

# **TULEVIKUKÜTUSED**

Prof. Allan Niidu

Virumaa Kolledž, TalTech

Arenguseirekeskuse veebiseminar 14.05.2020

# SISSEJUHATUS

- Päike, tuul ja vesinikumajandus
- Metanoolimajandus
- Biokütused
- Jäätmed



Soja

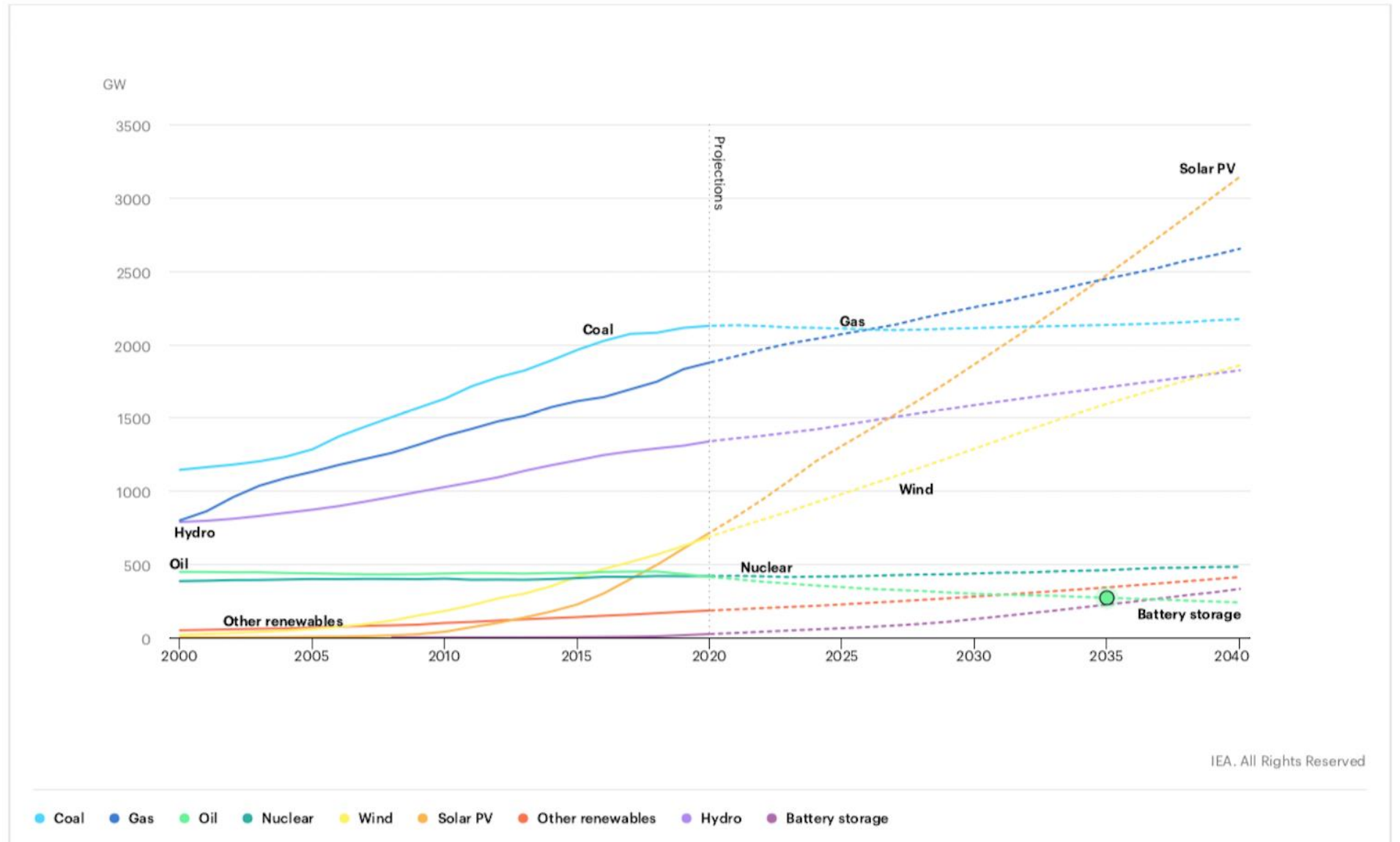


Mais

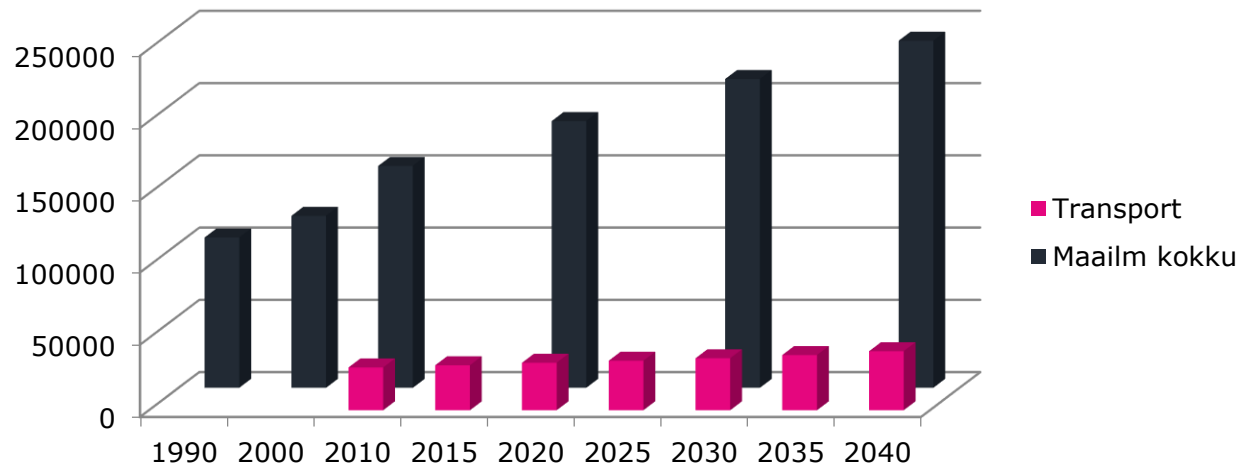


Suhkruroog

# ENERGIA TOOTMINE 2000-2040 (WEC)



# MAAILM JA FOSSIILSED KÜTUSED

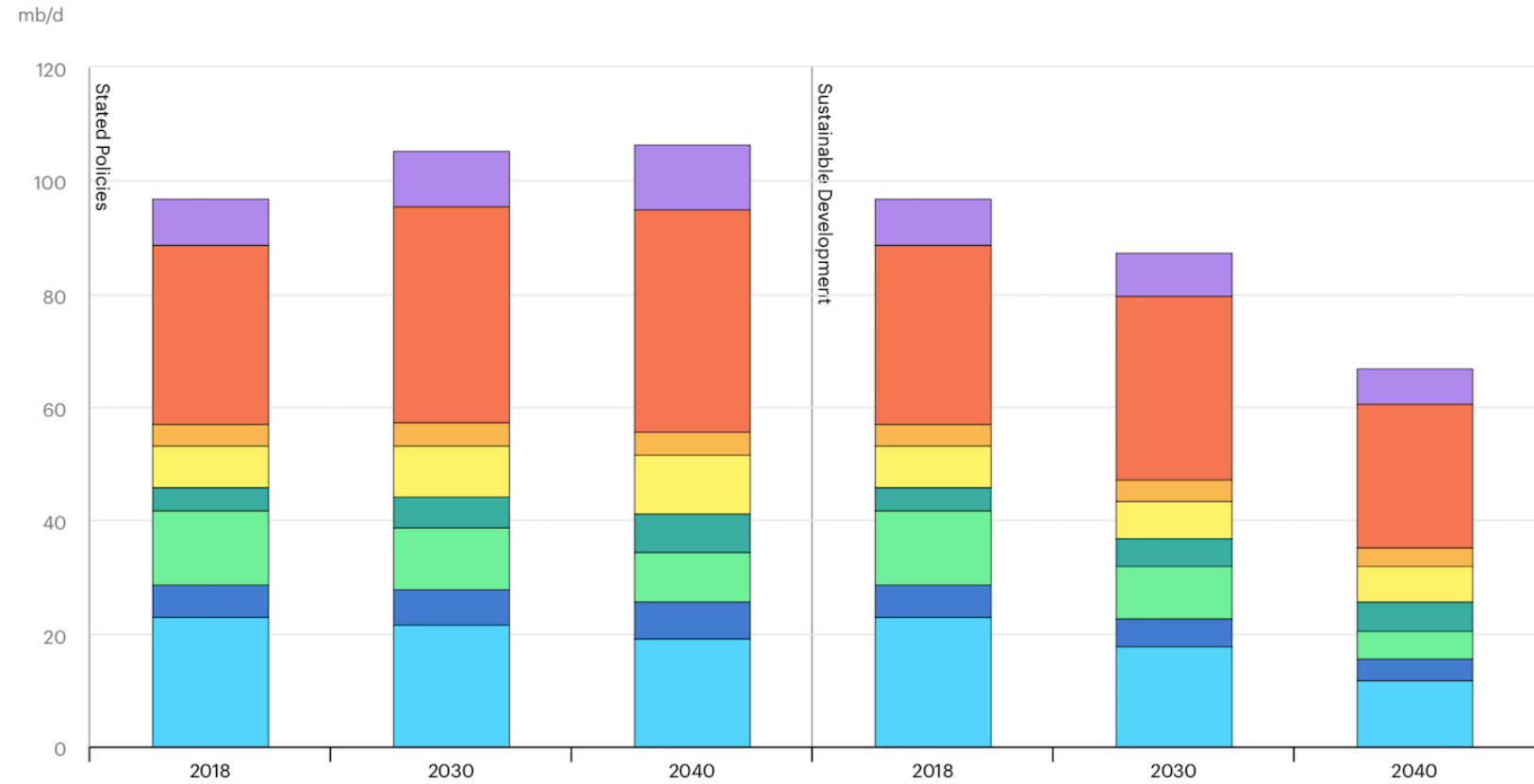


Hinnanguline varu  
400-500 a

Hinnanguline  
majanduslikult  
kasutatav varu 60-  
70 a (suureneb  
pidevalt)

Maailma energiatarbimine ja transpordisektori  
energiatarbimine, 1990-2040 (TWh)

# NAFTA TARVE: PLAANID VS JÄTKUSUUTLIKKUS (IEA)

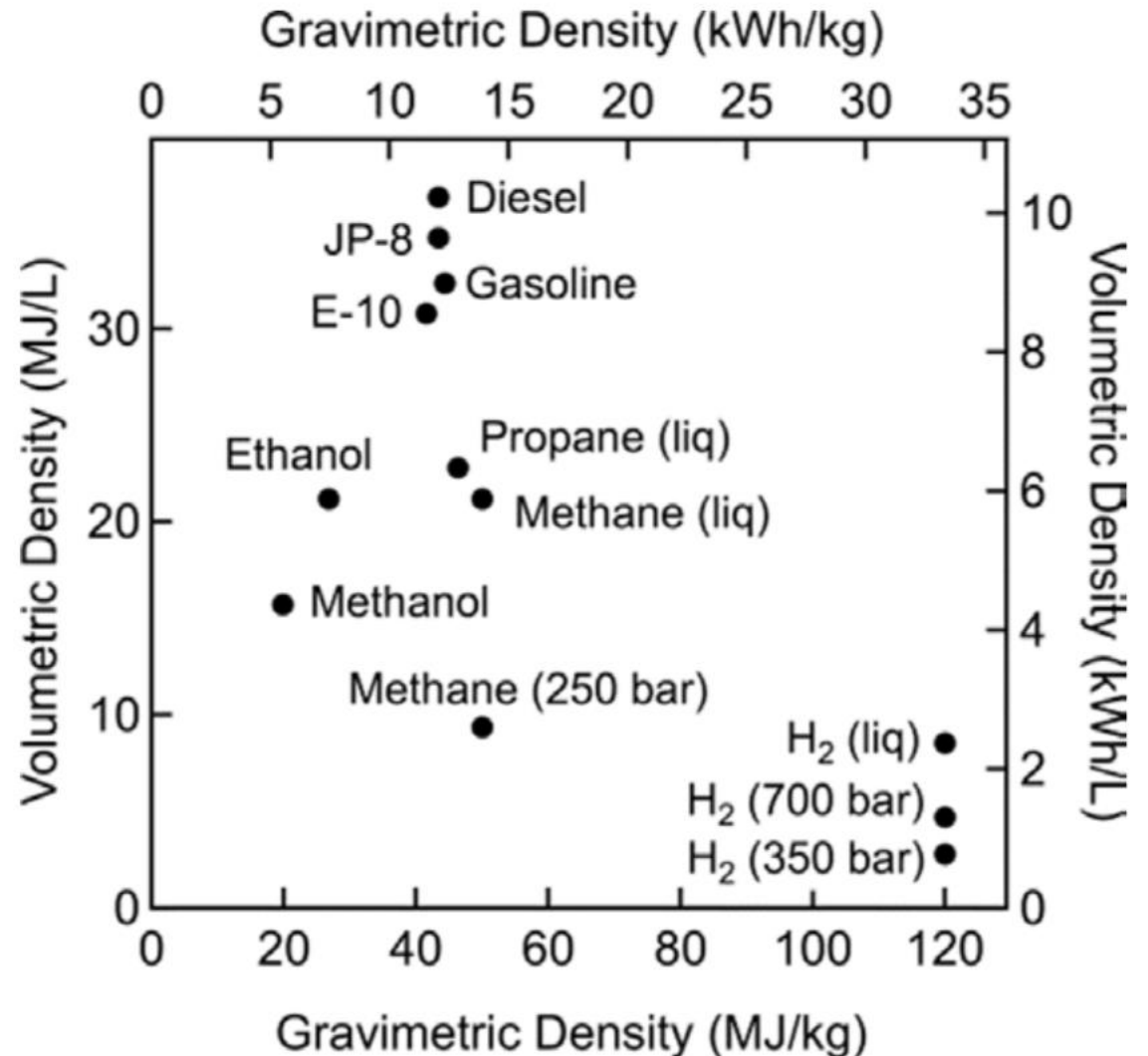


# VESINIKUMAJANDUS

- Mõiste võttis kasutusele John Bockrist 1970. a.
- Vesiniku kasutamist kütusena kirjeldas ka Jules Verne (1874 "Saladuslik saar")
- Toodetakse kahel viisil
  - I Metaanist üle sünteesigaasi
  - II Elektrolüütiliselt veest
- I rakendatav ka biomassile
- II pole rakendatav biomassile
- Elektrolüüsi eelised
  - Päike ja tuul
  - Laboris ka mereveest valguse toimel
  - Laboris tsüanobakterid CO<sub>2</sub>-st ja veest valguse toimel

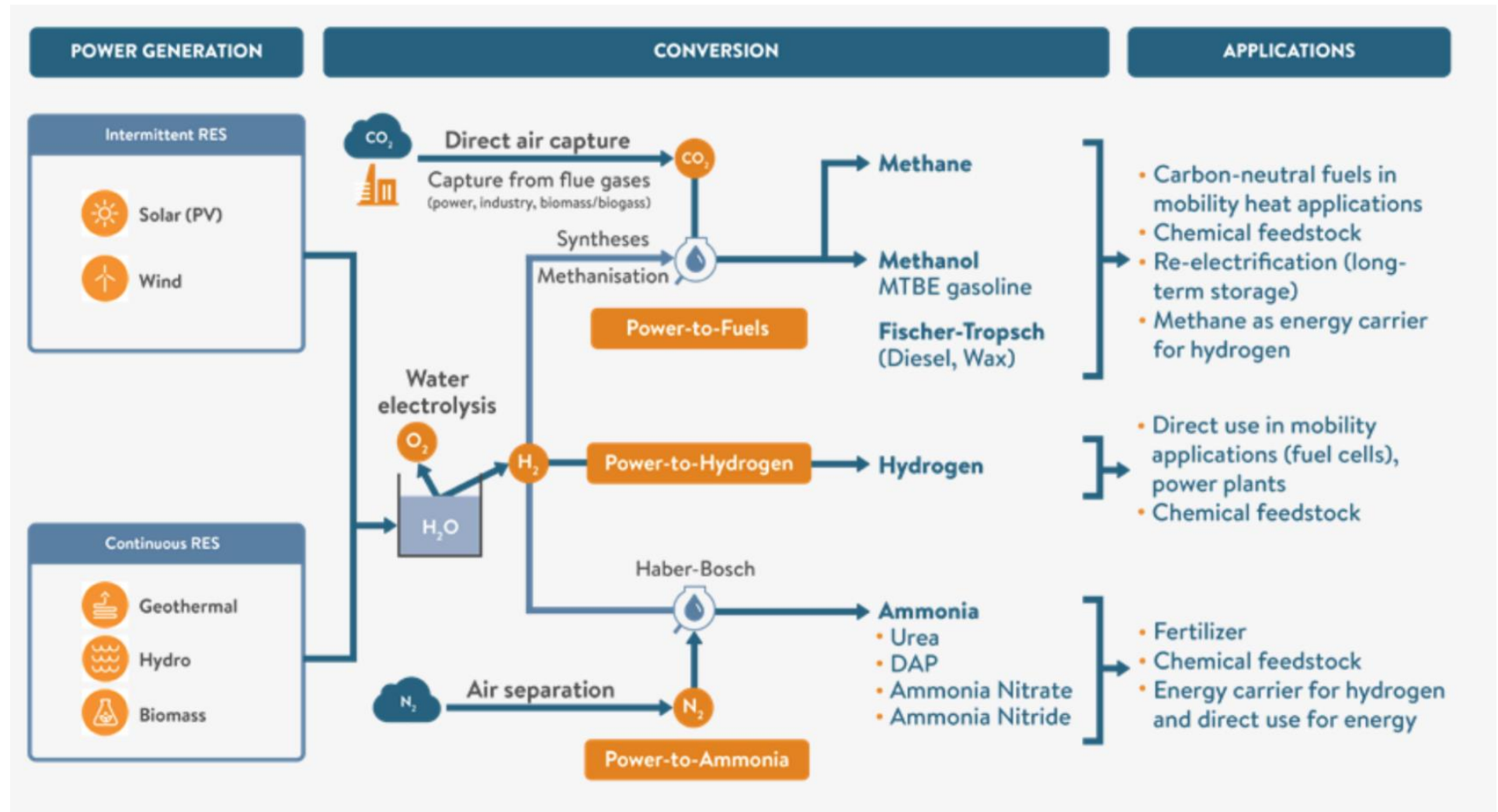
## VESINIK KÜTUSENA (DOE2017)

Kõrgem energiatihedus –  
väiksem kulu  
salvestamisele ja transpordile  
Vesinikul suur energiatihedus  
massi järgi ja  
väike ruumala järgi





# VESINIKUMAJANDUS (WEC)

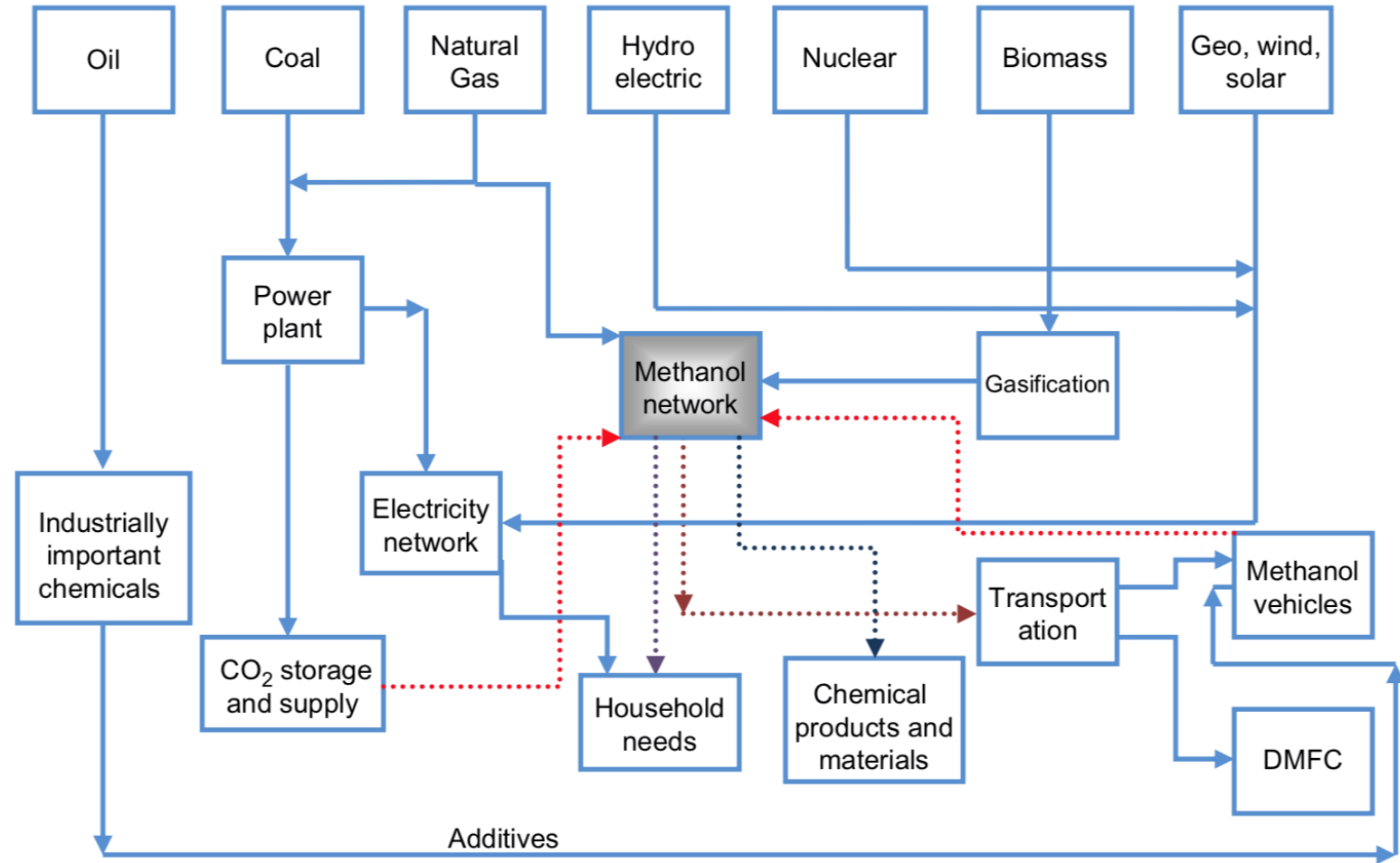




# METANOLIMAJANDUS

- Georg A. Olah (Nobelist)
- Võimalik toota väga suurtes mahtudes
- 2014 a 65 mln t
- U 15 korda väiksem bensiinitoodangust
- Tehnoloogia tuntud ja skaleeritav
- Kasutatav sisepõlemismootoris (ringrajaautodes alates 1965 a)
- Infrastruktuur olemas (bensiin), vajab täiendamist

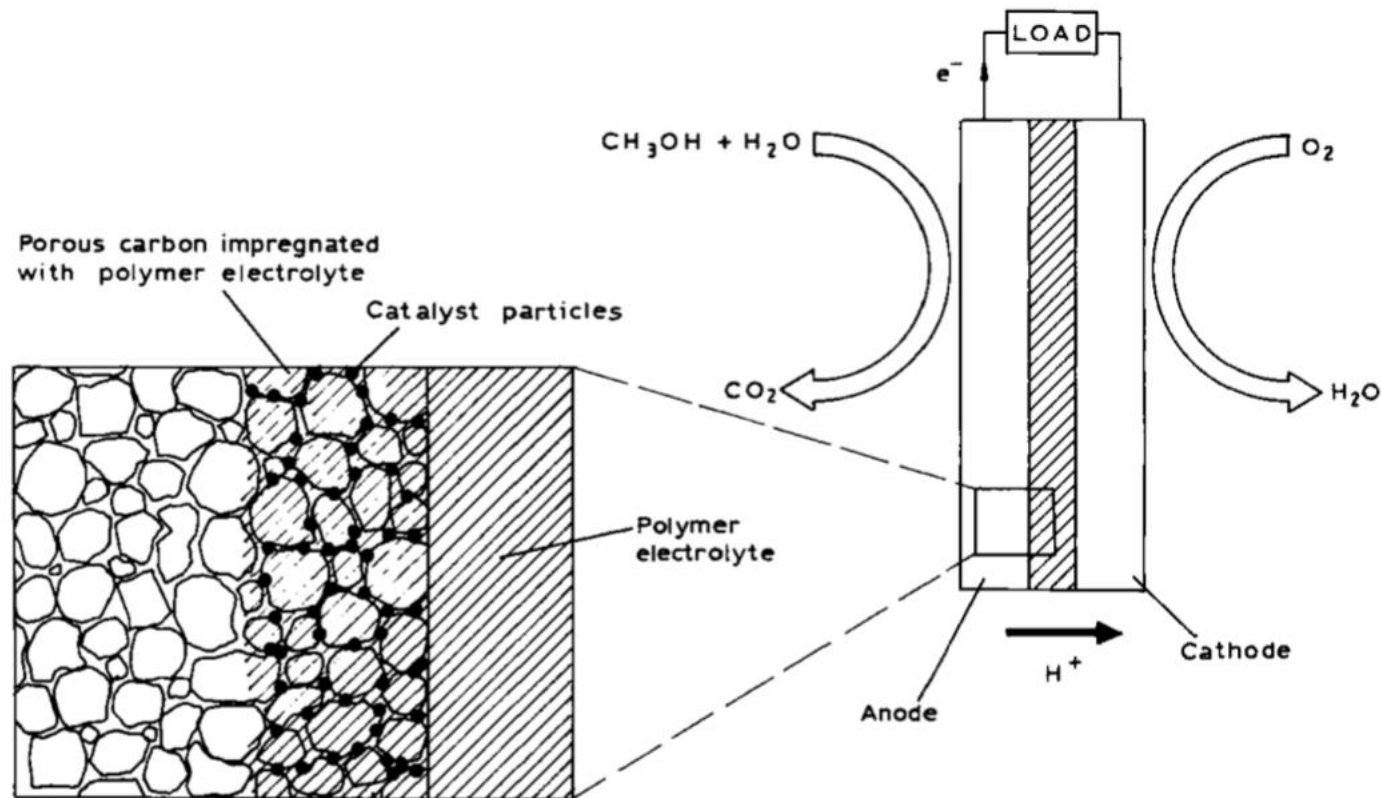
# METANOOLIMAJANDUS (GUMBER2018)



# METANOLIMAJANDUS - KEEMIA TÖÖSTUS

- Metanoolist saab
  - Kütuseid
  - Äädikat sellest omakorda polümeere (liimid, värvid, vahtkummi), PET, nailon
  - Formaldehüüdi – polümeerid (liimid, vaigud, polüuretaanid), plastid ja kiud (tekstiil)
  - Dimetoksüeetrit – aerosoolid, gaas vahtplastides, solvent
    - Olefiinid – polümeerid ja nende lähtematerjalid
    - Tööstuslikud lahustid
  - Tehnoloogiad olemas, tehased ka
    - UOP/Hydro
    - Sinopec
    - Lurgi MTP protsess

# METANOOLI KÜTUSEELEMENT (HOGARTH AND HARDS 1996)

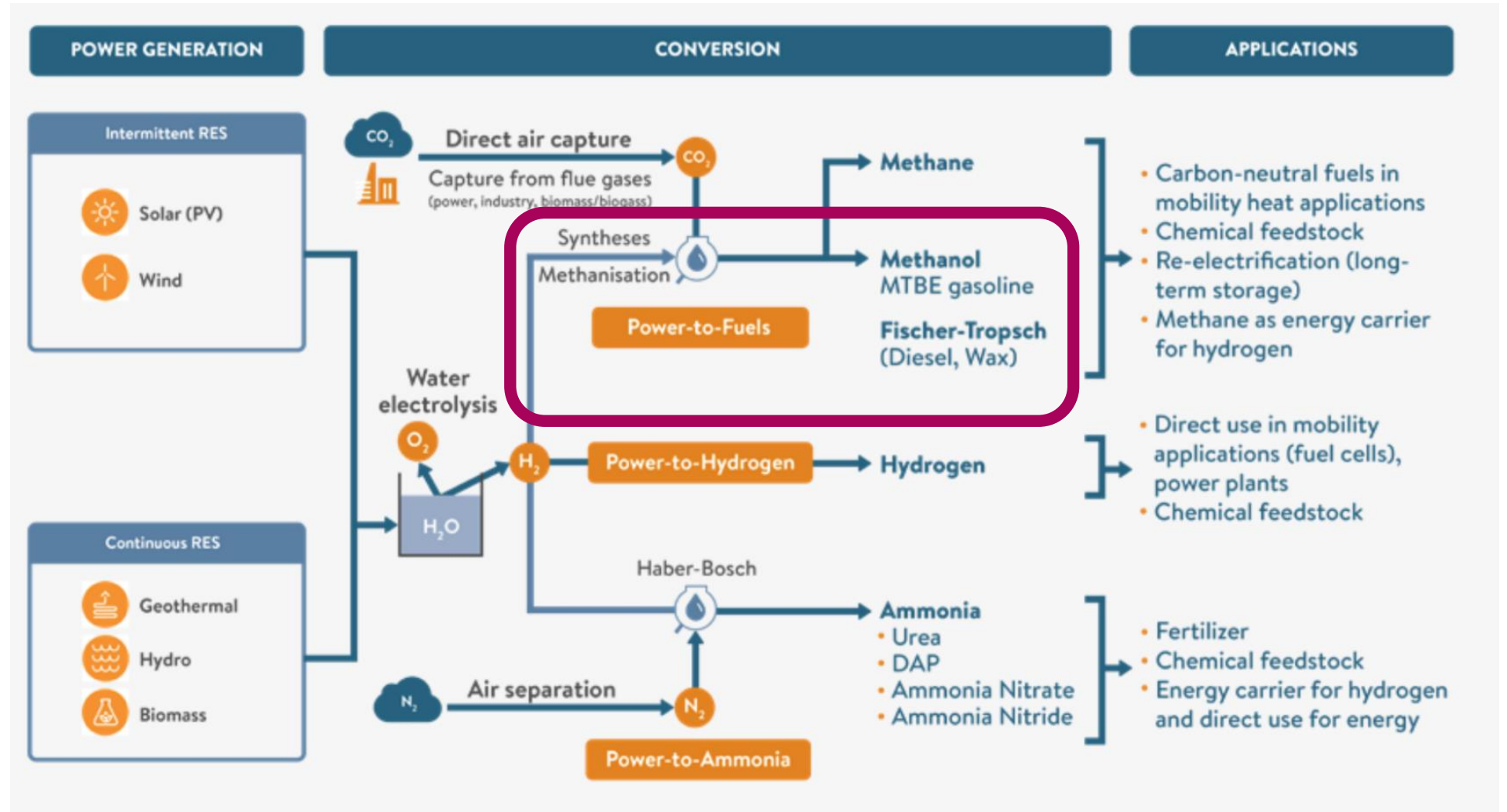


**Fig. 1** A DMFC employing an acidic solid polymer electrolyte such as Du Pont's Nafion<sup>®</sup> and finely dispersed platinum electrocatalyst supported on porous carbon electrodes

- Metanooli saab ka  $\text{CO}_2$ -st
- Saab kasutada kütuseelementides elektri tootmiseks
- Kaasajal ebaefektiivsed
- Tulevik... helge?
- Dimetüüleeter kui maagaasi ekvivalent



# VESINIKUMAJANDUS ON SEOTUD METANOOLIMAJANDUSEGA



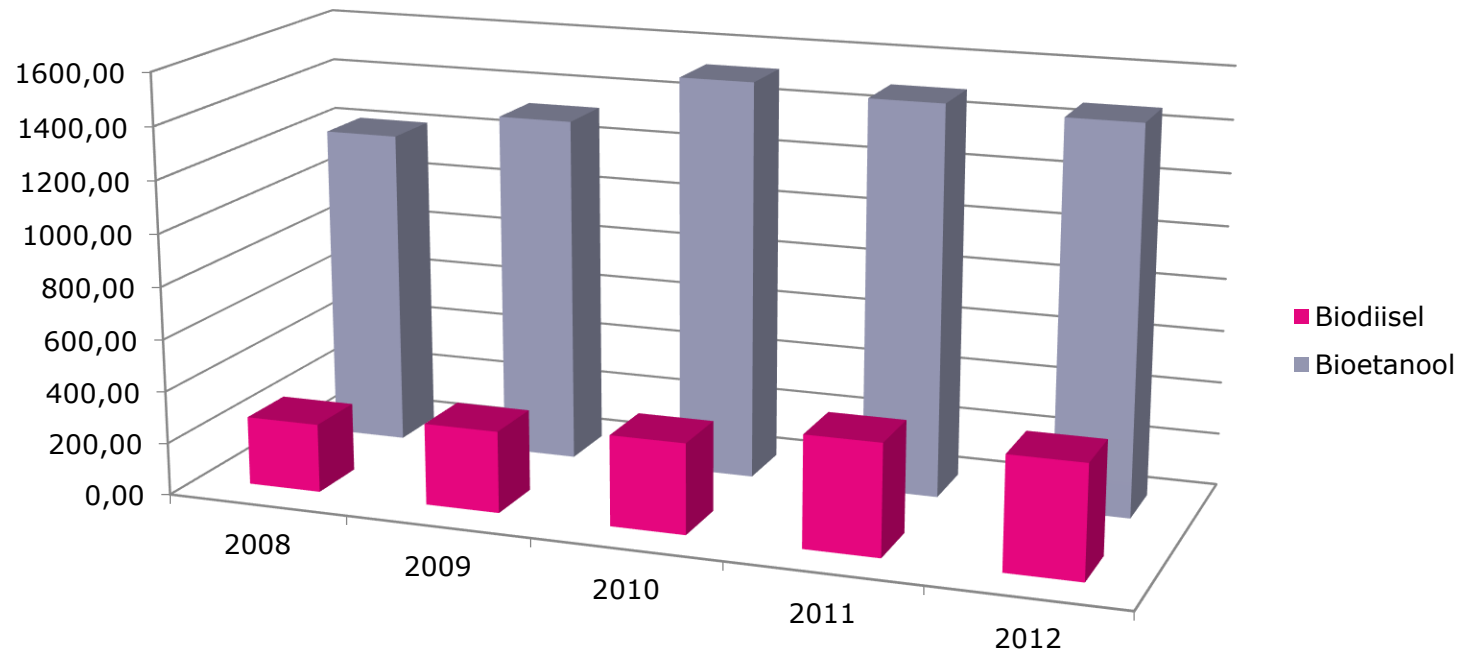
## MILLISED KÜTUSED PEALE VESINIKU JA METANOOLI ON VEEL VALIKUS?

- Biokütused
- Biomass
- Jäätmed
  - Biojäätmed
  - Plast
  - Rehvid



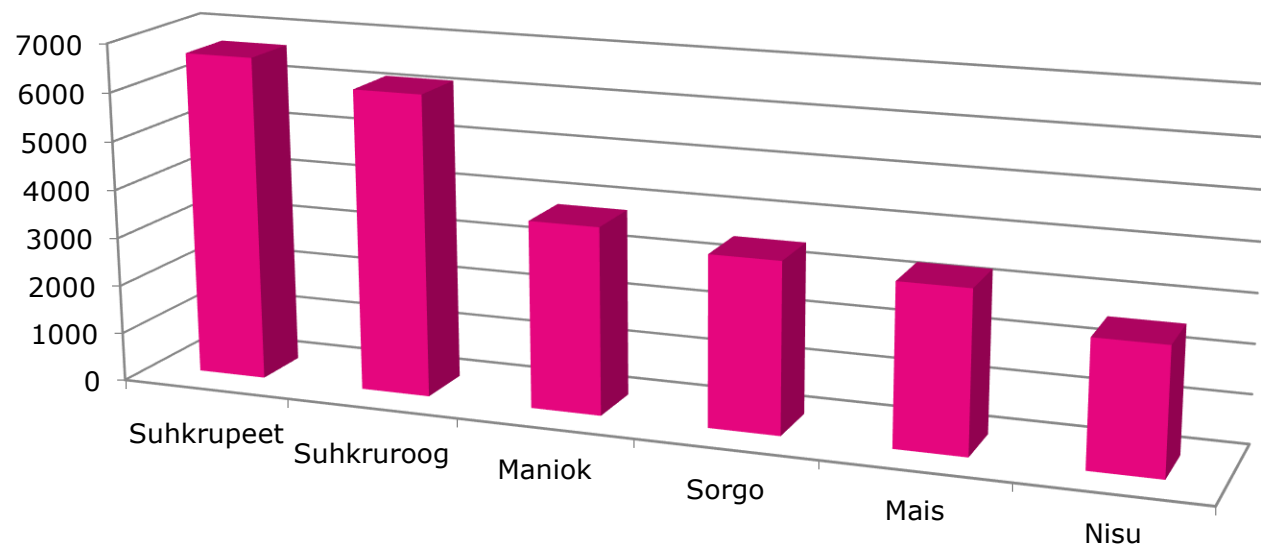
# MILLISED KÜTUSED?

- Biokütused
  - Etanool
    - 1. põlvkond
    - 2. põlvkond
  - Diiseli
    - 1. põlvkond
    - 2. põlvkond



Biodiisli ja bioetanooli toodang 2008-2012, tuh bbl/päev

# BIOETANOL



Ligikaudne etanooli saagis liikide lõikes l/(ha\*a).

NB! 1 bbl = 159 l

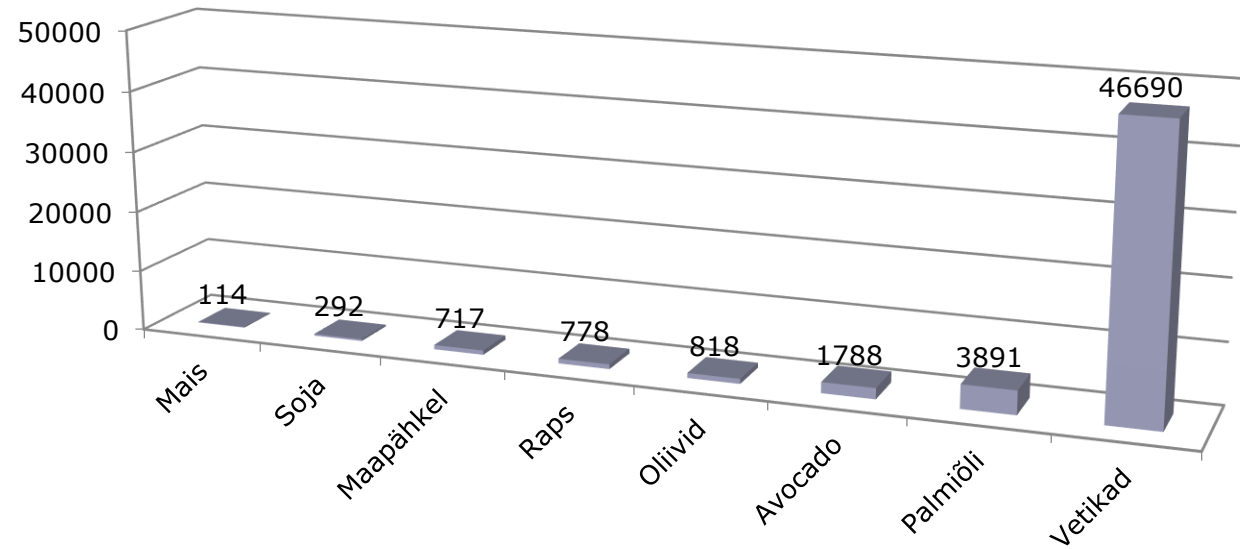
- I põlvkond
  - Pärm ja suhkrurikkad toiduained
- II põlvkond
  - Ensüümid ja tselluloos

## BIOETANOOLI PUUDUSED

- I põlvkonna bioetanool konkureerib toiduainetega
- II põlvkonna bioetanool ei konkureeri toiduainetega
- Korrosioon sisepõlemismootorites
- Ei asenda kaugkütet ega elektritootmist

## BIODIISEL, MILLEST SAAB?

Erinevad taimsed allikad annavad erineva hulga kütust.



Ligikaudne biodiisli saagis l/(ha\*a)

## BIODIISLI PUUDUSED

- Konkureerib osaliselt toiduainetega
- Vihmameetsade asendamine monokultuuridega, nt õlipalmiistandused Indoneesias
- I põlvkonna põlemisomadused kehvemad kui fossiilsetel kütustel
- I põlvkonna säilivus omadused kehvemad kui fossiilsetel kütustel
- II põlvkonna kütused oluliselt kallimad võrreldes fossiilsete kütustega

## BIOGAAS

- Anaeroobse kääritamise tulemusena
- Orgaaniline jääde
  - Põllumajandusest
  - Majapidamistest
- Tehnoloogia tuttav, kuid kallid
- Uttegaasid (EL toetustega teostatavad)

### Biogaasi tootmine Eestis

	2007	2008	2009	2010
Kokku biogaasi tootmine, mln Nm <sup>3</sup>	12,54	11,65	13,59	13,13
<i>Sh biohaas reovee settest</i>	2,64	2,84	2,69	2,96
<i>Sh biogaas sealäga</i>	0,57	0,39	0,59	0,85
<i>prügilagaas</i>	9,34	8,62	10,32	9,32

Energiatalgud.ee, ENMAK2030/2050

## BIOGAASI POTENTIAAL

Tihedus 0.717  
kg/Nm<sup>3</sup>

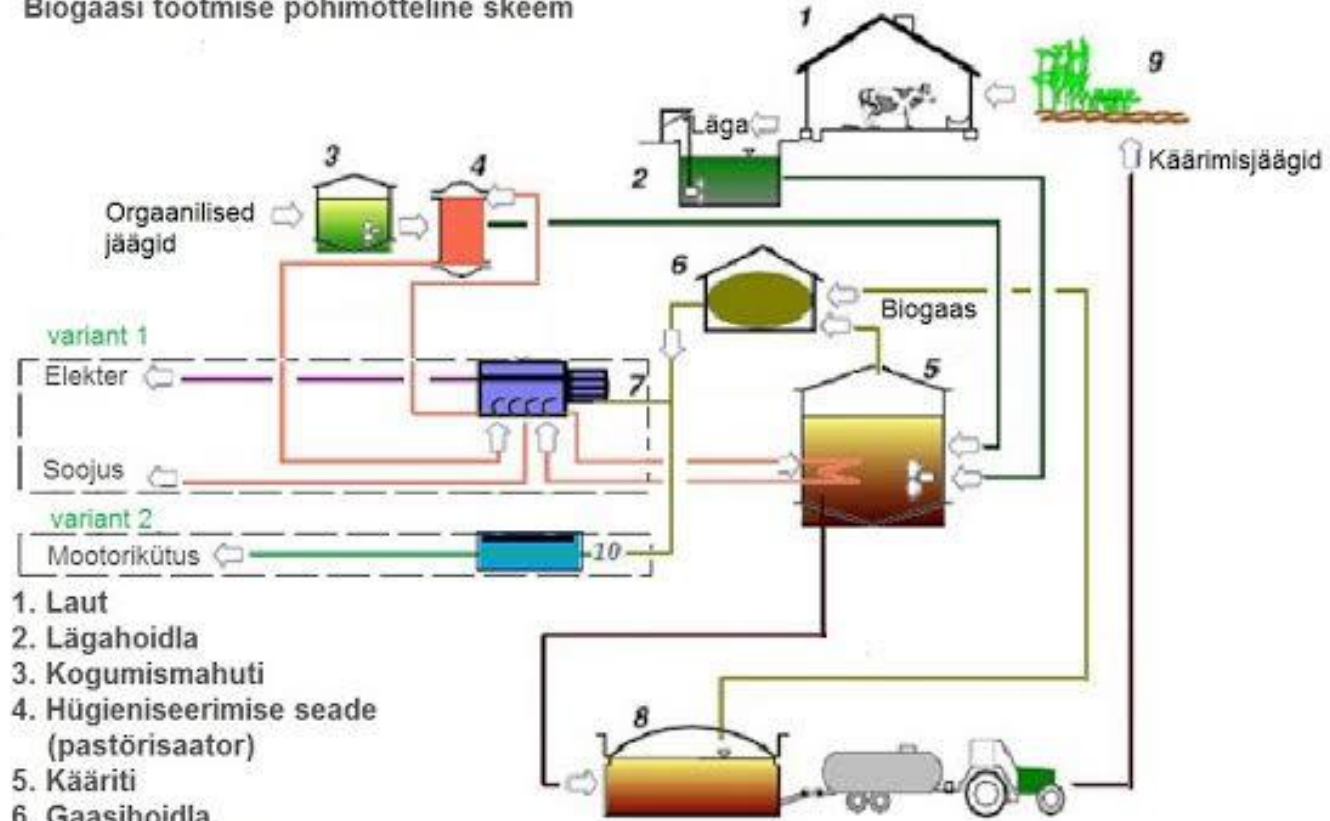
Eesti  
elektritootmine  
ca 12 TWh  
(2016,  
Statistikaamet)  
Koguenergia 33  
TWh (2016,  
Statistikaamet)

	Nm <sup>3</sup>	GWh	PJ
Biomass kasutamata maadelt	222 706 240	2 227,1	8,02
Energiakultuurid (5% põllumajandusmaast)	67 692 166	676,9	2,44
Biomass poollooduslikelt kooslustelt	37 620 073	376,2	1,35
Veised	14 458 500	144,6	0,52
Sead	9 216 000	92,2	0,33
Muud põllumajanduslikud jäägid	7 884 000	78,8	0,28
Biolagunevad jäätmed toiduainetetööstusest	4 079 094	40,8	0,15
Biojätmed	3 025 995	30,3	0,11
Reoveesetted	2 419 911	24,2	0,09
Jäätmed tööstusest	1 721 088	17,2	0,06



# BIOGAASI TOOTMINE

Biogaasi tootmise põhimõtteline skeem

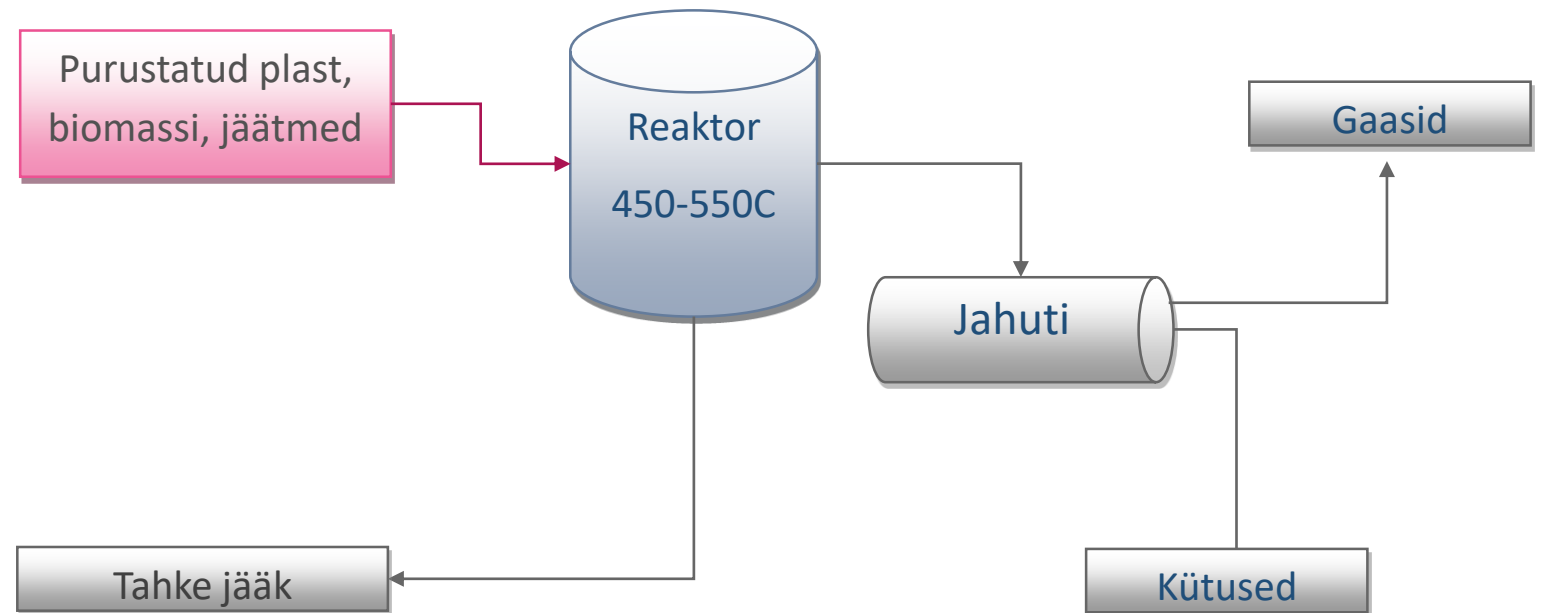


1. Laut
2. Lägahoidla
3. Kogumismahuti
4. Hügieeniseerimise seade (pastörisaator)
5. Kääriti
6. Gaasihoidla
7. Soojuse ja elektri koostootmine
8. Kääritusjäagi hoidla
9. Põld
10. Biogaasi puhastusseade

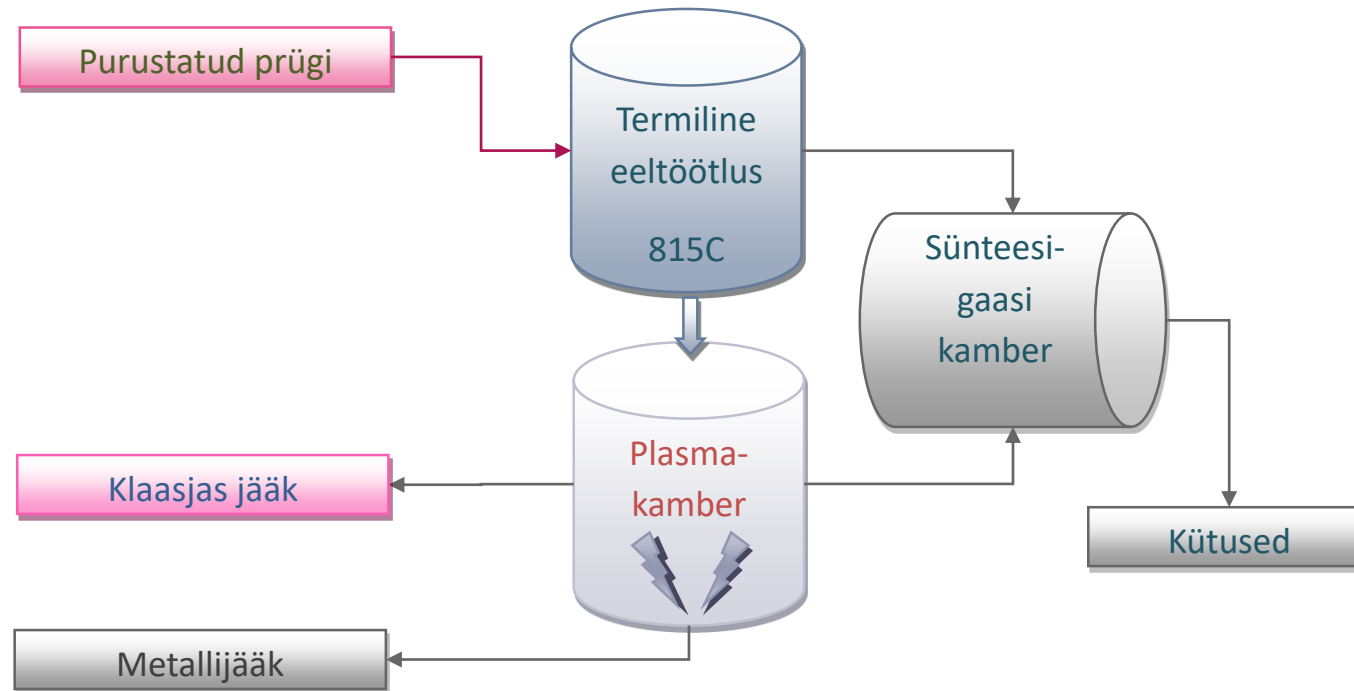
# JÄÄTMETE JA BIOMASSI TERMILINE TÖÖTLEMINE

- Koospürolüüs
- Plasmatöötlus
- Depolümerisatsioon

## Koospürolüüs



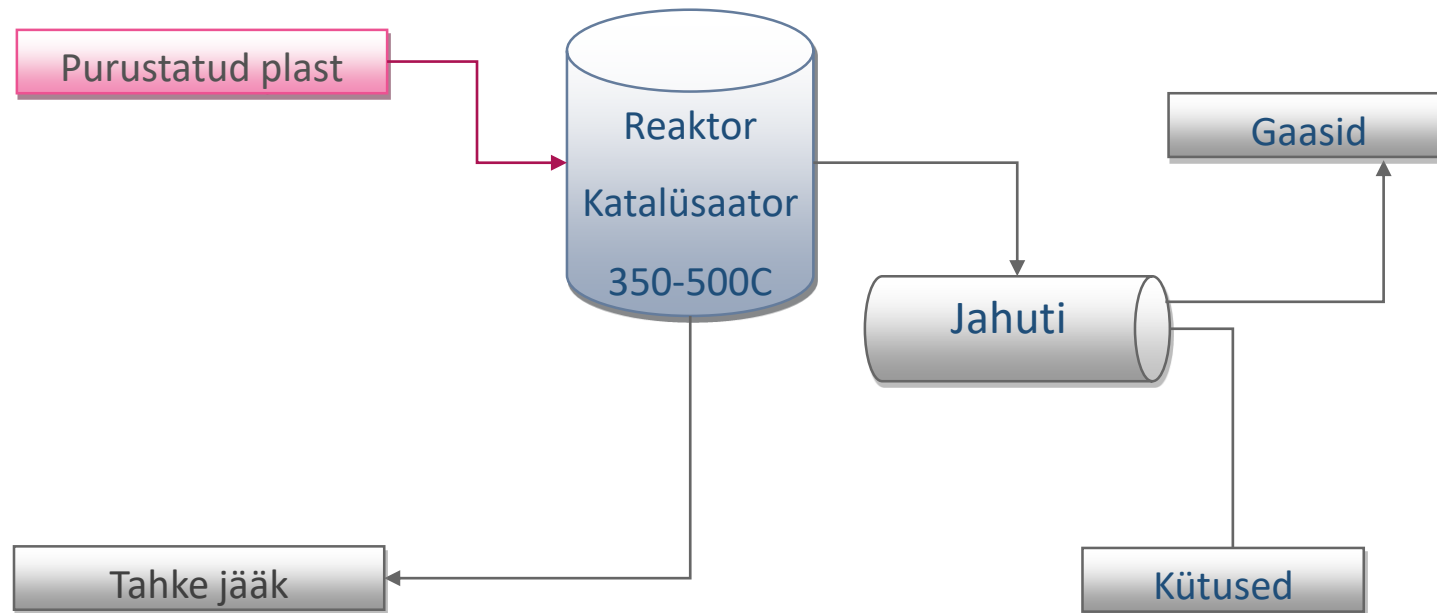
# BIOMASS JA JÄÄTMED KÜTUSTEKS (PLASMA)



Plasmaga prügi gaasistamise tehnoloogia põhimõtteline skeem.

# PLAST KÜTUSTEKS

## Plasti katalüütilise depolümeerisatsiooni tehnoloogia põhimõtteline skeem



## KOKKUVÕTTEKS

- Vesinik iseseisvalt on osaline lahendus
- Vesinik ja metanool koos on parem!?
- $\text{CO}_2$  + vesinik = metanool ja kõik sellest tulenev
- Biokütused tõenäoliselt ainult osa lahendusest (jätmed)
- Süsinikuneutraalne tulevik on võimalik

**TAL  
TECH**

# **TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL**

Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn, Tel 620 2002 (E-R 8.30–17.00)

**[taltech.ee](http://taltech.ee)**