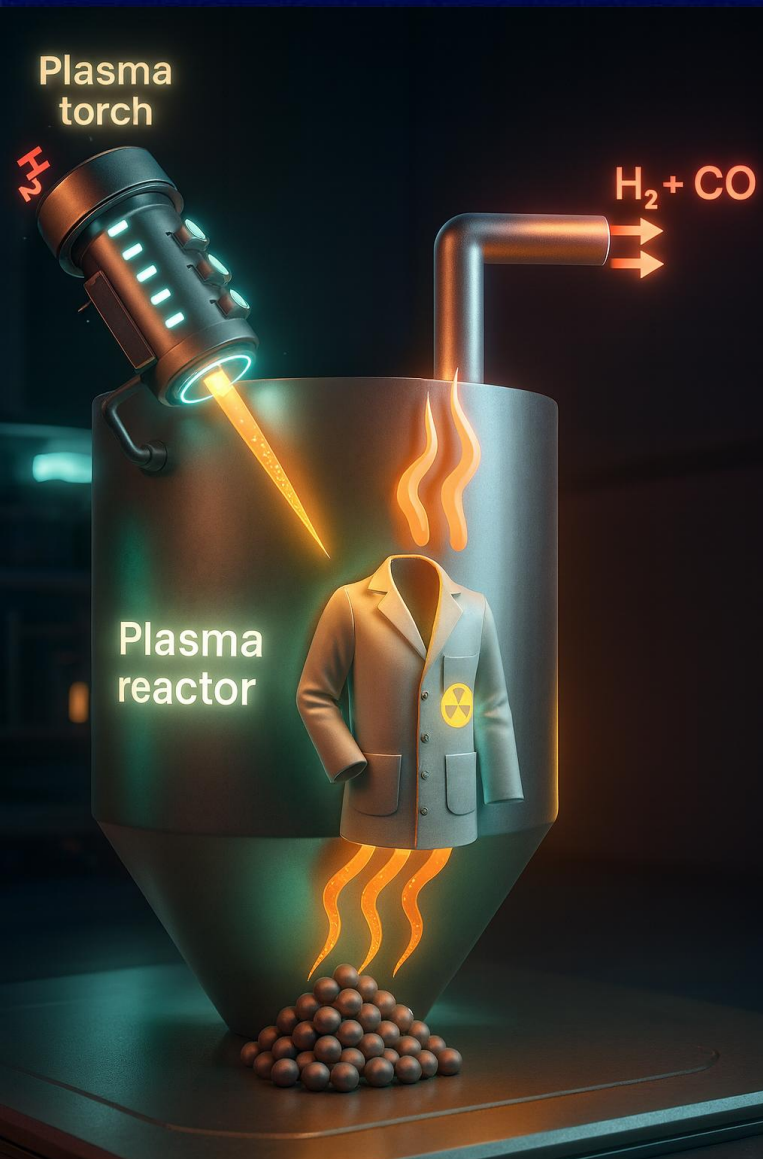


Plasma Chemical Technologies

Zpracování textilního odpadu pomocí vysokoteplotního plazmatu pro energetické a materiálové využití

Speaker:

Dr. hab. Mgr. Maksym Buryi, Ph.D.,
Head of the Plasma Chemical Technologies Department,
Institute of Plasma Physics of the Czech Academy of Sciences,
U Slovanky 2525/1a, 182 00, Prague, Czech Republic



Přírodní vlákna

1. Bavlna (cotton)

- Výrobky: trička, košile, ložní prádlo, ručníky
- Složení: polysacharid celulóza
- Chemický vzorec monomeru: $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ (opakující se jednotka β -D-glukózy)

2. Len (flax)

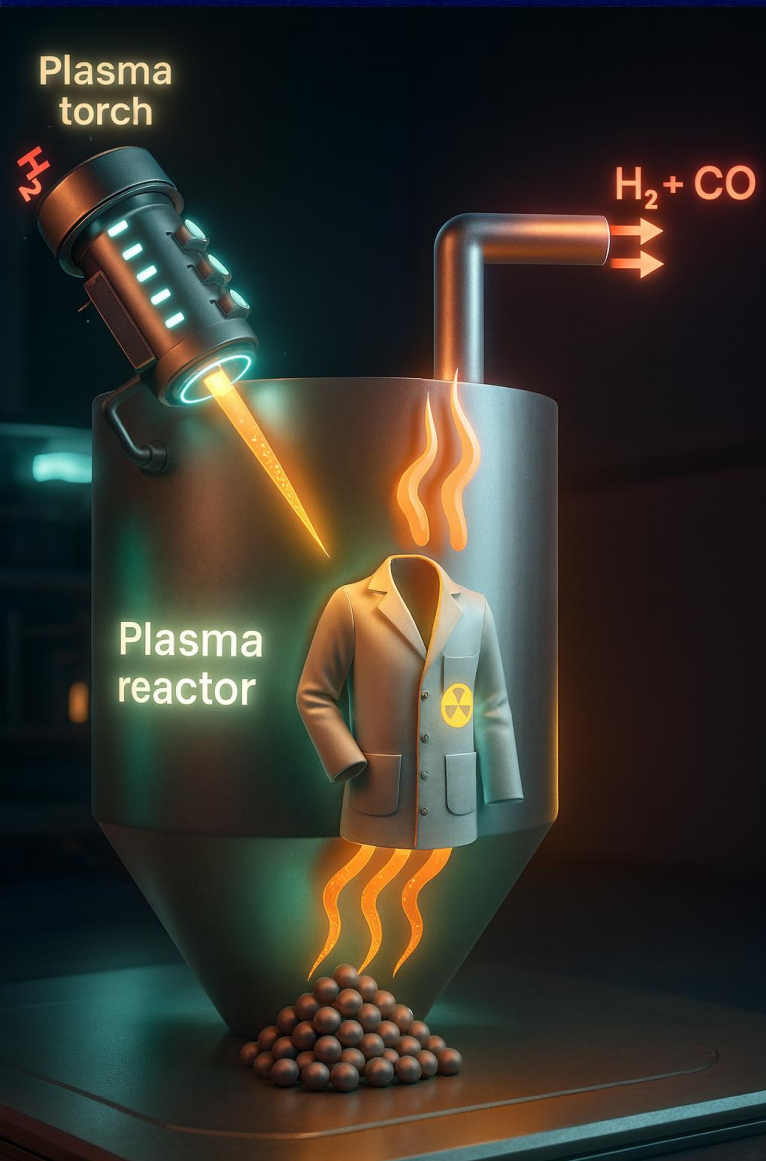
- Výrobky: plátno, ubrusy, ubrusové látky, košile
- Složení: celulóza
- Vzorec: opět $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$

3. Vlna (wool)

- Výrobky: svetry, kabáty, obleky, koberce
- Složení: bílkovina keratin
- Vzorec: obecně peptidové řetězce $-\text{[NH-CHR-CO]}_n$ (R = postranní skupiny aminokyselin, např. cystein, glycin)

4. Hedvábí (silk)

- Výrobky: šátky, kravaty, luxusní prádlo
- Složení: protein fibroin
- Vzorec: $(-\text{Gly-Ala-Gly-Ala-Ser-})_n$ (opakující se sekvence aminokyselin)



Umělá vlákna (z přírodních polymerů)

5. Viskóza (rayon)

Výrobky: halenky, šaty, podšívky

Složení: regenerovaná celulóza

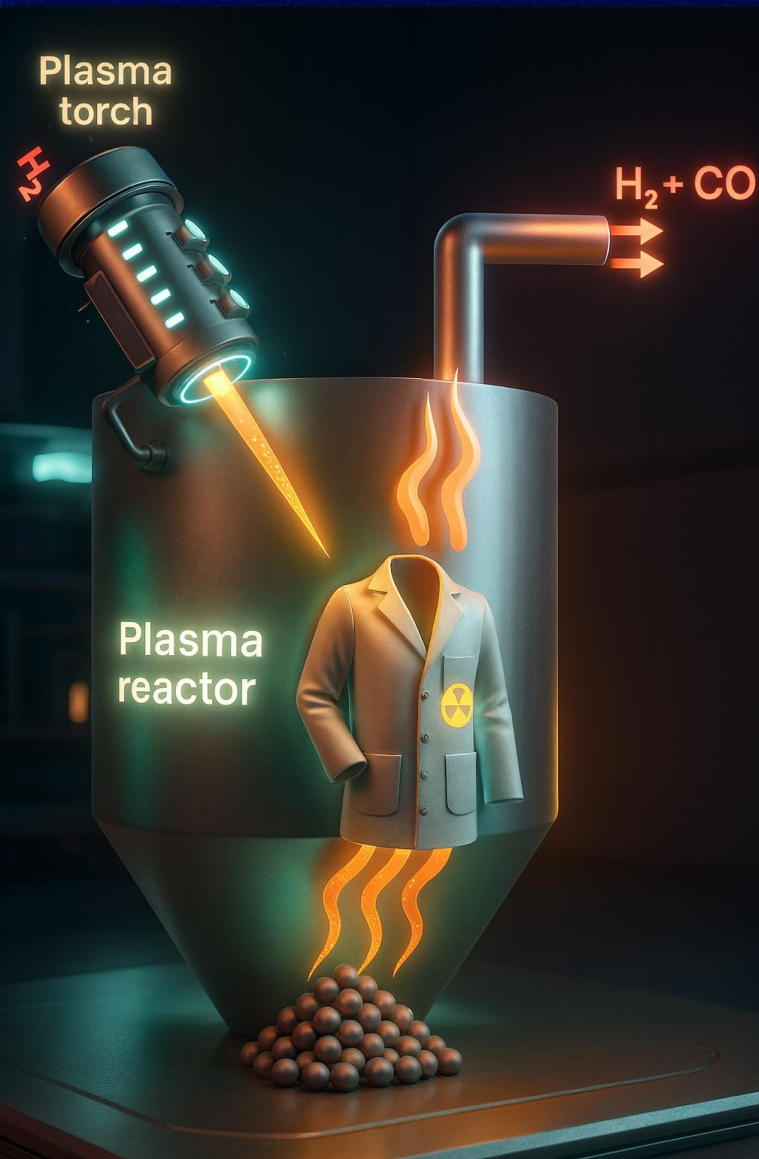
Vzorec: $(C_6H_{10}O_5)_n$

6. Acetátové vlákno

Výrobky: šaty, podšívky, závěsy

Složení: celulóзовý acetát

Vzorec: $(C_6H_7O_2(OH)_{3-x}(OCOCH_3)_x)_n$



Syntetická vlákna

7. Polyester (PES, např. PET)

- Výrobky: sportovní oblečení, bundy, technické textilie
- Složení: polyethylentereftalát
- Vzorec: $[-O-CH_2-CH_2-O-C(O)-C_6H_4-C(O)-]_n$

8. Polyamid (nylon, PA)

- Výrobky: punčochy, plavky, koberce, lana
- Složení: např. Nylon-6,6 (kondenzace kyseliny adipové a hexamethyldiaminu)
- Vzorec: $[-NH-(CH_2)_6-NH-CO-(CH_2)_4-CO-]_n$

9. Akryl (PAN – polyakrylonitril)

- Výrobky: svetry, fleecové tkaniny, deky
- Složení: polyakrylonitril
- Vzorec: $(-CH_2-CH(CN)-)_n$

10. Elastan (spandex, Lycra)

- Výrobky: sportovní oblečení, plavky, legíny
- Složení: segmentovaný polyuretan
- Vzorec: obecně $-[OCONH-R-NHCOO-R']_n$

11. Polypropylen (PP)

- Výrobky: technické textilie, koberce, pytle
- Složení: izotaktický polypropylen
- Vzorec: $(-CH_2-CH(CH_3)-)_n$

Výrobek / zdroj	Typická složka	Chemický vzorec	Podíl v TAP (RDF)	Poznámka
Plastové obaly, folie, sáčky	Polyetylen (PE)	$(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$	10–25 %	vysoká výhřevnost (~46 MJ/kg)
Kelímky, víčka, vlákna koberců	Polypropylen (PP)	$(-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)-)_n$	5–15 %	stabilní, dobře hoří
PET lahve, textilní vlákna	Polyethylentereftalát (PET)	$[-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-\text{C}(\text{O})-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}(\text{O})-]_n$	5–15 %	častý ve směsových textiliích
Pěnové obaly, jednorázové nádoby	Polystyren (PS)	$(-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5)-)_n$	2–5 %	aromatická složka
Podlahoviny, obaly	Polyvinylchlorid (PVC)	$(-\text{CH}_2-\text{CHCl}-)_n$	2–5 %	problematický – Cl přispívá k tvorbě HCl
Staré oblečení (bavlna)	Celulóza	$(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$	5–10 %	přírodní vlákno, podobné papíru
Textil (polyester, nylon, akryl)	PES, PA, PAN	PET viz výše, PA: $[-\text{NH}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}-\text{CO}-(\text{CH}_2)_4-\text{CO}-]_n$, PAN: $(-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CN})-)_n$	5–10 %	směsová vlákna (typ. 65/35 PES/bavlna)
Papír, karton	Celulóza + lignin	$(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$, lignin: různé fenylypropany	10–20 %	obsahuje i CaCO_3 plniva
Dřevo, biomasa	Celulóza, hemicelulóza, lignin	Celulóza $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$, hemicelulóza $(\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_4)_n$	5–15 %	vyšší obsah vlhkosti
Organické zbytky potravin	Tuky, proteiny, cukry	Tuky: $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OOCR})_3$, proteiny: $[-\text{NH}-\text{CHR}-\text{CO}-]_n$, glukóza: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	5–15 %	kolísavá kvalita, biodegradabilní
Sklo, plniva, kovy	SiO_2 , CaCO_3 , Fe, Al, Zn	SiO_2 , CaCO_3 , Fe, Al, Zn	5–15 %	nevýhřevné, zvyšují obsah popela

Porovnání TAP (RDF) vs. čistý textil

- **Čistý textil** = homogenní materiál (např. celulóza z bavlny, PET z polyesteru, PAN z akrylu).
- **TAP/RDF** = heterogenní směs plastů, papíru, dřeva, organiky a textilu.
- **Výhřevnost:**
 - čistý textil: 15–20 MJ/kg (bavlna níž, syntetika výš),
 - TAP/RDF: 15–25 MJ/kg (díky vysokému podílu plastů až na horní hranici).
- **Obsah popela:**
 - textil – nízký,
 - TAP/RDF – vysoký (plniva, kovy, sklo).



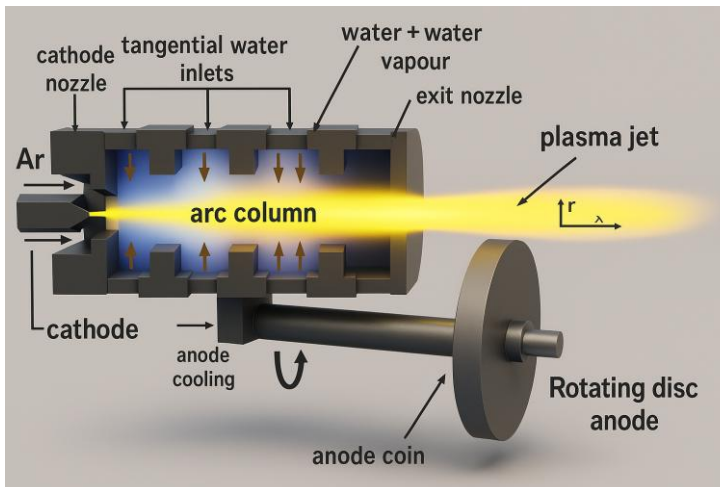
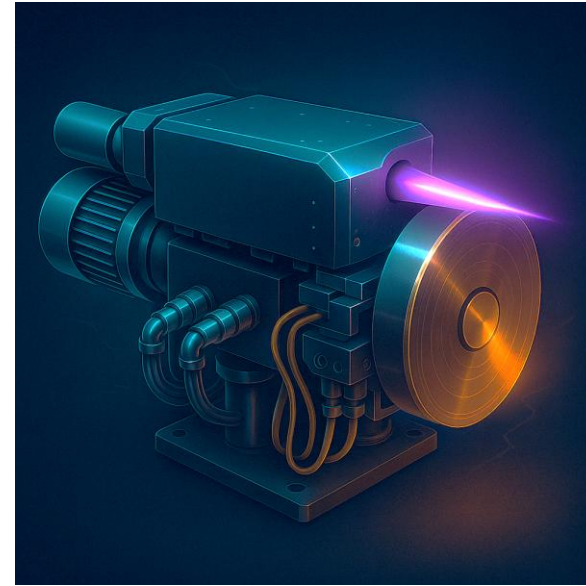
Table 1

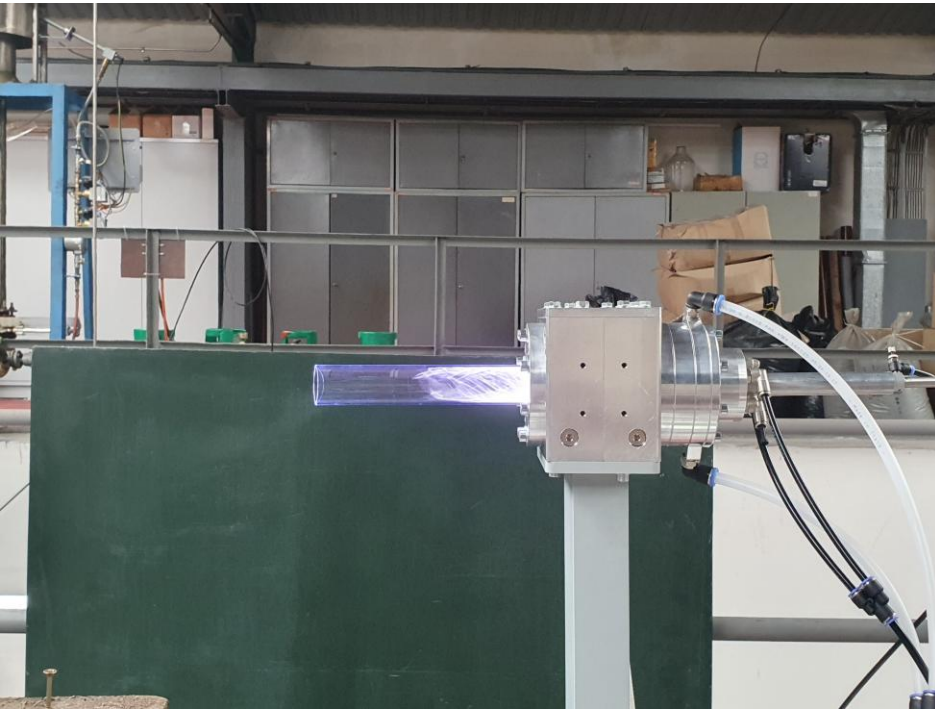
The composition of the feed material (RDF) used in experimental runs.

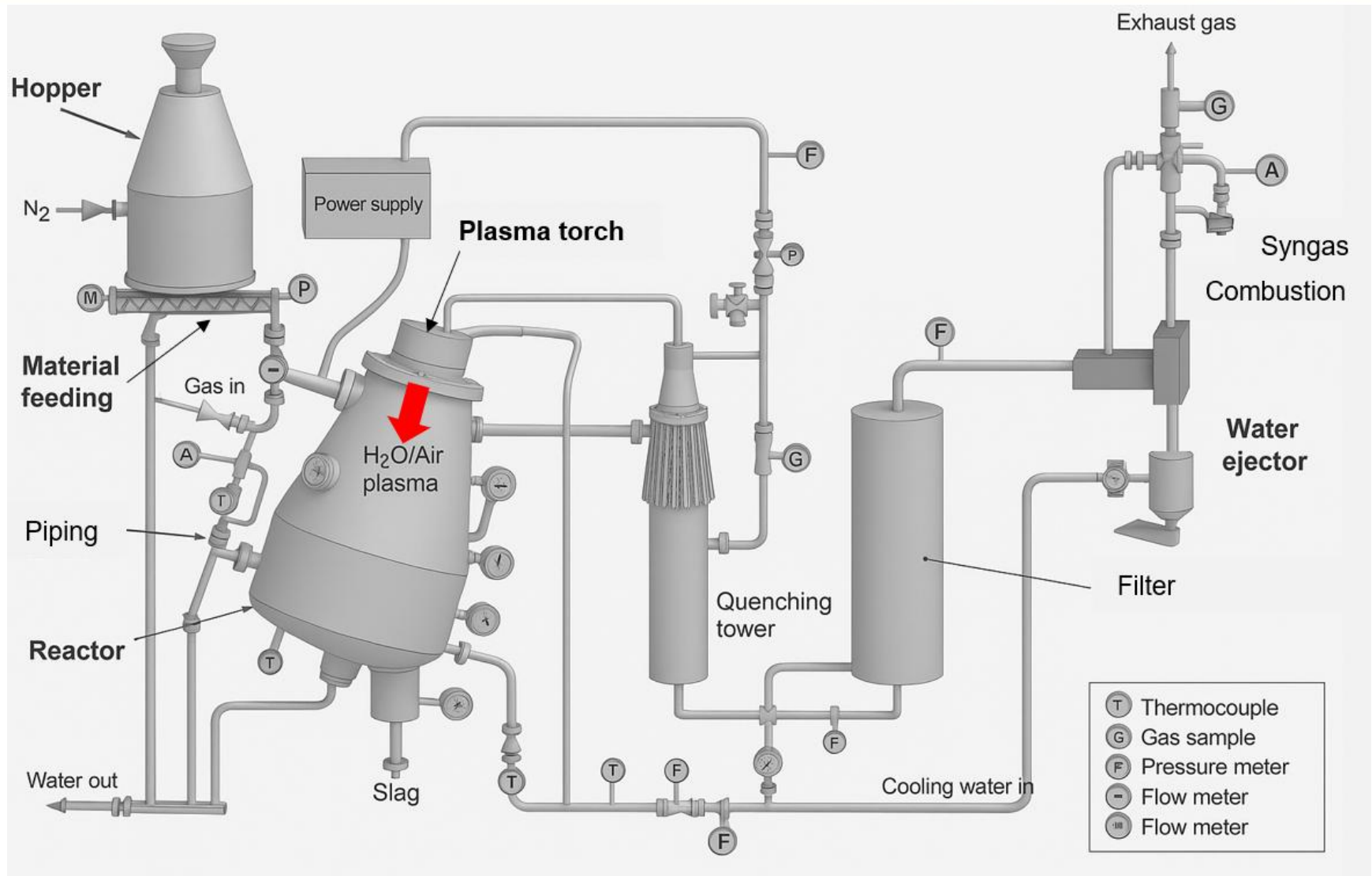
Parameter	Dry and ash-free (daf)	Dry	As received (ar)
Water (wt%)			1.5
Ash (wt%)		9.3	9.1
Volatiles (wt%)	90	81.4	80.3
Fixed carbon (wt%)	10	9.3	9.1
C (wt%)	70	63	62
H (wt%)	9.1	8.2	8.1
N (wt%)	0.67	0.61	0.60
O (wt%)	20	18	18
S _{comb} (mg/kg)	380	350	340
Cl (mg/kg)	2700	2400	2400
F (mg/kg)	82	74	73
Br (mg/kg)	39	36	35
Lower heating value (MJ/kg)			24



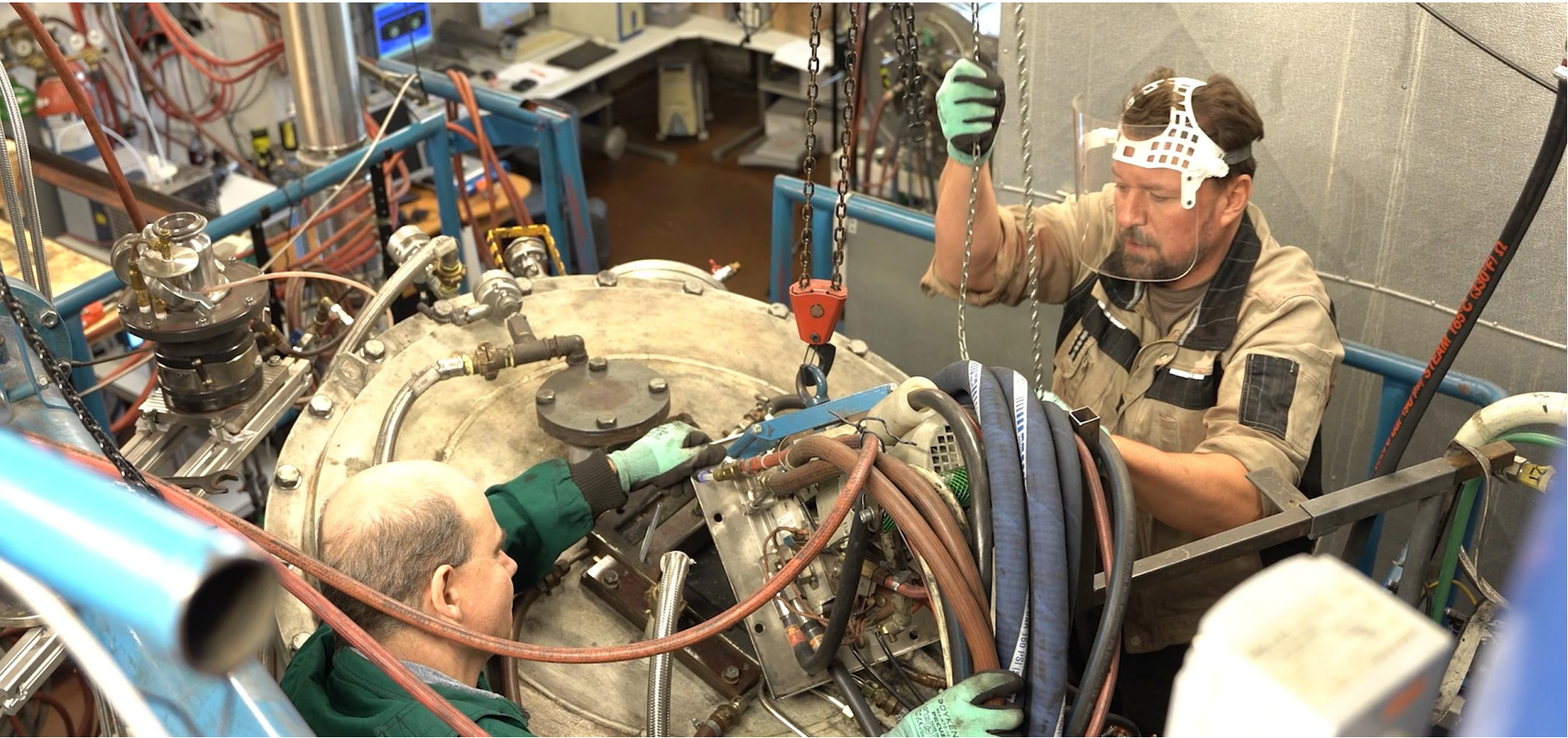
Vodou stabilizovaný hořák

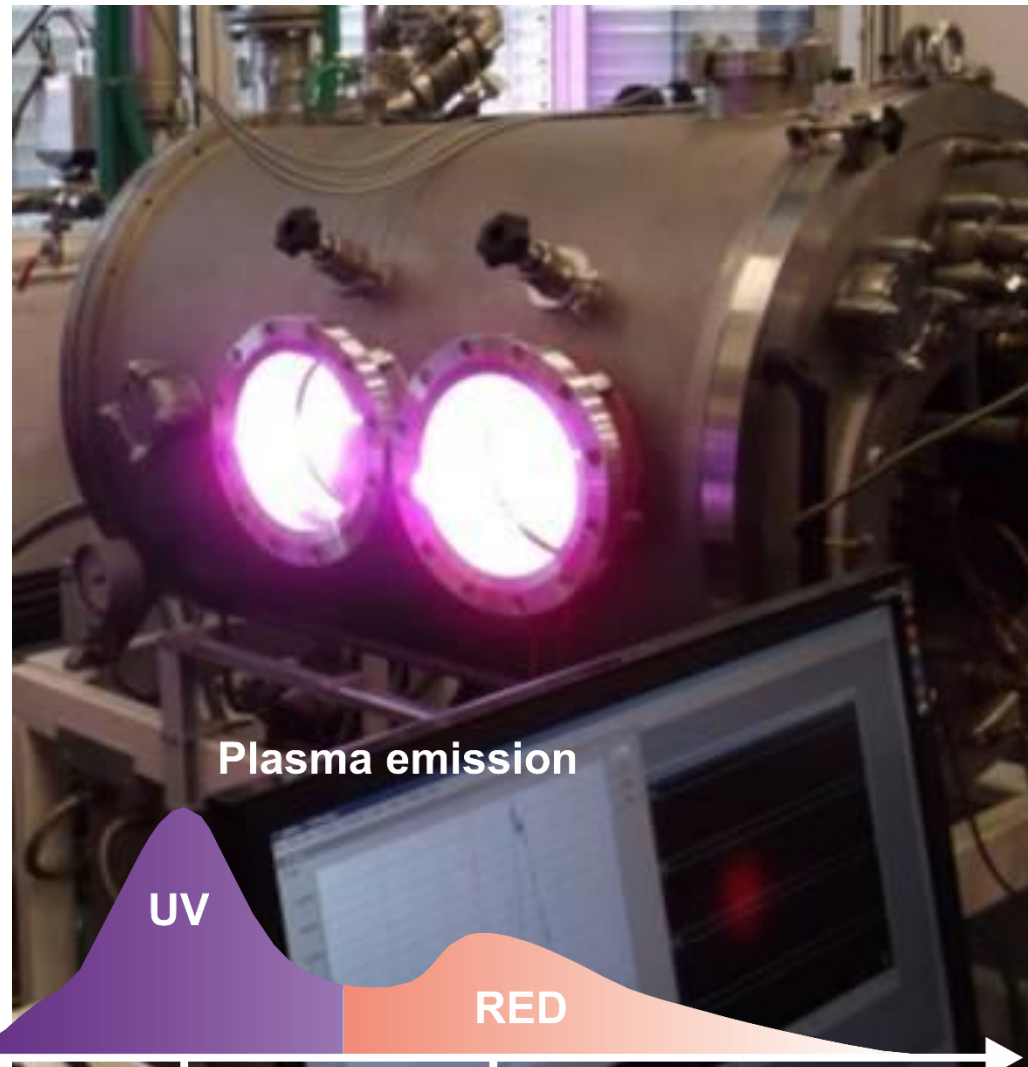
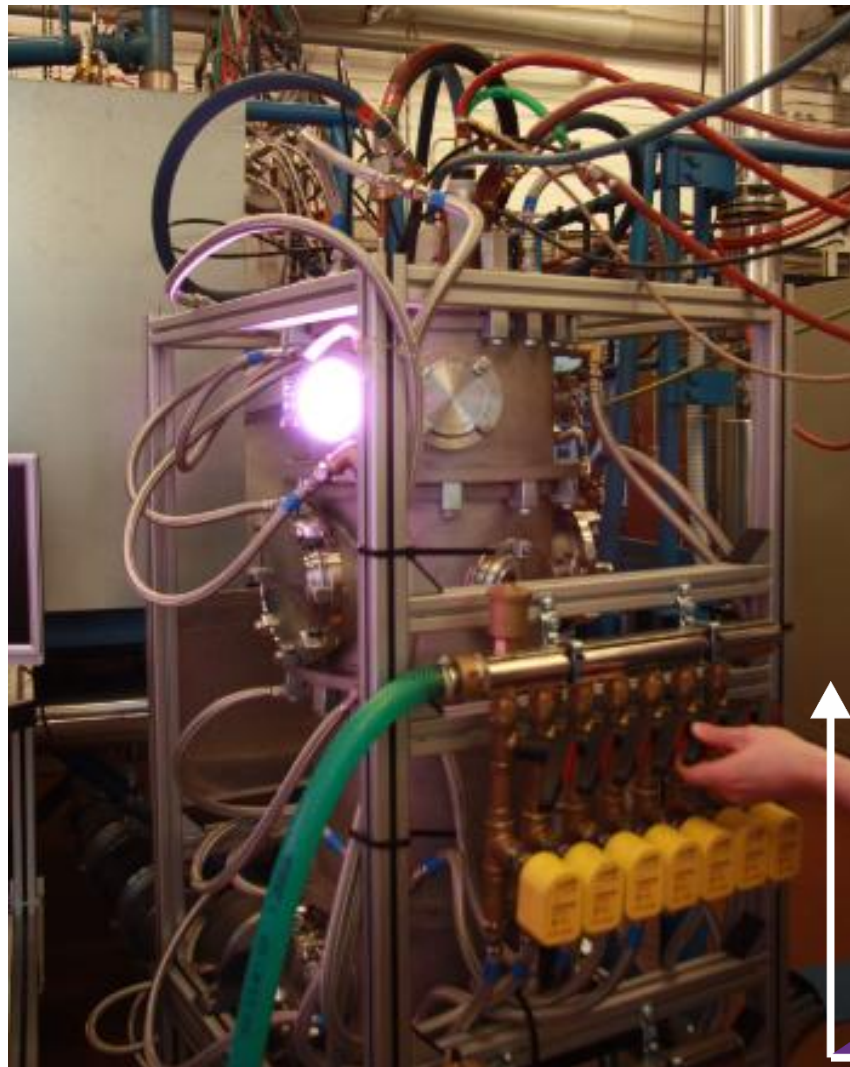












Plasma emission

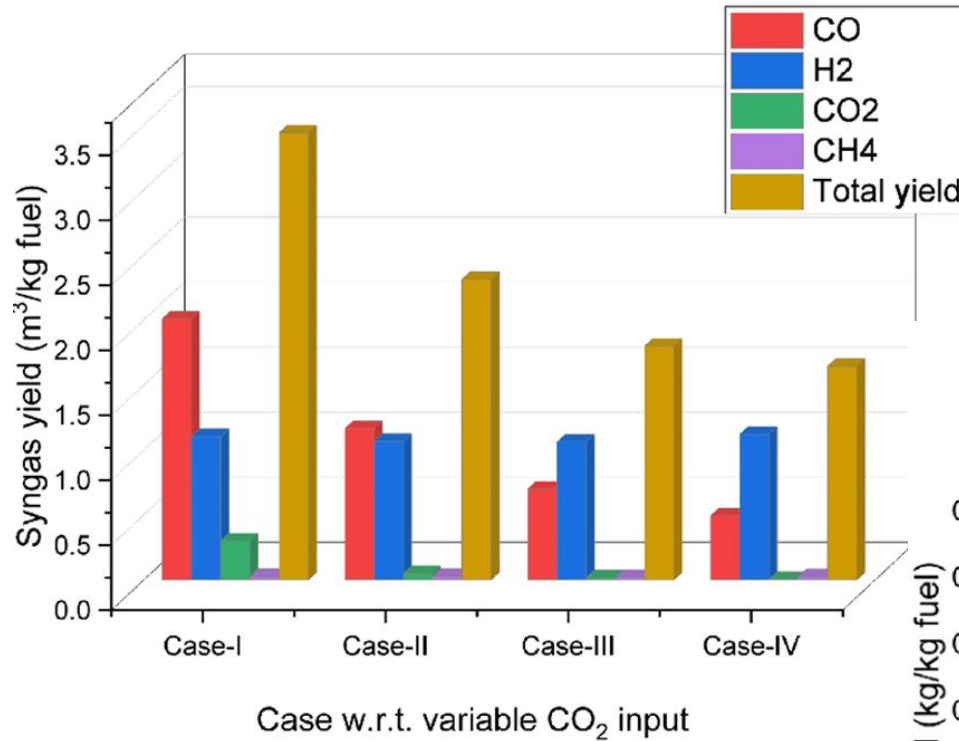
UV

RED

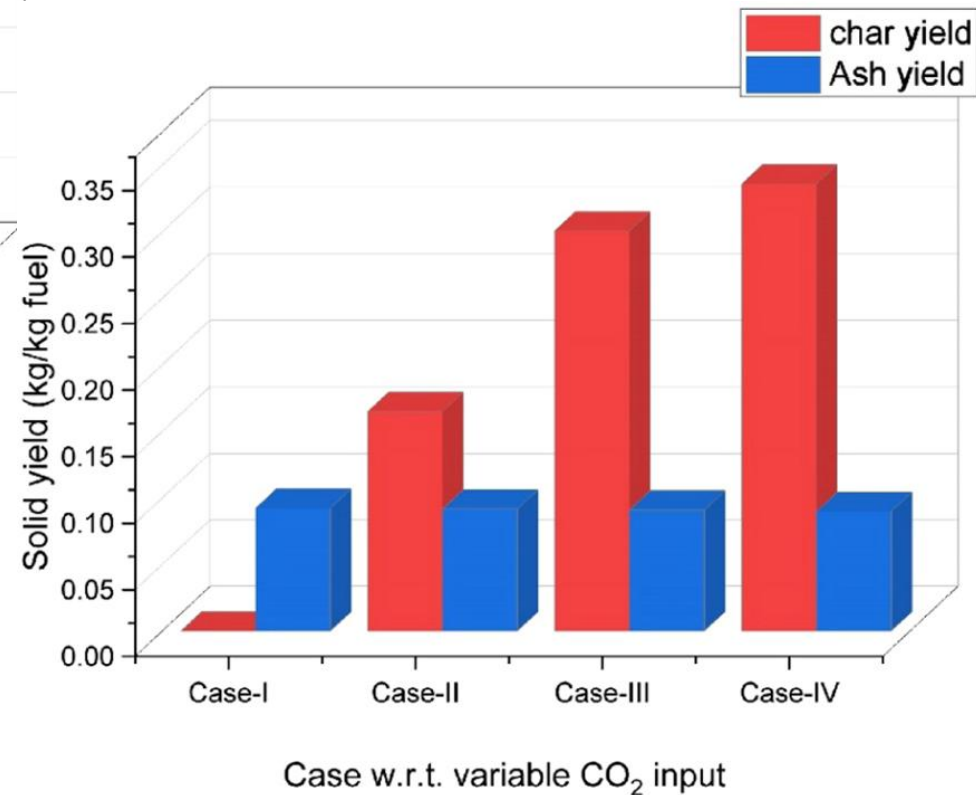
Table 2

Experimental parameters for four different cases.

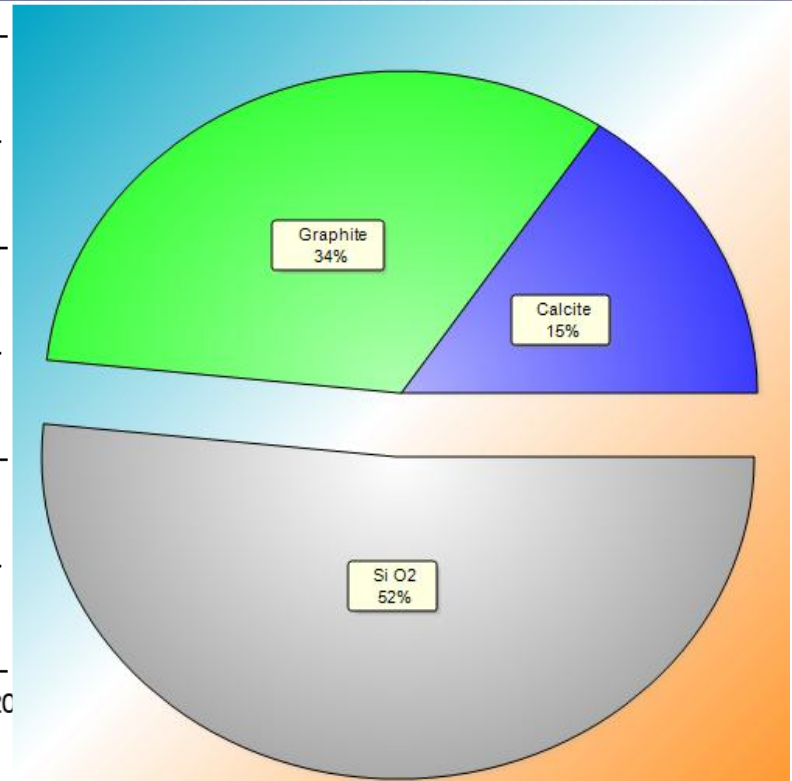
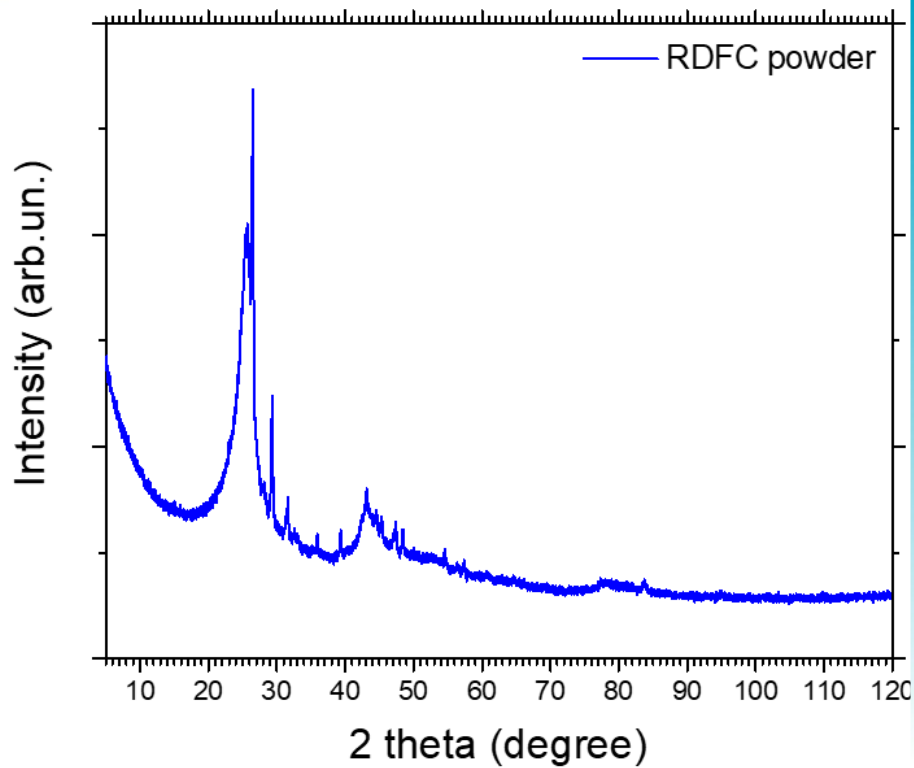
Parameters	Case-I	Case-II	Case-III	Case-IV
Fuel (kg/h)	10	10	11	8.9
CO ₂ input (L/m)	170	62	26	0
Gasification ratio (GR)	1.04	0.80	0.60	0.40
Power of the plasma torch (kW)	120	110	95	80
Electric efficiency of the plasma torch (%)	69	68	67	67
H ₂ O input to the plasma torch (g/m)	28	28	28	28
Ar input to plasma torch (L/m)	11	11	11	11
Supplementary addition of Ar (L/m)	110	110	110	110



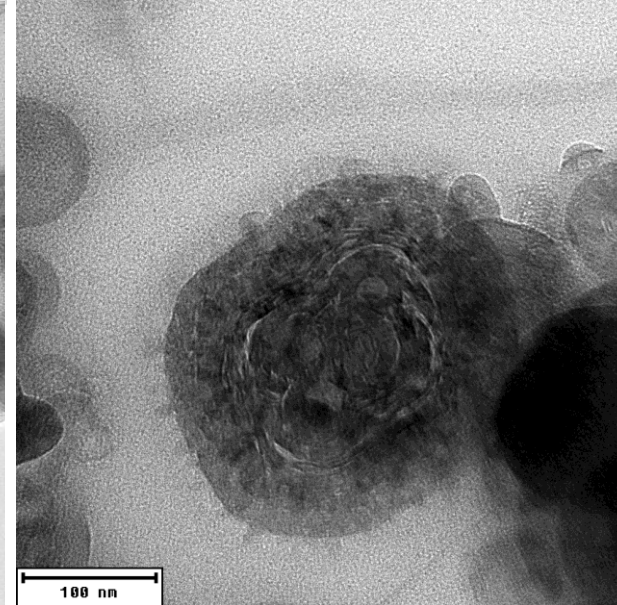
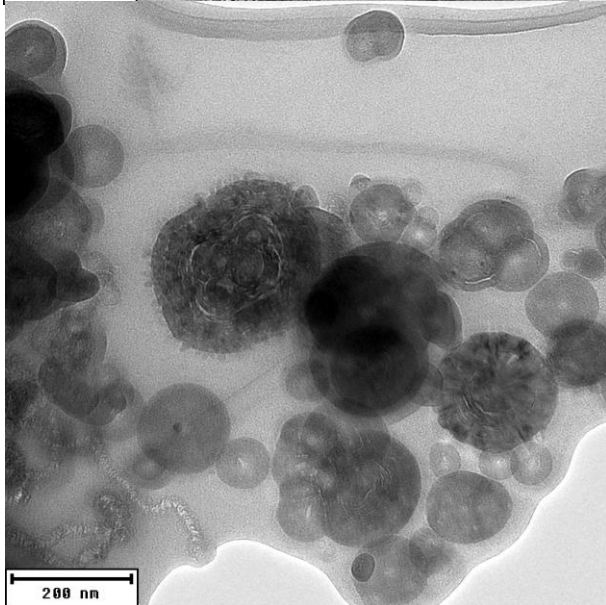
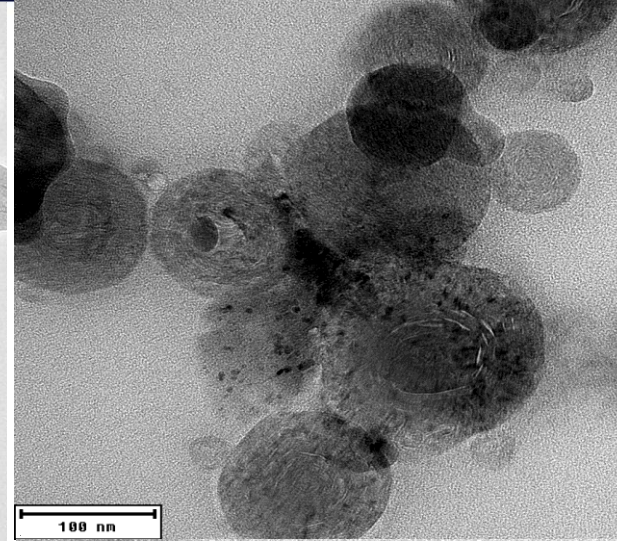
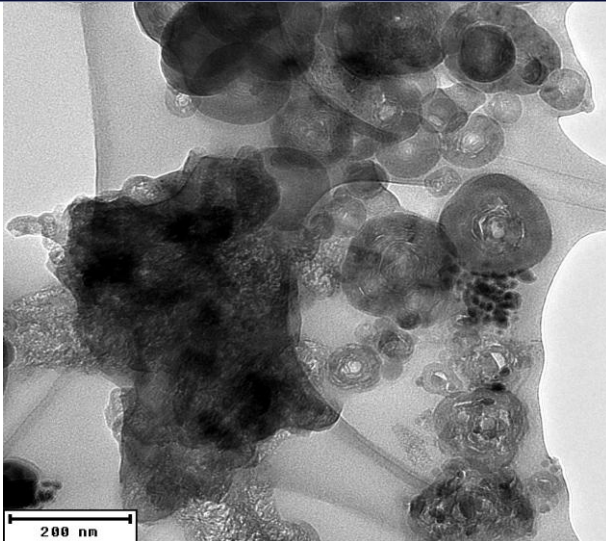
Production of solids (char and ash)

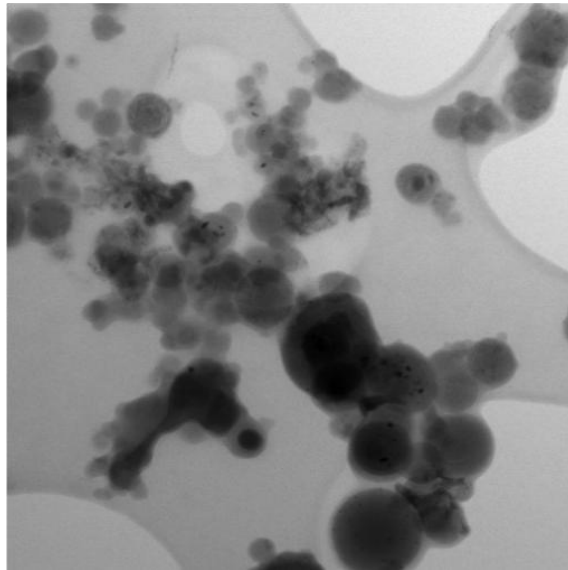


Syngas yields in m³/kg of fuel

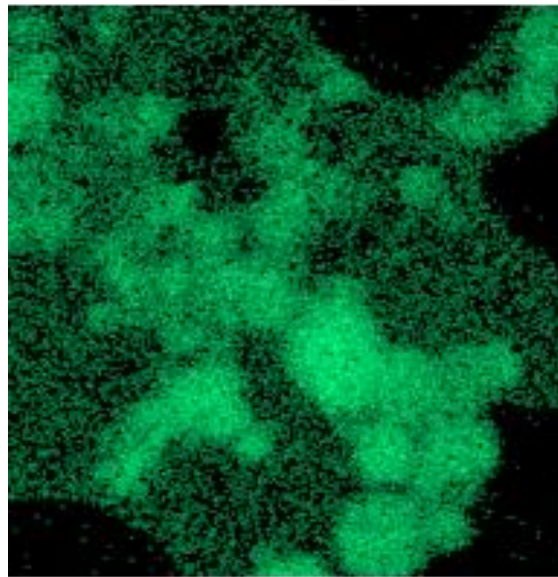


Visible	Ref.Code	Compound Name	Chem. Formula
*	96-900-0968	Calcite	Ca6.00 C6.00 O18.00
*	96-901-1578	Graphite	C4.00
*	96-412-4075	Si O2	Si16.00 O32.00



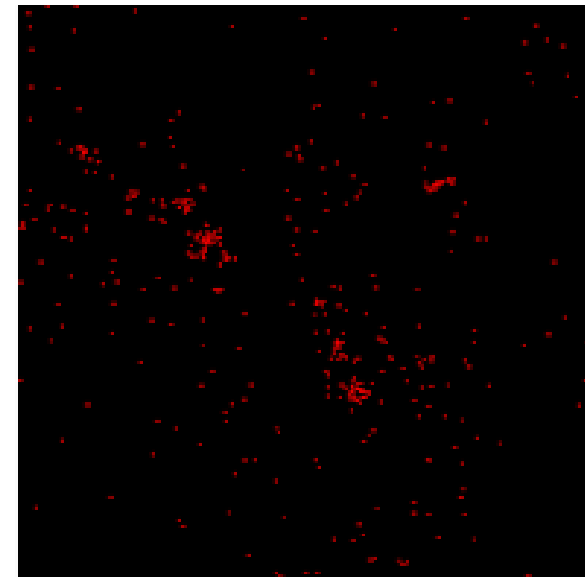


C K α 1_2

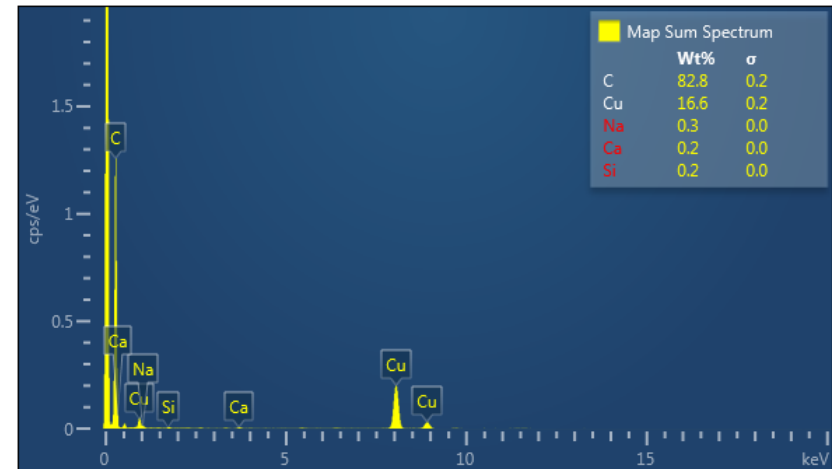
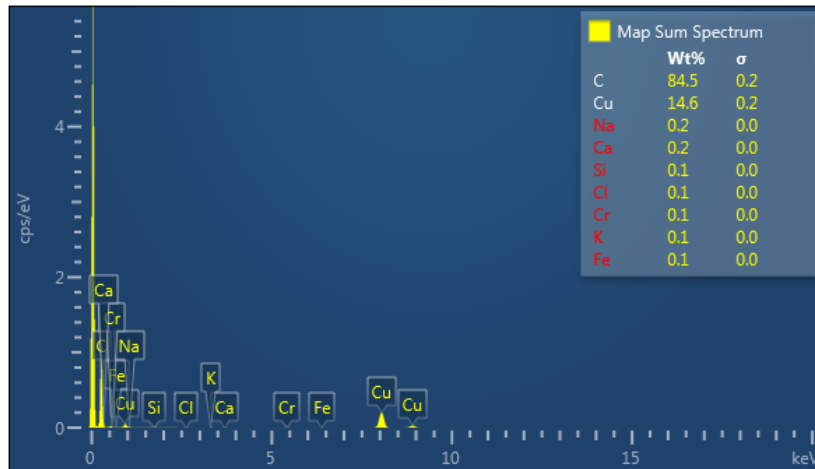


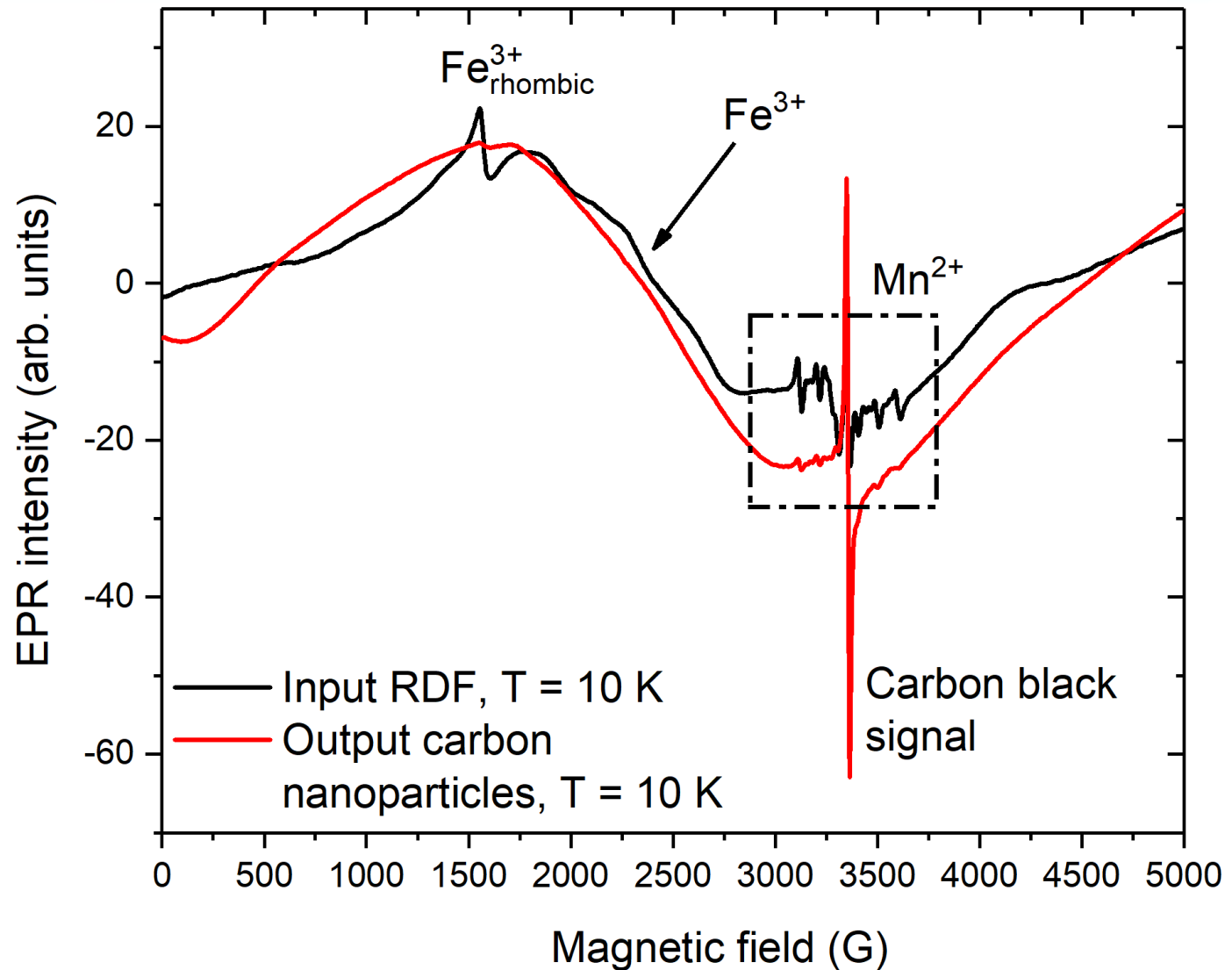
500nm

Ca K α 1



500nm





Conclusions

- 1. Amorphous input becomes at the output crystallized: graphite, quartz and calcite**
- 2. Oxidizing agent and power influence the output syngas composition**
- 3. Toxic elements lead to the contaminants creation**
- 4. Oxygen appears inside the carbon nanoparticles**

ACKNOWLEDGEMENTS. This participation was financially supported by the Technology Agency of the Czech Republic (project No. TN02000069 National Centre of Competence MATCA) for the financial support of this research.

Thank you for your attention!