* Biogaasi transpordikütuseks puhastamise tehnoloogiad ja seadmed

Ülo Kask

EBÜ õppepäev ja seminar Viljandimaal

05.06.2019

*Teemad

* Biogaasi allikad, kasutamise tehnoloogiad
* Biometaani kvaliteedinõuded, mida eemaldatakse puhastuse käigus
* Puhastustehnoloogiad
* Puhastustehnoloogiate võrdlus
* Arendatavad tehnoloogiad
* Kokkuvõte

https://elering.ee/biometaan

*Kus on suurim biogaasi potentsiaal?

75 %* of the biogas potential is in the anaerobic digestion of agricultural crops, by-products and manure

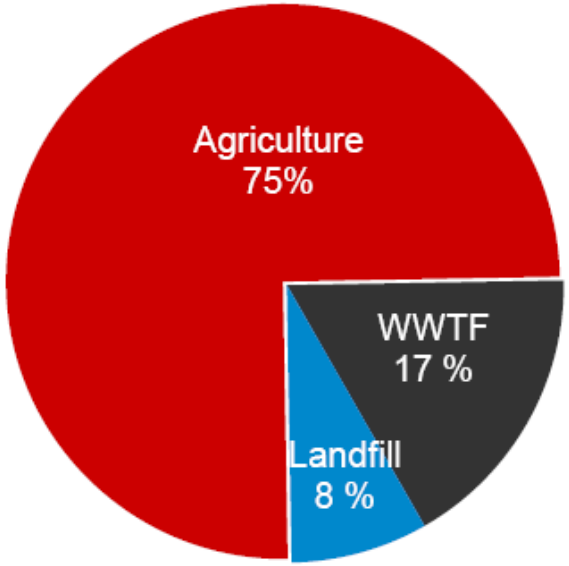
17%* in municipal and industrial organic waste

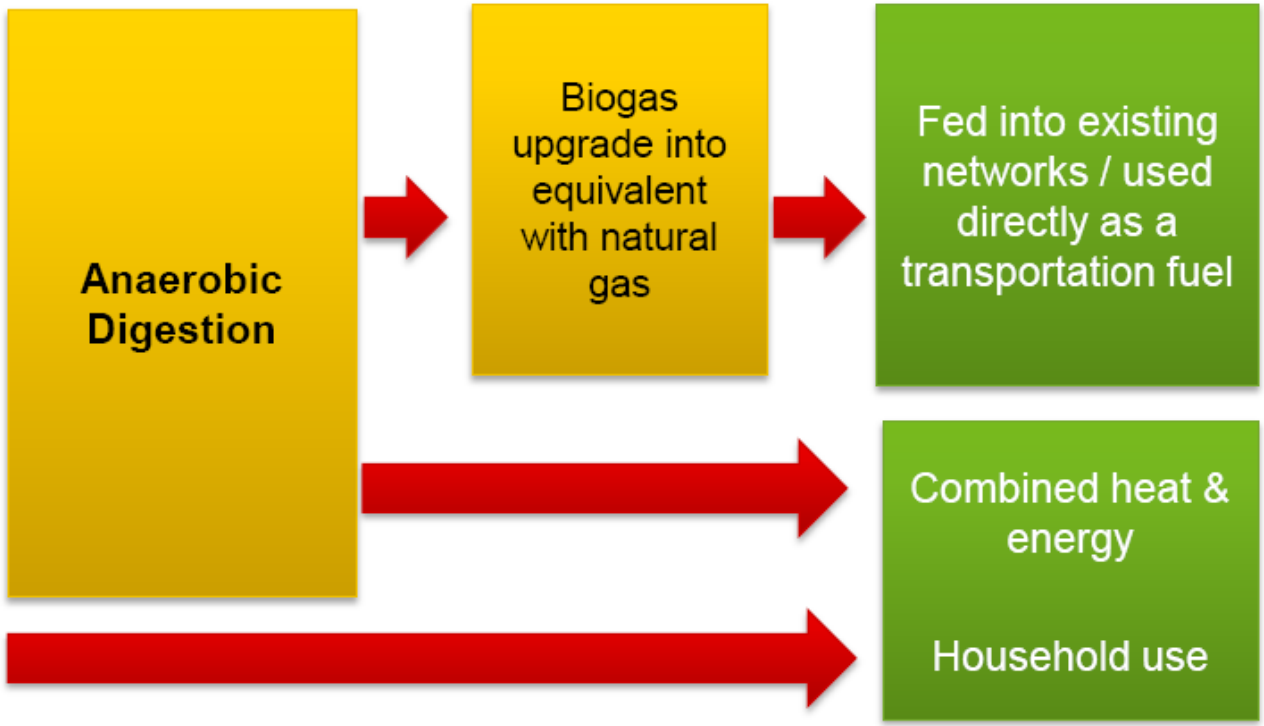
8%* in sewage WWTF's

Source: Global Intelligence Alliance©2010.

** Biomass Magazine, Global Water Intelligence, American Biogas Council* - www.globalintelligence.com

* Biogaasi kasutamise tehnoloogilised rajad

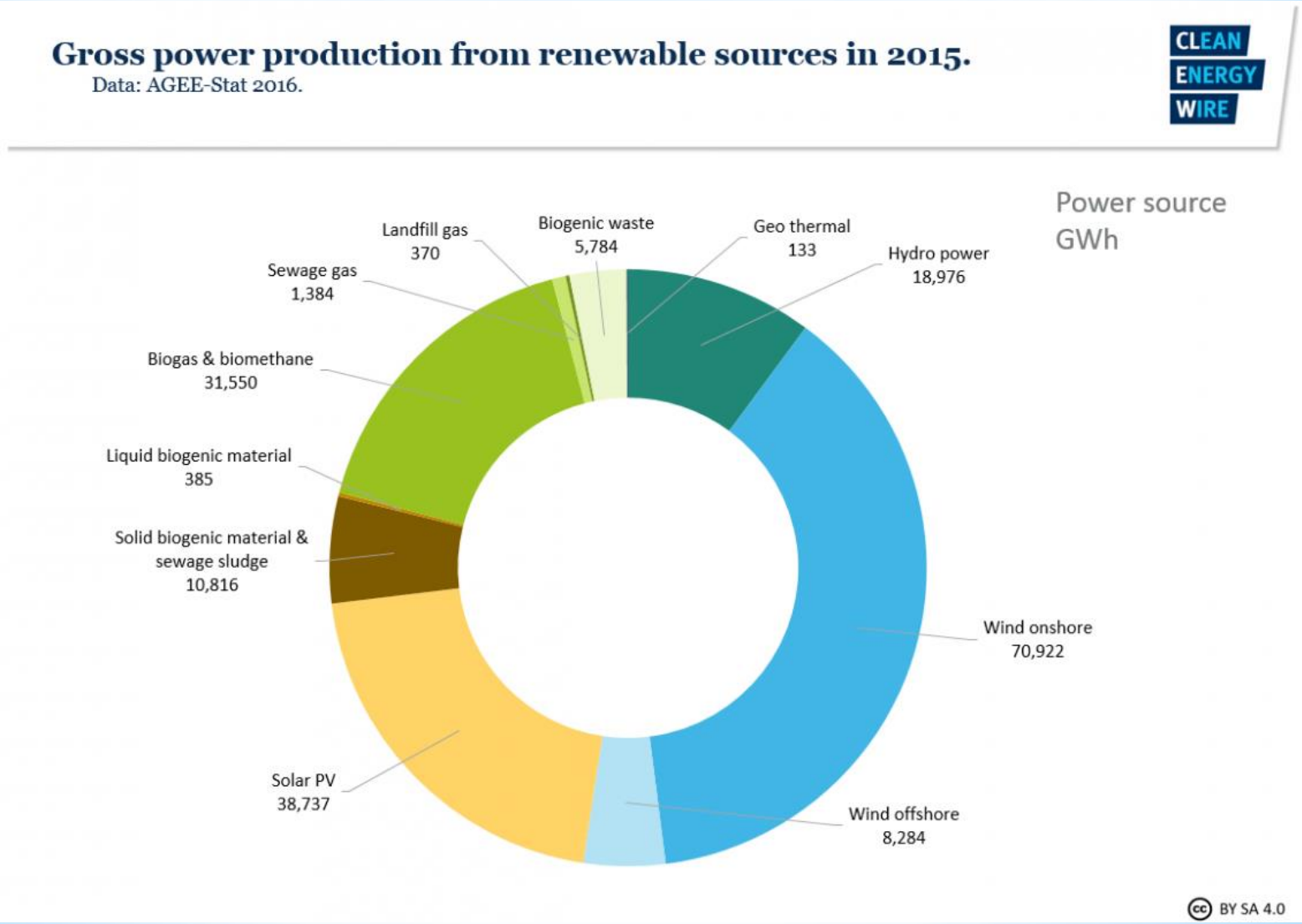




2010. aastal ainult 7 % Saksamaa biogaasijaamadest (~9000) suunas puhastatud gaasi (biometaani) otse olemasolevatesse maagaasi võrkudesse.

https://www.biogasworld.com/product-category/biogas-management/?utm_term=bio%20gas%20plant&utm_medium=ppc&utm_campaign=Catalog&utm_source=adwords&hsa_grp=25628800617&hsa_cam=622070380&hsa_src=g&hsa_mt=b&hsa_ad=342016394848&hsa_kw=bio%20gas%20plant&hsa_net=adwords&hsa_tgt=kwd-326001278844&hsa_acc=1548365801&hsa_ver=3&gclid=EAIaIQobChMI0_jilrzK4gIVkOiaCh1VxwDWEAAYAiAAEgKDW_D_BwE

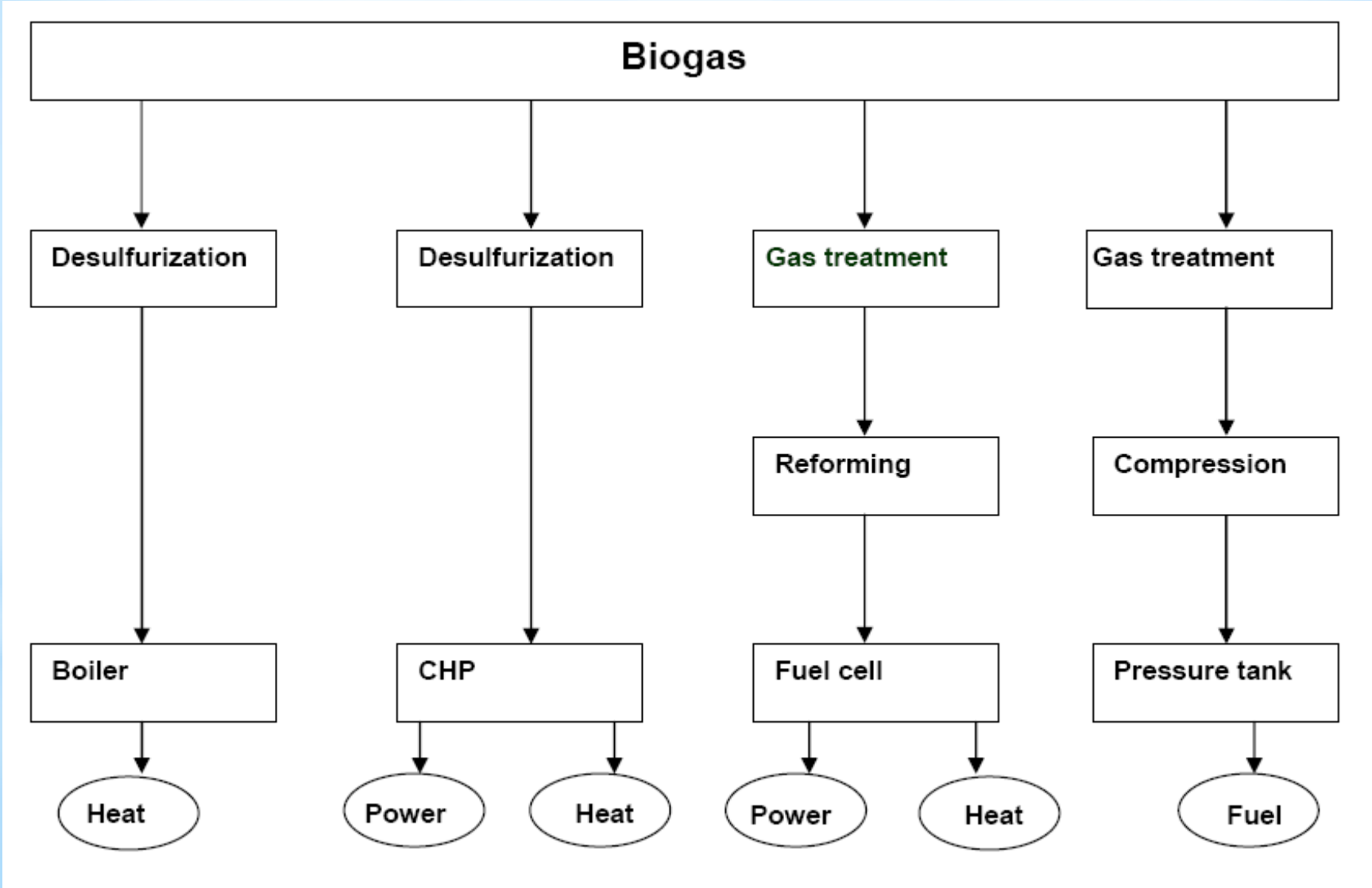
* Energiatootmine taastuvatest allikatest Saksamaal, 2015



https://www.cleanenergywire.org/factsheets/bioenergy-germany-facts-and-figures-development-support-and-investment

* Biogaasi kasutamise tehnoloogilised rajad II

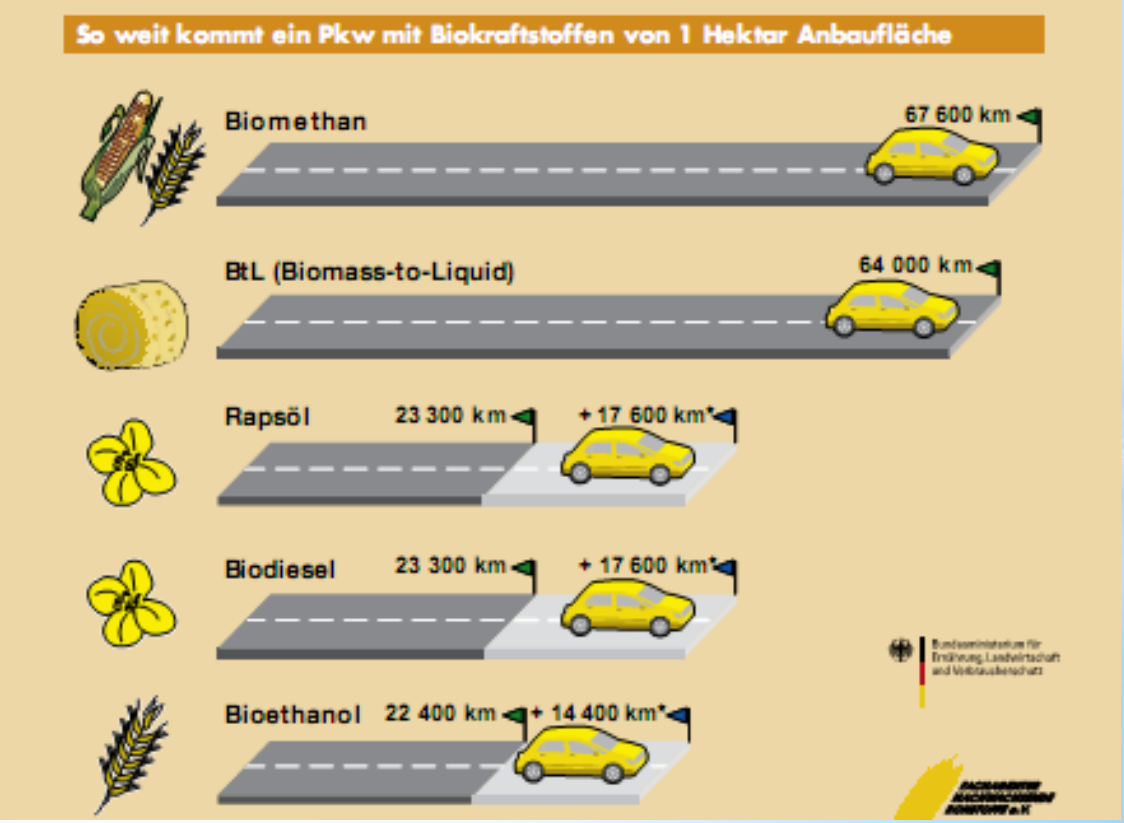
Biometaani tootmise pudelikaelaks on tänapäeval puhastusseadmestiku ja tehnoloogia kõrge maksumus



	Yield [l/(ha a)]	Fuel equivalence [l/(ha a)]	GJ/(ha a)
Rapeseed oil	1,480	1,420	51
Biodiesel	1,550	1,410	51
BtL	4,030	3,910	135
Bioethanol*	2,560	1,660	54
Biomethane**	3,560***	4,980***	178

*Table 4: Potential yields of biofuels (*production from wheat, **on the basis of maize, ***[kg/(ha a)])*

* Biometaani saagikus ja kui palju ühel hektaril kasvatatava biomassiga auto sõita saab.



* Biogaasi, prügilagaasi ja loodusliku gaasi koostis

		Biogas	Landfill gas	Natural gas (Danish)*	Natural gas (Dutch)
Compounds	Methane (vol-%)	60–70	35–65	89	81
	Other hydro carbons (vol-%)	0	0	9.4	3,5
	Hydrogen (vol-%)	0	0-3	0	–
	Carbon dioxide (vol-%)	30–40	15–50	0.67	1
	Nitrogen (vol-%)	~0.2	5–40	0.28	14
	Oxygen (vol-%)	0	0-5	0	0
	Hydrogen sulphide (ppm)	0–4000	0–100	2.9	–
	Ammonia (ppm)	~100	~5	0	–
	Lower heating value (kWh/Nm^3)	6.5	4.4	11.0	8.8

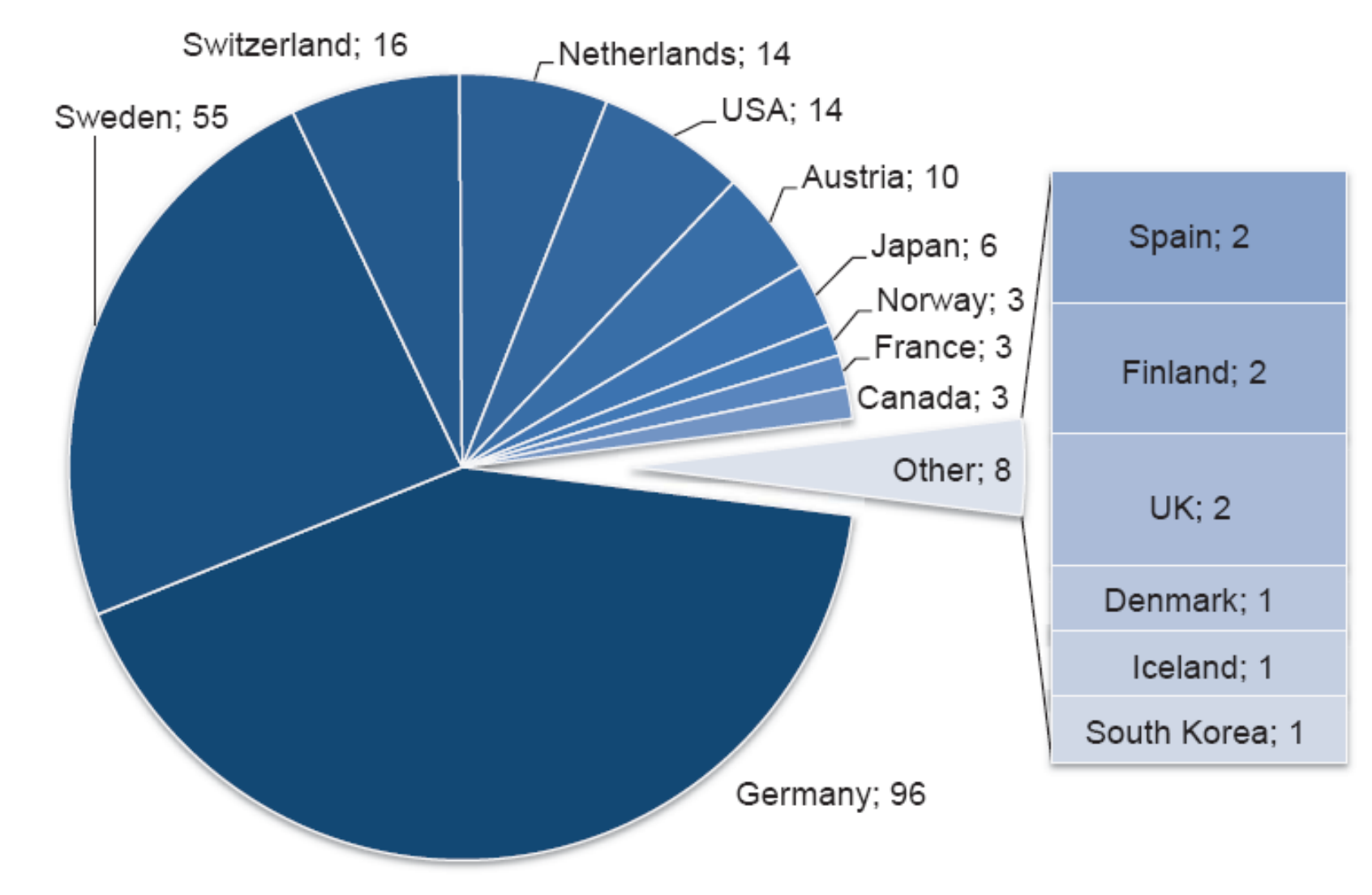
Source: Anneli Petersson, Arthur Wellinger. Biogas upgrading technologies – developments and innovations. IEA Bio-energy, Task 37.

* Puhastatud biogaasi valitud standardnõuded juhtimiseks maagaasivõrku või kasutamiseks mootorikütusena (http://www.en.esbjerg.aau.dk/digitalAssets/80/80449_iea-biogas-upgrading-report-2009.pdf)

Compound	Unit	France		Germany		Sweden	Switzerland		Austria	The Nether-lands
		L gas	H gas	L gas grid	H gas grid		Lim. inject.	Unlim. Inject		
Higher Wobbe index	MJ/Nm^3	42.48–46.8	48.24–56.52	37.8–46.8 46.1–56.5					47.7–56.5	43.46–44.41
Methane content	Vol-%					95–99	>50	>96		>80
Carbon dioxide	Vol-%	<2		<6			<6		≤2[6]	
Oxygene	Vol-%			<3			<0.5		≤0.5[6]	
	ppmV	<100								
	Mol%									<0.5
Hydrogen	Vol-%	<6		≤5			<5		≤4[6]	<12
$CO_2+O_2+N_2$	Vol-%					<5				
Water dew point	°C	<-5[1]		<t[4]		<t[5]-5			<-8[7]	-10[8]
Relative humidity	ρ						<60 %			
Sulphur	mg/Nm^3	<100[2] <75[3]		<30		<23	<30		≤5	<45

1 At MOP (Maximal Operating Pressure) downstream from injection point. 2 Maximum permitted. 3 Average content. 4 Ground temperature. 5 Ambient temperature. 6 Mole percentage. 7 At 40 bars. 8 At 10 bars

* 221 biogaasi puhastusjaama asukohad riikide järgi *(allikas: IEA Bioenergy Task 37)*



* Millised komponendid tuleks biogaasist eemaldada?

* **Väävelvesinik, H_2S** *(Hydrogen sulfide);*
* **Veeaur, H_2O;**
* **Süsinikdioksiid, CO_2**, *(Carbon dioxide)*
* Siloksaanid (*Siloxanes)* – räniorgaanilised ühendid $(CH_3)_3SiO_{0.5}$, $(CH_3)_2SiO$, $(CH_3)SiO_{1.5}$
* Hapnik (O_2) ja lämmastik (N) (*Oxygen, Nitrogen)*
* Halogeenühendid, kloor- ja flourühendid (*Halogenic compounds - Chlorides, Fluorides – HCl, HF)*
* Tahked osakesed *(prügilagaas)*

Eesmärk – metaanisisaldus vähemalt 98% (mõnes riigis ka alates 80-85% CH_4).

* Biometaani jaoks ebasoovitavad biogaasi komponendid

* Väävelvesinik, põhjustab korrosiooni, on teatud kontsentratsioonis mürgine, moodustab põlemise käigus sulfaate ja sulfiide, mis on veelgi mürgisemad ja põhjustavad samuti korrosiooni. Väävelvesiniku kontsentratsiooni biogaasis saab vähendada oluliselt juba käärimise käigus, kas hapniku toimel, mis võib anda ebaõigel doseerimisel ohtliku gaasisegu või lisades substraati raudkloriidi või muud raua soola või oksiidi, mis reageerivad väävelvesinikuga ja saaduseks on raudsulfaat või puhas väävel tahkel kujul.
* Vesi - Kääritid töötavad temperatuuril 35°C ja rohkem, sellises gaasikeskkonnas võib leiduda kuni 5% vett. Vesi võib koguneda torustikesse, põhjustades seal korrosiooni, moodustada koos teiste gaasis leiduvate ainetega happeid, mis on kahjulikud mootoritele, võib külmuda jne.

* Biometaani jaoks ebasoovitavad biogaasi komponendid

* Süsihappegaas, mis ei ole küll mürgine, ega põhjusta korrosiooni, kuid alandab gaasi küttevääртust ja mida võib biogaasis olla kuni 60%, sõltuvalt käärivast substraadist.
* Siloksaanid (räniorgaanilised-ühendid), mis sadestuvad kristallilisel kujul mootori osadele ja põhjustavad küllaltki suurt kulumist tingituna abrasiivsetest omadustest või katla küttepindadele ja suurendab termilist takistust.
* Hapnik või õhk, mis võib koos metaaniga moodustada plahvatusohtlik segu ja vähendab küttevääртust. Lämmastik vähendab küttevääртust.
* Kloor ja fluor, on mõlemad tugeva korrodeeriva toimega.

* Biogaasi täismahus puhastamise tehnoloogia

* Biogaasi puhastamine on defineeritud kui CO_2 (ballastaine) eraldamine biogaasist või prügilagaasist.

* Puhastamise järel tõuseb gaasi energiatihedus, sest metaani kontsentratsioon kasvab (kuni 98%).

* On olemas mitmeid puhastusmeetodeid, milledest osa on nn kaubanduslikud ja osa arendusfaasis (pilootjaamad).

* Puhastusmeetodid

* **Vahelduva rõhuga adsorbeerimine** (*Pressure Swing Adsorption - PSA*) ehk kõikuvrõhuadsorber;

CO_2 eraldatakse biogaasist rõhu all adsorbeerimise (adsorbendiks on aktiivsüsi, silikageel, tseoliit vm) teel, suunates seda läbi erinevate mahutite, gaasi jääb alles metaan. Ka H_2S eraldub.

Seda tehnoloogiat kasutades peab enne eraldama vee ja väävelvesiniku, sest vesi rikub adsorbendi struktuuri ja väävelvesinik ei eraldu regenereerimise käigus. Regenereerimiseks kasutatakse rõhu alandamist, mille käigus eraldubki süsinikdioksiid.

* Kõikuvrõhuadsorber (PSA) koos aktiivsöega

http://www.xebecinc.com/specialty-gases-biogas-upgrading-small-plant.php
(Capacity range from 150 to 5000 Nm^3/h) -
http://www.xebecinc.com/video/index.html

* Kõikuvrõhuadsorberid (PSA)

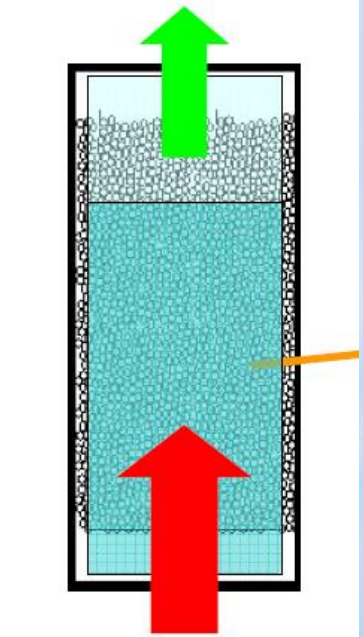
* **Tavaline kõikuvrõhu adsorber**
* **Eelised:** Gaasis võib olla mingil määral saasteaineid
* **Puudused:**
* kõrge algmaksumus,
* kontrollimine keerukas,
* madalam CH_4 sisaldus kui füüsikaline absorptsiooni puhul,
* Ei pakuta väikeste jaamade jaoks.
* **Kiire tsükliga kõikuvrõhu adsorber** (XEBEC tehnoloogia, Kanada) (http://www.xebecinc.com/video/rumpke_landfill_installation.html)
* **Eelised:**
* Madal algmaksumus,
* Talub lisandeid,
* Lihtne kasutajaliides.
* **Puudused:**
* madalam CH_4 sisaldus kui füüsikalise absorptsiooni puhul.

* Kõikuvrõhuadsorberid (PSA) - Quest Air tehnoloogia

Kasutades tavalist PSA protsessi, toimub samal ajal 5 kuni 20 tsüklit.

* **Eelised:**
* Madalad kapitalikulud
* Võimaldab lisandeid biogaasis
* Lihtne kasutajaliides
* **Puudused:**
* madalam CH4 väljatulek kui füüsikalise absorptsiooni korral

Kõrge puhtusastmega CH_4, vähene O_2, N_2



Pöördventiil avaneb ja kõrge rõhu all olev töötlemata toorgaas liigub läbi adsorbendi kihi (eg. CH_4,CO_2,O_2,N_2)

*Puhastusmeetodid II

* Absorptsioon – **vesipesu** ehk pesemine veega skraberis.
* Põhineb asjaolul, et süsihappegaasil on parem vees lahustuvuse võime kui metaanil, eriti madalamatel temperatuuridel.
* Kui CO_2 skraberi kolonnis olevas vees lahustub, kasvab samal ajal gaasis oleva metaani kontsentratsioon.
* Protsess on lihtne ja sobib eriti hästi reoveepuhastusjaamadele, kus on palju vett ja selle korduvkasutus ei ole vajalik. Protsessiga on võimalik saavutada 98%-line metaani sisaldus
* Kõige enam kasutatav ja tehnoloogiliselt väljaarendatud meetod. Seda kasutavad enamik Rootsi reoveepuhastusjaamasid.
* Samas lahustuvad vees ka väävlit sisaldavad ained.

*Vesipesu

*Eelised:

*Lihtsus

*Väljaarendatud tehnoloogia

*Puudused:

*• Enamikel juhtudel ebamajanduslik, sest:

*– Suur vee vajadus

*– Suur jalajälg

*– Korrosiooni probleemid

*– Ranged nõudmised gaasi puhtusele, võib vajada järelpuhastust, metaani emissioon atmosfääri

*Vesipesu

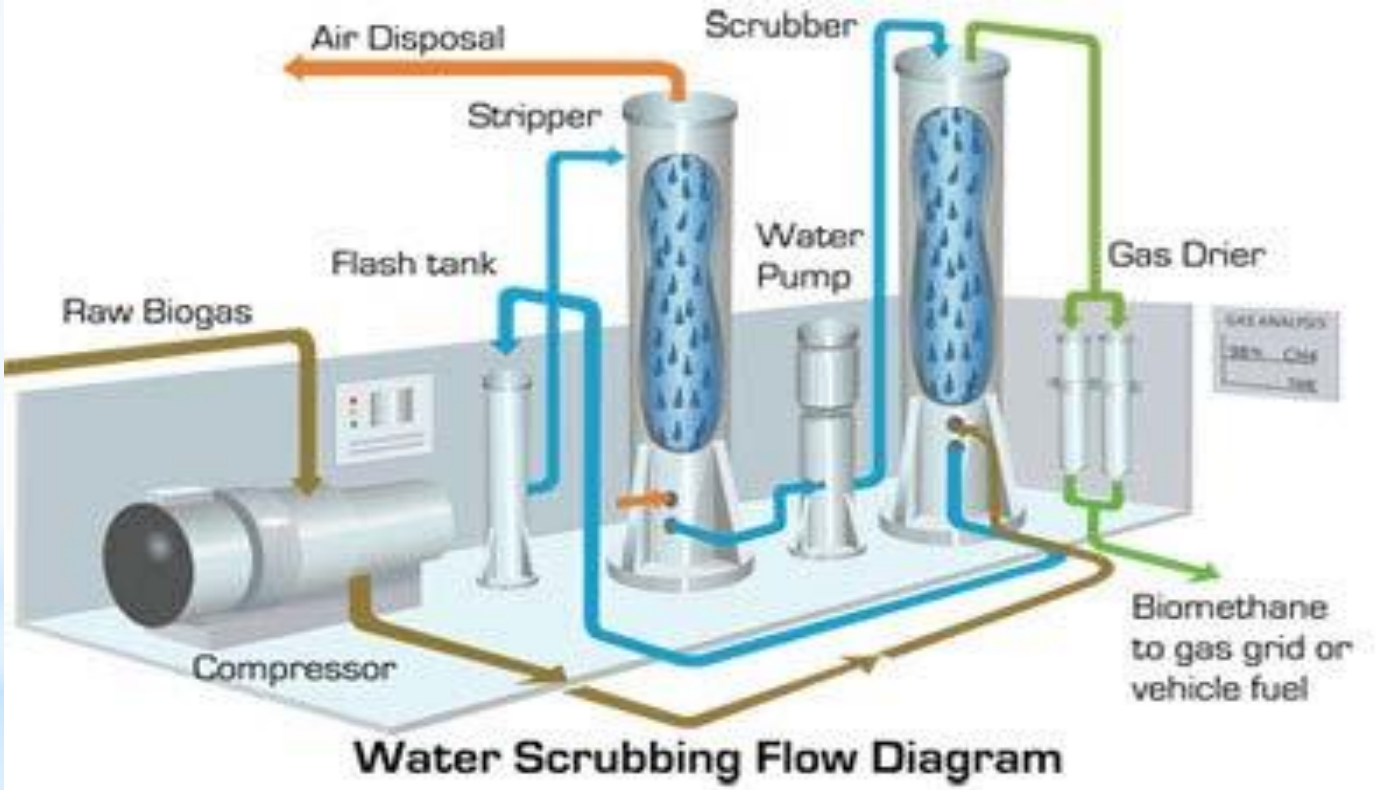
*Puhastusmeetodid III

* **Füüsikalis-keemiline puhastus.** Skraberis pesemine orgaaniliste vedelikega

  Sarnane eelmise meetodiga, kuid vee asemel kasutatakse orgaanilisi vedelikke nagu polüetüleenglükooli (selles lahustub CO_2 paremini kui vees. H_2S, hapnik, lämmastik ja vesi eralduvad samuti), Selexol, Genosorb jt.
* **Eelised:** kõrge metaani sisaldus
* **Puudused:**
* Ei muutu odavamaks kui järk-järgult suurendada gaasi kulu või CO_2 sisaldust,
* Käidukulud on kõrged, sest:
* – suhteliselt keerukas protsess
* – normaaloludes kõrge energiakulu regenereerimiseks,
* – töövedeliku asenduskulu,
* Pumpade ja protsessi teenindavate seadmete muutuvkulud.

* Vesipesu kemikaalide lisamisega

Water/chemical scrubber



Source: Greenlane Biogas

*Puhastusmeetodid IV

* **Keemiline puhastus**. Pesemine kemikaalidega - aminopesu

Kemikaalidega pesemisel kasutatakse amiinide lahuseid, kus CO_2 mitte ainult ei absorbeeru vaid reageerib keemiliselt amiinidega: monoetanoolamiin (MEA) ja dimetüületanoolamiin (DMEA).

Keemiline puhastus (Chemical binding - MEA, DEA)

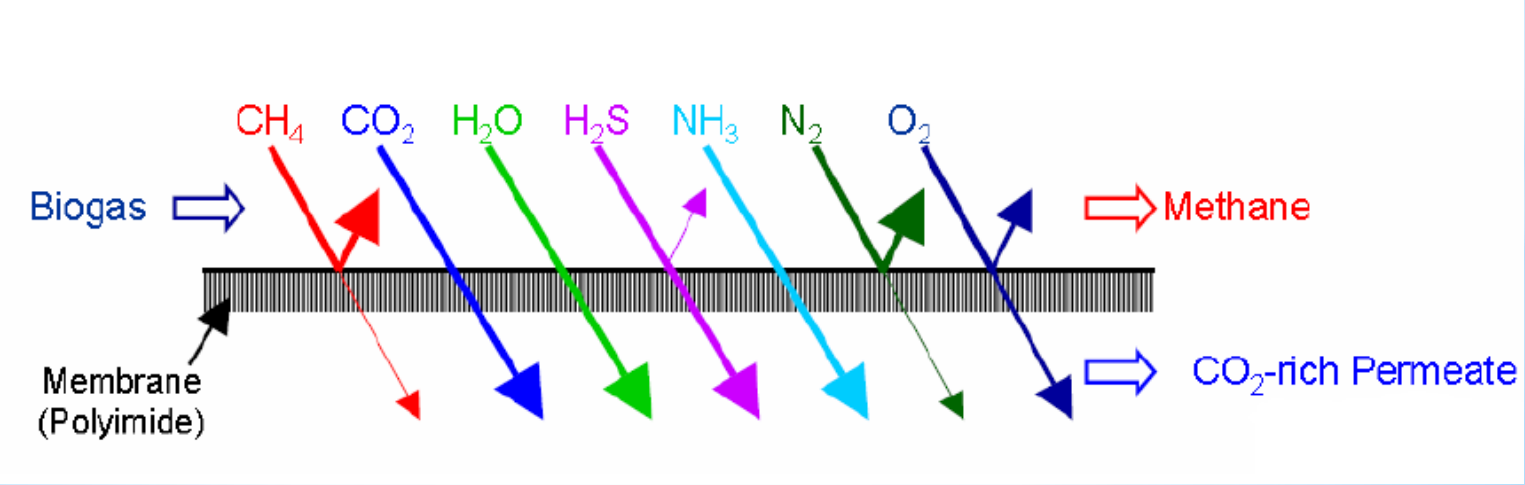
*Puhastusmeetodid V

* **Membraanmeetod** – membraansepareerimine (levinud prügilagaaside puhastamiseks)

  Kuivmembraanide kasutamine põhineb asjaolul, et membraanid lasevad läbi CO_2, vett ja ammoniaaki, H_2S ja hapnik läbivad membraani mingil määral ja lämmastikule ning metaanile on membraanid peaaegu läbimatud. Kasutatakse ära gaasimolekulide erinevaid suurusi.
* Tavaliselt on membraanid valmistatud torujatest (õõnsatest) kokkupressitud kiududest.
* Loetletud kaks põhimeetodit on ka maailmas enamkasutatavad.
* Metaani kaotused suhteliselt suured. Uuemad membraantehnoloogiad on suutnud kaotusi mõnevõrra vähendada.

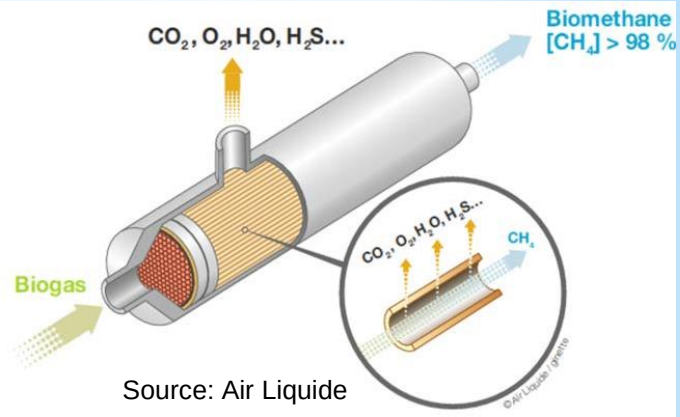
* Membraani toimimise skeem (Petersson)

*Biogaasi väärindamisel kasutatavad kuivad membraanid koosnevad ainetest, mida läbivad süsinikdioksiid, vesi ja ammoniaak; väävelvesinik ja hapnik aga läbivad mõnevõrra, kuid metaan ja lämmastik läbivad ainult väga väikeses koguses (Joonis all). Tavaliselt koosneb membraan õõnsatest, üks



*Membraanpuhastus

Membrane



Source: Air Liquide

*Eelised:

- esmane töötlus on odav

*Puudused:

*Nõutav kõrge sisseande rõhk

*Vajalik kallis gaasi eelpuhastus, muidu membraanid saastuvad ja riknevad,

*Normaalse käidu tingimustes tuleb membraane perioodiliselt vahetama.

* Valitud biogaasi puhastustehnoloogiad, nende sisendid ja omadused

	Upgrader type				
	Water scrubber	*Amine scrubber*	*Pressure swing adsorption*	*Membrane*	*Chemical scrubbing*
Electricity consumption (kWh/Nm^3)	0.23-0.3	0.12-0.14	0.2-0.3	0.2-0.3	0.2-0.27
Heat requirement (kWh/Nm^3)		0.55			
Methane slip (% lost)	1	0.1	1.8-2.0	0.5	
Maintenance costs	Typically 2-3%/year of the installed cost of upgrading system				

Source: Bauer, 2013.

Erinevate tehnoloogiate energiatarbimine

* Keemiline skraber: 0.12-0.14 kWh/Nm^3
* +0.55 kWh/Nm^3 soojus, rõhk: 4 bar
* Membraanid: 0.20-0.30 kWh/Nm^3, rõhk: 5-20 bar
* PSA: 0.20-0.30 kWh/Nm^3, rõhk: 4-8 bar
* Vesiskraber: 0.20-0.30 kWh/Nm^3, rõhk: 5-9 bar

* Puhastustehnoloogiate võrdlus valitud parameetrite alusel

Tab.5. Comparison between selected parameters for common upgrading processes (Urban et al. 2008).

Parameter	PSA	Water scrubbing	Organic physical scrubbing	Chemical scrubbing
Pre-cleaning needed[a]	Yes	No	No	Yes
Working pressure (bar)	4–7	4–7	4–7	No pressure
Methane loss[b]	<3 % / 6–10 %[f]	<1 % / <2 %[g]	2–4 %	<0.1 %
Methane content in upgraded gas[c]	>96 %	>97 %	>96 %	> 99 %
Electricity consumption[d] (kWh/Nm^3)	0.25	<0.25	0.24–0.33	<0.15
Heat requirement (°C)	No	No	55–80	160
Controllability compared to nominal load	+/- 10–15 %	50–100 %	10–100 %	50–100 %
References[e]	>20	>20	2	3

a) Refers to raw biogas with less than 500 mg/m3 of H2S. For higher concentrations, pre-cleaning is recommended also for the other techniques.

b) The methane loss is dependent on operating conditions. The figures given here refer to figures guaranteed by the manufacturer or provided by operators.

c) The quality of biomethane is a function of operational parameters. Figures given refer to figures guaranteed by the manufacturer or provided by operators, based on air-free biogas.

d) Given in kWh/Nm3 of raw biogas, compressed to 7 bar.

* Puhastustehnoloogiate võrdlus

Tehnoloogia	Vesipesu, skraber	Membraan-puhastus	Füüsikaline absorpt-sioon	Tavaline kõikuvrõhu-adsorber, PSA	Quest Air tehnoloo-giaga PSA
Arendatud biogaasile	+	-	-	+	+
Madal kapitalikulu	-	+	-	-	+
Madal käidukulu	-	-	-	+	+
Madal CH4 heide (kadu)	-	+	+	+	+
Lihtsus	-	+	-	-	+

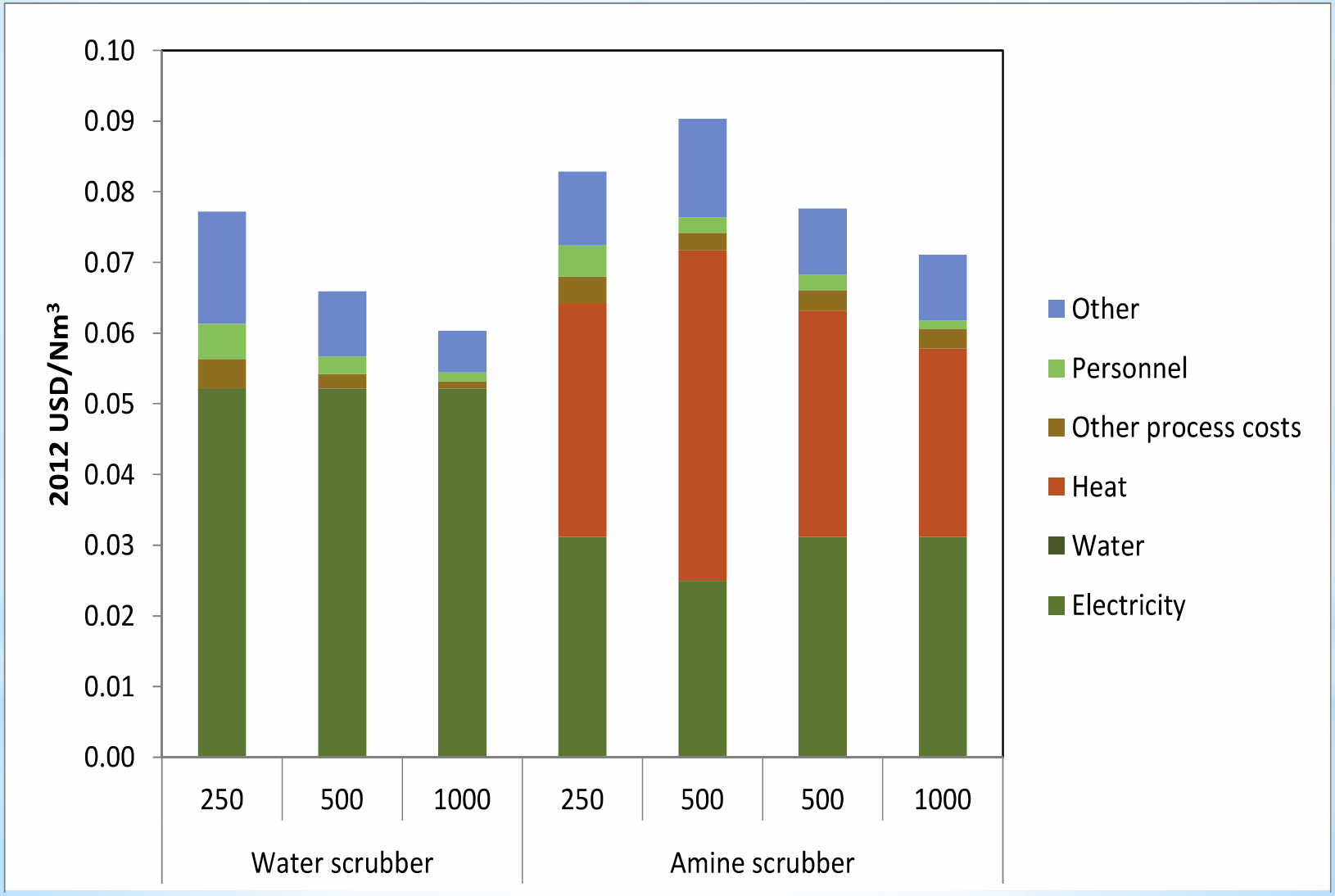
[Norma McDonald, Sean Mezei. Presentation: Biogas to biomethane, A proven option for on-farm energy production.]

Parameter	Water scrubbing	Organic physical scrubbing	Amine scrubbing	PSA	Membrane technology
typical plant size range [m³/h biomethane]					
typical methane content in biomethane [vol%]	95,0-99,0	95,0-99,0	>99,0	95,0-99,0	95,0-99,0
methane recovery [%]	98,0	96,0	99,96	98	80-99,5
methane slip [%]	2,0	4,0	0,04	2,0	20-0,5
typical delivery pressure [bar(g)]	4-8	4-8	0	4-7	4-7
electric energy demand [kWhel/m³ biomethane]	0,46	0,49-0,67	0,27	0,46	0,25-0,43
heating demand and temperature level	-	medium 70-80°C	high 120-160°C	-	-
desulphurisation requirements	process dependent	yes	yes	yes	yes
consumables demand	antifouling agent, drying agent	organic solvent (non-hazardous)	amine solution (hazardous, corrosive)	activated carbon (non-hazardous)	
partial load range [%]	50-100	50-100	50-100	85-115	50-105
number of reference plants	high	low	medium	high	low
typical investment costs [€/(m³/h) biomethane]					
for 100m³/h biomethane	10.100	9.500	9.500	10.400	7.300-7.600
for 250m³/h biomethane	5.500	5.000	5.000	5.400	4.700-4.900
for 500m³/h biomethane	3.500	3.500	3.500	3.700	3.500-3.700
typical operational costs [ct/m³ biomethane]					
for 100m³/h biomethane	14,0	13,8	14,4	12,8	10,8-15,8
for 250m³/h biomethane	10,3	10,2	12,0	10,1	7,7-11,6
for 500m³/h biomethane	9,1	9,0	11,2	9,2	6,5-10,1

* Kõige tähtsamad biogaasi puhastus-tehnoloogiaid kirjeldavad parameetrid tüüpilise toorbiogaasi koostise korral.

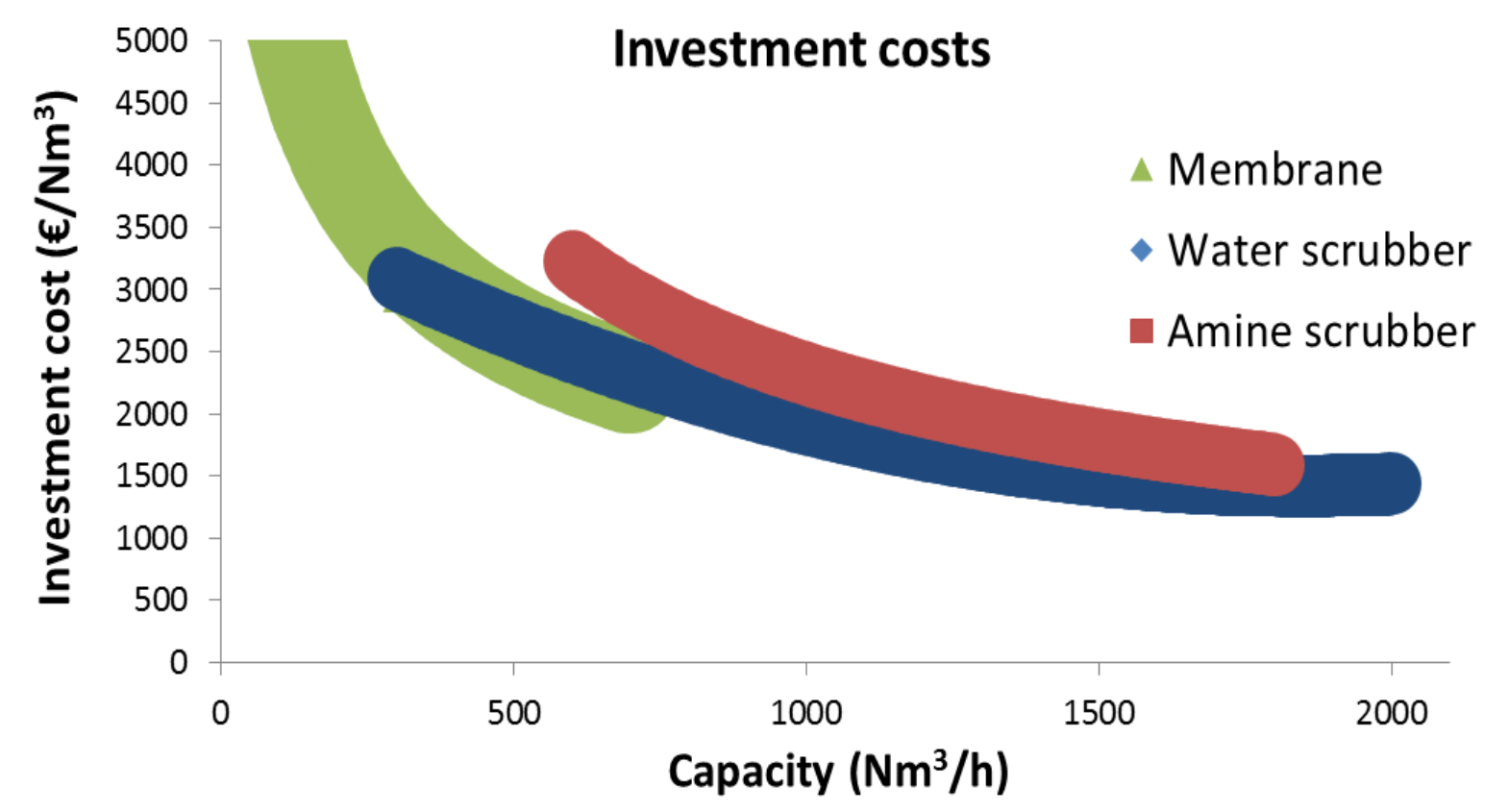
Allikas: BIOGAS TO BIOMETHANE TECHNOLOGY REVIEW. VIENNA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY (AUSTRIA),
Institute of Chemical Engineering.
May 2012.

* Mõne biogaasi puhastusseadme käidukulud, tüübi ja suuruse järgi



Allikas. IRENA report 2013, Road transport: The cost of renewable solutions

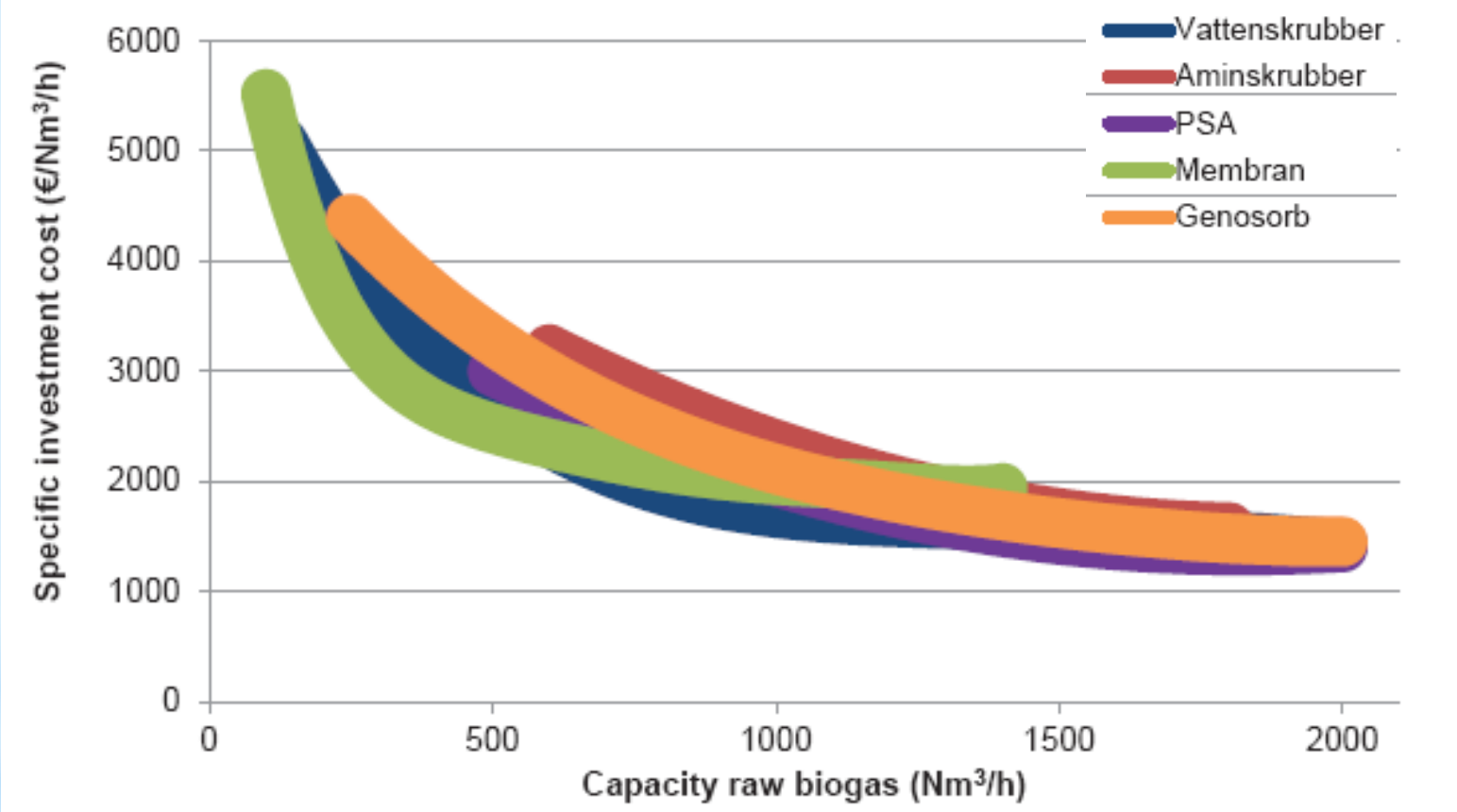
* Puhastusmeetodite võrdlus. Investeeringu maksumus



Source: Data from an SGC project to be published early 2013

Dr. Tobias Persson, Dr. Mattias Svensson, Swedish Gas Technology Centre. Presentation: Biomethane as a vehicle fuel made from upgraded biogas. IEA Bioenergy Conference 2012

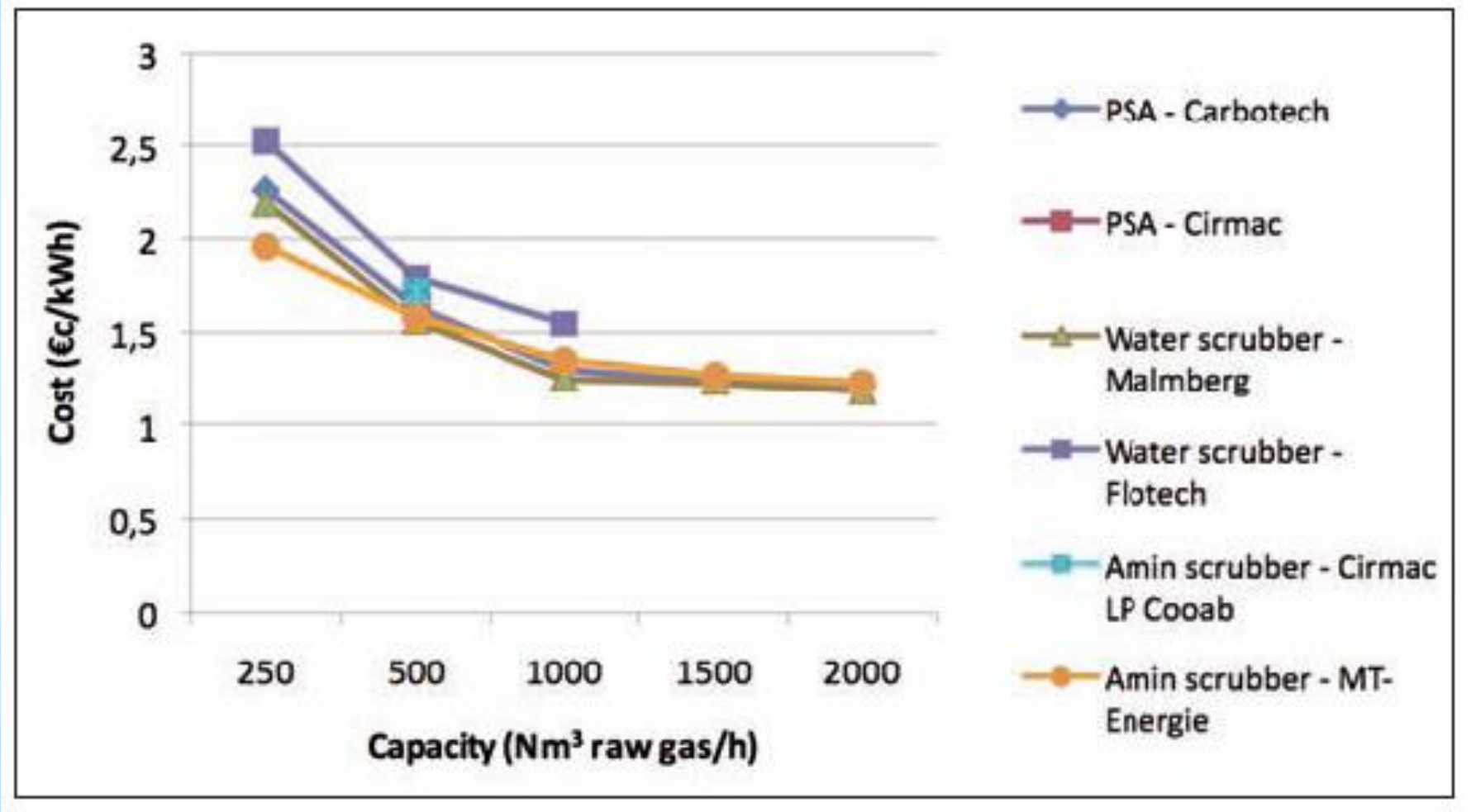
* Puhastusmeetodite võrdlus. Investeeringu maksumus II



Aminopesu korral on investeeringukulu kõrgeim membraanpuhastuse korral madalaim.

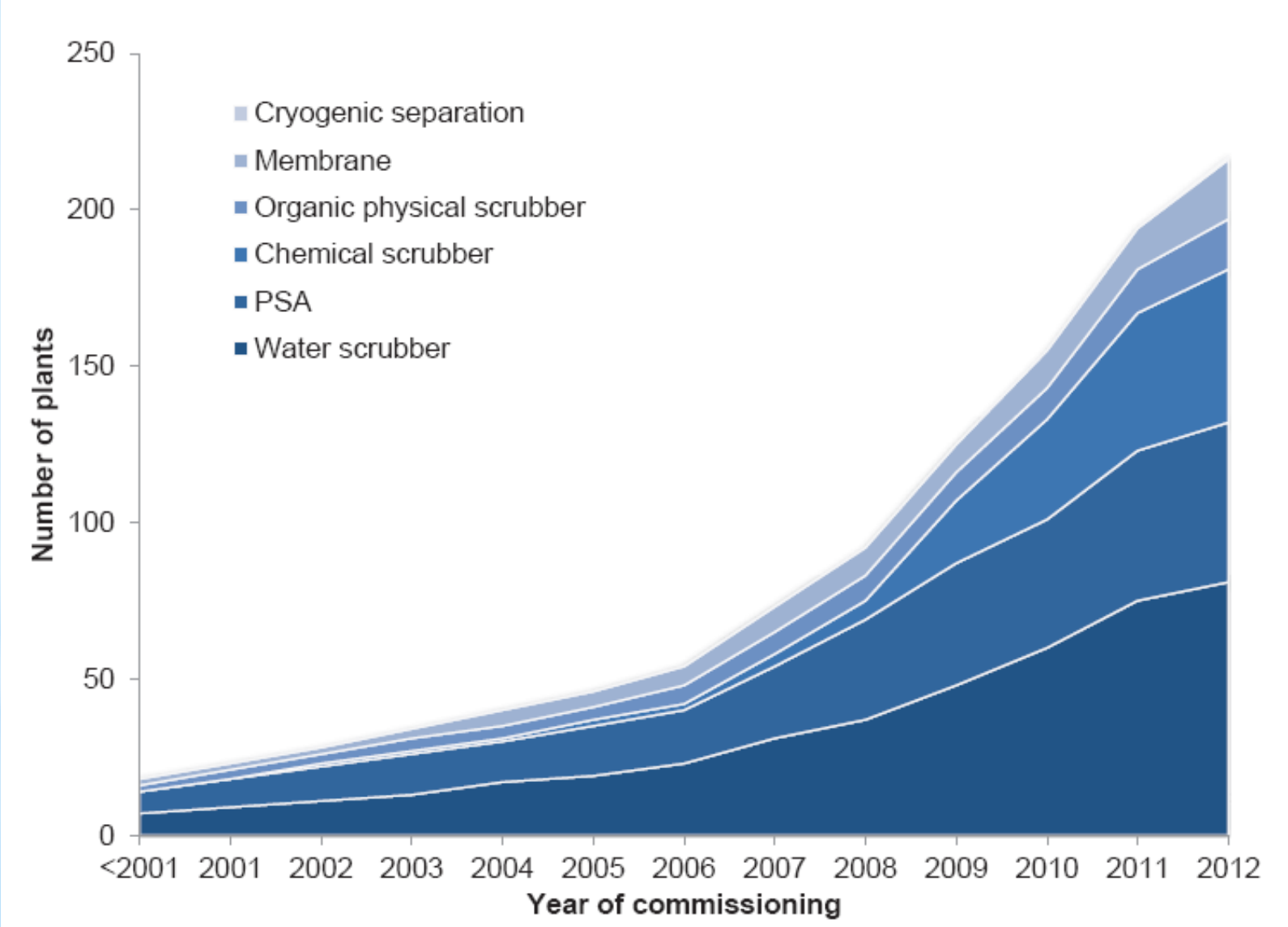
Genosorb – füüsikaline skraber

*Puhastusmeetodite võrdlus



Source: Anneli Petersson, Arthur Wellinger. Biogas upgrading technologies – developments and innovations. IEA Bio-energy, Task 37.

* Eri tehnoloogiaid kasutavad biogaasi puhastusjaamad maailmas (ainult käesoleval ajal töötavad - IEA Task 37



* Arendatavad puhastusmeetodid

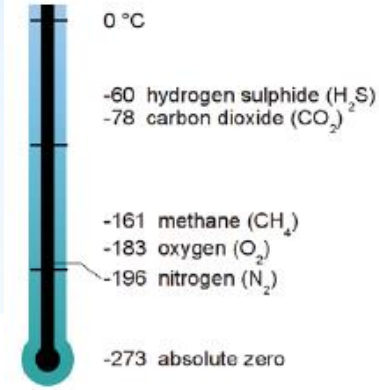
* Puhastamine külmutamisega – **krüogeenpuhastus.**

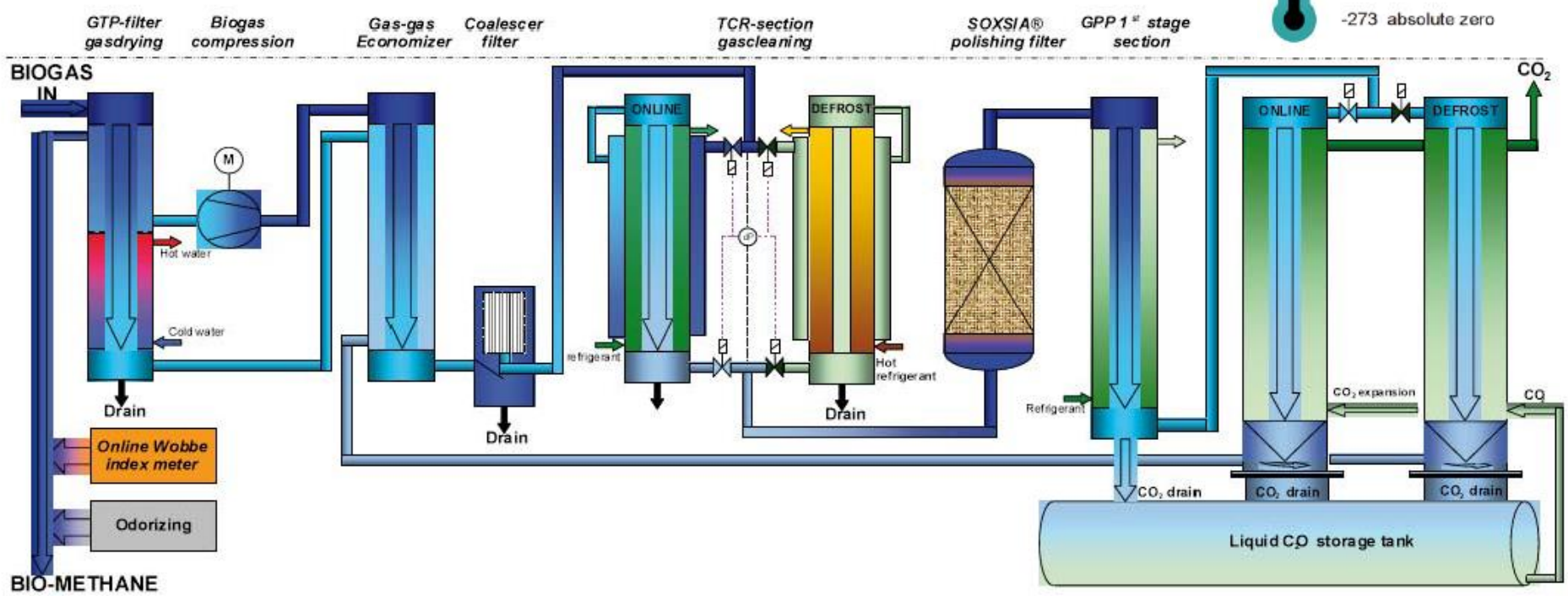
Puhastamata biogaas jahutatakse temperatuurini, kus CO_2 kondenseerub või sublimeerub ning eemaldatakse kas vedela või tahke faasina ja metaan jääb gaasi faasi. Samuti eraldatakse vesi ja siloksaanid. Protsess toimub etapiviisiliselt.

Gaasisegu jahutatakse kolmes astmes, muutes samas ka rõhke. -25°C juures eralduvad väävelvesinik, vesi, vääveldioksiid ja siloksaanid. Edasi jahutatakse gaas -50°C-ni, kus süsinikdioksiid eraldub vedelikuna, järgnevas faasis eraldub süsinikdioksiid tahke ainena.

Puhta CO_2 sublimeerumise punkt on 194,65 K (-78,5°C).

* Krüogeenpuhastus





Compressed 59°C,	Cooled to	Removal of water,	Cooled to -50 to -
to 17-26 bar	-25°C	hydrogen sulphide,	then to - 65°C or lower
		sulphur dioxide,halogens and siloxanes	

Arendatavad puhastusmeetodid II

- **Metaani rikastamine *in situ*** (kääritusprotsessis) – bioloogiline rikastamine

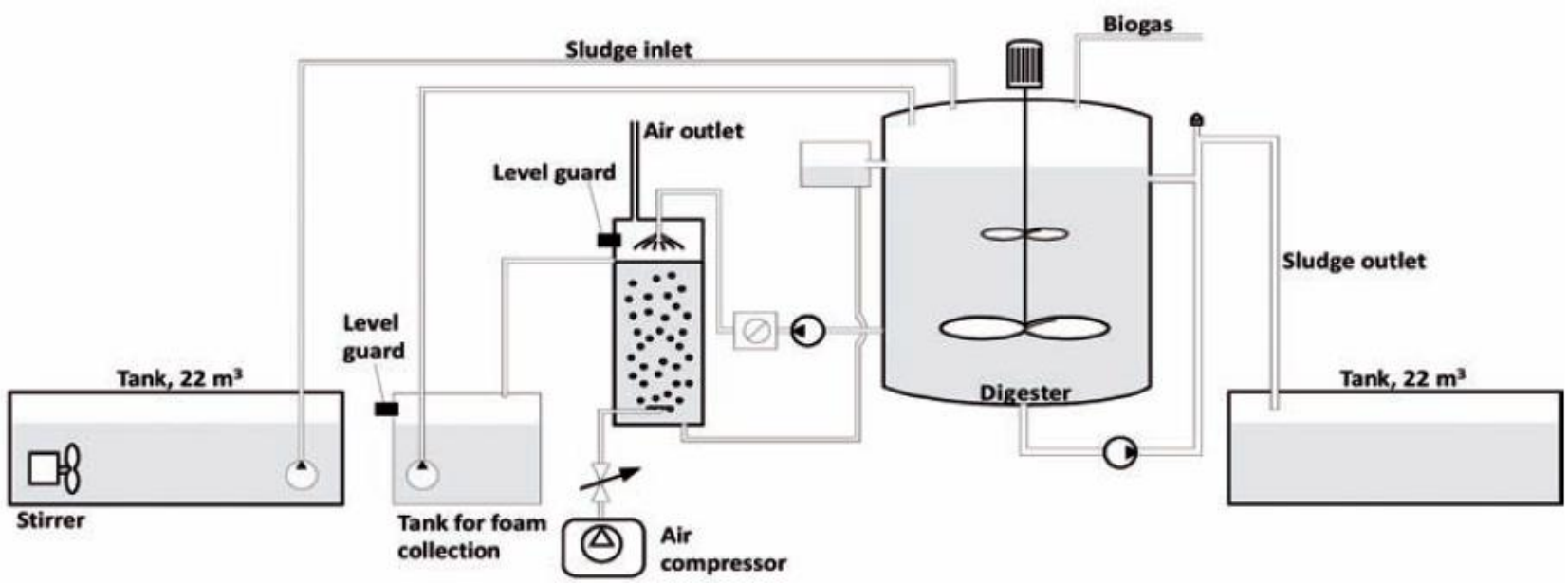
Kääriv mass ringleb desorptsioonkolonni ja kääriti vahel. Puhutakse õhku läbi substraadi. CO_2 pidev eraldumine vedelast massist (lahustub vedelikus) selles protsessis tõstab metaani kontsentratsiooni kääritist väljuvast biogaasist kuni 95%ni.

Hindade võrdlus näitab, et selle meetodiga puhastatud biogaasi maksumus võib olla, toorgaasi kulu juures alla 100 Nm^3/h, kuni kolmandik teiste meetoditega saadud puhastatud biogaasist.

Kasutatav väikeste gaasikulude juures ja vedela substraadi korral.

*Rikastamine kääritis

* Meetodi põhimõte seisneb selles, et kääritist pärit olev muda tsirkuleerib desorptsioonikolonni ja tagasi kääritisse, kolonnis pumbatakse läbi muda õhku, mille tulemusena süsinikdioksiid eraldub mudast. Pidev CO_2 desorptsioon viib kääritis metaanisisalduse kasvuni gaasifaasis.
* Protsess piiratud kasutamiseks väiksemates biogaasijaamades, kus ei ole vajalik üle 95% metaani kontsentratsioon. See on peamiselt kasutatav muda töötlemisel, kuna see on kergesti pumbatav. Kiulise koostisega substraadi puhul on karta lämmastiku kontsentratsiooni tõusu gaasis.



Arendatavad puhastusmeetodid III

* **Puhastamine ensüümidega**

* Ensüümid võivad (sarnaselt meie kopsude tööga) samuti biogaasist CO_2 eraldada.

  Tootmishind on kõrge ja meetodi elujõulisust mõjutab ensüümide eluiga.

* Ensüüm karboanhüdraas võtab osa katalüsaatorina meie veres toimuvast süsinikdioksiidi eraldamisest
* Katalüüsi reaktsioon: $H_2O + CO_2 \rightarrow H^+ + HCO_3^-$

* Puhastamine ensüümidega ehk ökoloogiline kops

* Lahustunud CO_2 transporditakse karbonaadi kujul kopsu, kus sama ensüüm katalüüsib sama reaktsiooni tagurpidi ning moodustuvad süsinikdioksiid ja vesi.
* Ensüümi tootmiskulud on kõrged ja ensüümprotsessi töövõime sõltub kinnisensüümi tööeast. Lundi ülikoolis on uuritud karboanhüdraasi kui võimalikku süsinikdioksiidi eemaldajat biogaasist. Tulemuseks oli kuni 99% puhtusega metaan.
* Kanada firma CO_2 Solution Inc on välja töötanud tehnoloogia ja omab patenti ensüümi kasutamisele biogaasi puhastamisel.

* Bioloogiline rikastamine

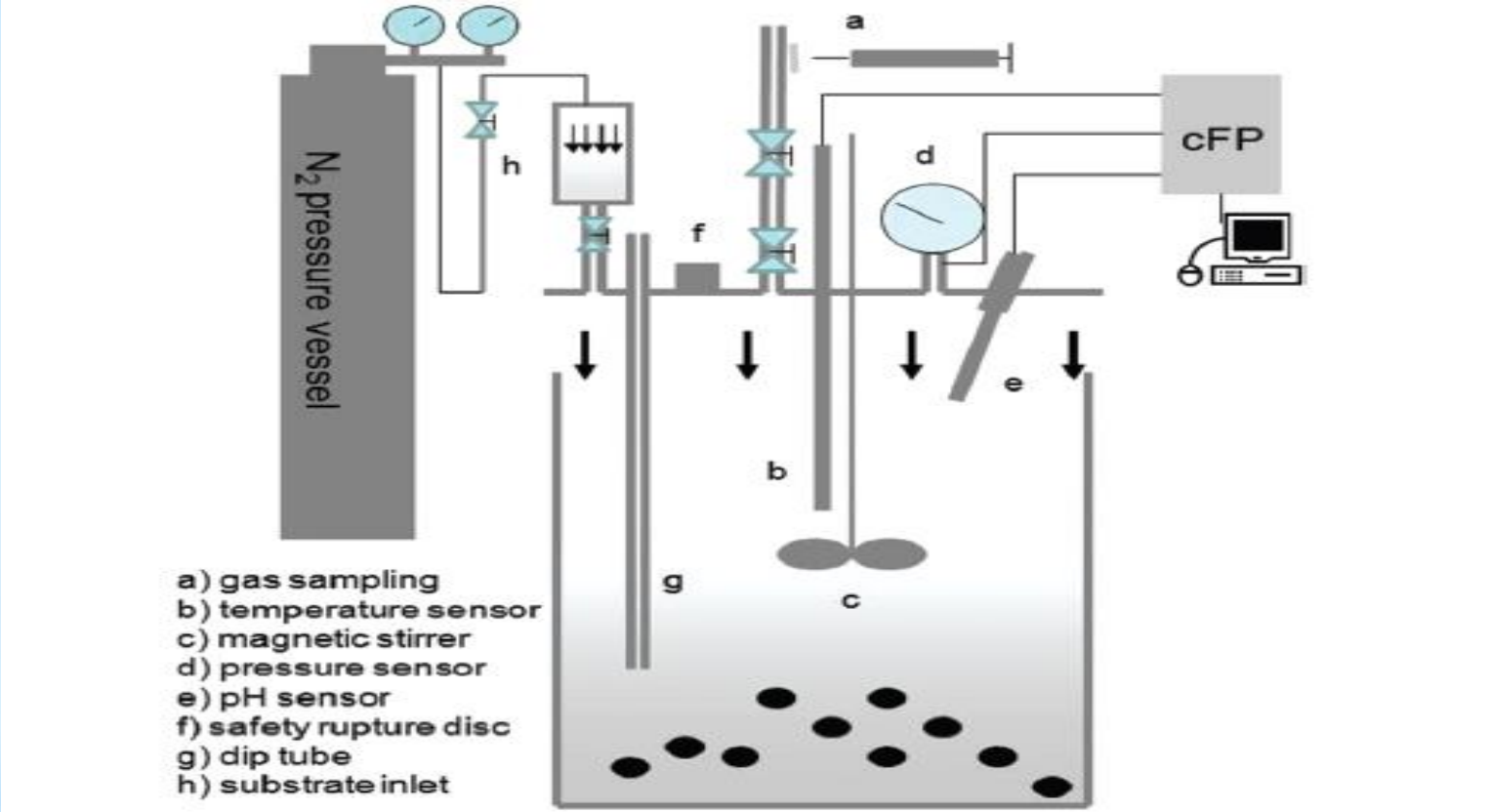
* Uuritud on biogaasi **bioloogilist rikastamist**, mille käigus on tehtud katse *Methanobacterium thermoautotrophicum* nimeliste mikroorganismidega.

* Gaasi koostisega 50-60% CH_4, 30-40% CO_2 ja 1-2% H_2S, lisati vesinikku, gaasisegu lasti mikroorganismidega asustatud mikrokiudude keskkonnast läbi ja tulemuseks oli gaas koostisega 96% CH_4, 4% CO_2 ,vesiniku ega väävelvesiniku jääke gaasis ei leidunud.

* Arendatavad puhastusmeetodid III

* Wageningeni ülikooli teadlased on uurinud biogaasis oleva CO_2 sisalduse vähendamise võimalusi käärimisprotsessi tulemusel tõusva rõhu kaasabil – **rõhu all kääritamine**.
* Inokulumiks kasutati paberitehase reoveepuhastusjaama anaeroobset muda ja substraadina atsetaati. Bakterite liigiline kuuluvus ei ole teada. Tulemuseks saadi muuhulgas teada, et kuigi vedelikku lahustus 20 baarise rõhu juures suurel hulgal metaani, leidus biogaasis ainult 1-2% CO_2.
* Teiseks leiti vähendades suhet ANC/TIC (happeneutraliseerimisvõime/mitteorgaaniline süsinik), et vaatamata suurel hulgal lahustunud CO_2 mõjul kuni 5-ni alanenud pH-le jätkus metanogenees samal tasemel, kui neutraalse pH korral.

* Kõrgrõhu biogaasireaktor



*Taiwanis on tehtud uurimus CO_2 CH_4-ks muundamise võimalusest sügaval maapõues asuvates veekihtides kõrge rõhu tingimustel.

* Kokkuvõte

* Biogaasi tootmine on ilmselt parim viis muuta algselt kasutud ja koormavad biojäätmed puhtaks energiaks (kütuseks) ja toitaineteks taimekasvatuses.
* Biogaasi parema kasutamise eesmärgil on välja töötatud mitmeid tehnoloogiaid, mille abil algselt 40-60% metaanisisaldusega biogaas puhastatakse ja väärindatakse üle 80-90% CH_4 sisaldusega biometaaniks.
* Puhastamise vajadus tuleneb gaasi kasutusvaldkonnast. Eestis töötavad biogaasijamad teadaolevalt oma gaasi ei puhasta, peale Salutaguse pärmitehase juures oleva jaama (vesiskraberiga puhastus).
* Puhastamine annab võimaluse kasutada gaasi efektiivsemalt koostootmisjaamas (CHP), kuid lisab võimaluse juhtida biometaani otse gaasivõrku, kui soojuse tarbijaid läheduses pole või kasutada transpordikütusena.

* Kokkuvõte

* Tähelepanuta ei tasu jätta meetodeid, mille abil saadakse kõrgema metaanisisaldusega biogaas ilma puhastamise ja väärindamiseta.
* Sellisel viisil on teoreetiliselt võimalik saada samast kogusest substraadist suurem kogus biometaani, kui puhastamist kasutades, sest puhastamise käigus eraldatakse biogaasist ka potentsiaalne süsinik, mis on metaani üks komponent (allikas - CO_2).

*Rõõmsalt biometaaniga

Time to
enjoy yourself