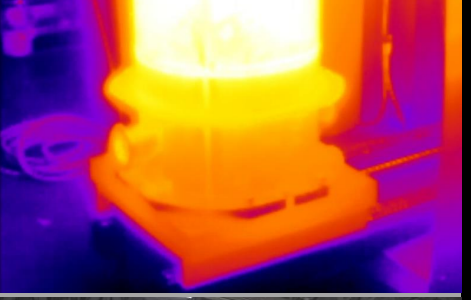
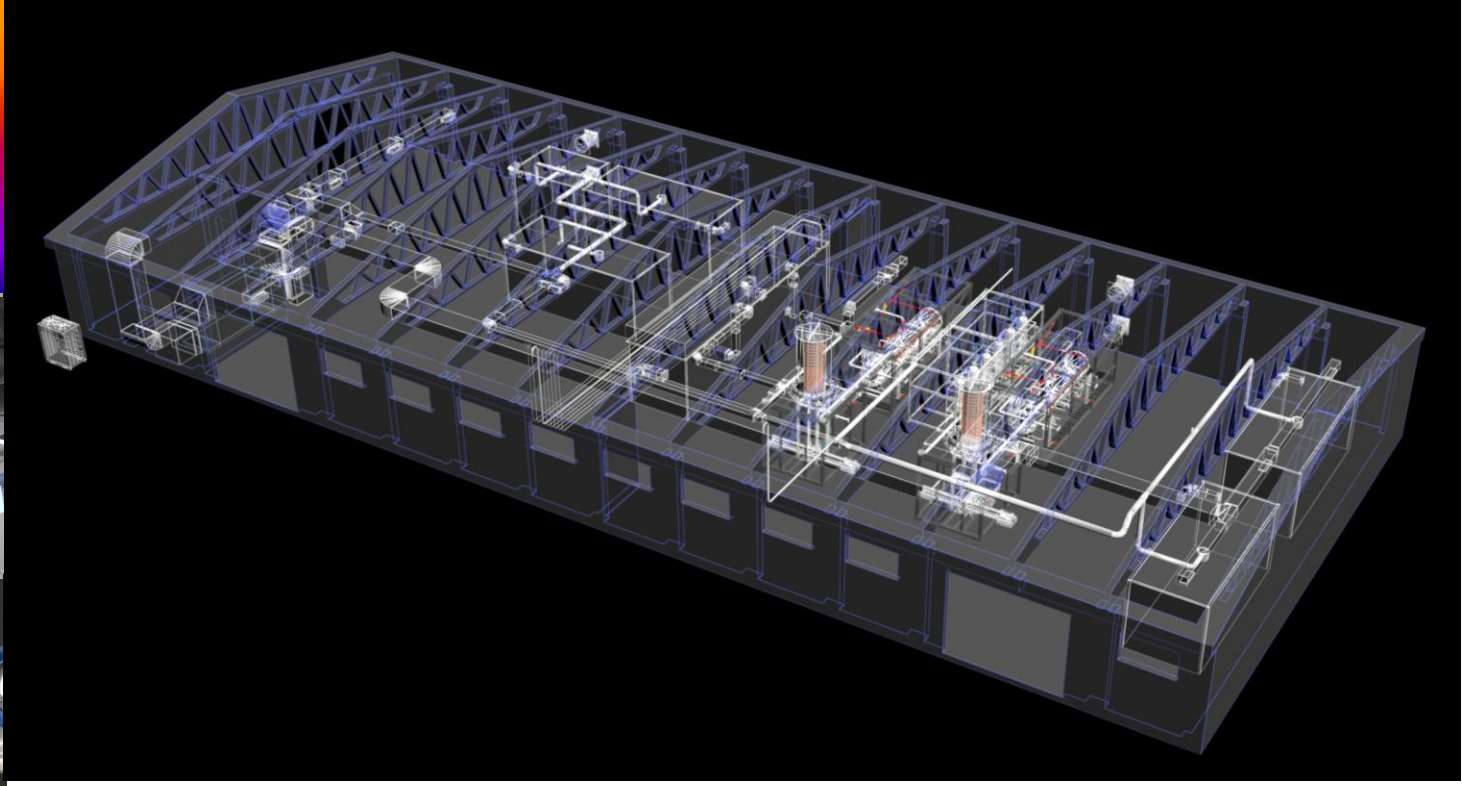




ZÁVOD NA VÝROBU PLYNNÝCH SMĚSÍ OBSAHUJÍCÍCH VODÍK Z METHANU A BIOPLYNU METODOU PYROLYZY

BRK Technologies

WWW.BRKTECHNOLOGIES.CZ
WWW.ACTROM.CZ

VERSION 1.3 // 03.05.2023

IN: **CH_4 + [CO_2]**

OUT: **H_2 + CH_4 + (↘ CO_2) + C↓**

Závod na výrobu směsí plynů obsahujících vodík z metanu a bioplynu pyrolýzou.

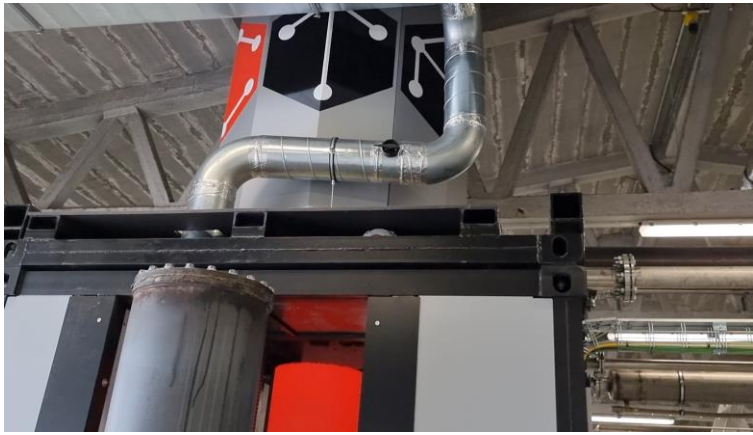
Zařízení umožňuje vyrábět vodík pyrolýzou metanu v indukčním reaktoru bez emisí CO_2, snižovat obsah CO_2 ve výchozím bioplynu, připravovat chromatograficky ověřené směsi obsahující vodík.

Proces je termodynamicky výhodnější alternativou k přimíchávání vodíku vyrobeného elektrolýzou do potrubní sítě. Poskytuje přímou přípravu směsi plynů jako výsledek tepelného procesu.

Konstrukce průmyslového závodu umožňuje snadnou výměnu katalyzátorů a inhibitorů a také vykládání pevného uhlíku, který je produktem pyrolýzy metanu.

Při provozu na bioplyn umožňuje jednotka snížit obsah CO_2 ve výchozí směsi díky Sabatierově reakci, díky čemuž je proces uhlíkově negativní.

Systém umožňuje výrobu plynů obsahujících vodík (HCG), separaci čistého vodíku z HCG a přípravu HCG dané kvality ze separovaných frakcí.



PROCES

Natural gas processing

Methane Pyrolysis for CO_2-Free H_2 Production

$$CH_4 = C\downarrow + 2H_2$$

Products

Green Hydrogen

H_2

Hydrogen-enriched methane gas of GC-verified stable quality with no further methanation required. CO_2 reduction in feedstock gas.

H_2 CH_4

Carbon black

C

Biogas processing

Methane Pyrolysis for CO_2-Free H_2 Production

$$CH_4 = C\downarrow + \boxed{2H_2}$$

Sabatier reaction

$$CO_2 + 4H_2 = \boxed{CH_4} + 2H_2O$$

Products

Hydrogen-enriched methane gas of GC-verified stable quality with no further methanation required. CO_2 reduction in feedstock gas.

H_2 CH_4

Carbon black

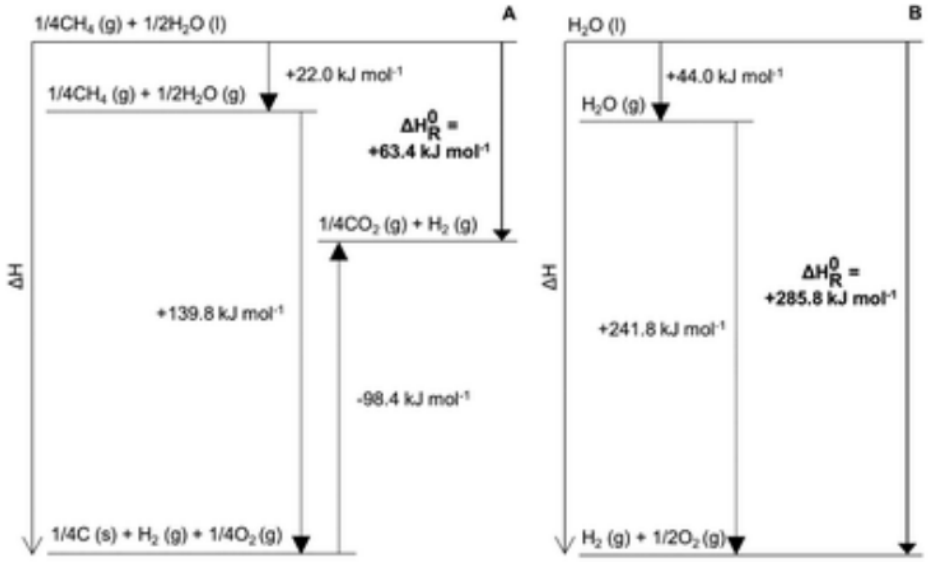
C

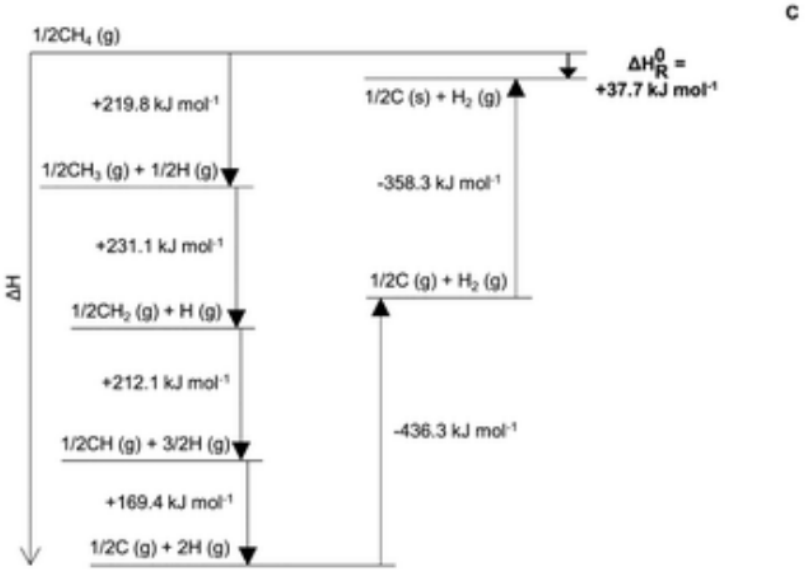
TERMODYNAMIKA PROCESŮ

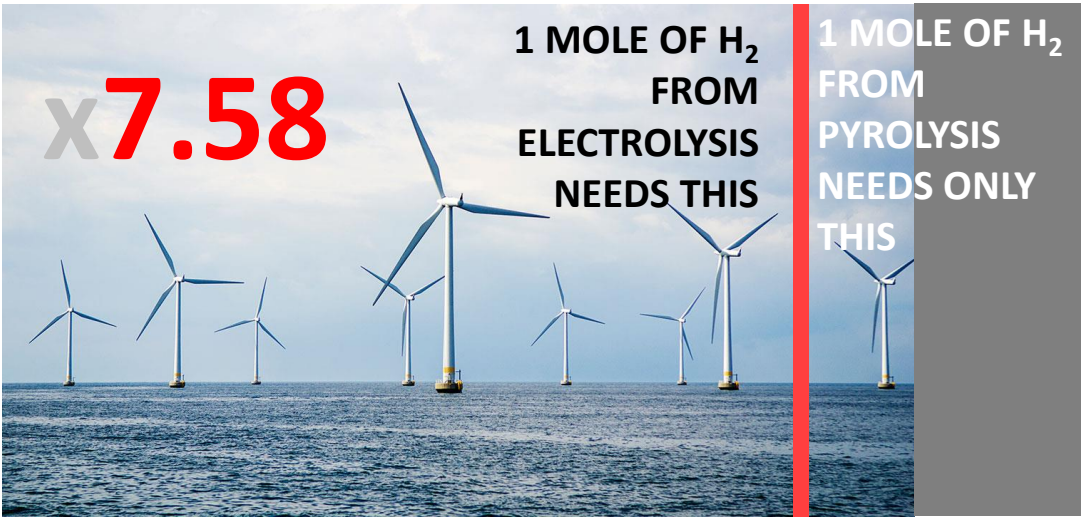
Metanová pyrolýza je termodynamicky výhodnější způsob výroby vodíku než elektrolýza vody.

Energetické náklady na výrobu1 mol vodíku:

Parní reformování: **63** kJ/mol
Elektrolýza: **286** kJ/mol
Pyrolýza: **38** kJ/mol







EFEKT DEKARBONIZACE PLYNU

Při 10% koncentraci vodíku ve směsi metanu se emise sníží o 75 g CO2 na každý kubický metr použitého topného plynu.

Koncentrace CO2 ve vstupním bioplynu je Sabatierovou reakcí snížena z 30 % na 15 %, čímž je proces uhlíku negativní.

Zvyšuje se výhřevnost zemního plynu.

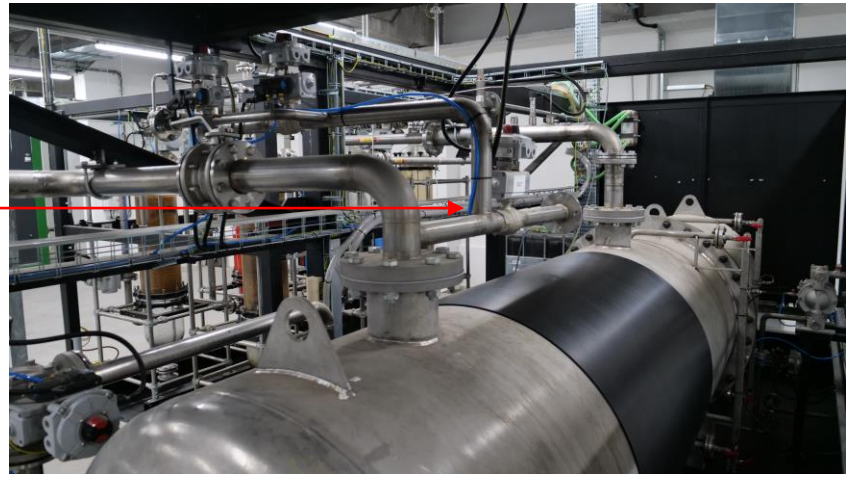
Input gas			Planned change, %	Output gas			
Component	**Concentration**	**Unit**		**Component**	**Concentration**	**Unit**	**kg/J20**
Methane	60.28	% mol.		Methane	66.25	% mol.	0
Ethane	1.70	% mol.		Ethane	1.53	% mol.	0
Propane	0.33	% mol.		Propane	0.30	% mol.	0
n-Butane	0.08	% mol.		n-Butane	0.07	% mol.	0
i-Butane	0.06	% mol.		i-Butane	0.05	% mol.	0
n-Pentane	3.00	% mol.		n-Pentane	2.70	% mol.	0
i-Pentane	2.00	% mol.		i-Pentane	1.80	% mol.	0
neo-Pentane	1.00	% mol.		neo-Pentane	0.900	% mol.	0
Hexane	0.05	% mol.		Hexane	0.05	% mol.	0
Carbon dioxide	30.00	% mol.	-12	Carbon dioxide	15.00	% mol.	0
Nitrogen+Oxygen	1.50	% mol.		Nitrogen+Oxygen	1.35	% mol.	0
Hydrogen	0.00	% mol.	10	Hydrogen	10	% mol.	10.7856
Parameter	**Value**	**Unit**		**Parameter**	**Value**	**Unit**	**Δ, %**
Calorific value (vol., sup., 25/20)	32.785	MJ/m3		Calorific value (vol., sup., 25/20)	35.137	MJ/m3	**7.18**
Volume (total)	1	nm3		Volume (total)	1	nm3	**0.93**
Moles (@20C)	41.57			Moles (@20C)	41.57		
CO2 content after combustion	39.72	moles		CO2 content after combustion	40.73	moles	**2.56**
	0.9553	nm3			0.97977	nm3	
	1747.9	g			**1792.6**	g	
				Volume compensated	**1672.61**	**g**	**-4.31**

Capacity		
1,200	nm3/day	
CO2 economy, g/1m3		CO2 economy (total), kg
75		**90.30**

MODULY

Indukční pyrolytický reaktor

Systém chlazení plynu

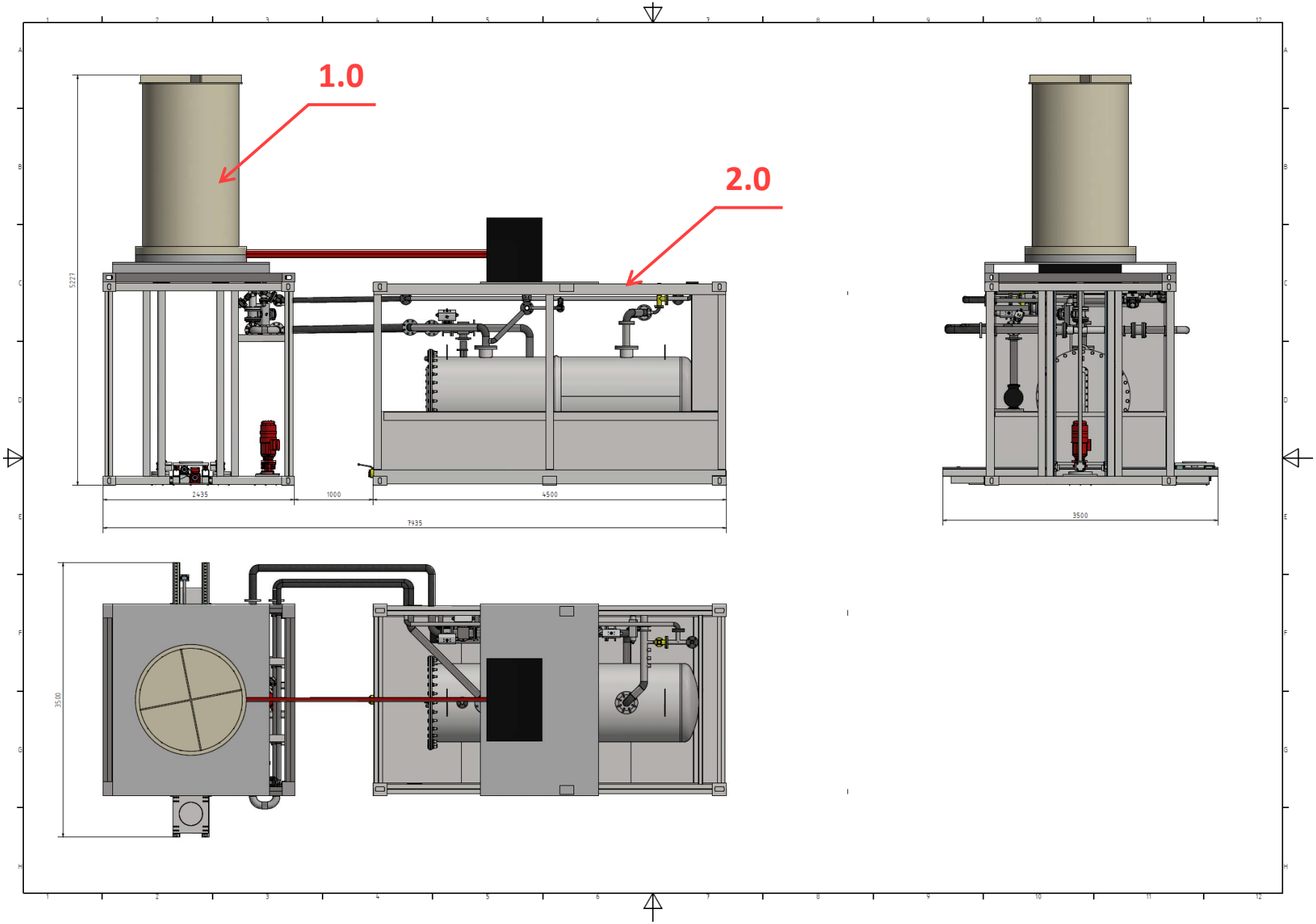


On-line systém chromatografické analýzy

Systém sušení, stlačování, separace a míchání plynu

1.0 MODUL PYROLYZY

2.0 SYSTÉM CHLAZENÍ PLYNU



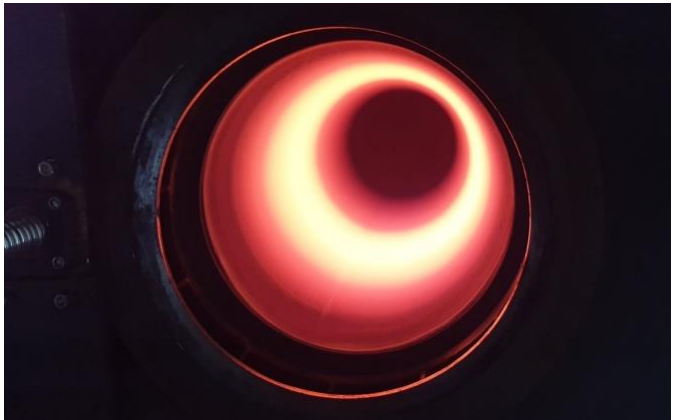
MODUL PYROLYZY

Pyrolýza metanu probíhá v reaktoru s indukčním ohřevem v redukční atmosféře při teplotě 750 až 1000°C.

Reaktor je soustava plynotěsných nerezových válcových nádob v keramické izolaci s indukčním ohřevem a systémem regulace teploty.

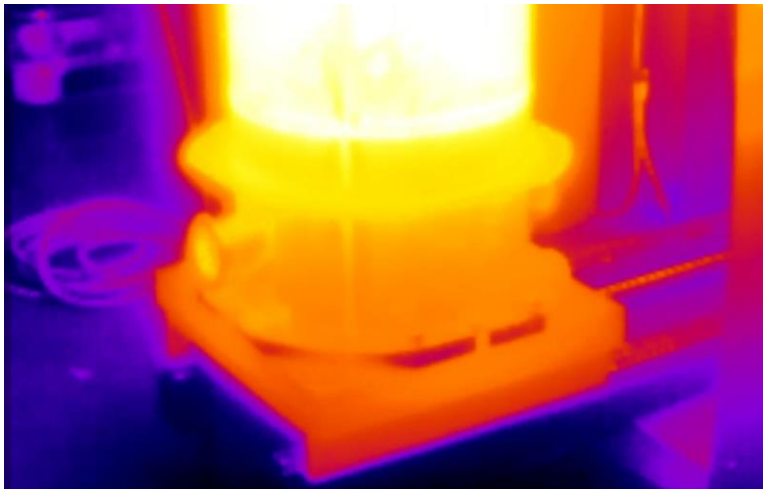
Zásobník reaktoru se systémem přívodu a uzávěru umožňuje snadnou výměnu katalyzátorů, inhibitorů a odstranění pevného uhlíku z procesu.

		jednotka	možství
1.0	Modul pyrolýzy		
1.1	indukční jednotka (výkon: 70 KVA, celkové rozměry: 1050x820x916 mm, rozsah: KHz)	ks	1
1.2	induktor (vnitřní průměr: 620 mm, měď, profil 32x20x3 mm, výška: 1900 mm)	ks	1
1.3	systém vodního chlazení induktoru	sada	1
1.4	vodní chlazení indukční jednotky	sada	1
1.5	kupolový reaktor s keramickou izolací (teplota 750 - 1000C)	sada	1
1.6	reaktorová patrona (rozměry pro plnění katalyzátorů: výška 1670 mm, průměr 444 mm, užitný objem 258 l)	sada	2
1.7	systém podávání a upevnění kazety reaktoru	sada	1

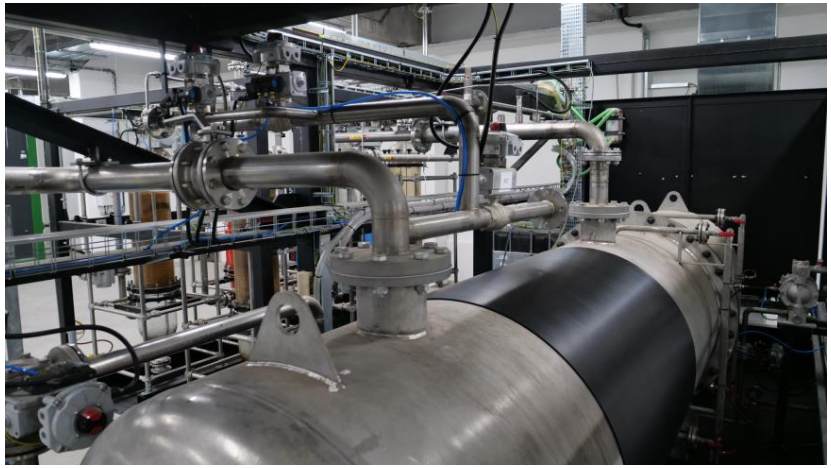


Parametry reaktoru

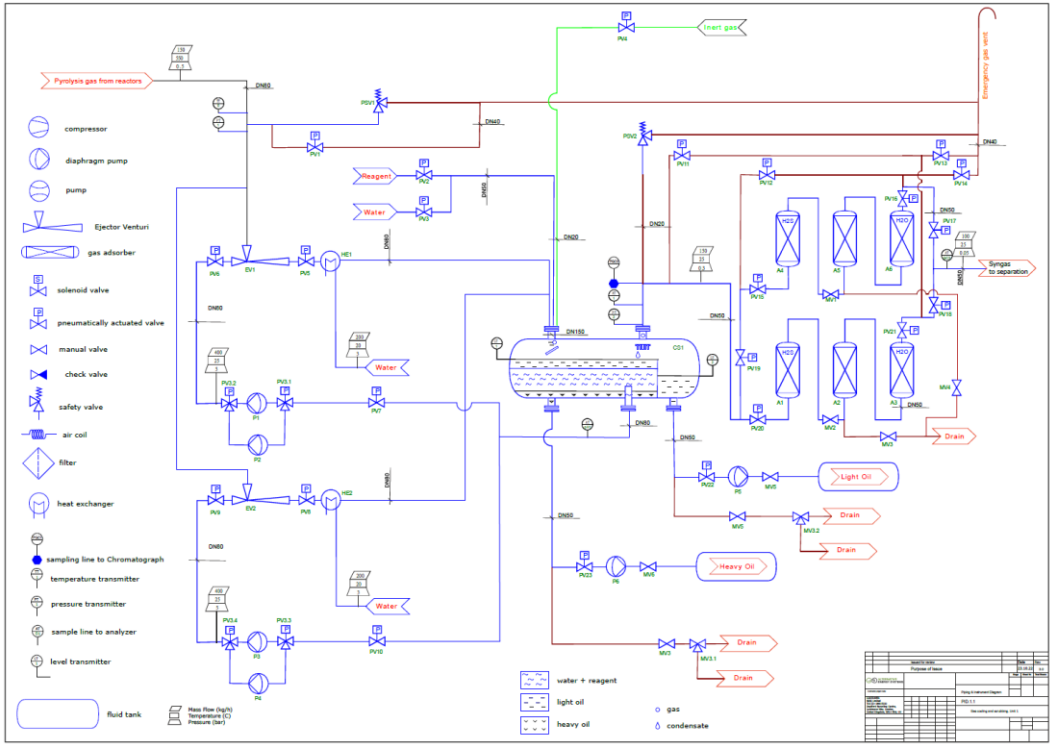
Výkon indukčního reaktoru (KW)	80
Maximální teplota v zóně reaktoru, °C	1000
Maximální produktivita, vodík (kg/h)	do 15
Maximální produktivita, metan (kg/h)	do 60
výška (m)	1,67
Vnitřní průměr (m)	0,44
Vnitřní objem (m3)	0,26



Systém chlazení plynu



Systém zajišťuje účinné kontaktní chlazení pyrolýzního plynu, odstranění vody, která je produktem Sabatierovy reakce, zabraňuje vzniku nežádoucích složek plynné směsi.



Systém sušení, stlačování, separace a míchání plynu

Systém zajišťuje sušení, separaci (volitelně), míchání (v případě potřeby přimíchávání plynu z externích zdrojů) a kompresi plynu pro skladování při tlacích až 200 bar.

Lze přímo použít jako vlastní čerpací stanici H2-CNG.

PRŮMYSLOVÁ PLYNOVÁ CHROMATOGRAFIE

Určeno pro stanovení komponentního složení produktů pyrolýzy zemního plynu a bioplynu v automatickém průtokovém režimu s následným výpočtem jejich fyzikálních a chemických parametrů.

Flammable Components

Component		Molar concentration, %
H_2 2.016	Hydrogen	1.660124
CH_4 16.042	Methane	56.926792
C_2H_2 26.04	Acetylene	0.049106
CO 28.01	Carbon monoxide	0.000000
C_2H_4 28.052	Ethylene	13.113622
C_2H_6 30.068	Ethane	6.151433
H_2S 34.076	Hydrogen sulfide	0.000000
C_3H_4 40.065	Propadiene	0.010464
C_3H_6 42.078	Propylene	5.631370
C_3H_8 44.094	Propane	1.196340
C_4H_8 56.104	Butenes	4.972113
C_4H_{10} 58.12	i-Butane	0.341992
C_4H_{10} 58.12	n-Butane	0.146875
C_{5+} >60.05	Pentanes+	1.631251
Subtotal Flammable Components		91.83%

Non-flammable Components

Component		Molar concentration, %
H_2O 18.016	Water	0.040090
N_2 28.02	Nitrogen	0.000000
O_2 31.998	Oxygen	1.714311
CO_2 44.01	Carbon dioxide	6.895570
Subtotal Non-Flammable Components		8.65%

Energy

Mass calorific value (MJ/kg)

Volume calorific value (MJ/m3)

$W = \frac{Q}{\sqrt{\rho_{gas}/\rho_{air}}}$ [MJ/Nm3]

Wobbe index (MJ/m3)

Parameters

Methane number

Molecular weight (kg/kmole)

Water Dew-Point (°C)

Density

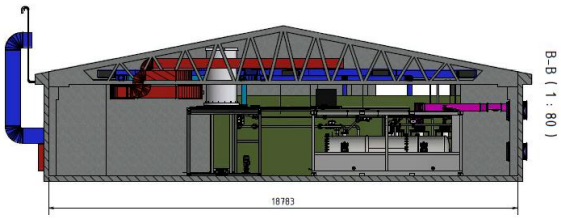
Relative density

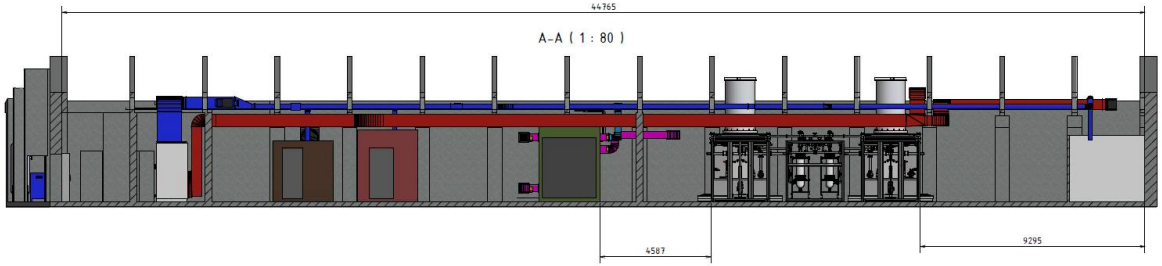
Density (kg/m3)

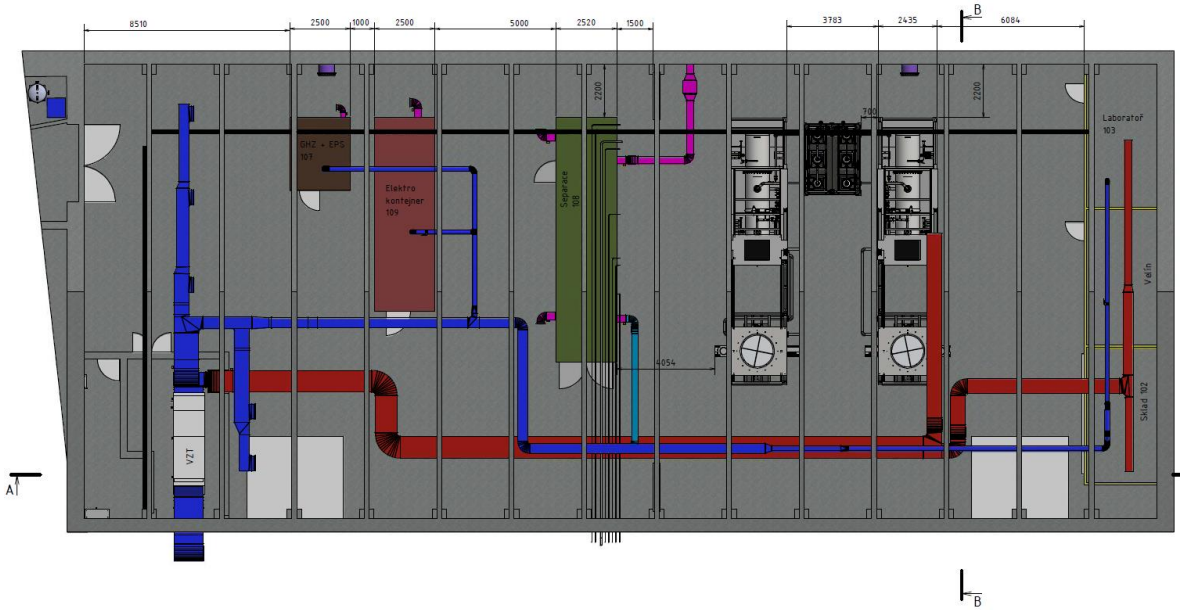
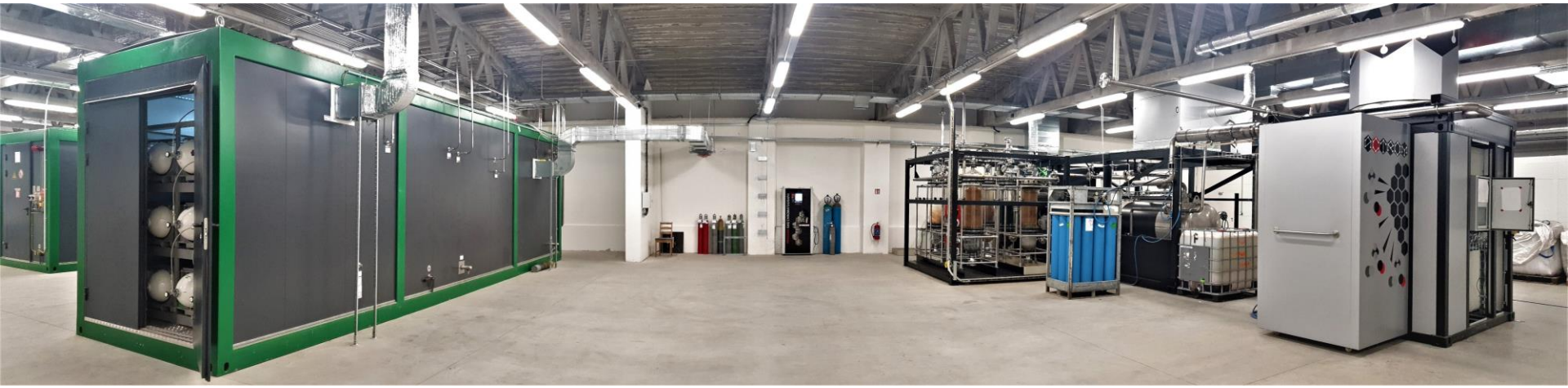
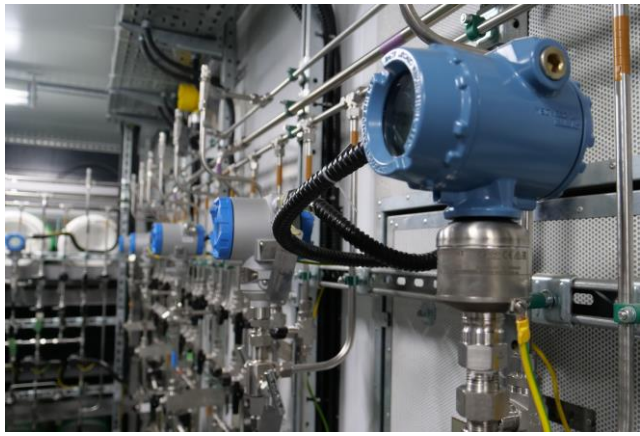
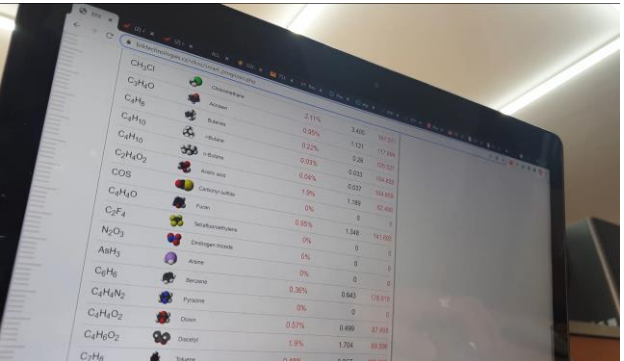
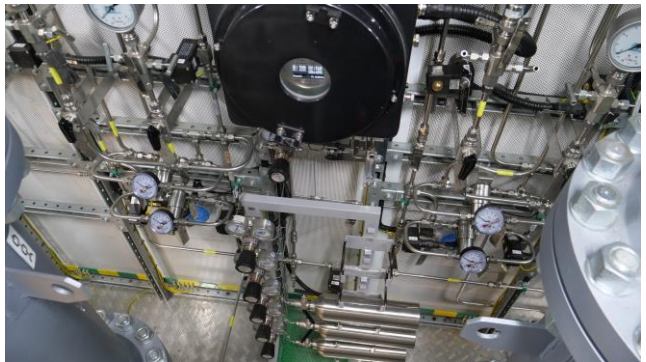
Compression factor

- ✓ Až 6 analyzovaných vzorkovacích linek (vstupní plyn, produkty pyrolýzy, čištěný vodík, vedlejší produkty atd.)
- ✓ Vzdálený přístup k výsledkům měření a komplexním nastavením přes WEB-rozhraní.

Návrh dispozičního řešení







Závod ACTROM, Vlkoš u Přerova