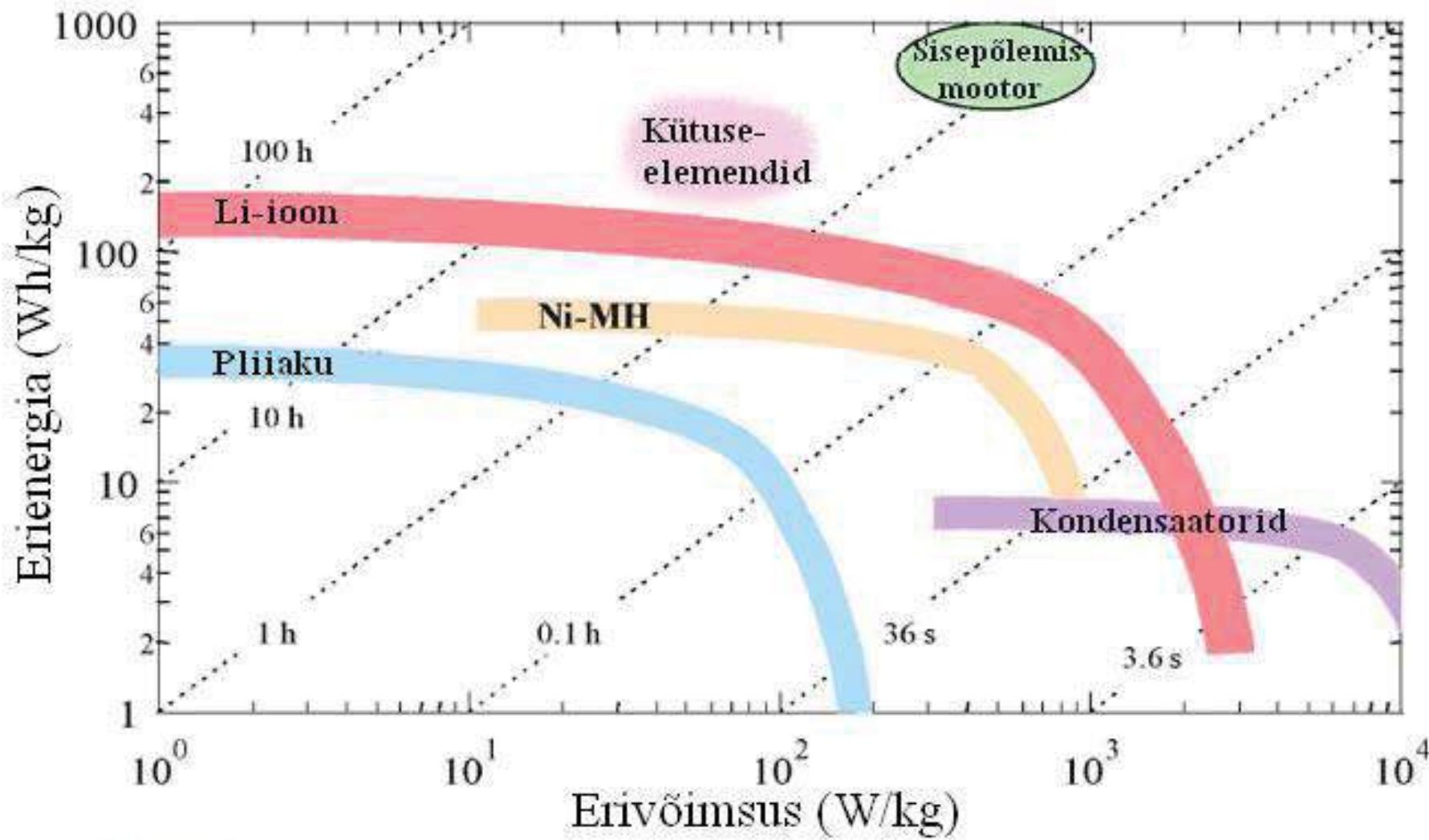
Tartu Ülikool

Enn.lust@ut.ee

Energiamuundurite kasuteguri olenevus nimivõimsusest



Erinevate energiaallikate Ragone graafikud.

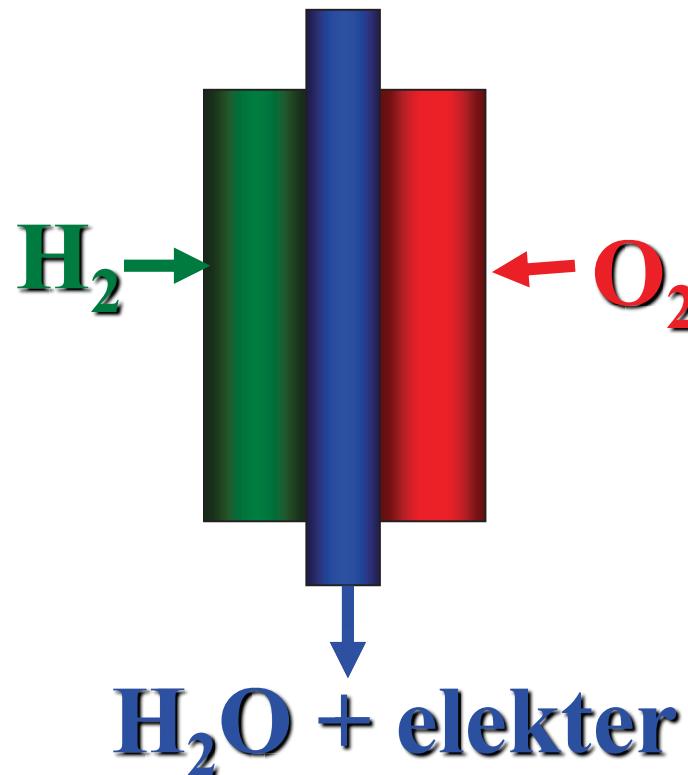




Kütuseelemendid

$$\Delta E^0 = -\Delta G/nF = (RT/nF)\ln K_a$$

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$



Erinevate kütuseelementide võrdlus

	Polümeerelektrolüüt kütuseelement	Fosforhappe kütuseelement	Sulakarbonaat kütuselement	Tahkeoksiidne kütuseelement
	PEFC	PAFC	MCFc	SOFC
Elektrolüüt	Nafion	H_3PO_4	$\text{Na}_2\text{CO}_3\text{-Li}_2\text{CO}_3$	$\text{ZrO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3$; $\text{Ce}_{1-x}\text{Gd}_x\text{O}_{2-\delta}$
Töötemperatuur /°C	70-80	200	650-700	500...1000
Kütus	H_2	H_2	$\text{H}_2, \text{CO}, \text{CH}_4$	$\text{H}_2, \text{CO}, \text{CH}_4, \text{H}_2\text{S}$ $\text{CH}_3\text{OH}, \text{C}_3\text{H}_8,$ NH_3 , bensiin
Eeldatav efektiivsus (HHV) / %	30-40	35-42	45-60	45...90
Võimsus / kW	12.5	100	1000	10...2500
Efektiivsus / %	40 ↑	40	45	50...85 ↑

↓ ↓ ↓ ↓

Madal
temperatuur

Kõrge
efektiivsus

Vesiniku ja bensiini energia muundamise efektiivsuse võrdlus

Vesinik

Allikas: Vesi
Varud: Löputud
Taastuv: Jah
Süsini jalajälg: Puudub
Kg hind: 1-1,8\$
Tootmistehase hind: 700-3500/bpd
1kg H₂ kütuseelemendiga auto
sõiduulatus: 81miili
Täiendavad keskkonnamõjud: Ei

Bensiin

Allikas: Toornolta
Varud: Piiratud
Taastuv: Ei
Süsini jalajälg: Jah
Galloni hind: 2-3\$
Tootmistehase hind: 1000-5000/bpd
1 galloni bensiini auto
sõiduulatus: 18-31 miili
Täiendavad keskkonnamõjud: Jah

Energia vajadus elektrolüüsil:

1kg H₂ → 32,9 kWh_{el}/kg (normaalrõhu elektrolüüs)
1kg H₂ → 60 kWh_{el}/kg (kõrgrõhu elektrolüüs)

Eeldusel, et piigiväline elekter maksab 0,03\$/kWh, siis:

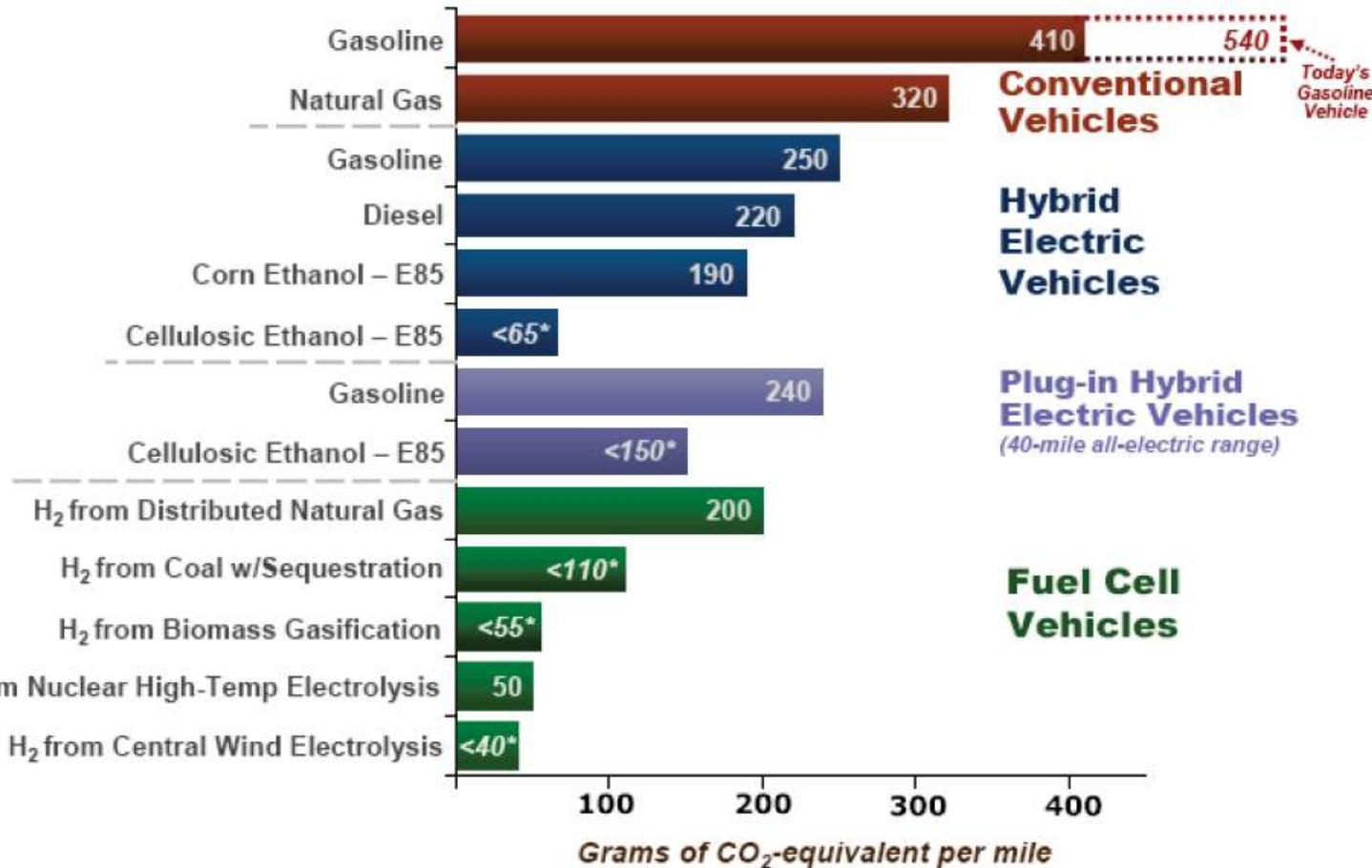
H₂ hind on 1 -1,8\$/kg. Kui 0,06\$/kWh, siis 2-3,6 \$/kg ja see hind pole tegelikult üldsegi konkurentsivõimeline.

1 kg H₂ sisaldab sama palju energiat kui 1 gallon (3,785 liitrit) bensiini



Well-to-Wheels Greenhouse Gas Emissions

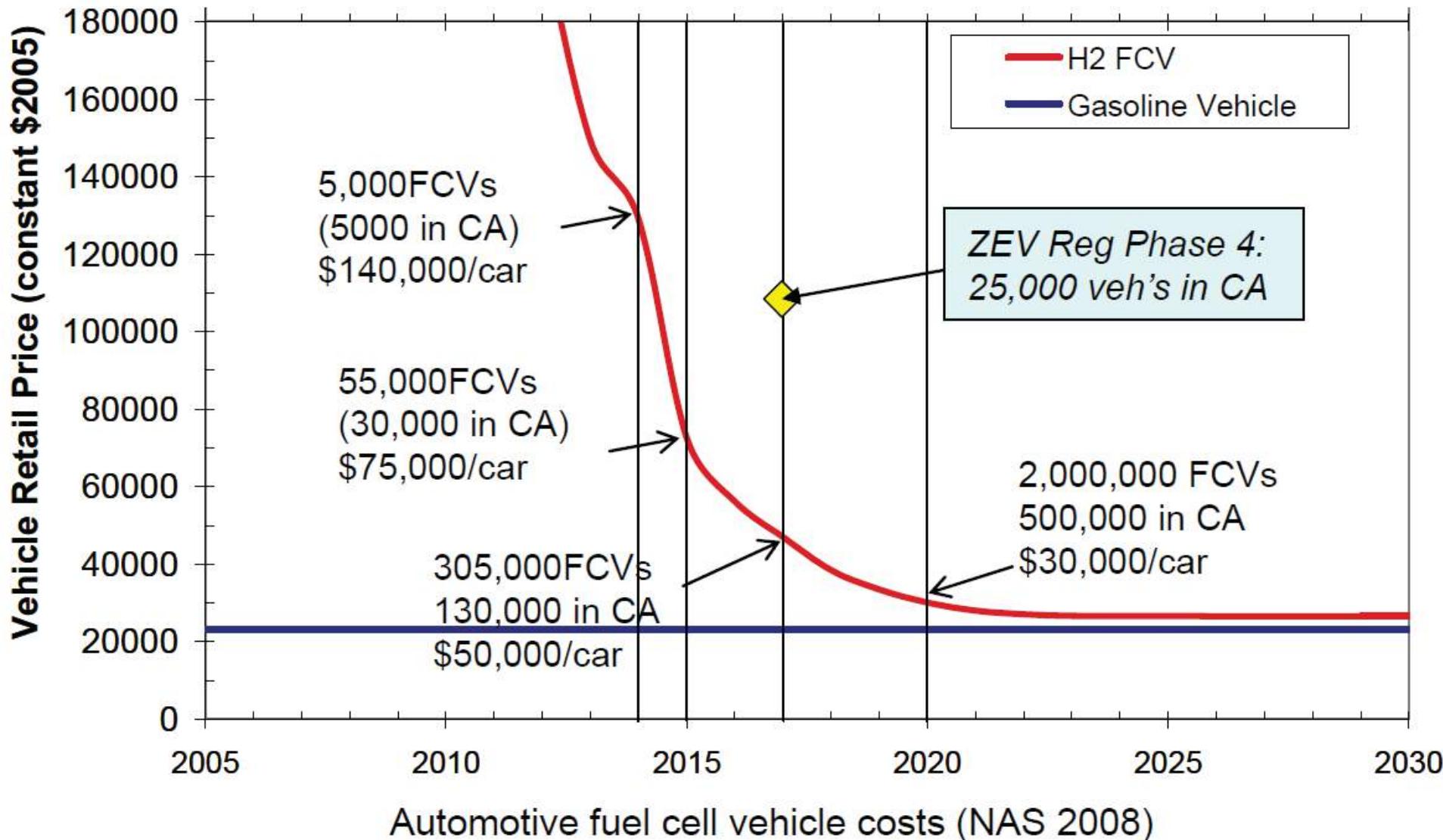
(direct emissions, based on a projected state of the technologies in 2020)



*Net emissions from these pathways will be lower if these figures are adjusted to include:

- The displacement of emissions from grid power-generation that *will* occur when surplus electricity is co-produced with cellulosic ethanol
- The displacement of emissions from grid power-generation that *may* occur if electricity is co-produced with hydrogen in the biomass and coal pathways, and if surplus wind power is generated in the wind-to-hydrogen pathway
- Carbon dioxide sequestration in the biomass-to-hydrogen process

Well to wheel performance of FCVs relative to other alternatives
(Reference: U.S. DOE 2009)



3. FCEV and HRS Deployment



Automakers' Worldwide Cooperation

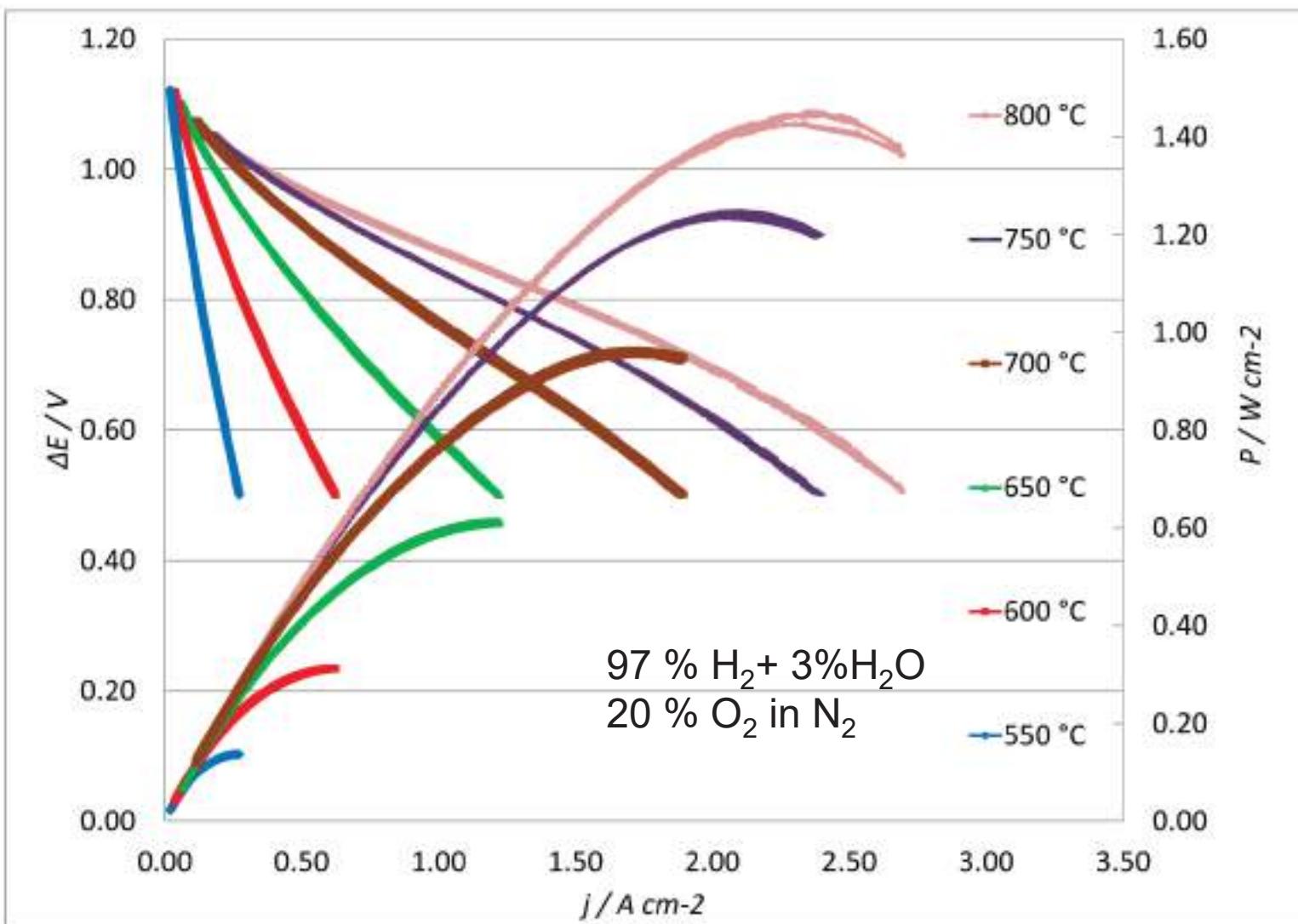
Toyota = BMW	Nissan = Daimler = Ford	Honda = GM
(announced on Jan 24, 2013) - Agreed on joint development of a fundamental fuel-cell vehicle system aiming for next-generation in 2020. - Launch of FCVs in 2015 	(announced on Jan 28, 2013) - Agreed on joint development of common fuel cell electric vehicle system. - Launch of mass-production FCEVs in 2017 	(announced on July 2, 2013) - Agreed on joint development of fuel cell system and hydrogen storage technologies, aiming for next-generation in 2020. - Launch of FCVs in 2015 

- Joint announcement by 13 companies including automakers and energy companies (Jan 13, 2011)
 - (1) introduction of FCEV in 2015,
 - (2) installation of 100 hydrogen refueling stations in four major metropolitan areas
- “Japan Revitalization Strategy” (June 14, 2013)
 - (1) installation of 100 hydrogen refueling stations in four major metropolitan areas
 - (2) the world's fastest dissemination of FCVs



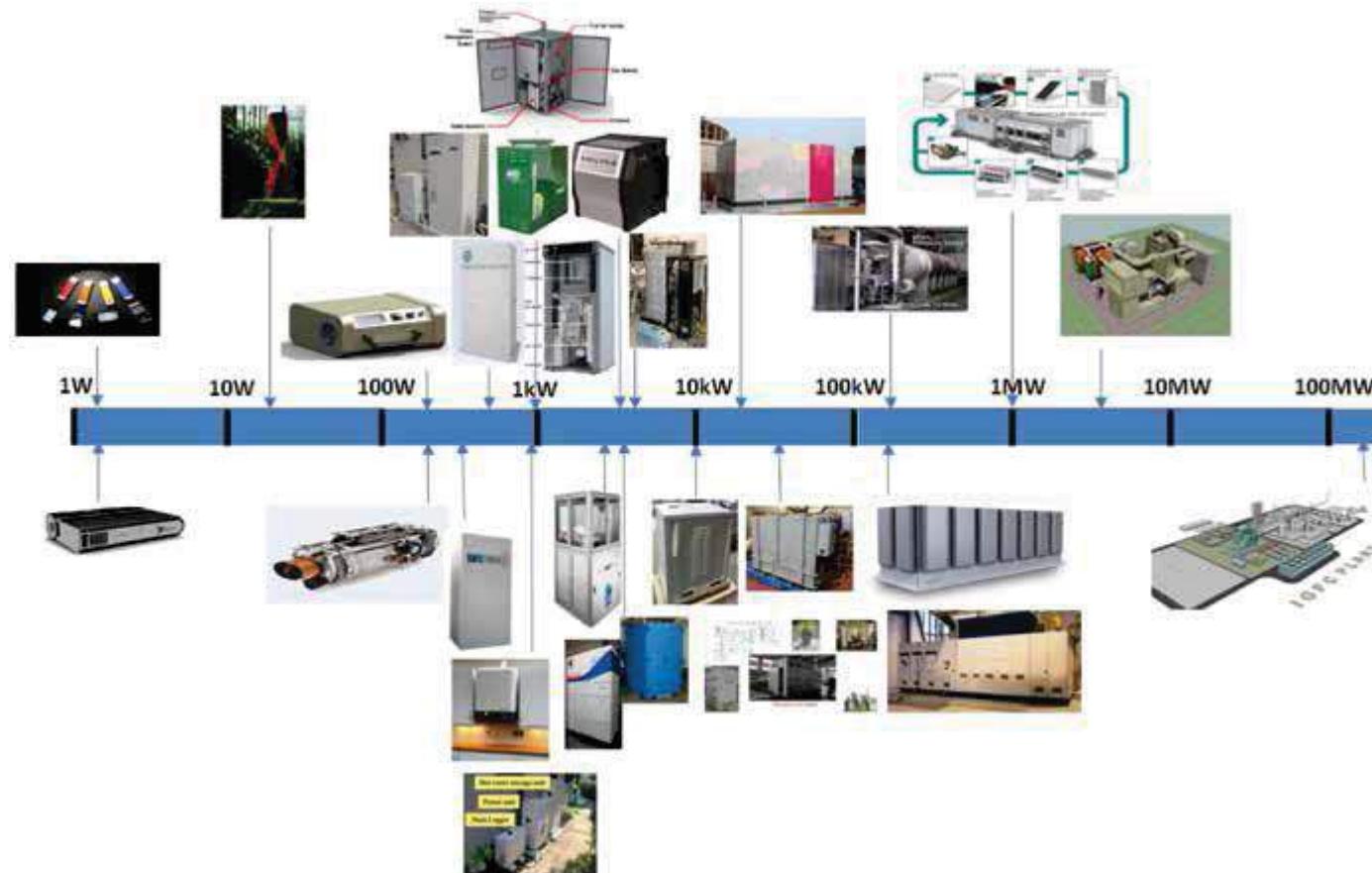
R.Kanarbik, G.Nurk, I.Kivi, P.Möller, K.Tamm ,etc.

$\text{Pr}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{CoO}_{3-\delta}|\text{Ce}_{0.9}\text{Gd}_{0.1}\text{O}_{2-\delta}|\text{Zr}_{0.85}\text{Y}_{0.15}\text{O}_{2-\delta}|0.6\text{NiO}-0.4\text{Zr}_{0.85}\text{Y}_{0.15}\text{O}_{2-\delta}$





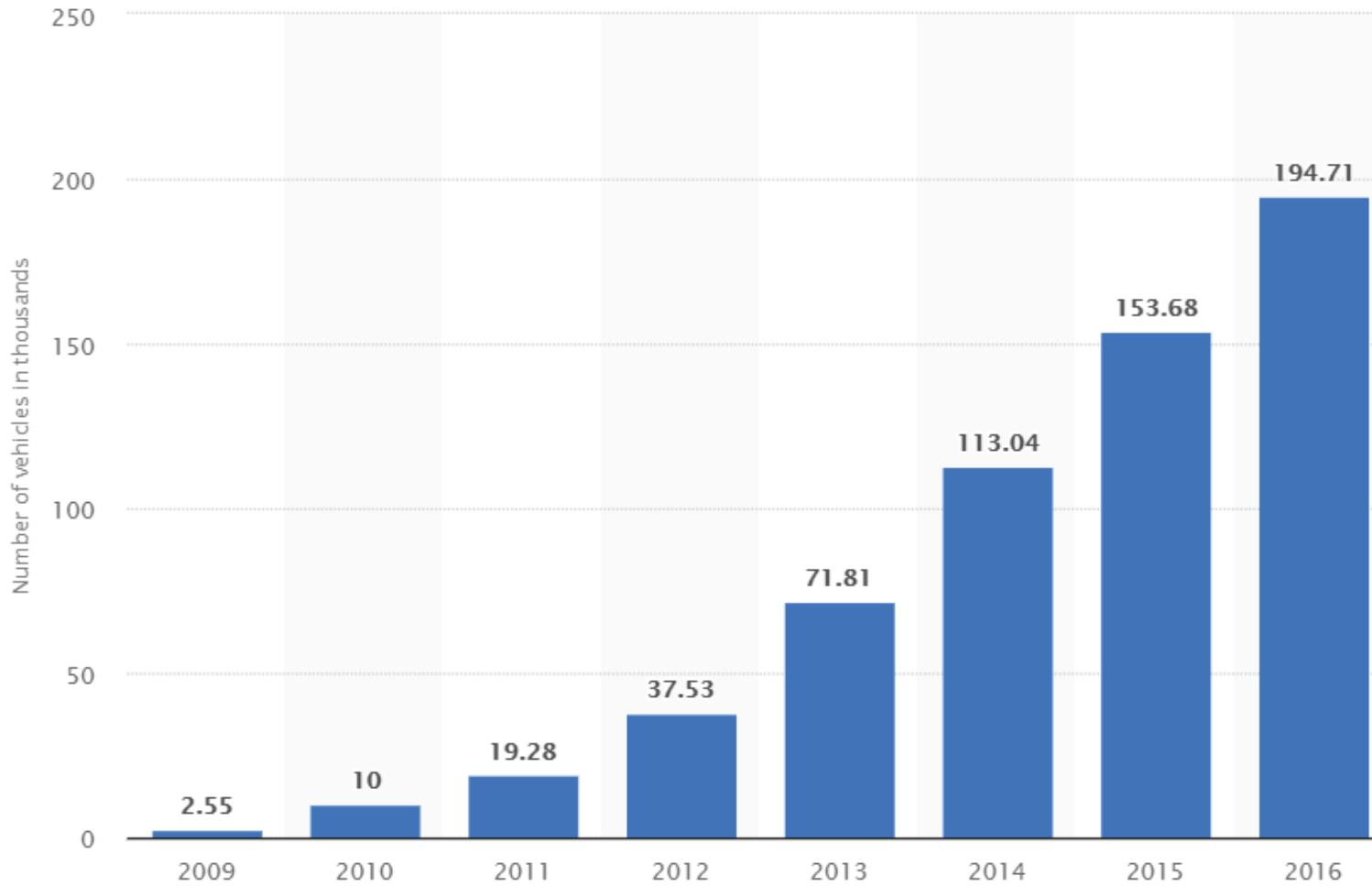
SOFC power systems (hardware demonstrators, prototypes and pre-commercial systems up to 200 kW, concepts at 1MW and above)



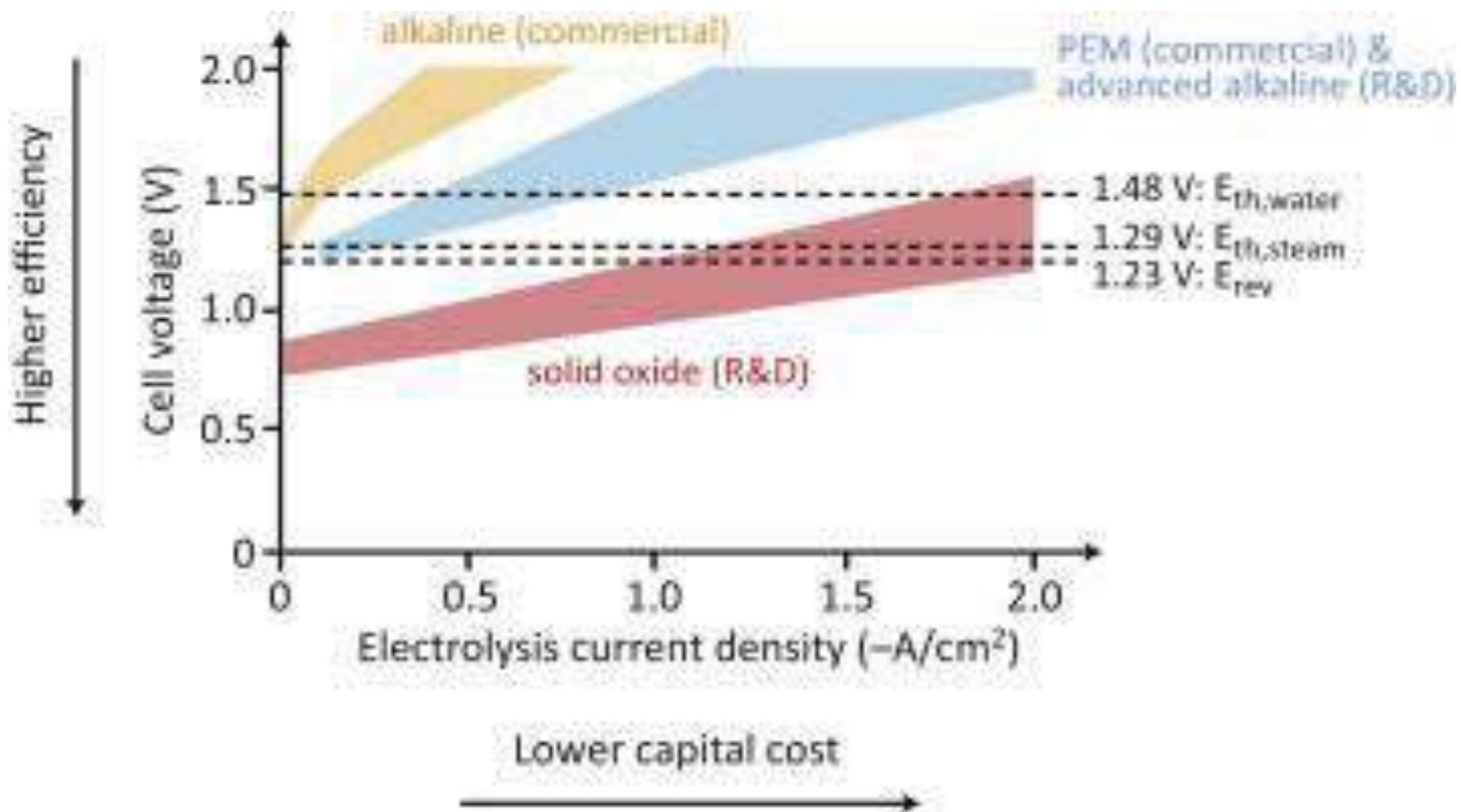


AS Elcogen 1kW SOFC

Total number of fuel cell vehicles in use (SOFC and PEFC) in Japan in fiscal years 2009 to 2016 (in 1,000s)



The statistic shows the total number of fuel cell vehicles in use (SOFC and PEFC) in Japan in fiscal years 2009 to 2016. In fiscal 2016, the number of fuel cell vehicles in use amounted to approximately 195 thousand, up from about three thousand vehicles in 2009.



Typical ranges of polarization curves for different types of state-of-the-art water electrolysis cells. $E_{th,water}$ and $E_{th,steam}$ are the thermoneutral voltages for water and steam electrolysis, respectively. E_{rev} is the reversible potential for water electrolysis at standard state.

H₂O-st on võimalik H₂ toota kasutades väga erinevaid meetodeid

- 1) Elektrolüüsil**
- 2) Keemiliselt toestatud elektrolüüsil**, kasutades nn kütuseid (sageli C) hapnik elektroodi poolel. Selline C lisamine võimaldab vähendada elektrienergia kulu ja alandab H₂ omahinda.
- 3) Radiolüüsil** (H₂O kiiritamine näiteks ära kasutatud tuumareaktorite kütustega). Loodusest tuntud efekt Lõuna-Aafrika kullakaevanduses
- 4) Termolüüsil.** T ≥ 2500 °C H₂O laguneb otseselt H₂ ja O₂-ks. T ≤ 2500 °C on vajalikud d-metallkatalüsaatorid.
- 5) Termokeemilised tsüklid.**
 - a. Väävel - iood (S-I) tsükkel T = 950°C → saagis 50% H₂, I₂ ja polümeriseerunud väävel. Väävel ja I₂ on korduvalt kasutatavad.
 - b. Vase – kloriid-iooni tsükkel T = 530 °C, saagis 43% H₂.
 - c. Ferrosilicon (ferrosilikooni) method (sõjaväes kasutusel, NaOH, Fe₄Si₃, H₂O) Fe₄Si₃ + NaOH segatakse balloon, hiljem lisatakse H₂O. T → 200 °C ja tekib H₂ + H₂O aur.
- 6) Fotobioloogiline H₂ tootmine.** Kasutatakse erinevaid vetikaid reaktoris.
- 7) Fotokatalüütiline H₂O lagundamine**, vajalikud fotokatalüsaatorid (neid on väga erinevaid ja palju).
- 8) Biovesiniku meetod** (biomass ja orgaanilised jäätmed lagundatakse gasifitseerimisel, H₂O reformimisel, bioloogilised ja biokatalüütilised protsessid).
- 9) Fermentatiivne H₂ tootmine** (kas valguse käes või ka pimedas) vetikate abil, kaudse biofotolüüsi abil kasutades tsüanobaktereid, fotofermentatsiooni, anaeroobset fotosünteesivaid baktereid ja pimedas fermentatsiooni jne.
- 10) Kasutatakse rakuvaba sünteetilist ensümaatilist biotransformatsiooni rada (SyPaB) ehk glükoosi oksüdeerimist H₂O kui oksüdeerijaga (2007); see reaktsioon neelab keskkonnast hajutatud soojust (2009). Töötati välja ka tselluloosist H₂ tootmismeetod.**
- 11) Biokatalüütiline elektrolüüs** (elektrolüüs mikroobide abil), mida kasutatakse mikroobkütuseelemendis.