



**TAL
TECH**

VESINIKU KASUTAMISE POTENTSIaal JA ÜHENDITEST TULENENEV MÕJU ÜLEKANDETORUSTIKELE JA LÕPPTARBIJATE SEADMETELE

Eduard Latõšov
Energiatehnoloogia instituut
Taltech

07.06.2021

VESINIKU JA SÜNTEETILISE GAASI KASUTAMISE POTENTSIAAL JA ÜHENDITEST TULENEV MÕJU ÜLEKANDETORUSTIKELE JA LÕPPTARBIJATE SEADMETELE

Urimestöö aruanne Leping nr 1.1-4/2020/98 / EE20026

https://elering.ee/sites/default/files/2021-01/ER%20P2G%20aruanne%20v3_detsember2020.pdf

Impact of Grid Gas Requirements on Hydrogen Blending Levels

Eduard LATÕŠOV¹, Anna VOLKOVA¹, Ieva PAĶERE², Lina MURAUSKAITE³,

¹*Tallinn University of Technology, Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn, Estonia*

²*Riga Technical University, 1 Kalku Street, Riga, LV-1658, Latvia*

³*Lithuanian Energy Institute, Breslaujos st. 3, LT-44403 Kaunas, Lithuania*

SISSEJUHATUS

Hydrogen accounts for **less than 2% of Europe's present energy consumption** and is primarily used to produce chemical products, such as plastics and fertilisers. **96% of this hydrogen production is produced through natural gas**, emitting significant amounts of CO₂ emissions in the process.

According to A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe (Brussels, 8.7.2020)

In a third phase, from 2030 onwards and **towards 2050, renewable hydrogen technologies should reach maturity and be deployed at large scale** to reach all hard-to-decarbonise sectors where other alternatives might not be feasible or have higher costs.

Source: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0301>

08.07.2020

Eesti tunnustab täna ilmunud Euroopa Liidu energiasüsteemi integreerimise ja vesiniku strateegiat, mis annavad tõuke üleminekule puhtale energiale ja kliimanetraalsele majandusele.

Majandus- ja taristuminister Taavi Aasa sõnul on vesinikutehnoloogiatel tulevikus suur kasutamise potentsiaali energiaallikana ja salvestina, omades sünergiat erinevates sektorites. Samas on maailmas realselt töötavaid näiteid veel vähe. „Seetõttu on mul plaan sügisel minna tutvuma vesiniku tootmise kui ka rakendamistega Saksamaal, et mõista paremini vesiniku kasutamise võimalusi Eestis,“ lausus minister.



„Vesinikuenergia omab suurt potentsiaali ka 2030+ kliimapolitika eesmärkide täitmisel ning mõistame, et ettevalmistusi tuleb teha juba selle kümnendi alguses,“ ütles Aas. „Keskkonnasõbralikule energiatootmisele üleminekuks on vaja suurendada oluliselt taastuvenergia tarbimist ka siis, kui päike ei paista ja tuult ei puhu.“

Sektori arengu ettevalmistamiseks ning Eesti oludes vesinikuahela testimiseks töötab Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium välja vesiniku pilootprojekti. Järgmisel aastal avatava taotlusvooriga selgitatakse välja vesiniku tootmise ja kasutamise tervikahelat hõlmavad projektid, mille elluviimisele ollakse valmis õlg alla panema.

SISSEJUTATUS

EAS otsib projekte, mis aitaksid kiirendada vesinikutehnoloogia kasutuselevõttu

18.03.2021

Vesinikuralli on kogu maailmas tuure üles võtmas, sest seni kaugena tundunud tulevikutehnoloogia on muutumas üha käegakatsutavamaks. Revolutsiooni käivitamisele eelneb ettevalmistus, sellele omakorda eelneb otsing.

„Kõige küpsemad tehnoloogilised lahendused on täna kasutusel transpordisektoris, Saksamaal **liiguvad vesiniku toel rongid** juba mitmeid aastaid, **ootel on ka laevandus** ning **hoogsalt arenemas raskeveokite segment**. Energeetikas aitab vesinik salvestada taastuvenergiaallikatest tekkivat energiat, et tasakaalustada ebaühtlaseid tootmisperioode - kui Eestis paistab suvel päike lausa 20 tundi ööpäevas, siis saadava energia salvestamine vesiniku näol võimaldaks seda kasutada oluliselt hiljem, teoreetiliselt lausa talvekuudelgi.“

Kütuseelemente tootva [Elcogeni](#) asutaja Enn Õunpuu

Allikas: <https://www.eas.ee/eas-otsib-projekte-mis-aitaksid-kiirendada-vesinikutehnoloogia-kasutuselevottu/>



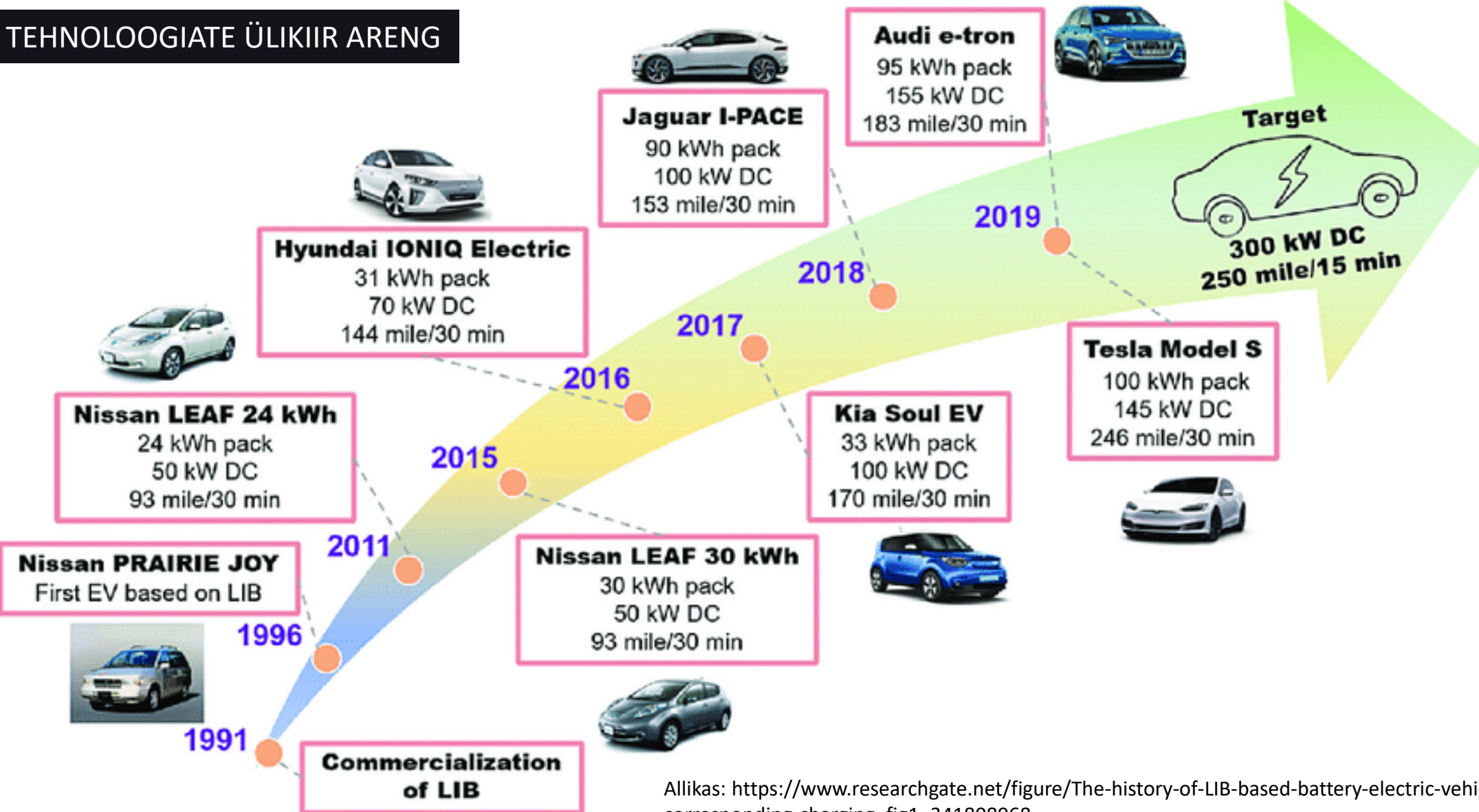
VESINIKU ASUKOHT?

TEHNOLOOGIATE ÜLIKIIR ARENG

Kas vesinik muutub konkurentsivõimeliseks aastateks 2030 - 2050?

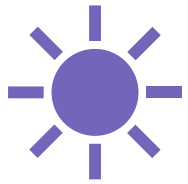
Mitte unustada, et arenevad ka teised tehnoloogiad!

TEHNOLOOGIATE ÜLIKIIR ARENG



Allikas: https://www.researchgate.net/figure/The-history-of-LIB-based-battery-electric-vehicles-and-the-corresponding-charging_fig1_341808968

VESINIKUMAJANDUSE ARENDUSE VAJADUS

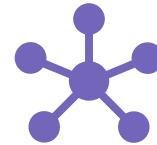


JÄTKUSUUTLIKU
VESINIKU
TOOTMINE

1



SALVESTAMINE



TRANSPORT

VÕRGUGAAS INFRASTRUKTUUR SAAB OLLA ABIKS

2



KASUTAMINE





**TAL
TECH**

**VESINIKU KEEMILISED/FÜÜSIKALISED
OMADUSED JA VÕRDlus STANDARDITEGA**

Eestis kehtivad nõudmised gaasisüsteemi sisestatava gaasi kvaliteetidele on toodud *Eesti Maagaasiseaduse* alusel koostatud *Gaasituru toimimise võrgueeskirja* lisas *Gaasisüsteemi sisestava gaasi kvaliteeditingimused*.

Kvaliteedi määramise ja jälgimise eesmärgiks kindlustada võrgugaasi kvaliteedi vastavus olemasolevates gaasiseadmetes kasutuseks sobiva gaasi omadustele ning gaasivõrkude ja -seadmete kahjustamise vältimine korrosiooni tekitavate vedelike ja saasteainete poolt. Kvaliteedi tingimuste tagamine on oluline uutest tarneallikatest gaasi ülekandevõrku sisestamise võimaldamiseks.

Parameeter	Ühik	Väikseim väärtus	Suurim väärtus
Ülemine kütteväärtus – H_s	kWh/m ³	9,69	-
Wobbe arv – WI	kWh/m ³	13,06	14,44
Suhteline tihedus – d	-	0,55	0,75
Lämmastikusisaldus – N₂	mol/mol	-	3%
Süsihappegaasi sisaldus – CO₂	mol/mol	-	2,5%
Hapnikusisaldus – O₂	mol/mol	-	0,02%
Vesinikusisaldus – H₂	mol/mol	-	0,1%
Üldise väävli sisaldus ilma odorandita – S	g/m ³	-	0,03
Väavelvesiniku ja karbonaatse väävli sisaldus – H₂S + COS	g/m ³	-	0,007
Merkaptaanväävli sisaldus ilma odorandita – RSH	g/m ³	-	0,016
Saasteainete osakeste sisaldus	g/m ³	-	0,001
Vee ja süsivesinike vedelate osakeste sisaldus	g/m ³	Mittelubatav	
Metaanarv	-	65	-
Süsivesinike kastepunkti temperatuur rõhul (0,1–7) MPa – HC DP	°C	-	-2
Vee kastepunkti temperatuur rõhul 7 MPa – H₂O DP	°C	-	-8

MODEL PREPARATION

Main input:

- Composition of grid gas (the same structure as in monthly grid gas reports).

Calculations for calorific value, relative density, Wobbe number based on ISO 6976:2016. Natural gas - Calculation of calorific values, density, relative density and Wobbe indices from composition.” 2016.

Methane number estimated using Wärtsilä methane number calculator.

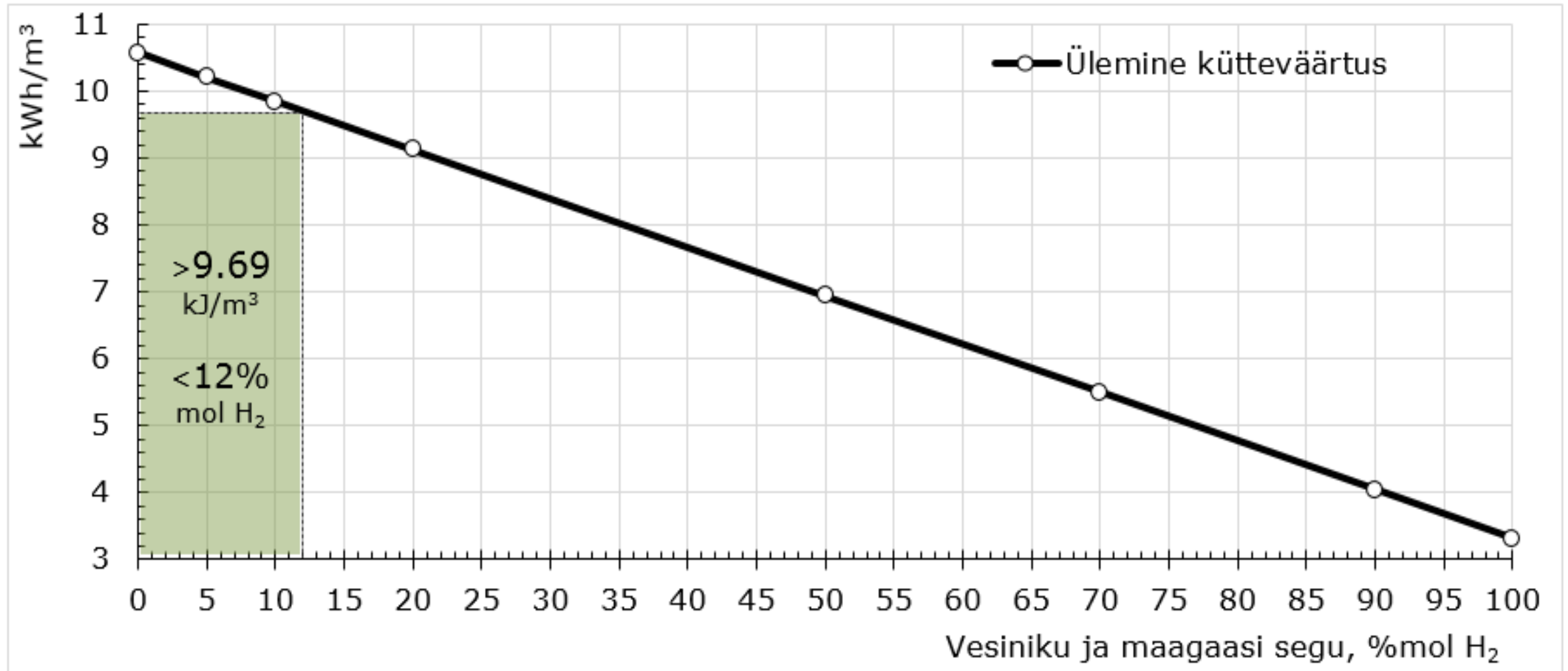
TOODETE KEEMILISED/FÜÜSIKALISED OMADUSED JA VÕRDLU STANDARDITEGA

Näitajad	Lubatud vahemik ²	Metaan	Maagaas	Vesiniku ja maagaasi segu, %mol vesinik						
				5	10	20	50	70	90	100
Ülemine kütteväärtus, kWh/m ³	>9.69	10.314	10.575	10.21	9.85	9.12	6.95	5.49	4.04	3.32
Wobbe arv, kWh/m ³	13,06-14,44	13.863	13.890	13.72	13.55	13.20	12.19	11.65	11.64	12.58
Suhteline tihedus	0.55-0.7	0.553	0.580	0.55	0.53	0.48	0.32	0.22	0.12	0.070
Metaanarv	>65	100	86	81	76	67	märkus ¹			0

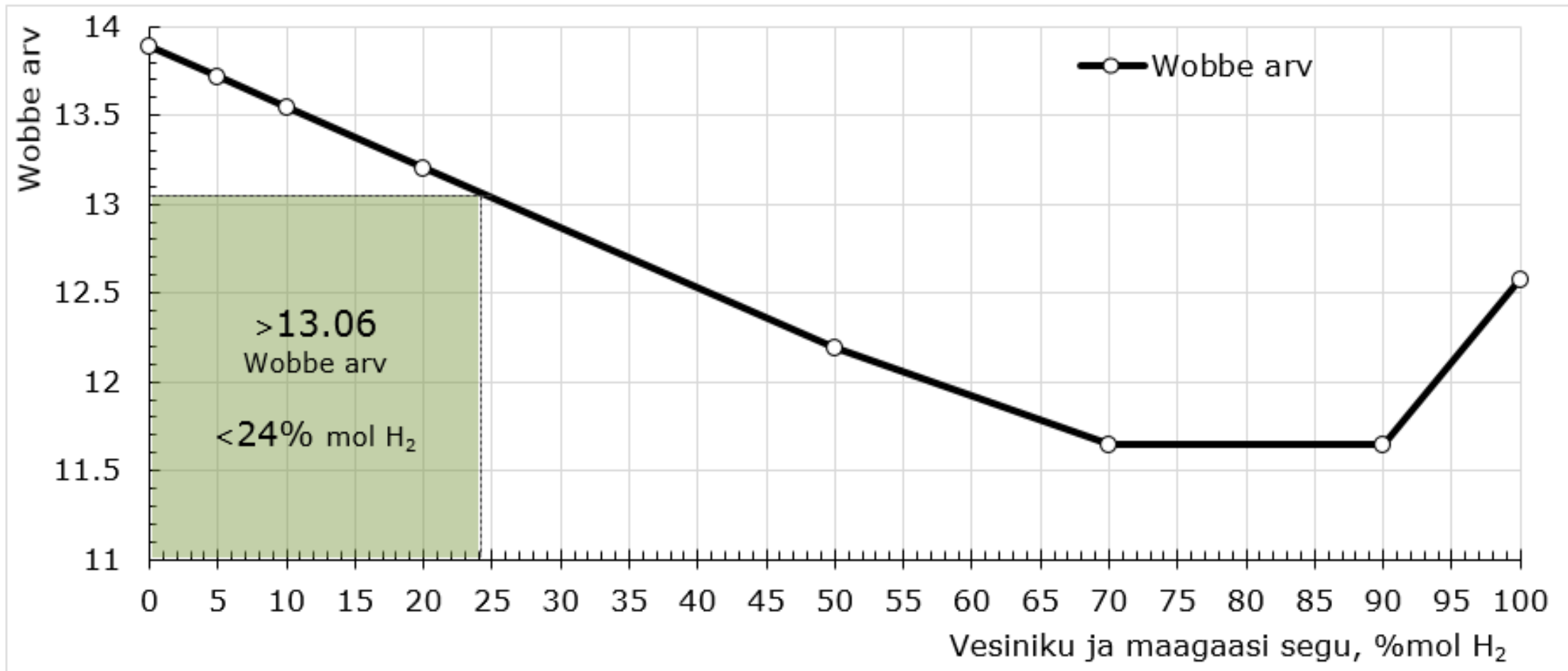
¹ - Kasutatud Wärtsilä metaanarvu kalkulaator ei võimalda arvutamist metaani sisaldusega alla 70%mol

²- Majandus- ja taristuministri 28.07.2017 määruse nr 41 „Gaasituru toimimise võrgueeskiri“ lisale „Gaasisüsteemi sisestava gaasi kvaliteeditingimused“

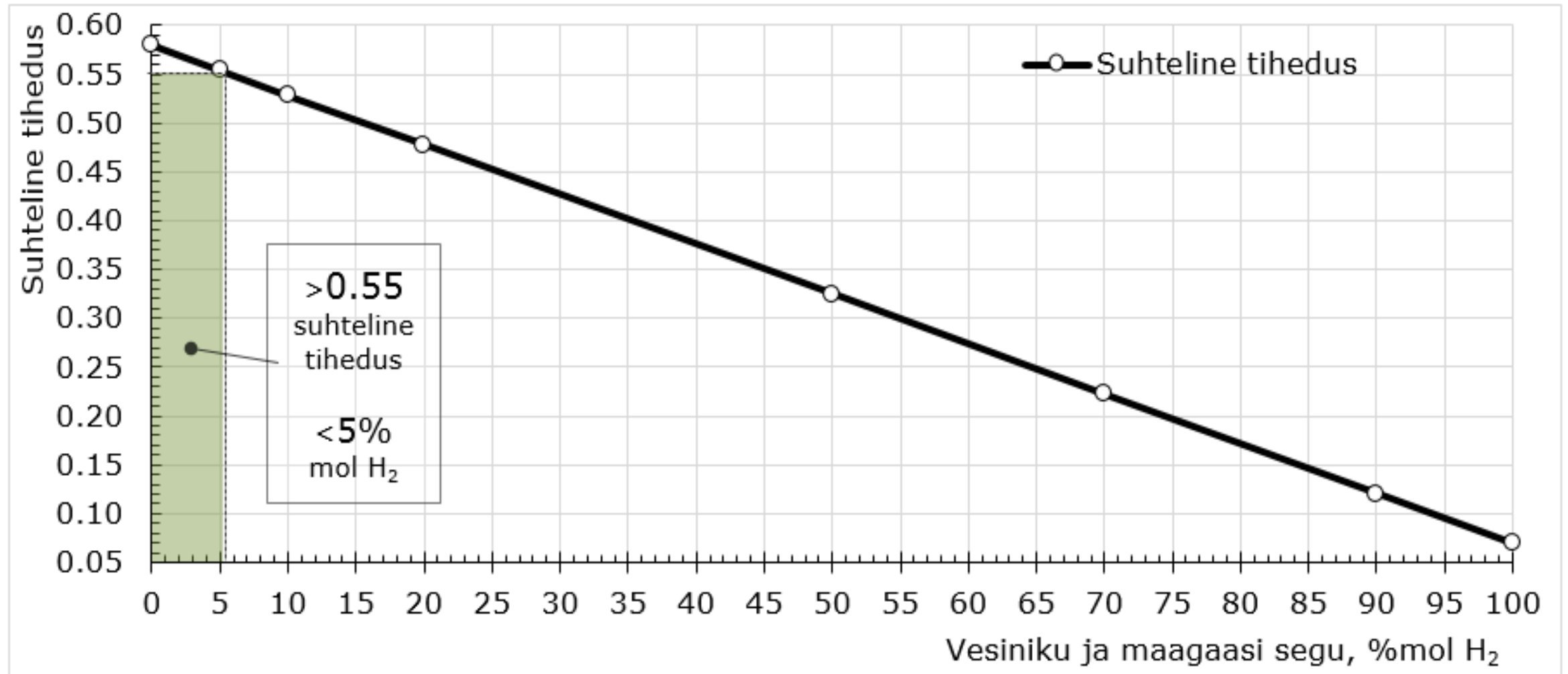
TOODETE KEEMILISED/FÜÜSIKALISED OMADUSED JA VÕRDLUS STANDARDITEGA



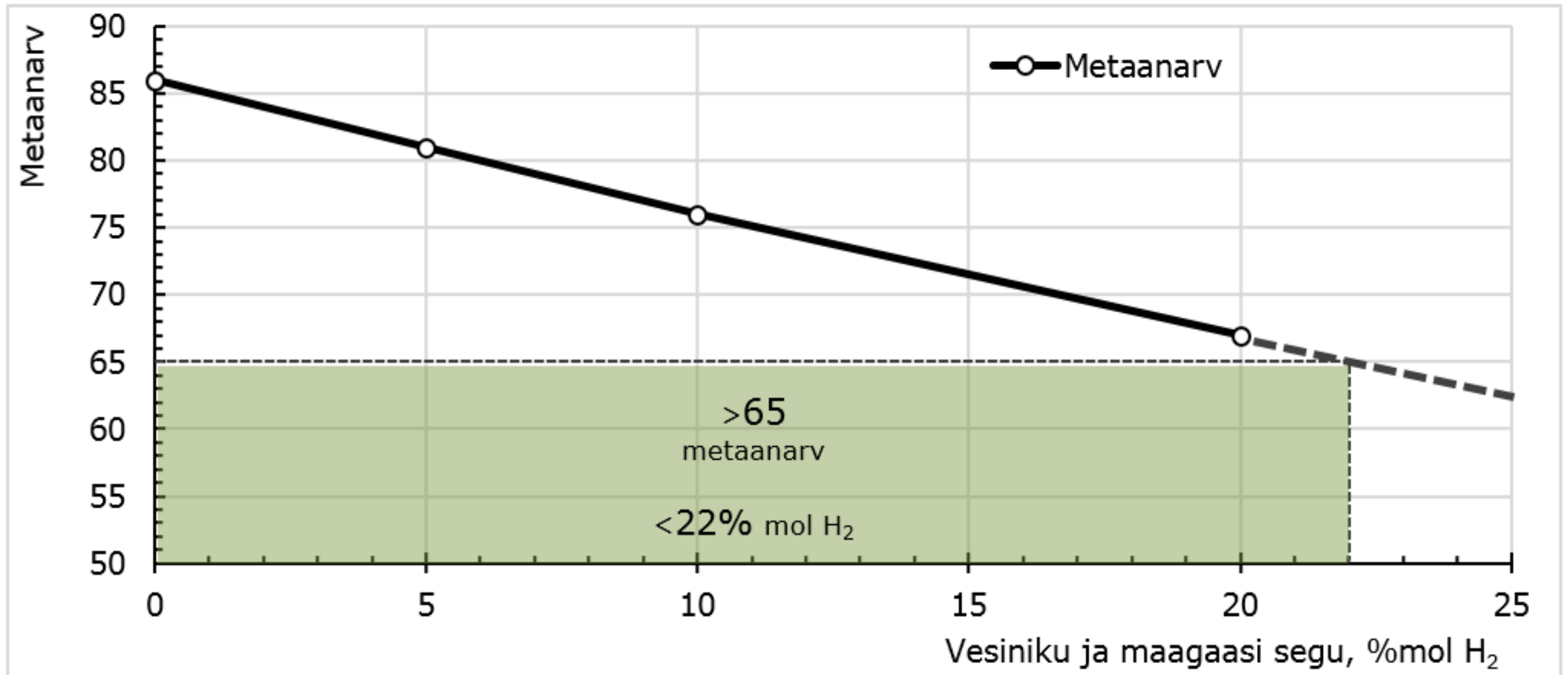
TOODETE KEEMILISED/FÜÜSIKALISED OMADUSED JA VÕRDLU STANDARDITEGA



TOODETE KEEMILISED/FÜÜSIKALISED OMADUSED JA VÕRDLU STANDARDITEGA



TOODETE KEEMILISED/FÜÜSIKALISED OMADUSED JA VÕRDLU STANDARDITEGA



TOODETE KEEMILISED/FÜÜSIKALISED OMADUSED JA VÕRDLU STANDARDITEGA

VAHETULEMUS:

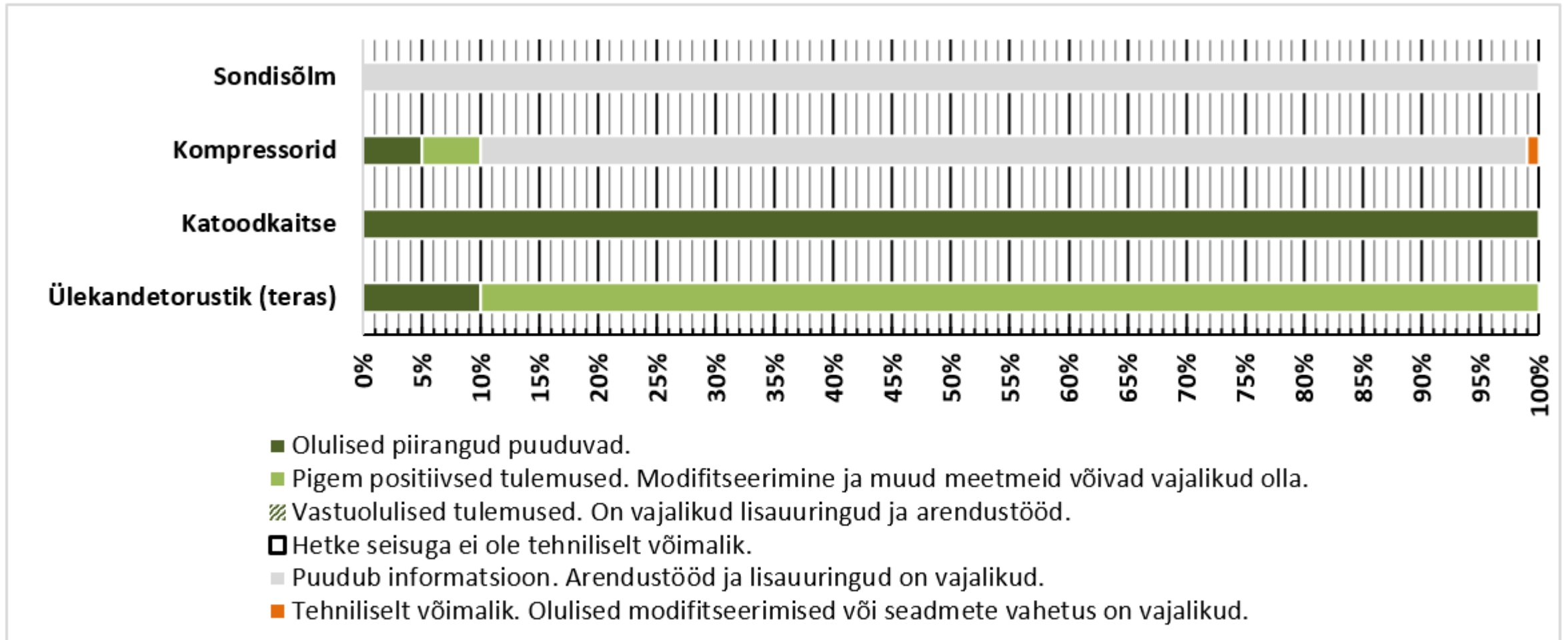
1. Puhta metaani (süngaas) kasutamisel on täidetud kvaliteeditingimused.
2. Vesiniku ja maagaasi segu ei vasta suhtelise tiheduse nõudmistele alates vesiniku kontsentratsioonist $5\%_{\text{mol}}$ (üldpiirid $5\%_{\text{mol}}$ - $23\%_{\text{mol}}$).

2. VESINIKU JA SÜNGAASI POTENTSAALNE MÕJU ERINEVATE VÕRKU ANTAVATE TASEMETE JUURES VÕRGULE JA TARBIJASEADMELE

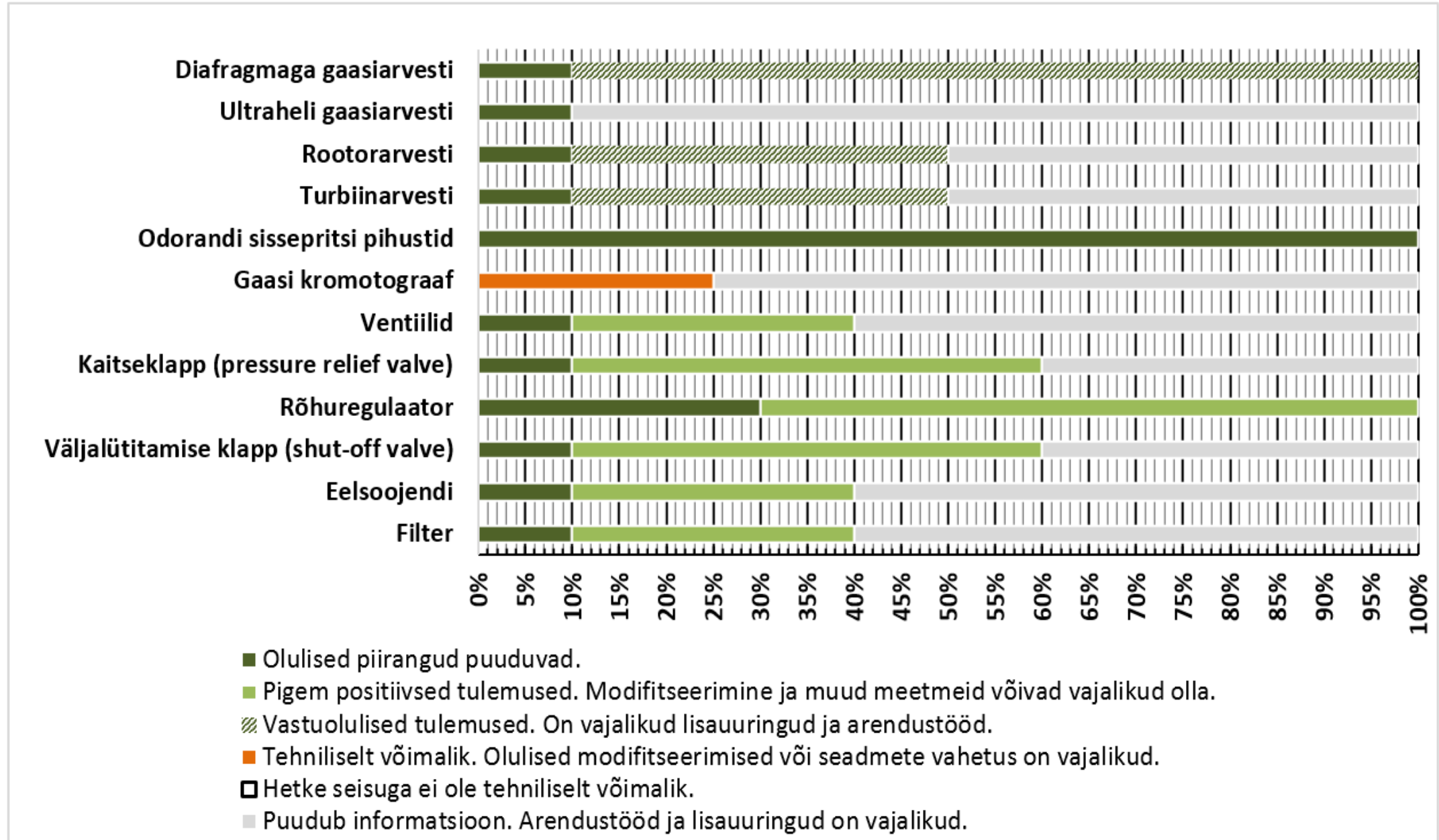
Põhineb Marcogaz (Technical Association of The European Natural Gas Industry) poolt avaldatud (01.10.2019) infomaterjalil.

Lisaks Marcogaz infomaterjalile on uuritud uuemaid, aastal 2020 avaldatud töid mis käsitlevad vesiniku potentsiaalset mõju erinevate maagaasivõrku antavate tasemete juures võrgule ja tarbijaseadmetele.

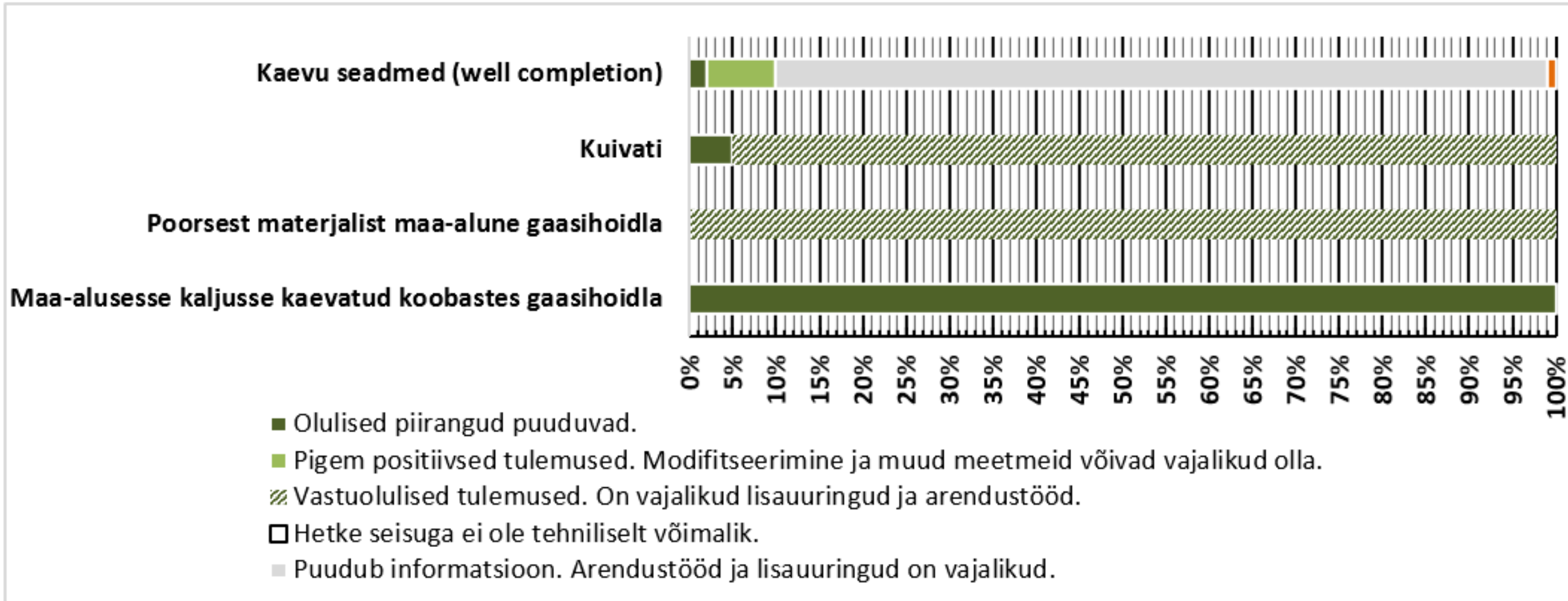
Maagaasi võrk, rõhu reguleerimine ja mõõtmine



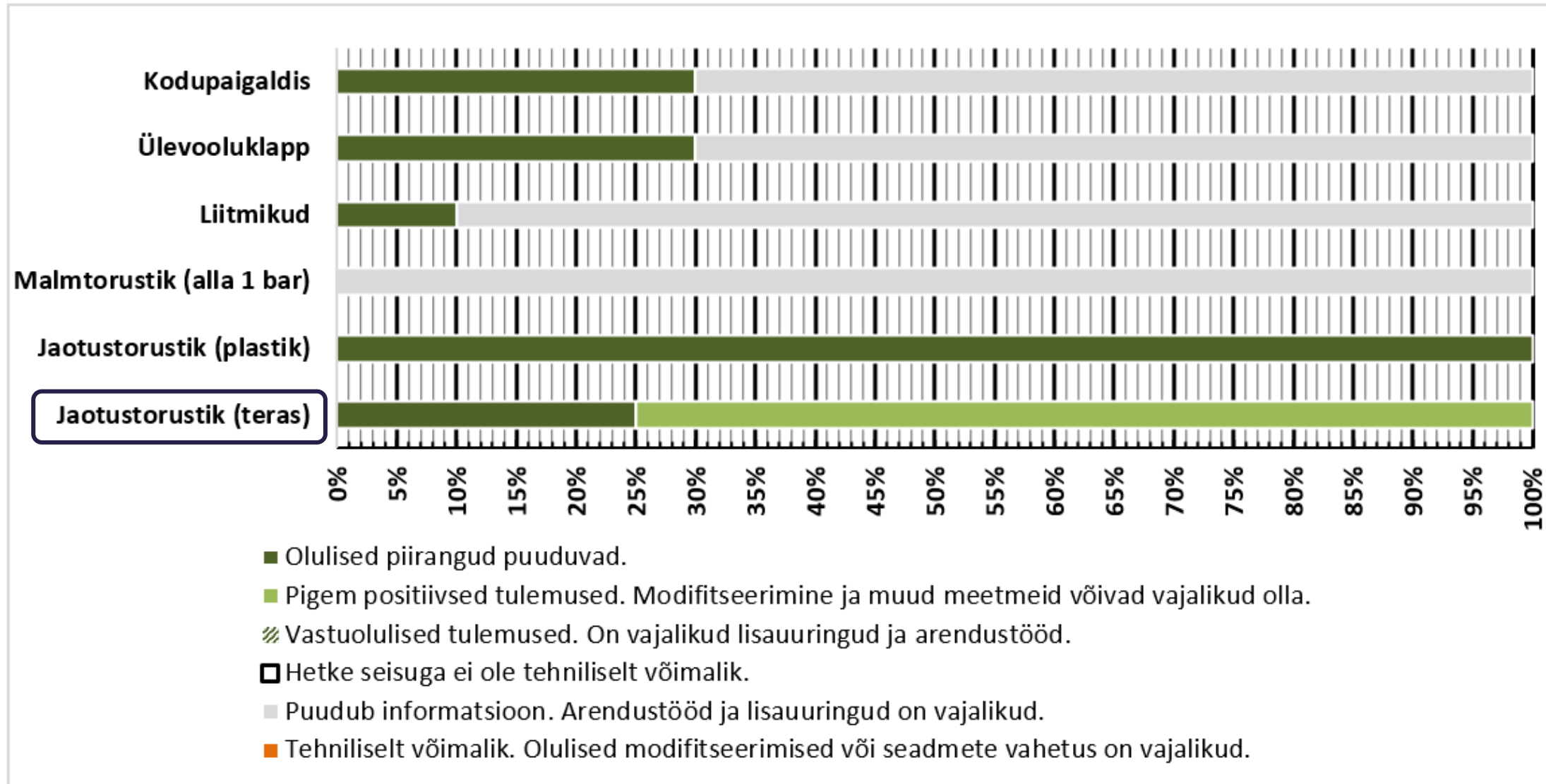
Maagaasi võrk, rõhu reguleerimine ja mõõtmine



Maagaasi salvestamine



Maagaasi jaotus ja kodupaigaldised



Peamiseks probleemiks vesiniku lisamisel maagaasivõrku on **vesinikhaprumine** (vesiniku lahustamine metallis), mis võib esineda rauast ja terasest valmistatud torudes ning võib põhjustada pragude teket torustikus.

Vesinikhaprumine on ainus vesiniku poolt tekitatud kahjustuse tüüp, mille korral **keemilisi reaktsioone ei toimu** ning seega ei moodustu teisi ühendeid. Seetõttu on **vesinikhaprumise jälgimine ja tuvastamine keeruline**.

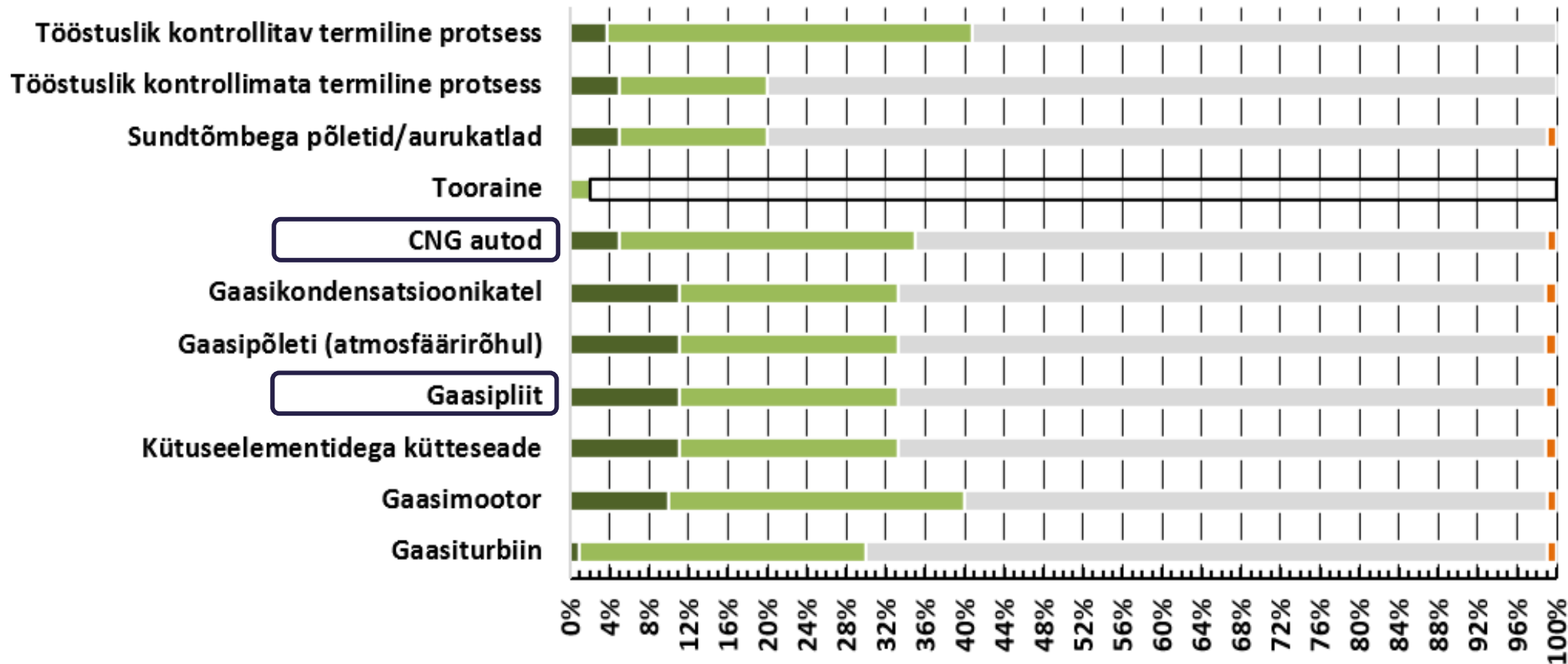
Vesinikhaprumine tuleneb vesinikusüsteemi **pikaajalisest kasutamisest**, mille tulemuseks on materjalide mehaaniliste omaduste vähenemine.

NB!!!

Maagaasi ja vesiniku segu mõjusid ülekandetorustikutele uuritakse aktiivselt ning on tähelepanuväärseid arenguid. Näiteks hiljuti (15.08.2020) avaldatud uurimustulemused näitavad, et vesiniku ja maagaasi segu mõju torustikule (testimise objektiks GB20 terastoru) on oluliselt kõrgem, kui puhta vesiniku korral. **See viitab asjaolule, et maagaasis sisalduvad lisaühendid (ennekõike CO₂) kiirendavad metalli vananemist.**

J. Shang, W. Chen, J. Zheng, Z. Hua, L. Zhang, C. Zhou ja C. Gu, „Enhanced hydrogen embrittlement of low-carbon steel to natural gas/hydrogen mixtures,“ *Scripta Materialia*, kd. 189, pp. 67-71, 2020.

Gaasimootorid ja gaasiturbiinid



- Olulised piirangud puuduvad.
- Pigem positiivsed tulemused. Modifitseerimine ja muud meetmeid võivad vajalikud olla.
- ▨ Vastuolulised tulemused. On vajalikud lisauuringud ja arendustööd.
- Hetke seisuga ei ole tehniliselt võimalik.
- Puudub informatsioon. Arendustööd ja lisauuringud on vajalikud.
- Tehniliselt võimalik. Olulised modifitseerimised või seadmete vahetus on vajalikud.

CNG auto elementide projekteerimisel arvestatakse maksimaalse vesiniku sisaldusega $2\%_{vol}$ (Euroopa standardid). Seega võivad kõik CNG autode elemendid olla potentsiaalselt ohtlikud töötamisel kõrgema vesiniku sisaldusega kütusega.

Peamiseks ohuteguriks on terasest kütusepaagid (tüüp 1 CNG paak), millega kaasnevad kõrgendatud vesinikhaprumise riskid. Riske saab välistada, asendades terasest paagid komposiitmaterjalidest paakide vastu. See võib omakorda osutada tõsiseks väljakutseks (näiteks, ainult Saksamaal on umbes 80 300 CNG sõiduautot ja enamus nendest on varustatud tüüp 1 CNG paakidega) [77].

Maagaasil töötavaid sõidukeid saaks täna kasutada vesinikku sisaldusega üle $2\%_{vol}$ ainult siis, kui mahukad testid on kinnitanud, et see on ohutu ja täna kehtivaid eeskirju on võimalik muuta. **Lisaks CNG paagile võib osutada probleemiks nii metallist kui ka polümeerist valmistatud tihendite leke kuna kõik sõiduki sees olevad gaasi kandvad komponendid on projekteeritud ja testitud maksimaalselt vesinikku sisaldusega üle $2\%_{vol}$.** Seetõttu on kõik sellised komponendid potentsiaalselt kriitilised ja tuleb eelnevalt läbi viia mahukaid katseid nende võime hindamiseks kõrgemate vesiniku kontsentratsioonidega toime tulemiseks. Samas, on leitud, et üldjuhul võiks CNG autode põhielementide lubatud vesiniku sisaldus olla kuni $5\%_{vol}$.

Mitmed gaasiseadmed võivad kasutada maagaasi ja vesiniku segusid. **Kaasaegsed kodupaigaldised peavad olema sertifitseeritud vastavalt Euroopa parlamendi ja nõukogu määrusele 2016/426**. Standardis *EN 437:2018 Katsetusgaasid. Katsetusrõhud. Tarvitite kategooriad* leegi tagasilöögi testimiseks on määratud 23%vol vesiniku sisaldusega G222 gaasisegu, 10%vol vesiniku sisaldusega gaasisegu G28.3B, 20%vol vesiniku sisaldusega gaasisegu G28.4B. Ülekuumenemise testimiseks eeldatud 10%vol vesiniku sisaldusega gaaside segud G28.3A ja G28.4A. **Kui seadmed on testitud nende gaasidega, siis vastav vesiniku kontsentratsioon peaks olema lubatud.**

Reeglina koduseadmed ei ole väga tundlikud vesiniku sisalduse suhtes ja saavad töötada vesiniku/maagaasi seguga. Mitmed uuringud näitasid, et vesiniku sisaldusel alla 20%vol on üldjuhul võimalik ohutu mitmete kodutarbija seadmete kasutamine [73].

Takistavad tegurid, komponendid/elementid	Lubatud kontsentratsioon		
CNG transport	kuni	2	% _{mol}
Gaasiturbiinid	kuni	2	% _{mol}
Maagaasi kui tooraine kvaliteedile tundlikud tööstustarbijad	juhtumipõhine, reeglina kuni	2	% _{mol}
Kompressorid (maagaasi ülekandevõrk)	kuni	5	% _{mol}
Vesiniku ja maagaasi segu suhtelise tiheduse vastavus nõudmistele	kuni	5	%_{mol}
FID ja DIAL tüüpi maagaasi tuvastamiseadmed	ei tuvasta vesiniku või käituvad ebakorrektselt		
Sondisõlm ("pigging" station)	informatsioon puudub		
Maagaasi malmtorustik	informatsioon puudub		
Poorsed maa alused maagaasihoidlad	vastuoluline informatsioon		

Aastal 2019 tarbiti Eestis **4 773 222** MWh võrgugaasi (põhivõrgu gaasijaotusjaamade summaarsed kogused).

Gaasi tarbimine GJJ-de lõikes kuude kaupa, % aastasest maagaasi tarbimisest GJJ-st (2019)

VESINIKU LISAMISE VÕIMSUS

umbes **1.5 – 5 MW**
(2% või 5%)

SUVEKUUDEL ON VÄIKSEM ELEKTRI TARBIMINE JA SUUREM EELDATAV KÜTUSTEVABA TAASTUELEKTRI TOOTMINE, EHK SUUREM ELEKTRI ÜLEJÄÄKIDE KASUTAMISE POTENTIAAL VESINIKU TOOTMISEKS.

SAMAS, JUST SUVEKUUDEL MAAGAASIVÕRGU POTENTIAAL VESINIKU VASTUVÕTMISEKS ON MINIMAALNE (EELDUSEL, ET ON OMISTATUD VESINIKU LISAMISE PIIRVÄÄRTUSED).



TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

		Kuu											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Loo GJJ	23%	16%	15%	8%	5%	0%	0%	4%	6%	12%	6%	5%
2	Palamuse GJJ	23%	16%	15%	7%	1%	0%	0%	0%	2%	10%	13%	14%
3	Roiu GJJ	11%	2%	12%	9%	10%	6%	8%	7%	8%	7%	9%	10%
4	Ahja GJJ	16%	10%	10%	8%	5%	2%	4%	7%	7%	12%	10%	9%
5	Aseri GJJ	12%	11%	12%	10%	2%	1%	7%	7%	8%	11%	11%	9%
6	Jõgeva GJJ	14%	9%	9%	7%	7%	3%	3%	9%	10%	10%	9%	10%
7	Järvakandi GJJ	9%	8%	9%	9%	8%	7%	9%	9%	8%	9%	8%	9%
8	Karla GJJ	15%	11%	11%	8%	6%	3%	4%	4%	6%	9%	12%	12%
9	Kiisa AREJ GJJ	4%	4%	3%	5%	7%	18%	12%	27%	4%	3%	4%	9%
10	Kiviõli GJJ	11%	10%	11%	9%	7%	6%	7%	6%	6%	8%	9%	10%
11	Kohila GJJ	9%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	9%	9%
12	Kohtla-Järve GJJ	11%	10%	11%	9%	7%	6%	7%	6%	6%	8%	9%	10%
13	Kunda GJJ	11%	9%	10%	8%	8%	6%	7%	8%	7%	8%	8%	9%
14	Kuusalu GJJ	9%	8%	9%	7%	4%	8%	9%	8%	8%	9%	11%	10%
15	M.Härma GJJ	18%	14%	13%	7%	5%	2%	2%	2%	4%	8%	11%	13%
16	Misso GJJ	19%	14%	13%	7%	4%	1%	1%	1%	4%	9%	13%	15%
17	Narva GJJ	3%	6%	3%	2%	6%	10%	9%	9%	11%	7%	2%	31%
18	Nitrofert GJJ	13%	11%	12%	8%	5%	5%	5%	5%	6%	9%	10%	12%
19	Põlva GJJ	16%	12%	11%	7%	5%	5%	5%	7%	5%	6%	10%	11%
20	Pärnu GJJ	18%	8%	7%	9%	5%	4%	15%	5%	5%	7%	8%	8%
21	Rakke GJJ	9%	9%	9%	8%	8%	7%	8%	10%	10%	8%	8%	6%
22	Rakvere GJJ	15%	11%	11%	7%	5%	3%	4%	7%	7%	8%	10%	11%
23	Rapla GJJ	9%	8%	9%	8%	6%	5%	7%	7%	11%	9%	10%	10%
24	Raudalu GJJ	17%	12%	12%	8%	6%	4%	3%	0%	0%	2%	17%	19%
25	Saadjärve GJJ	15%	11%	11%	5%	4%	1%	5%	11%	8%	8%	10%	10%
26	Saku GJJ	14%	11%	11%	8%	7%	5%	6%	6%	7%	9%	8%	8%
27	Sillamäe GJJ	17%	14%	13%	7%	6%	4%	4%	3%	6%	7%	9%	9%
28	Sindi GJJ	11%	9%	9%	9%	8%	6%	6%	6%	8%	10%	9%	8%
29	Tartu GJJ	28%	22%	10%	3%	0%	0%	0%	0%	3%	9%	13%	12%
30	Vedu GJJ	18%	14%	13%	7%	4%	1%	1%	1%	4%	9%	12%	13%
31	Veriora GJJ	9%	8%	9%	8%	5%	5%	8%	10%	10%	11%	11%	6%
32	Viljandi GJJ	15%	10%	9%	7%	7%	5%	6%	9%	8%	8%	8%	8%
33	Viru GJJ	17%	8%	8%	10%	11%	4%	4%	7%	7%	9%	9%	7%
34	Väike-Maarja GJJ	11%	9%	9%	4%	7%	4%	5%	15%	10%	9%	7%	9%
35	Vändra GJJ	18%	14%	14%	9%	4%	1%	1%	1%	4%	9%	12%	13%
36	Värskla GJJ	15%	12%	12%	8%	6%	3%	4%	4%	6%	8%	11%	12%
Keskmine		28%	19%	20%	12%	9%	5%	5%	6%	7%	12%	16%	19%

**TAL
TECH**

TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

TALTECH.EE/EN