

Stav výzkumu v oblasti spalování pevných alternativních paliv, záchytu kovů a jiných polutantů obsažených ve spalinách, zejména CO_2

L. Pilař – ČVUT v Praze

Výzkum reagentu

Projekt Théta

Název: Výzkum distribuce Hg v mokré metodě odsíření spalin

Obsah projektu: Hlavním cílem projektu je výzkum a optimalizace hlavních parametrů ovlivňující distribuci a záchyt Hg a dalších kovů v absorbéru mokré metody odsíření. Projekt zahrnuje i výzkum vhodných průmyslově dostupných reagentů včetně stanovení jejich optimálního dávkovaného množství vhodných pro záchyt Hg^{T} a dalších kovů.

Partneři projektu:

- VŠB – TU Ostrava
- ČVUT
- Plzeňská teplárenská, a.s.
- Sokolovská uhelná, právní nástupce, a.s.
- Elektrárny Opatovice, a.s.
- ACS International s.r.o.

Termín realizace: 01/2022 – 12/2024

Výzkum reagentu

Důvody výzkumu

- Snížení celkových nákladů na instalaci technologie DeHg
- Snížení provozních nákladů
- Velice technologicky jednoduché opatření
- Není nutnost provádění složitých CFD analýz distribuce částic sorbentu v kouřovodech

Řešení projektu:

- Vyhodnocování provozních parametrů na dvou odsiřovacích jednotkách z hlediska emisí Hg obsažených ve spalinách – CO, pH a ORP
- Testy – **5 druhů reagentů**
- Uhlí – Důl Jiří – obsah Hg **0,25 – 0,35 mg/kg_{suš}**
- Přesun na vybraný spalovací zdroj – **Elektrárna Opatovice** – provedení několika testů – **Test 4 reagentů – 3 orga.**
- Technicko ekonomické vyhodnocení
 - Cena anorganický **13 – 15 Kč/l**
 - Cena organický **130 Kč/l**

Výzkum reagentu

Pilotní jednotka

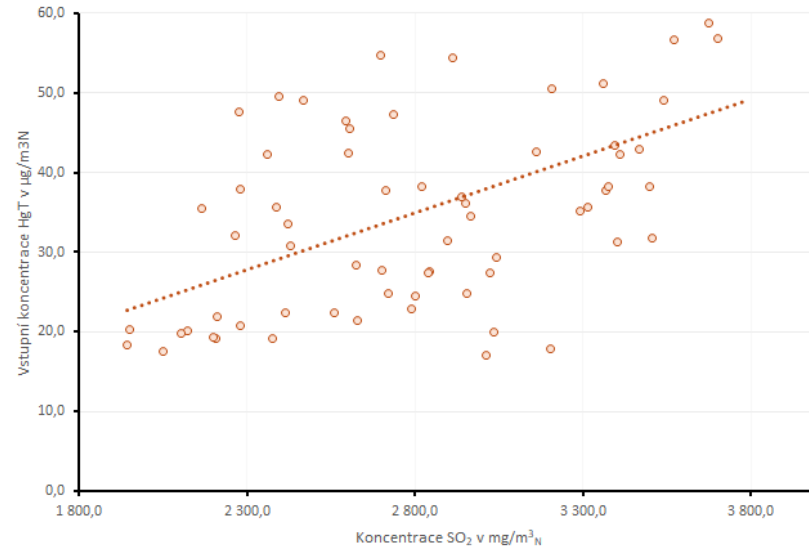
- Modelující podmínky v mokré metodě odsíření spalin.
- Průtok spalin cca **100 m³/h**.
- Možnost kontinuálního provozu, odvodnění sádrovcové suspenze.



Výzkum reagentu

Distribuce Hg

- Dle vstupní SO_2 , lze predikovat trend Hg, čím vyšší SO_2 tím vyšší je Hg
- Hlavní parametr z hlediska řízení procesu distribuce Hg je **ORP a také pH**.
- Bylo ověřeno, že samotné pH nemá na výslednou Hg^T takový vliv, ale ovlivňuje ORP a to je zásadní z hlediska účinnosti reagentu



Výzkum reagentu

Reagenty = precipitantu – reakce s Hg a vytvoření stabilních sloučenin jako HgS.

Typy testovaných reagentů:

- **Na₂S**
 - Anorganický precipitant
 - Nízká molekulární hmotnost
 - Průmyslově aplikovaná chemikálie a dostupná
- **Organický precipitanty A, B, C a D**
 - Organická chemická sloučenina (organo-sulfid)
 - Vysoký molekulární hmotnost



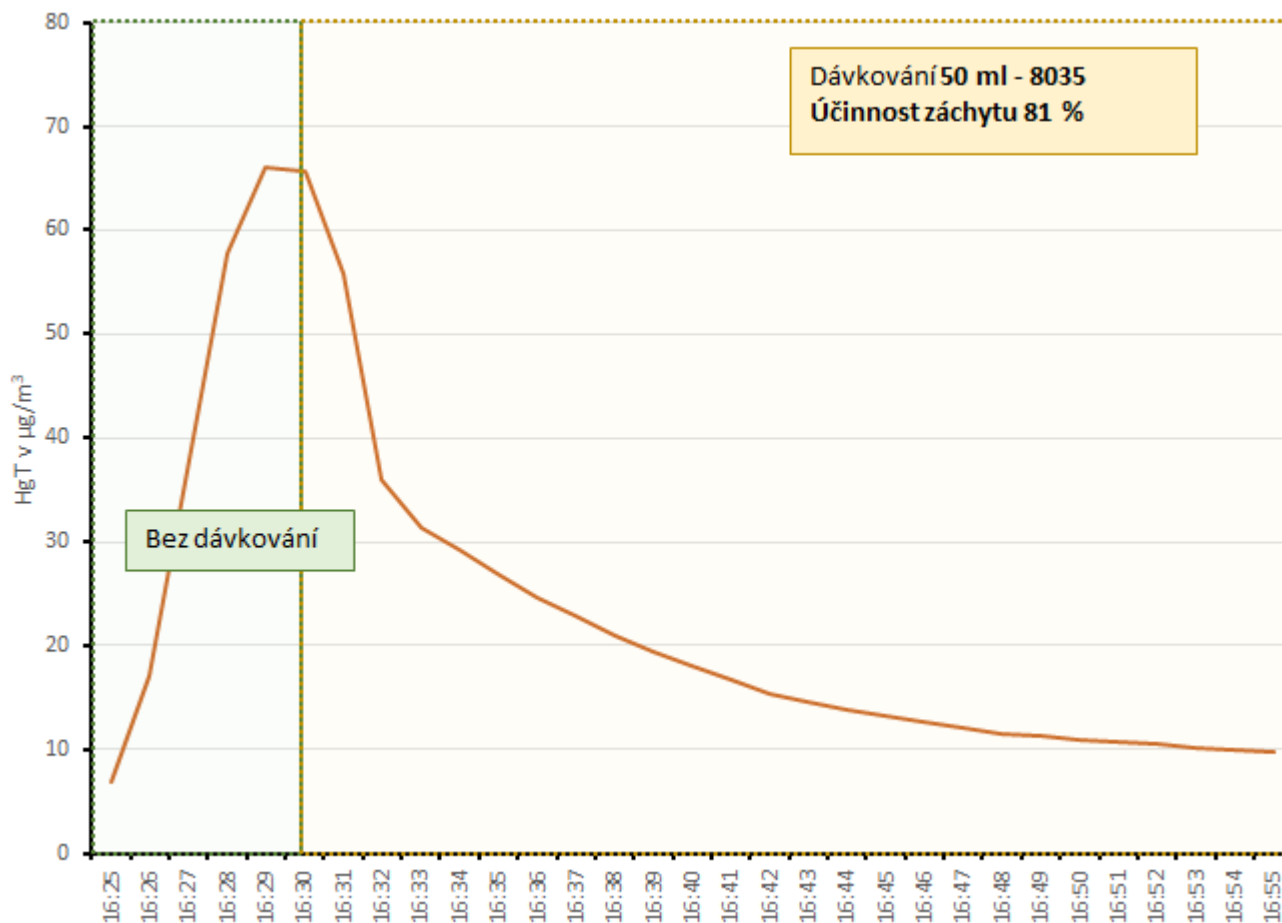
Výsledky provedených testů

Číslo testu	reagent	Množství reagentu ml/l	Hg ^T před dávkováním $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Hg ^T během dávkování $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Účinnost zachytu
č. 1	Na ₂ S	50	6,4	1,8	71,9
č. 2	Organic prec. A	50	11,4	2,6	77,2
č. 3	Organic prec. B	50	31,0	3,3	89,4
č. 4	Na ₂ S	50	95,5	7,6	92,0
č. 5	Organic prec. A	50	26,5	4,7	82,3
č. 6	Organic prec. B	50	59,4	3,1	94,8
č. 7	Na ₂ S	10, 10, 20	5,6	3,1	44,6
č. 8	Organic prec. A	10, 10, 21	5,5	1,9	65,5
č. 9	Organic prec. B	10, 10, 22	5,3	1,2	77,4
č. 10	Na ₂ S	50	82,1	9,4	88,6
č. 11	Na ₂ S	50	48,5	10,5	78,4
č. 12	Organic prec. A	50	79,7	9,3	88,3
č. 13	Organic prec. C	50	85,5	15,3	81
č. 14	Organic prec. D	50	111,2	23,6	78,8
č. 15	Na ₂ S	2	16,3	5,8	64,6
č. 16	Na ₂ S	2	15,7	5,6	64,4

Testy v
Elektrárně
Opatovice

Test č. 2

- Reagent na bázi organických sulfidu – C – 50 ml



Výsledek

- Dosažena účinnost záchytu více jak **81 %**
- Potvrzení výsledků – není, novinka**

Závěry

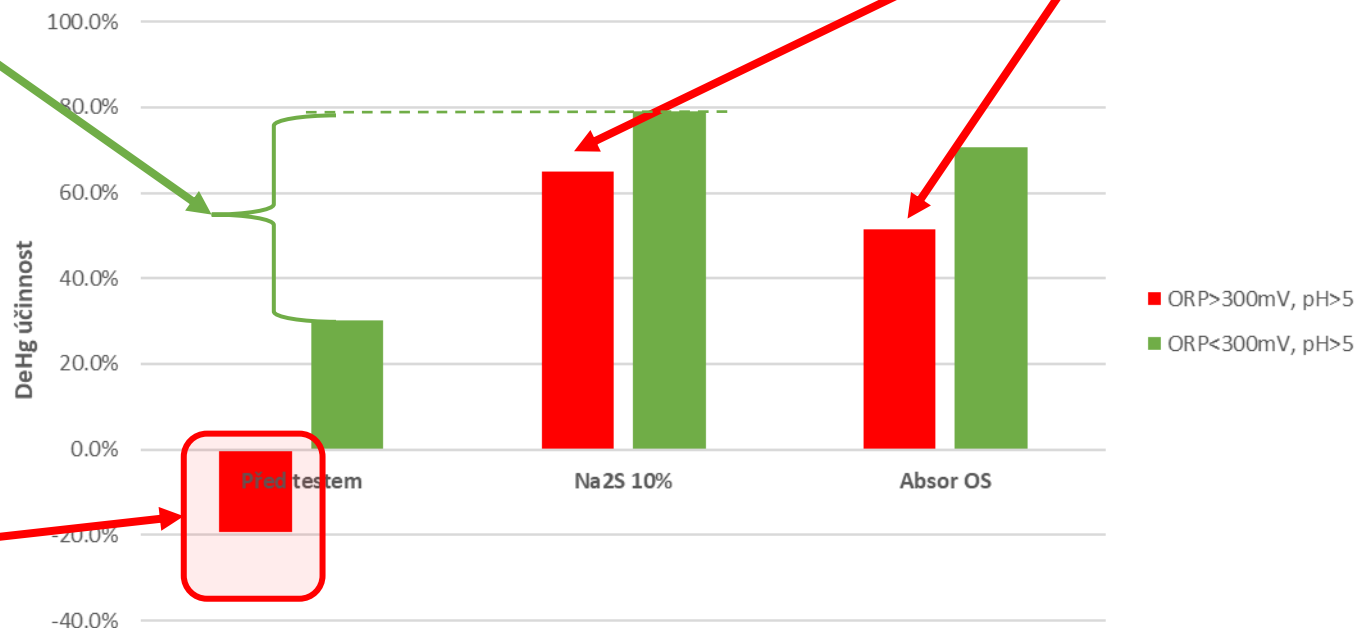
- Testované reagenty jednoznačně ukazují možné využít na reálné absorbéry mokré metody odsíření spalin v rámci DeHg – projekt
- V rámci testů bylo dávkováno jedno množství a následně i postupné „krokové“ dávkování – dosaženo více jak **80 %** účinnost
- Potenciální komplikace daných technologií
 - Zvýšení **Hg** na sádrovci – **budoucí limity !!!**.
 - Zvýšení množství **Na** v sádrovci – problém z hlediska následného využití sádrovce.
 - Pro vyvrácení daných „komplikací“ bude v rámci reálných provozů nutné provedení dlouhodobých testů – **min několik měsíců**.

Závěry

- Z hlediska účinnosti reagentu je zásadní řízení ORP

Potlačení re-emise dávkování srážedla

Navýšení účinnosti DeHg vlivem dávkování srážedla



Re-emise →
záporná DeHg
účinnost

Zdroj: Absory

Výzkum reagentu



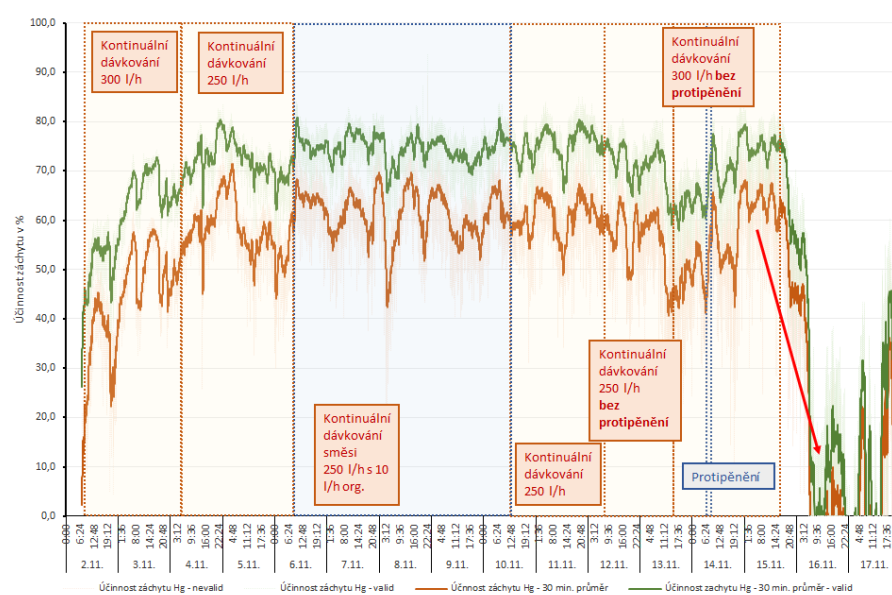
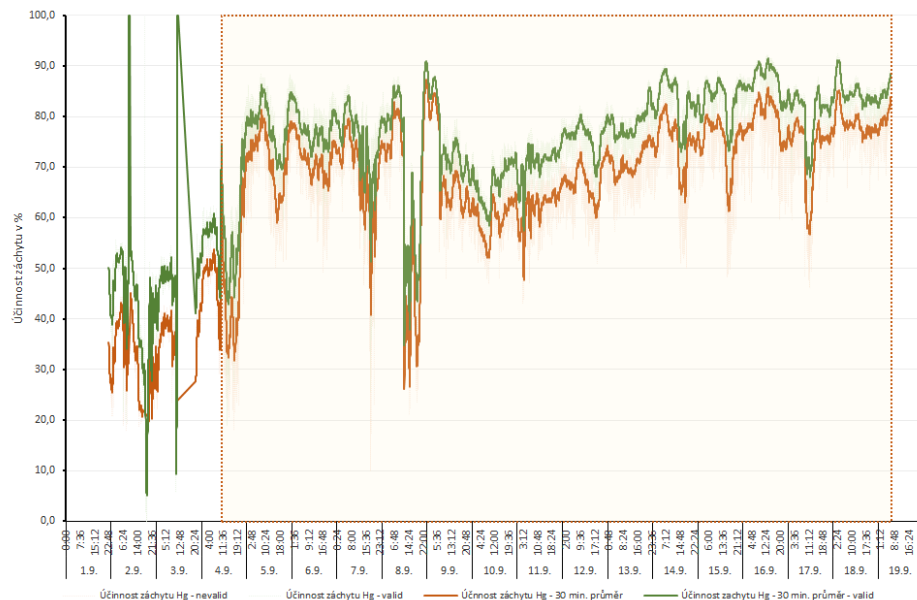
Výzkum reagentu



Reálné testy

- Anorganický roztok, tedy Na_2S byl testován na čtyřech elektrárnách
- Organické sulfidy byly testovány v elektrárně na třech elektrárnách
- V průběhu testů byly odebírány adekvátní vzorky z absorbérů mokré metody odsíření spalin
- Délka testů
 - Anorganický precipitant – **více jak měsíc**
 - Organický precipitant, ale jen A a B – **v rámci týdne**

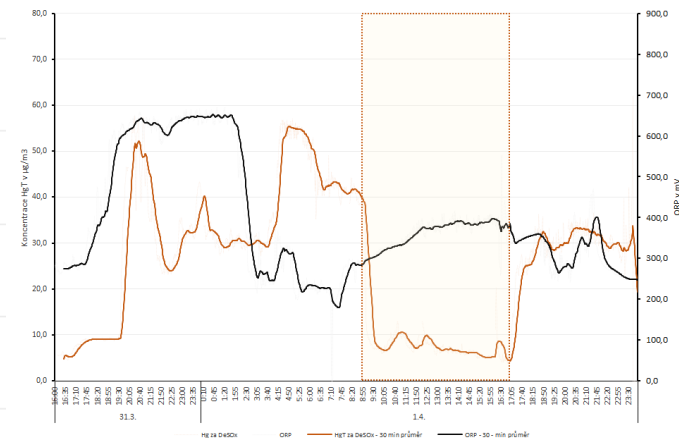
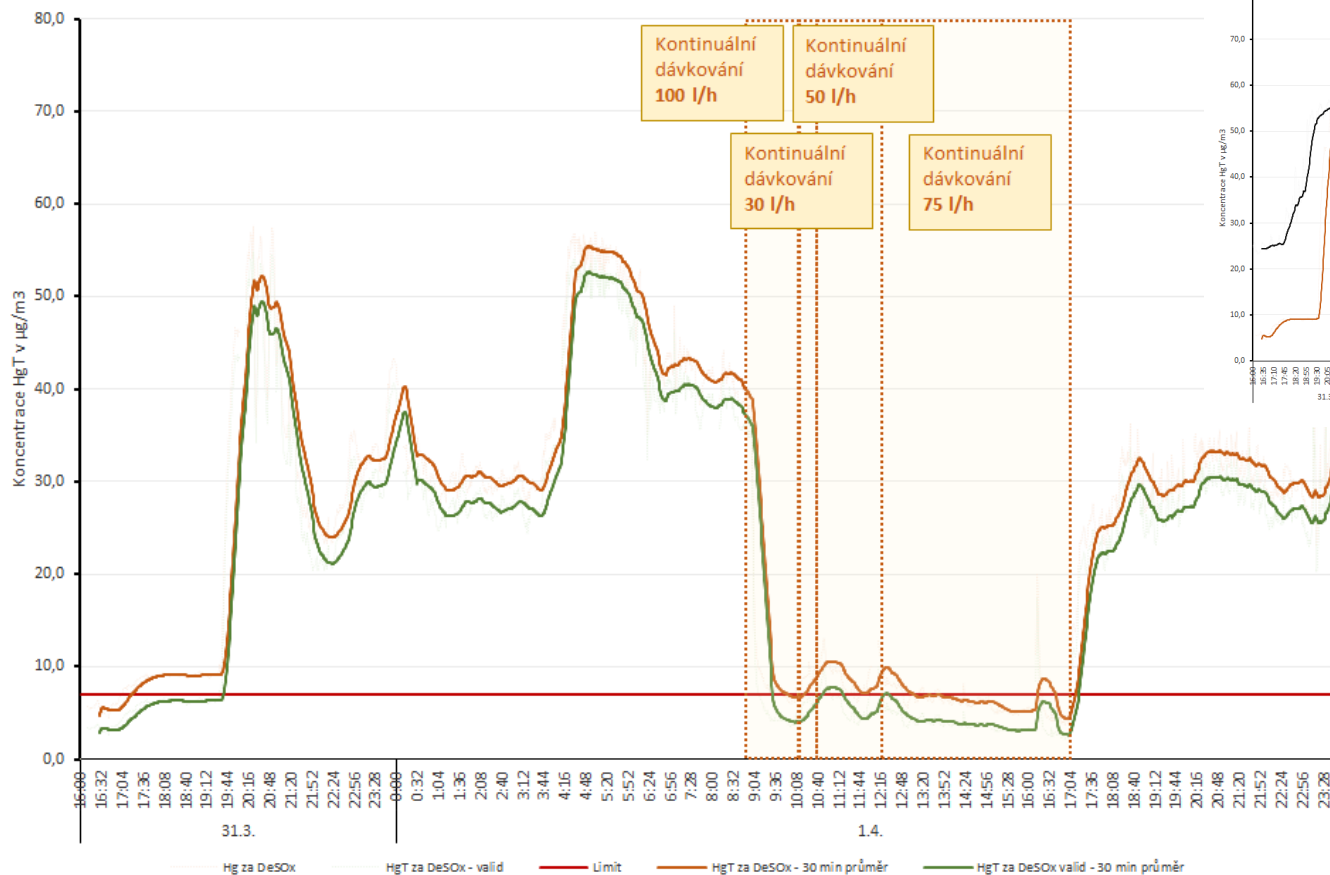
Výsledky dlouhodobého testu – účinnosti záchytu



- Před dávkováním reagentu byla účinnost záchytu Hg^{T} nižší jak **50 %**, po nadávkování byla účinnost záchytu nad **80 %**.

Anorganický precipitant

Výsledky testu – ORP pod 400 mV, pH = 5,1



Závěr

- Kapalně reagenty jsou využitelné pro snížení Hg ve zdrojích zahrnující mokré metody odsíření spalin.
- Je nutný ale individuální přístup
- Nutno kombinovat jednorázovou dávku (záchyt kovů v suspenzi) s kontinuálním dávkováním.
- **Je nutné měření online ORP a „naladit proces“ tak aby bylo ORP nižší než 400 mV, pak začít dávkovat.**
- Jsou zdroje kde je daná metoda plně aplikovatelná pro splnění limitů, ale jsou zdroje kde taková účinnost není, na základě chemismu rozdíl není, je to ve fázi výzkumu.

Výzkum CO₂ – výsledky

Projekt Théta

Název: Nízkoemisní technologie energetického využití biomasy a alternativních paliv

Partneři projektu:

- ČVUT v Praze – hlavní příjemce
- VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství
- VŠCHT v Praze, Fakulta technologie ochrany prostředí
- Výzkumný ústav organických syntéz a.s.

Termín realizace: 10/2020 – 12/2025

Další projekty

Projekt Théta

Cíle projektu:

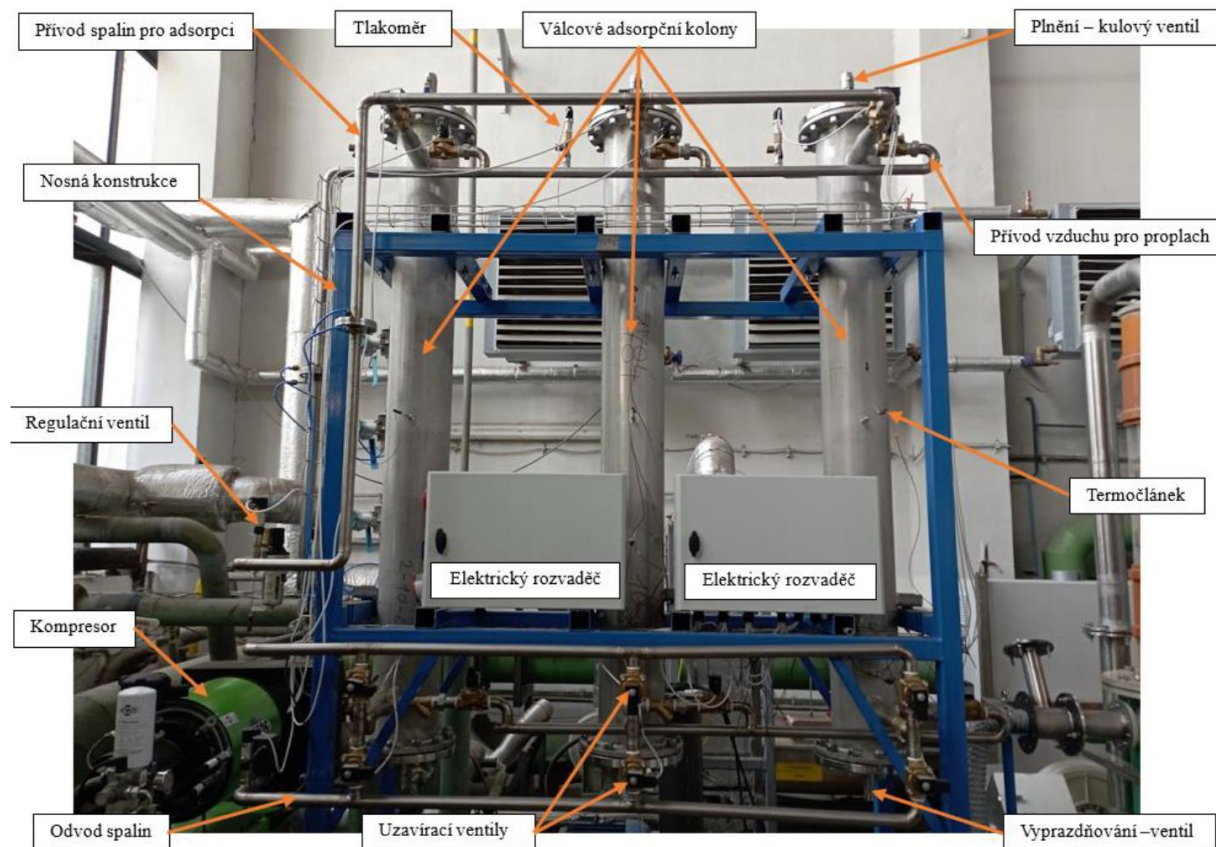
- Realizovat pilot-scale demonstrativní jednotku pro biopaliva a alternativní paliva
- výzkum vhodných **(levných) alternativních adsorbentů**.

Doba řešení projektu: 01/2020 – 12/2025

Další projekty

Adsorpční jednotka záchytu CO_2 – **VP**SA

- Napojení za LF a SCR – „tail end“ – Ti/V
- 5 – 50 m^3/h , 5 bar přetlak, teplota spalin 5°C

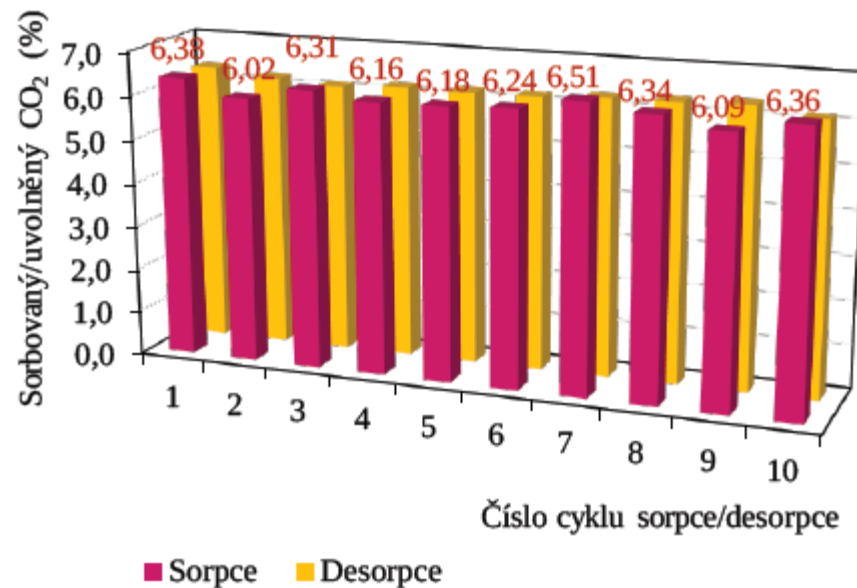
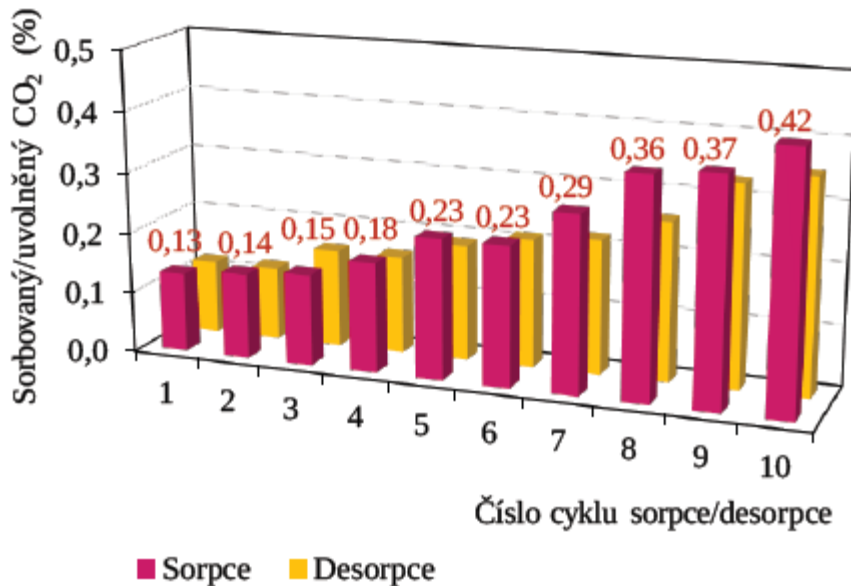


Stav řešení projektu:

- Granulace sorbentů
- Provedení adsorpční testy s přírodním klinoptilolitem, zeolit
- Modifikace přírodních klinoptilolitu
- Analýza různých druhů biomas z hlediska obsahů kovů
- V průběhu spalování biomasy s vyšším obsahem kovů se bude dávkovat do spalin pevný sorbent na bázi modifikovaných aktivních uhlí a alternativních sorbentů.

Další projekty

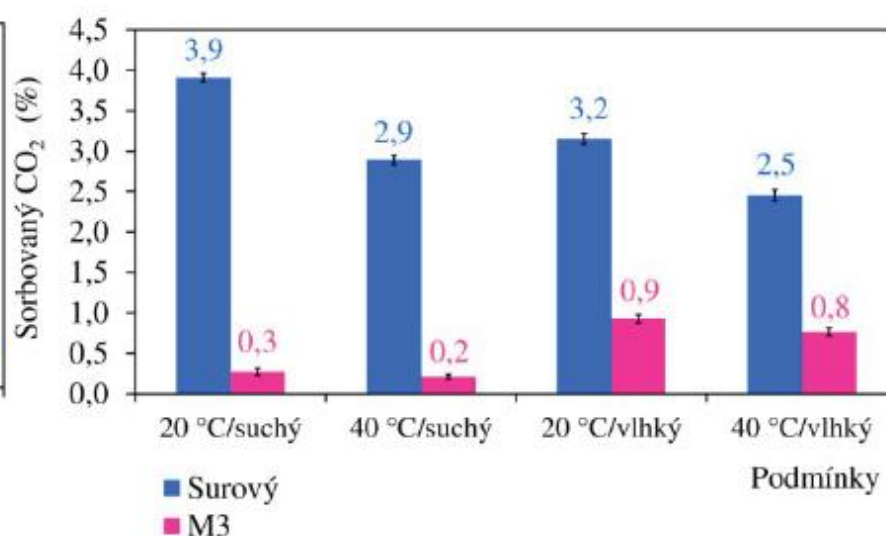
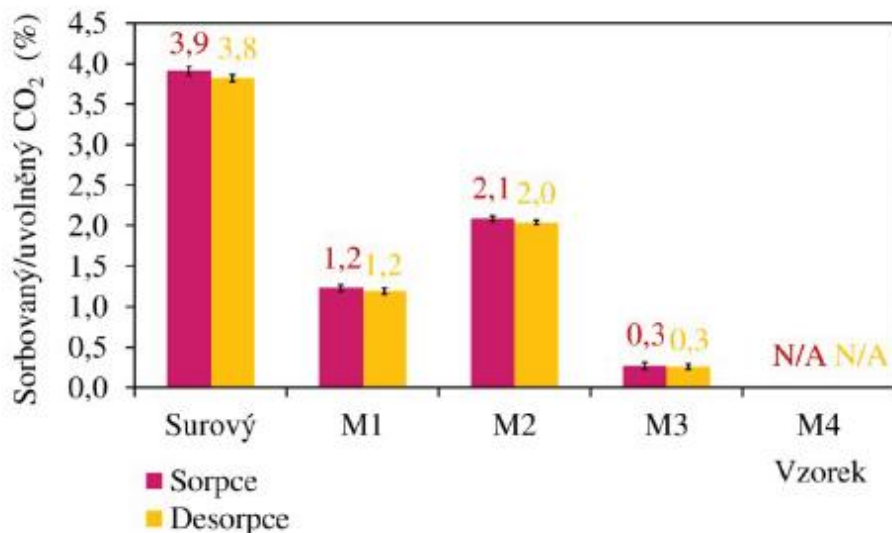
Výsledky – Provedeno několik testů se zeolitem 13X – několik cyklů, kapacity dosahované s přirozeně vlhkým sorbentem; vpravo – kapacity dosahované s termicky vysušeným/odplyněným sorbentem



Ze dvojice grafů vyplývá, že cyklické sorpce a desorpce s použitím suchého plynu za daných podmínek vedou k postupnému zvyšování kapacity = v reálném provozu vždy bude zbytková vlhkost spalin.

Další projekty

Výsledky – Provedeno několik testů s modifikací přírodních látek pomocí polyethylenimin (PEI)



Při použití plynu o 80% relativní vlhkosti s obsahem 15 % CO_2 za přetlaku 5,0 bar a teploty 40 °C klesla kapacita (hmotnostně) vlivem impregnace z 2,4 % u surového zeolitu na 0,8 % u vzorku s hmotnostním zlomkem PEI 19 %. Testy s použitím suchého plynu vedly k ještě markantnějšímu zhoršení. **Tedy modifikace se nepotvrdila jako vhodná.**

Další projekty

Závěr

- Testy na dřevních peletách – minimalizace Cl a jiných látek
(vždy nutné předčištění spalin)
- Granulace vyrobených sorbentů
- Provedení adsorpčních testů na pilotní jednotce
- Komplexní vyhodnocení projektu

Nové projekty

Projekt Théta

Název: Výzkum a výroba sorbentů na bázi biocharu pro zachyt kovů ze spalin po spalování TAP a jiných alternativních paliv

Obsah projektu: Cílem projektu je vyvinout sorbent na bázi vysokoteplotního biocharu vyrobeného z odpadní biomasy v ČR, který bude sloužit pro odstraňování těžkých kovů ze spalin po spalování TAP či jiných alternativních paliv. Součástí řešení projektu bude návrh, výroba a testování trysky pro vstřikování vyrobeného sorbentu pro menší průtoky

Partneři projektu:

- ČVUT
- VŠCHT
- Aeras s. r. o.
- ENERGO Zlatá Olešnice s.r.o.
- Sokolovská uhelná, právní nástupce, a.s.
- Sev.en Engineering s.r.o.
- Veolia Energie ČR, a.s.

Termín realizace: 07/2025 – 12/2027

Nové projekty

Obsah projektu na rok 2025

- **WP1** - předmětem pracovního balíčku bude výroba biocharu o různé velikostní frakci
- **WP2** – balíček bude zaměřen na mletí vyrobených biocharů v zařízení pro vysokorychlostní mletí materiálů. Cílem mletí bude dosažení frakce 20–50 μm . Daná frakce je zásadní pro následné dávkování do kouřovodu.
- **WP3** – bude zaměřen na modifikaci biocharů impregnací látkami obsahujícími bromidy pro zvýšení oxidace kovů ve spalínách.
- **WP5** – bude zaměřen na návrh trysky a její testování pro vstřikování vyrobeného sorbentu pro menší průtoky.

Obsah projektu na rok 2025

- **WP5** - Příprava modelu proudění, provedení prvních simulací tvaru trysek
 - Nutné definování rozměrů
 - Teplotní a rychlostní pole – DN 300
 - Postaví se malý model – plexisklo, ukázka proudění.
 - Příprava CFD analýz – první návrhy.

[illegible]

Nové projekty

Projekt Théta

Název: Technologie nízkoemisního spalování alternativních paliv pro sekvestraci CO₂

Obsah projektu: Projekt se zaměřuje na energetické využití nekonvenčních alternativních paliv a biopaliv, jako jednu z náhrad fosilního uhlí.

Cílem je vyvinout a experimentálně ověřit v pilotních i průmyslových podmínkách technologii, která bude schopna zajistit snížení koncentrací těžkých kovů, polokovů a kyselých plynů ve spalinách ze spalování těchto paliv na úroveň nezbytnou pro navazující zachyt CO₂ membránovou separací.

Vyvinutá jednotka bude technologicky na úrovni TRL5-6, s verifikací výsledků na full-scale průmyslových zařízeních.

Projekt se sestává z 8 pracovních balíčků, které ve vzájemné vazbě a návaznosti řeší výzkumné úkoly na samostatné úrovni, až po finální testování systému v průmyslovém prostředí.



Nové projekty

Projekt Théta

Partneři

- Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem
- České vysoké učení technické v Praze
- Vysoká škola chemicko-technologická v Praze
- Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava
- ČEZ, a. s.
- Elektrárny Opatovice, a.s.
- Sokolovská uhelná, právní nástupce, a.s.

Termín realizace: 07/2025 – 12/2030

Děkuji za pozornost