



PŘÍPRAVA ZDROJŮ SKUPINY ČEZ NA NOVÉ EMISNÍ LIMITY HG A TZL DLE BAT-AEL V ROCE 2021

ING. PATRIK TŮMA/30.9.2021

ODBORNÁ KONFERENCE – TECHNOLOGIE PRO ELEKTRÁRNY A TEPLÁRNY NA TUHÁ PALIVA

ČISTÁ
ENERGIE
ZÍTŘKA...





ÚVOD – LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY K EMISÍM HG A TZL

Zpřísnění stávajících limitů SO₂, NO_x, TZL a CO, nově emisní limity na koncentrace HCl, HF a **Hg, NH₃**.

Publikovány v prováděcím rozhodnutí 2017/1442 ze dne 31. července 2017 o závěrech o BAT pro velká spalovací zařízení a členské státy EU měly čtyři roky (**do 17. 8. 2021**) na uvedení podmínek pro provoz (integrována povolení)

Stávající spalovací zařízení o jmenovitém tepelném příkonu (MW _t)	emise Hg (µg/Nm ³)		hodnocené období	monitoring
	nový zdroj	stávající zdroj		
palivo: černé uhlí				
< 300	<1 - 3	<1 - 9	průměr vzorků získaných během jednoho roku	4 krát ročně
≥ 300	<1 - 2	<1 - 4	roční průměr	Kontinuální měření
palivo: hnědé uhlí				
< 300	<1 - 5	<1 - 10	průměr vzorků získaných během jednoho roku	4 krát ročně
≥ 300	<1 - 4	<1 - 7	roční průměr	Kontinuální měření
Stávající spalovací zařízení o jmenovitém tepelném příkonu (MW _t)	emise TZL (mg/Nm ³)			monitoring
	roční průměr	denní průměr		
< 100	2-18	4-22		Kontinuální měření
100 - 300	2-14	4-22 (25)		Kontinuální měření
300 - 1000	2-10 (12)	3-11 (20)		Kontinuální měření
≥ 1000	2-8	3-11 (14)		Kontinuální měření

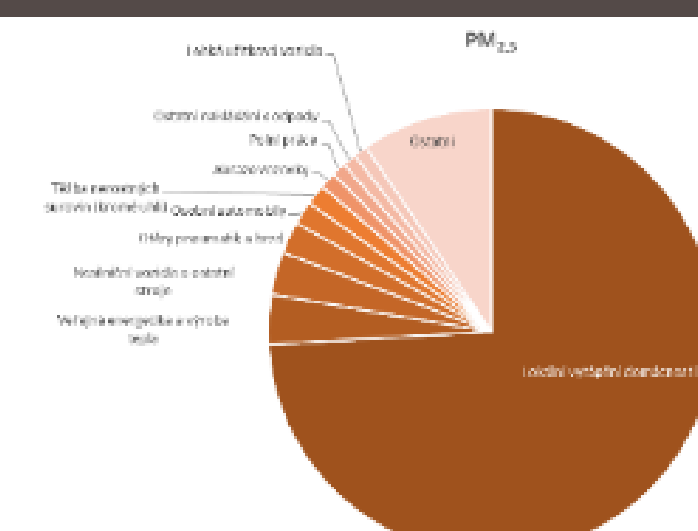
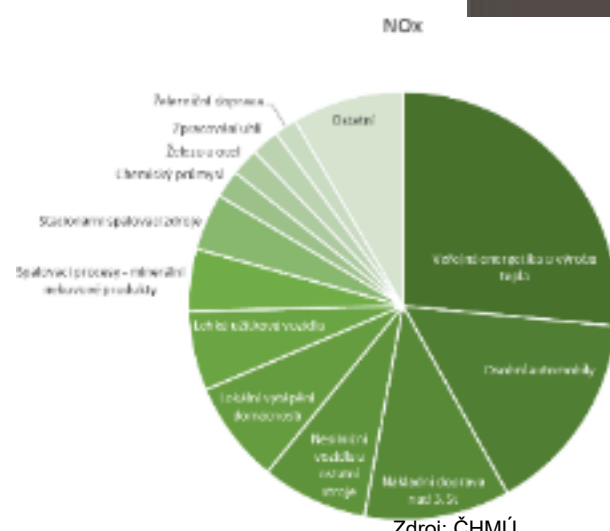
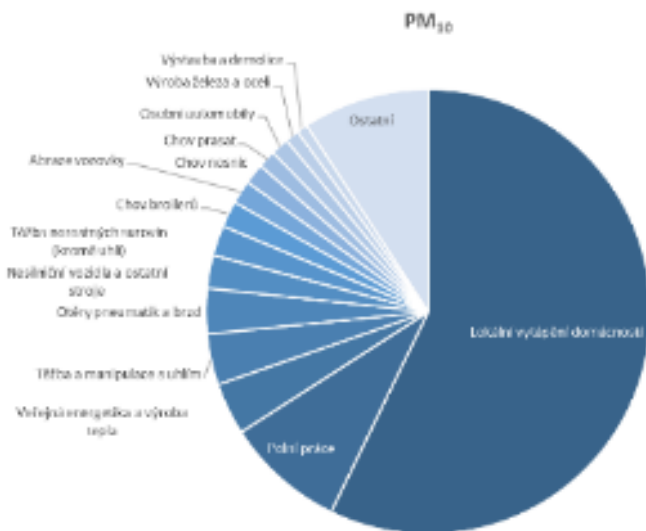
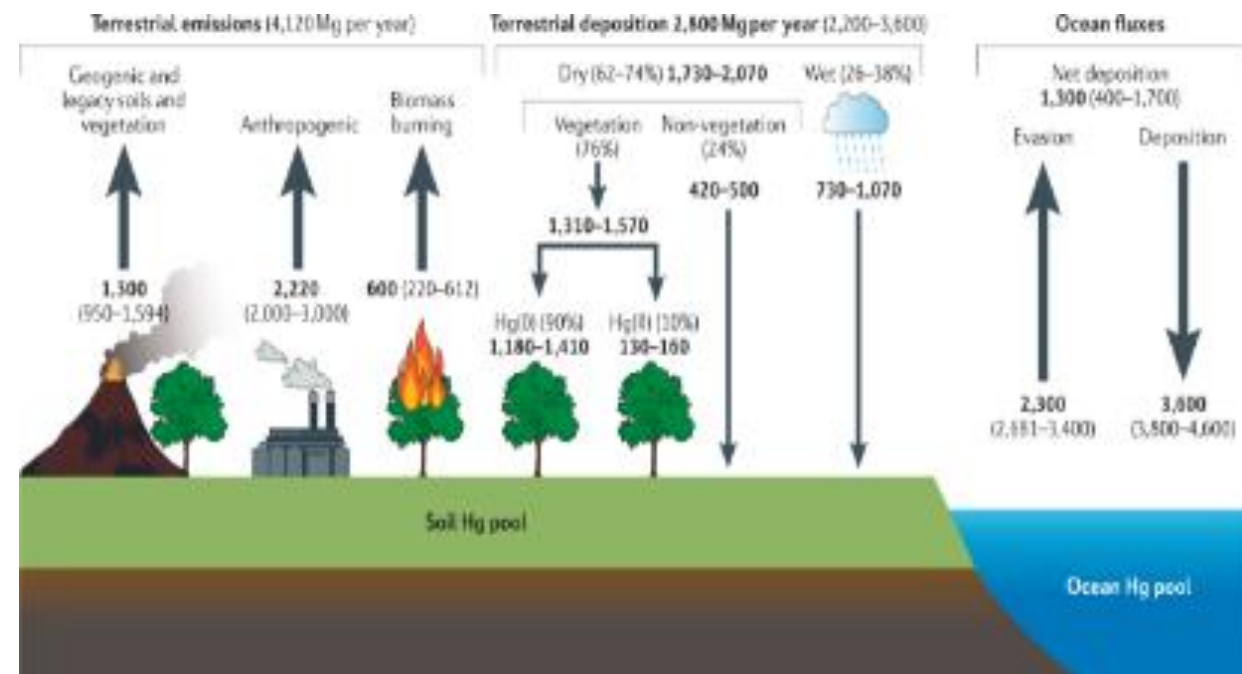
ŘÍZENÍ O VÝJIMKÁCH Z EMISNÍCH LIMITŮ ODPOVÍDAJÍCÍCH BAT



Vydána rozhodnutí

- TTR (SO₂, NO_x) do 2022 (pravomocné rozhodnutí)
- ETU (Hg, TZL) do 2022-2023 (pravomocné rozhodnutí)
- EPR 2 (Hg) do 2022-2024 (pravomocné rozhodnutí)
- ELE B6 (Hg) do 2025 (probíhá odvolání)
- EME I (Hg) do 2025 (probíhá odvolání)
- EME II (Hg, NO_x, TZL) do 2026 (pravomocné rozhodnutí)

Řízení o výjimkách zatím nejsou ovlivněna zrušením (27.1.2021) prováděcího rozhodnutí EK o závěrech o BAT. V řízení u Soudního dvora EU podán kasační opravný prostředek EK. Žádost o zrychlené řízení EK zamítnuta.



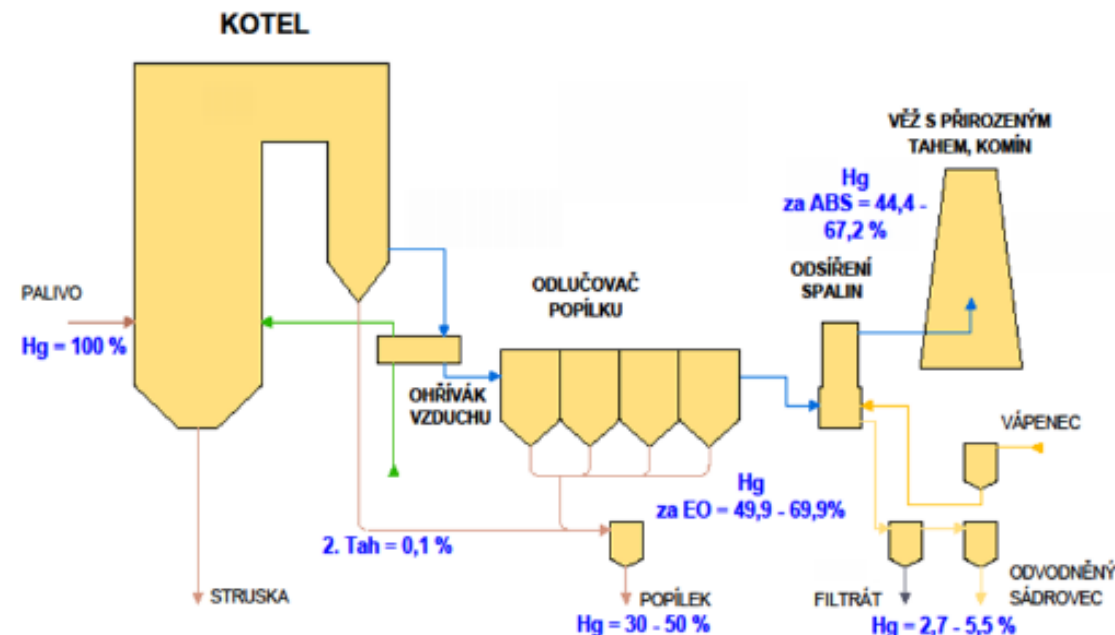
Zdroj: ČHMÚ

ZMAPOVÁNÍ EMISE HG PRO JEDNOTLIVÉ LOKALITY



Realizován výzkumný program (běží od 2017)

- Měření emise Hg „na komíně“ pro všechny zdroje skupiny ČEZ
- Podrobné měření Hg ve všech profilech technologie na vybraných zdrojích skupiny
- Složení spalin (vliv Cl, SO_x, O₂)
- Koncentrace Hg a dalších látek (chloridy, Fe) v palivu
- Parametry provozu
- Typ spalování a technologie čištění spalin



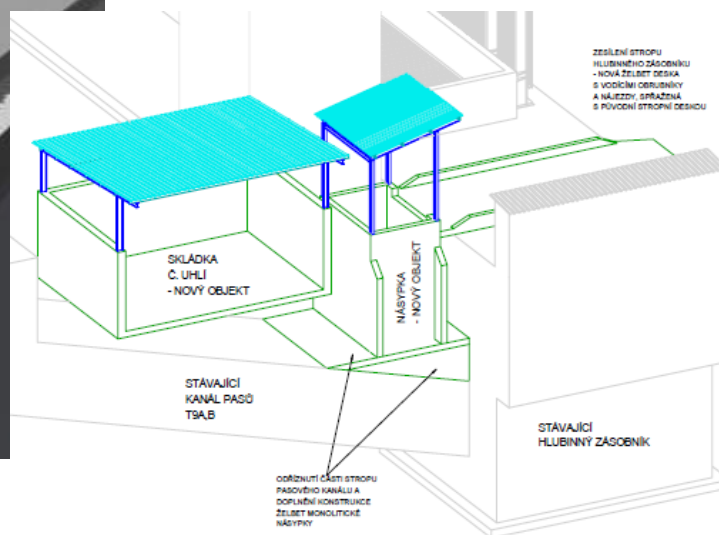
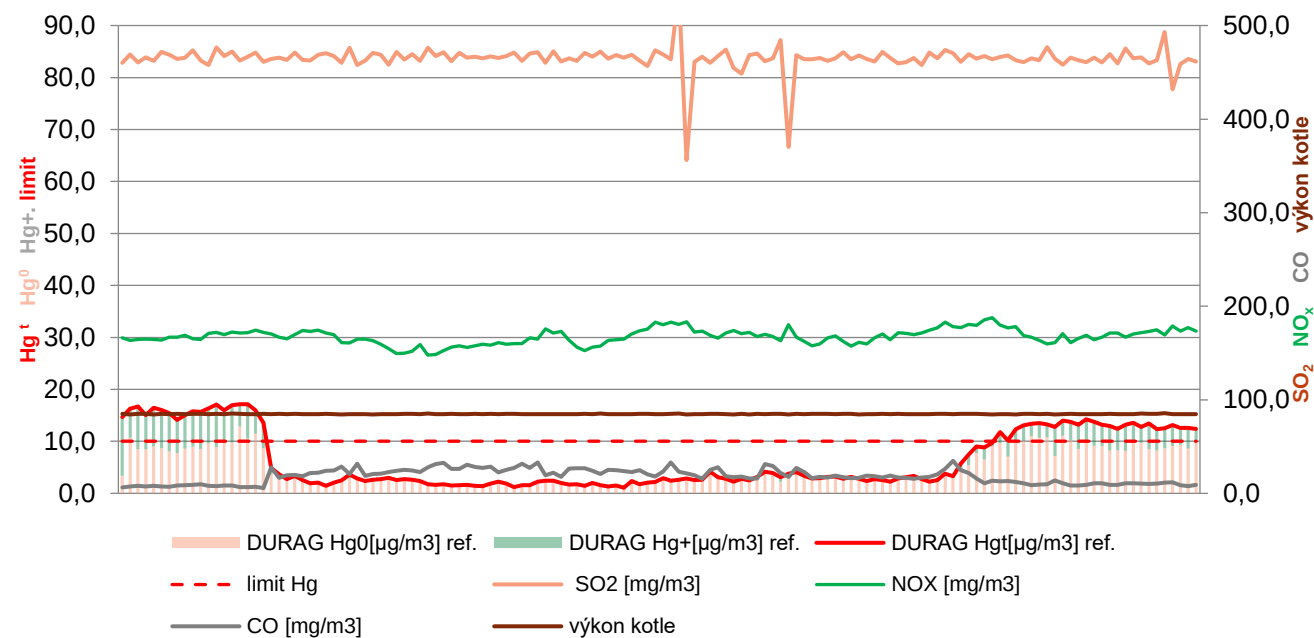
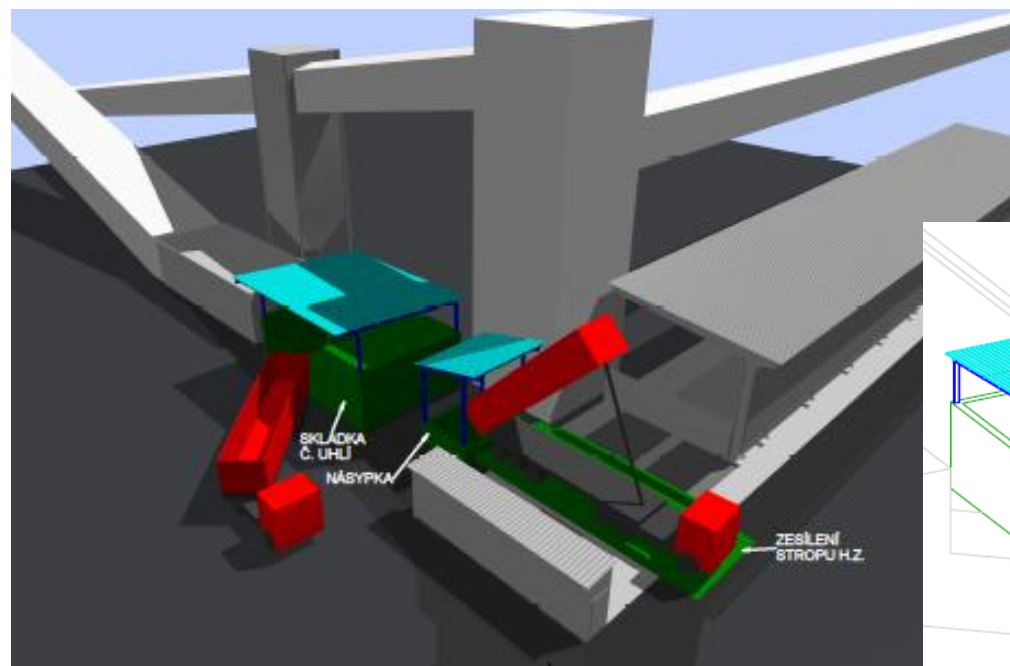
Zdroj č.	Spalované palivo	Druh spalování	DeDust technologie	DeSO _x technologie	Hg μg/Nm ³
Zdroj č. 1	Hnědé uhlí	Práškové ohniště	EO	WFGD	15,0 – 35,0
Zdroj č. 2	Hnědé uhlí	Práškové ohniště	EO	DFGD	18,0 – 26,0
Zdroj č. 3	Hnědé uhlí	Fluidní technologie	EO	DSI	10,0 – 20,0
Zdroj č. 4	Černé uhlí	Práškové ohniště	EO	WFGD	5,0 – 6,0

Lom	Hg v mg/kg _{suš} průměr	Hg v mg/kg _{suš} Minimum a maximum	Cl % _{suš}	Hg v μg/Nm ³ Průměr z kotle*
Důl Bílina	0,220	0,150 – 0,330	0,0074	40,0
Důl Nástup Tušimice	0,203	0,200 – 0,300	0,0088	37,0
Důl Jiří	0,482	0,300 – 0,600	0,0095	70,0
Důl Vršany	0,262	0,180 – 0,320	0,0061	48,0

ROZDĚLENÍ ZDROJŮ DO SKUPIN FLUIDNÍ KOTLE



- Řešení pro zdroje EPO, ELE B4, EHO
- Vyšší účinnost redukce Hg
- Zvýšení koncentrace Cl přimícháním černého uhlí
- Množství černého uhlí cca 0,5 – 5%
- V 3Q 2021 připraveny optimalizační testy

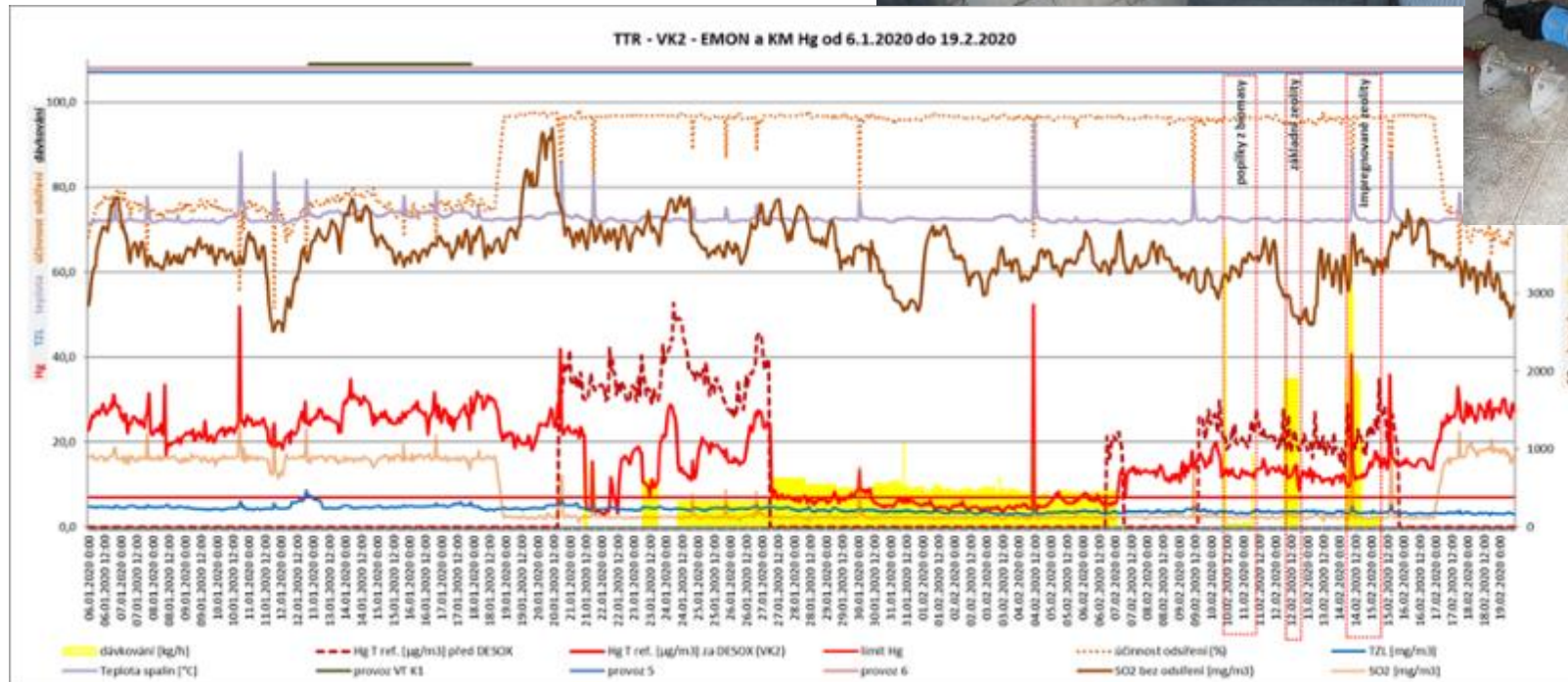


ROZDĚLENÍ ZDROJŮ DO SKUPIN

ZDROJ S POLOSUCHOU METODOU ODSÍŘENÍ



- Vysoká účinnost redukce Hg
- Dlouhá doba setrvání částic AC v LF
- Recirkulace produktu odsíření
- Provedeny testy inženýringem ČEZ, a. s.



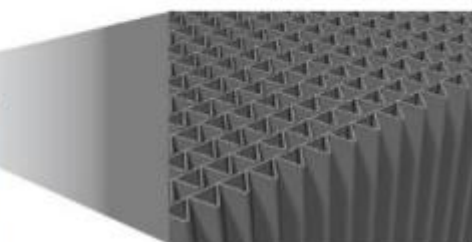
ROZDĚLENÍ ZDROJŮ DO SKUPIN VYUŽITÍ EXTERNÍHO REAKTORU EMĚ I



- Jedinečná příležitost pro instalaci SPC modulů
- Technologie využívá chemisorpce na membráně
- Modulové uspořádání vrstev v reaktoru
- Pasivní prvek bez vlivu na VEP
- Aktuálně probíhá testování – vyhodnocení 2Q 2022 po dosažení 3000 provozních hodin

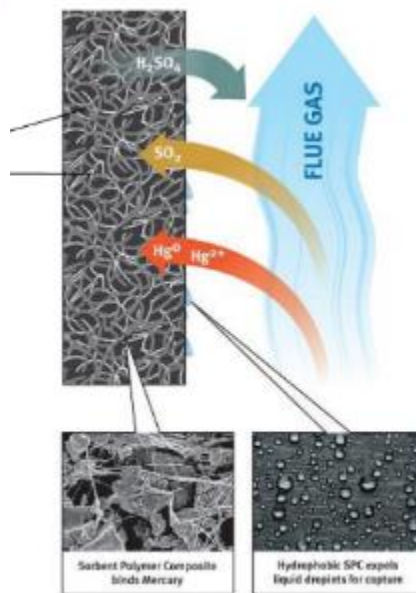
Low pressure
drop modules

Open channel design

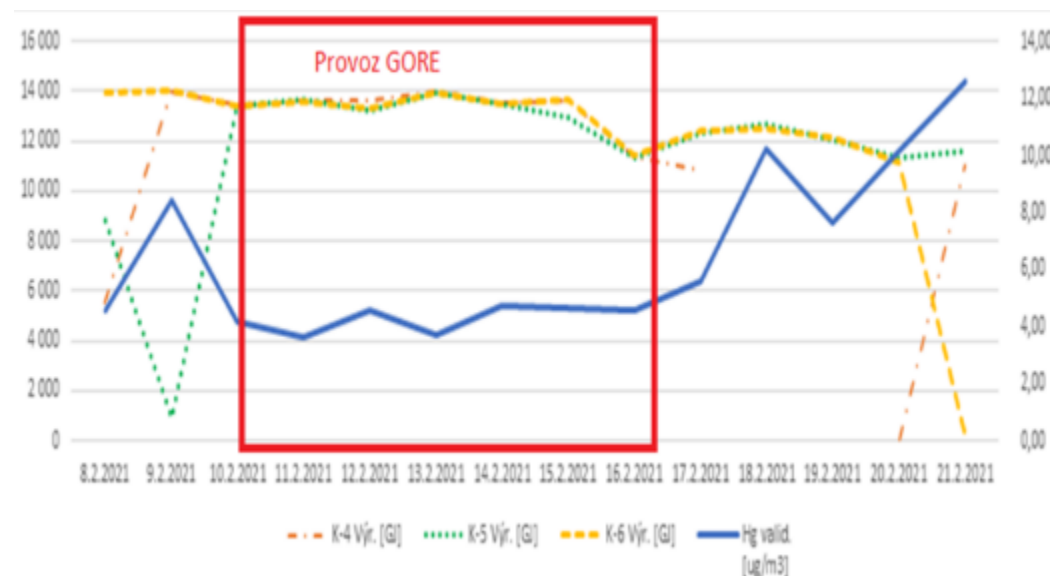


Module dimensions:
63 cm x 68 cm base
32 cm height

low-pressure_open-channel.jpg



Průběžné výsledky při 1780 h



ROZDĚLENÍ ZDROJŮ DO SKUPIN VYUŽITÍ EXTERNÍHO REAKTORU EMĚ I

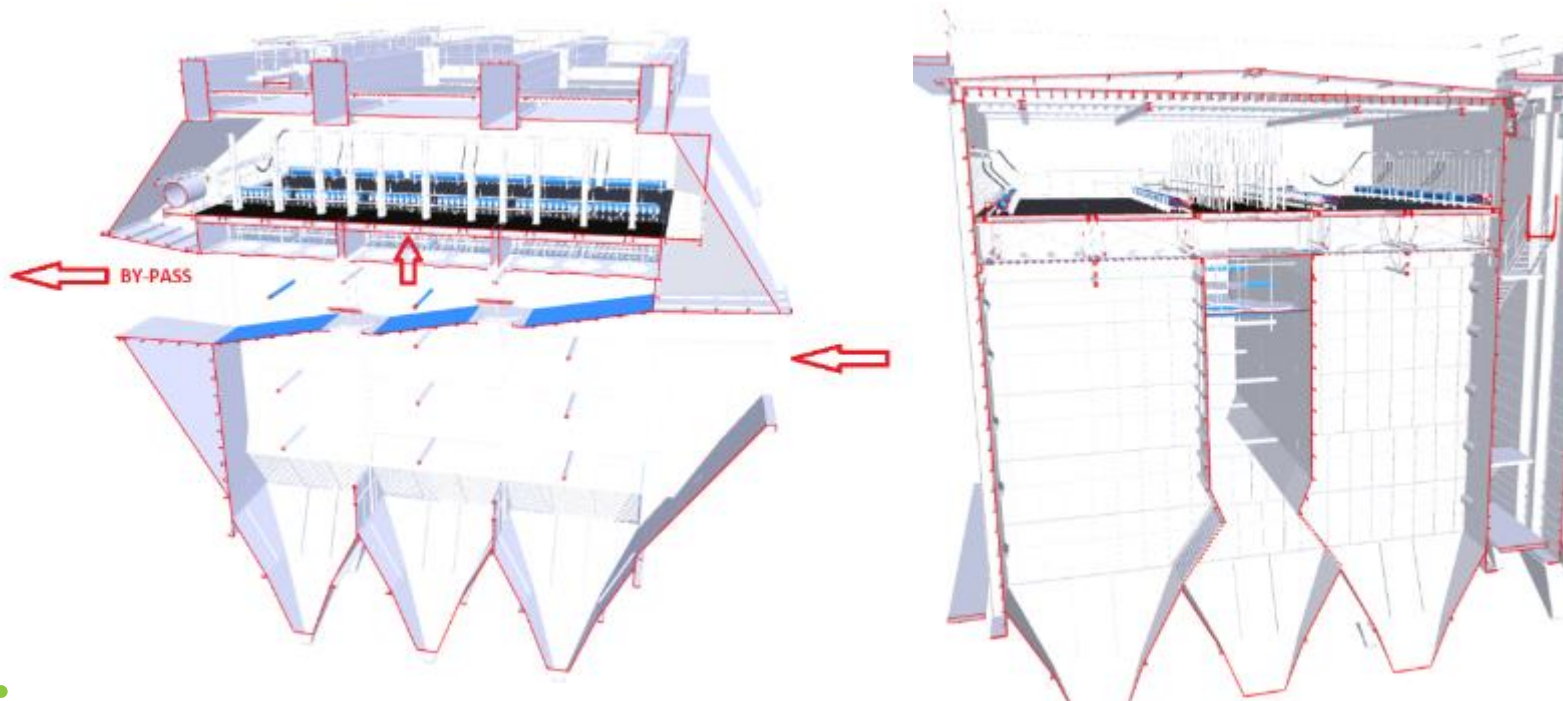


ROZDĚLENÍ ZDROJŮ DO SKUPIN

ZDROJ S MOKROU VYPÍRKOU



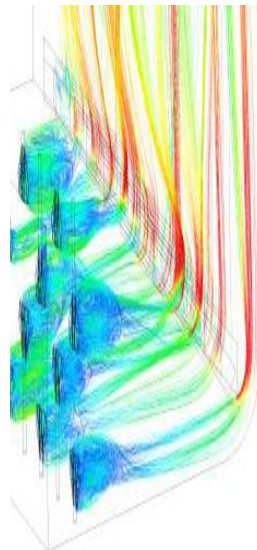
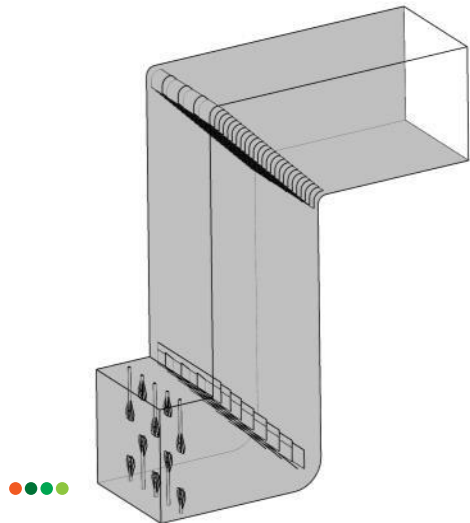
- Řešení pro zdroje ETU, EPRII a ELE B6
- Vyšší účinnost redukce Hg v kombinaci s látkovým filtrem
- Nižší provozní náklady na sorbenty až 4x
- Bezpečné zajištění limitu Hg a TZL
- Zachování certifikace VEP



TESTOVÁNÍ VLASTNÍ MOBILNÍ DÁVKOVACÍ JEDNOTKOU



- Provádění testů a vyhodnocení pracovníky ČEZ, a. s.
- Testy prováděny vlastní testovací jednotkou
- Testy provedeny od 2018-2021 na EPR II, ELE, EMĚ I, TTR
- Zkoušení vhodných aktivních uhlí a alternativních sorbentů
- V současné chvíli probíhá testování za účelem optimalizace provozních nákladů



TESTOVÁNÍ VLASTNÍ MOBILNÍ DÁVKOVACÍ JEDNOTKOU DRUHY SORBENTŮ



- **Testování AC**

Dodavatel: Cabot Norit, **Darco Hg LH Extra SP a SR.**

Dodavatel: Albemarle **B-PAC+.**

Dodavatel: Carbon Service, **PHC6Br, PHCR900**

Dodavatel: PTL Mercury Solutions, **OxPure FG SX Plus a SE Plus**

- **Testování přírodních a syntetických zeolitů**

Dodavatel: ZEOCEM/CVŘ, **syntetický zeolit modifikovaný FeCl₃**

- **Testování aluminosilikátů**

Dodavatel: ABSORY – v přípravě

- **Výroba AC z vlastních zdrojů**

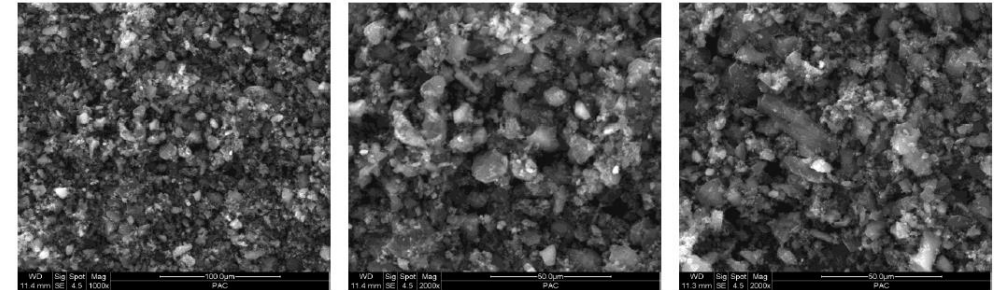
Ověření vhodnosti uhlí z DB a DNT pro výrobu základního materiálu AC

Navázána spolupráce s PTL Mercury Solutions (DE)

- **Spolupráce SKČ s externími subjekty na vývoji alternativních deHg sorbentů**

CV Řež – alterace syntetických zeolitů (VGB Innovation Award 2020)

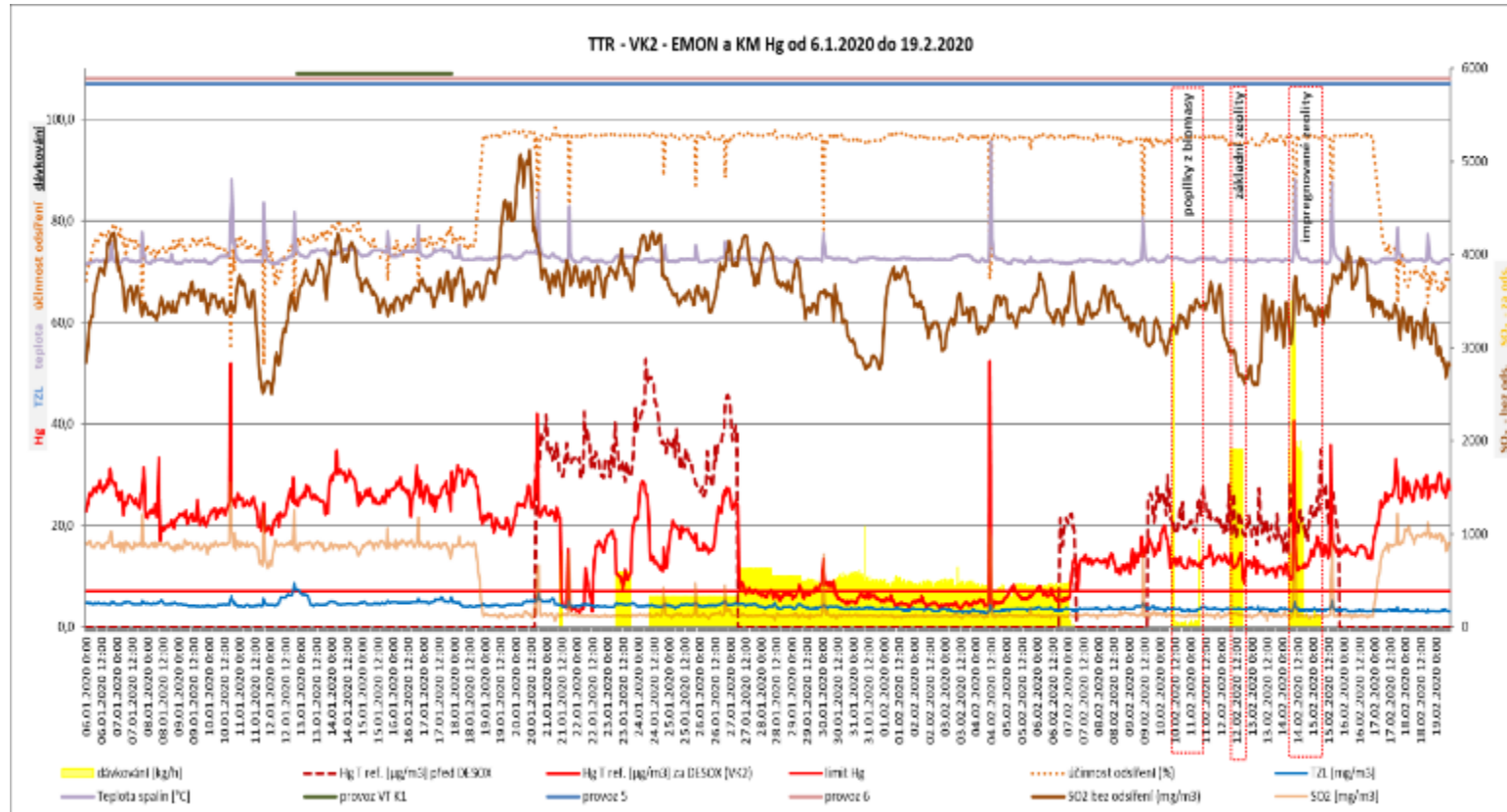
Spolupráce s ČVUT, VŠB-TUO, ÚJV Řež



Fotografie aktivního uhlí z mikroskopu pro různá zvětšení

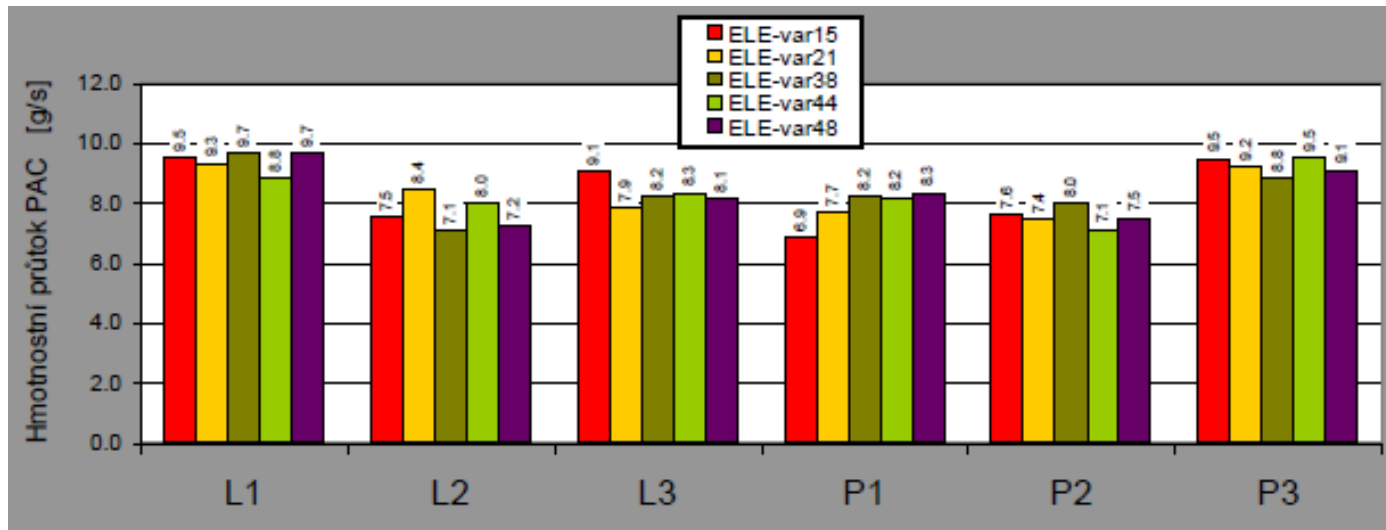
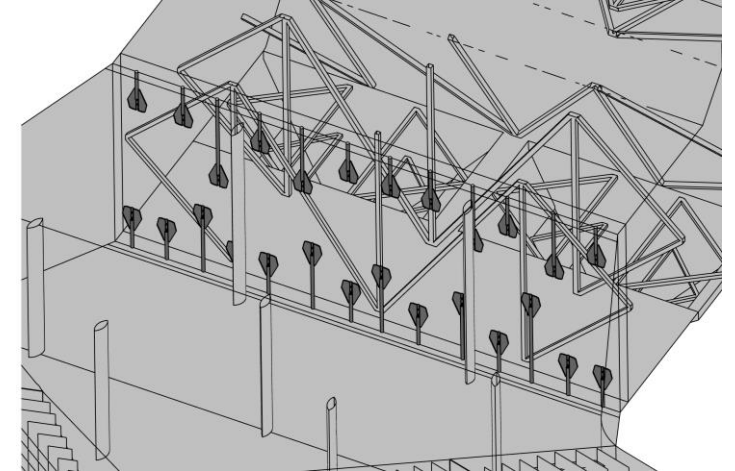


ZKOUŠKY SNÍŽENÍ OBSAHU RTUTI V EMISÍCH TTR 02/2020 – AC A ZEOLIT



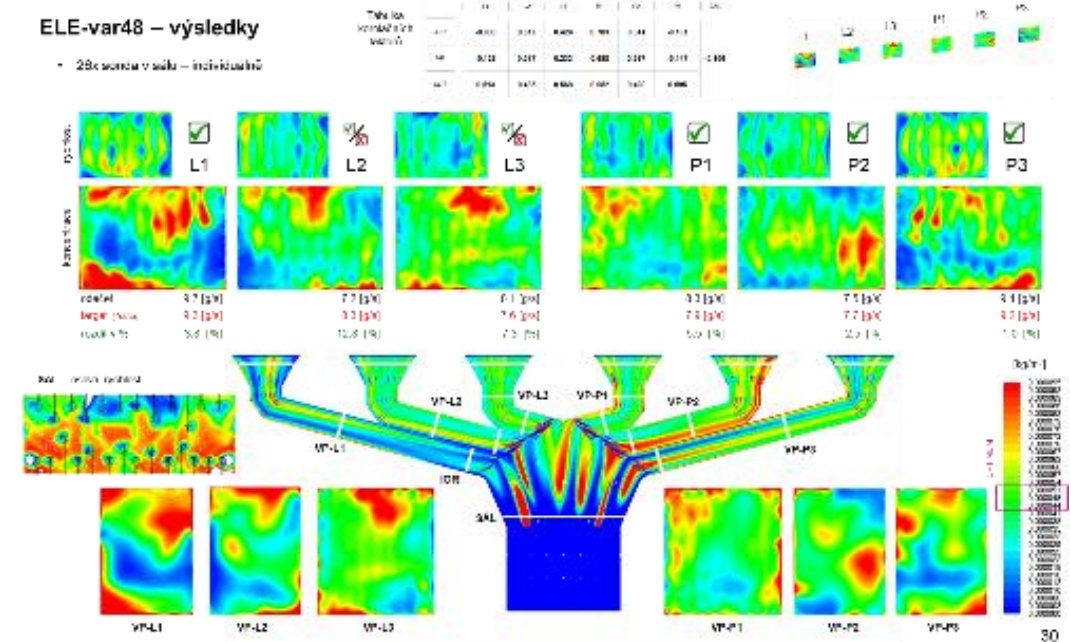
Dávkování AC – ELE B6

- Ověření dosažení limitu Hg (testem v roce 2019 nebylo dosaženo limitu Hg) – provedení testu 10/2021
- Dávkování B-PAC+, Darco Hg LH Extra SR,
- Tvorba CFD modelu pro optimalizaci dávkování
- Využití dávkovací jednotky včetně kopí vlastněnými ČEZ
- Přepočet tlakových ztrát dopravy AC – nový způsob zapojení



ELE-var48 – výsledky

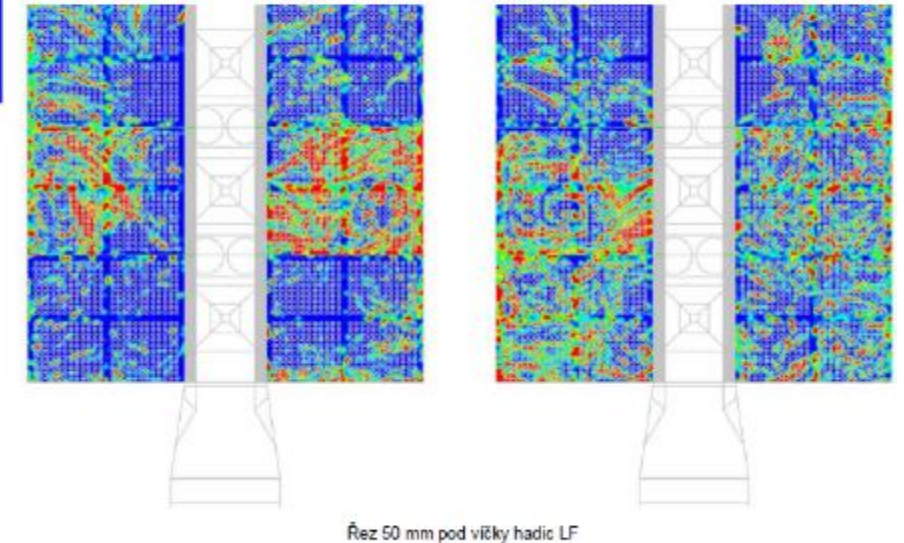
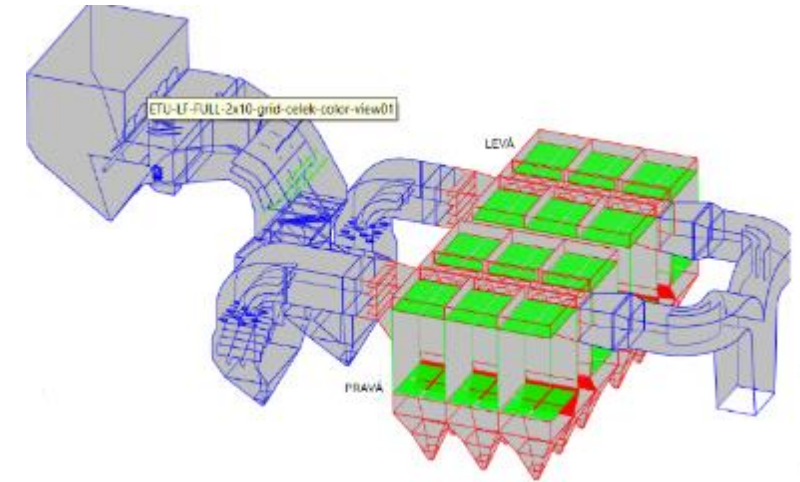
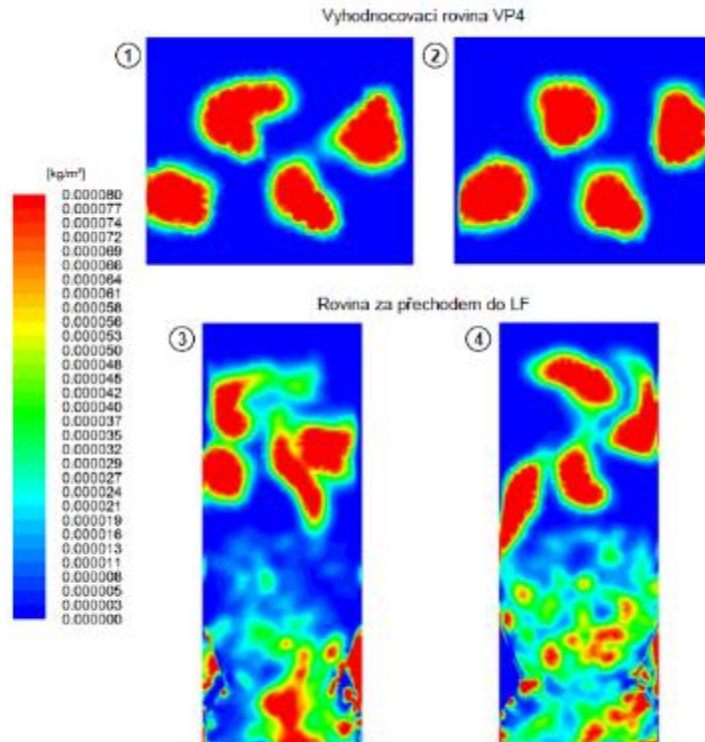
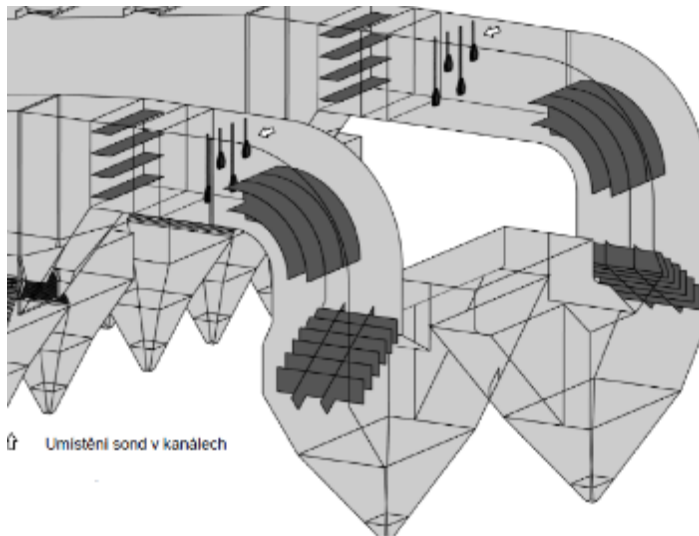
- 28le sektorů v síti – individuálně



OPTIMALIZACE DÁVKOVÁNÍ AC PŘED LF V ETU



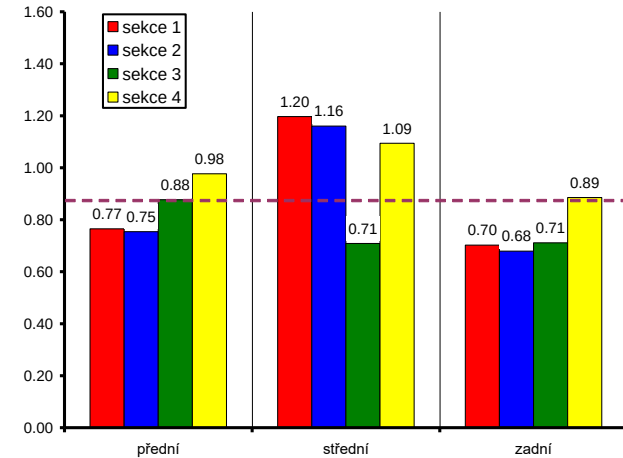
- Spolupráce s ZČU Plzeň
- Vytvořen kompletní CFD model (45 mil. buněk, 150 GB RAM)
- Ověření distribuce částic v různých provozních stavech
- Porovnání řešení zhotovitele



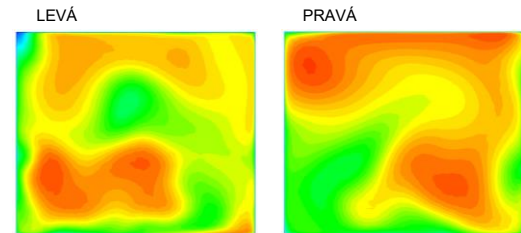
OPTIMALIZACE DÁVKOVÁNÍ AC PŘED LF



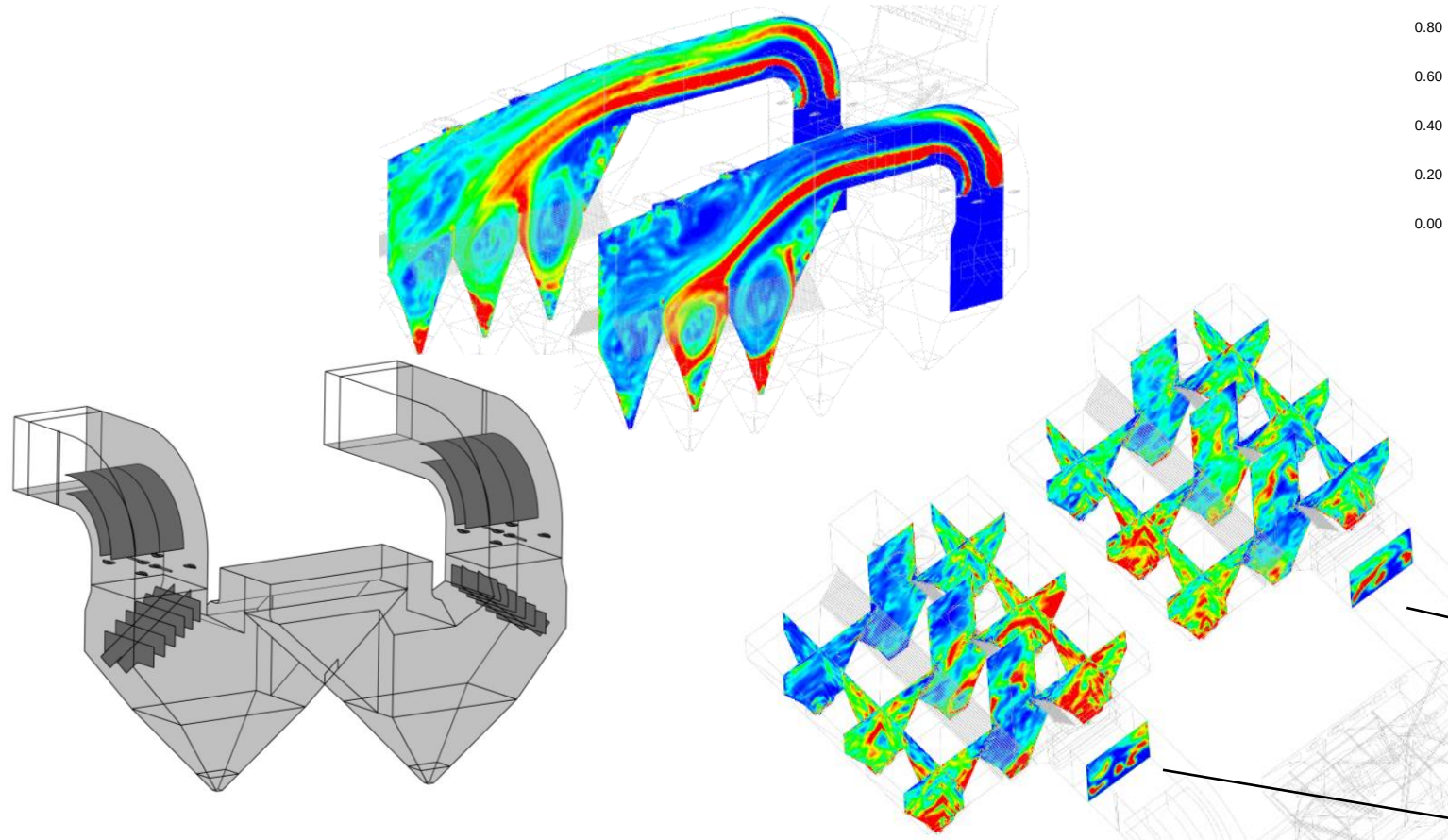
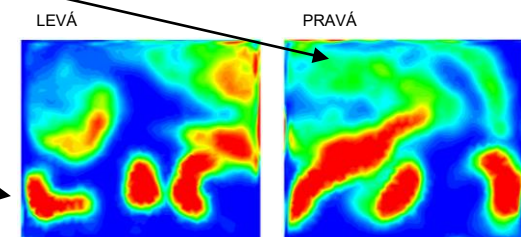
- V podélném řezu lze pozorovat šíření PAC od sond spalínovody až do střední komory LF. Pod hadicemi LF mírný nedostatek v levém filtru v levé zadní polovině.
- Graf ukazuje záchyt částic na hadicích LF.



Kontura rychlosti spalin



Kontura koncentrace PAC

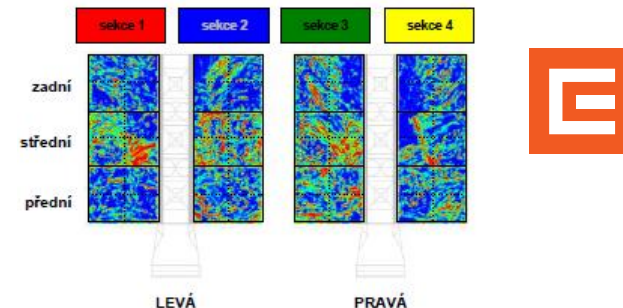


↑ Podélný řez spalínovody a LF

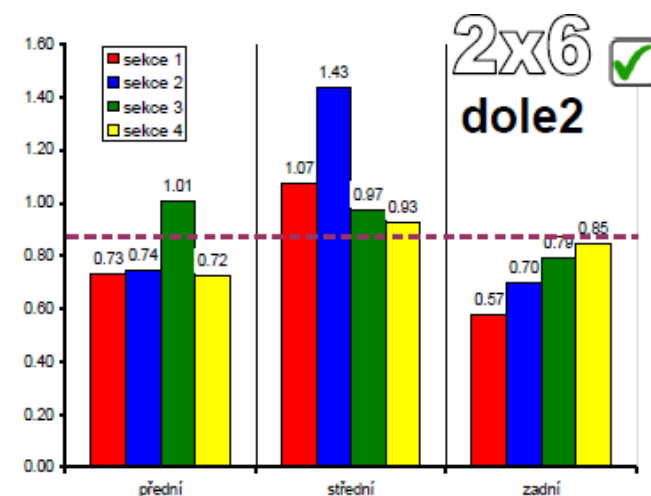
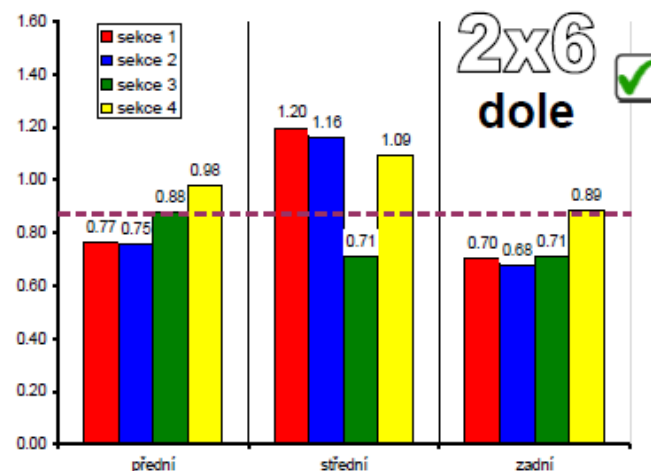
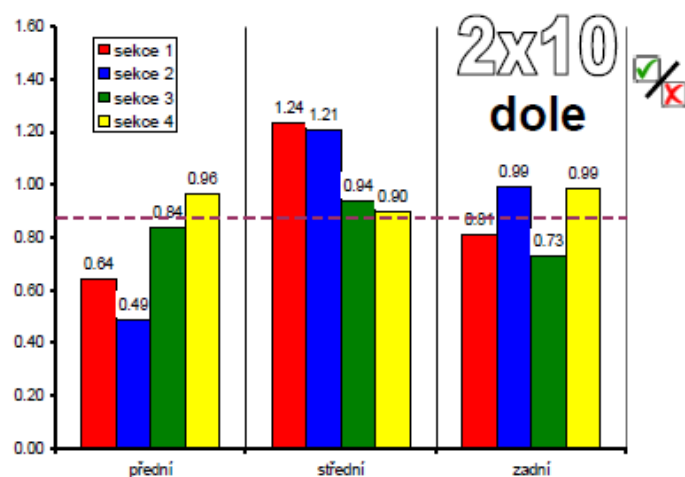
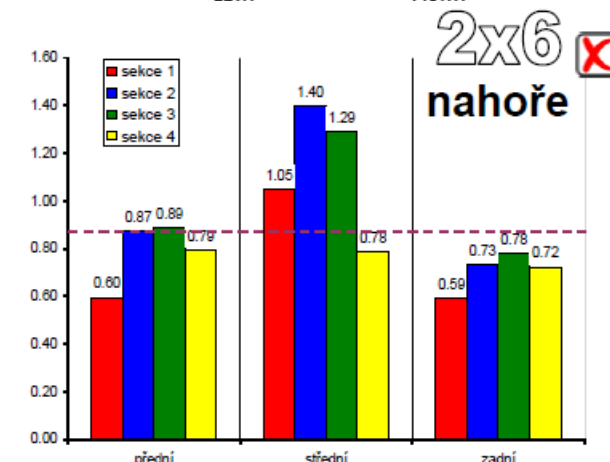
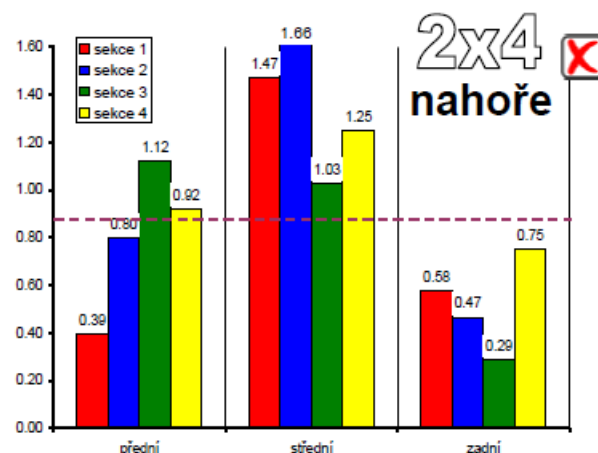
↑ Křížové řezy oblastí výsypek pod hadicemi LF

↑ Řez před klapkou do přechodu LF (VP4)

OPTIMALIZACE DÁVKOVÁNÍ AC PŘED LF V ETU



- Vyčíslení zachytu částic PAC v (kg/s) na filtračních elementech napříč variantami umístění kopí
- Varianty s umístěním kopí v horní části spalínovodu vykazují horší rozptyl částic v proudu spalin
- Rozhodující je spodní pozice sond
- Dostatečné řešení se 6 kopí ve spodní části

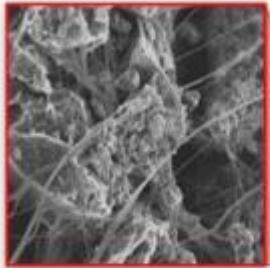


AKTUÁLNÍ PROVOZ A VYHODNOCENÍ GORE EGT LINKA 2



GORE – technologie na principu chemisorpce Hg do vnitřní struktury PTFE (teflon) s AC a ostatními chem. složkami. Multifunkční systém – katalytická konverze SO_2

Sorbent Polymer Catalyst (SPC) Composite Material



Open Channel Design



Mercury Control Module

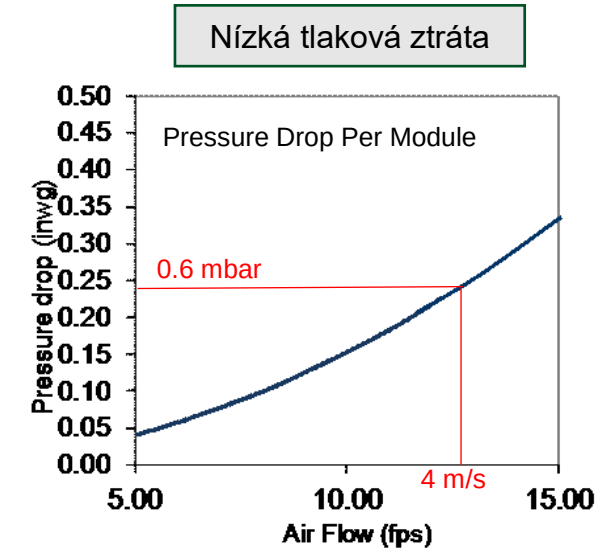


SO_2

Spaliny
z abs

Hg^0 Hg^{2+}

H_2SO_4



AKTUÁLNÍ PROVOZ A VYHODNOCENÍ GORE EGT LINKA 2



- GORE uvedeno do provozu 5/2020, kolaudace 12/2020
- Ke dni 1.6.2021 najeto 2024 provozních hodin
- Předpoklad ukončení vyhodnocení 2Q 2022



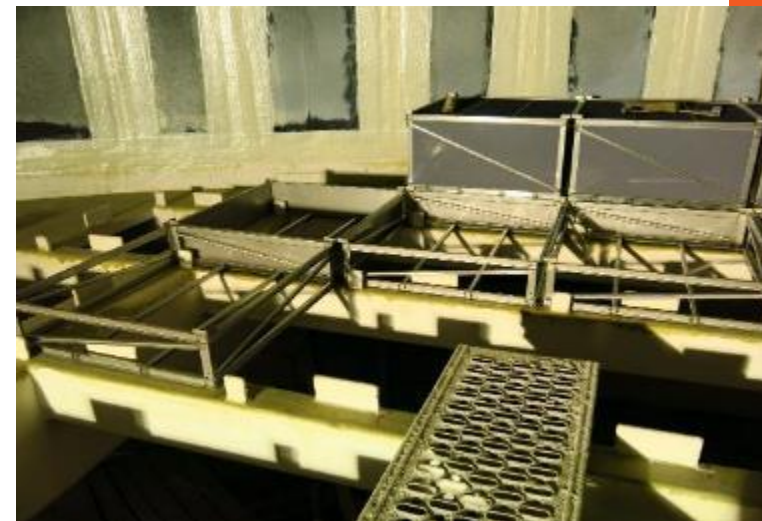
AKTUÁLNÍ PROVOZ A VYHODNOCENÍ GORE EGT LINKA 2



AKTUÁLNÍ PROVOZ A VYHODNOCENÍ GORE EGT LINKA 2



AKTUÁLNÍ PROVOZ A VYHODNOCENÍ GORE EGT LINKA 2



PILOTNÍ PROJEKT TECHNOLOGIE C-HgR™ CLAIRION

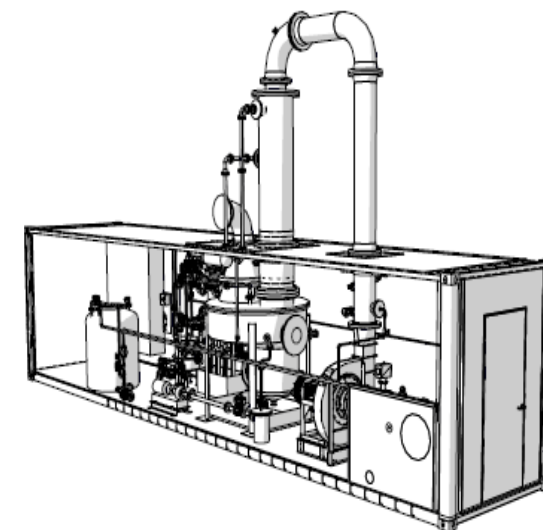


Spolupráce s izraelskou společností Clairion.

Základem technologie a metody odstranění rtuti ze spalin je speciální patentovaný roztok, jenž je směsí heterocyklických sloučenin, které (podobně jako TMT používaná v ČEZu) tvoří s oxidovanou formou rtuti komplexní sloučeninu. Pro oxidaci elementární rtuti je v Clairionu přidán jod. Získaný produkt lze v jiném zařízení termicky rozložit a tak získat původní látku, kterou lze opakovaně použít a rtuť, která se dále zpracovává.

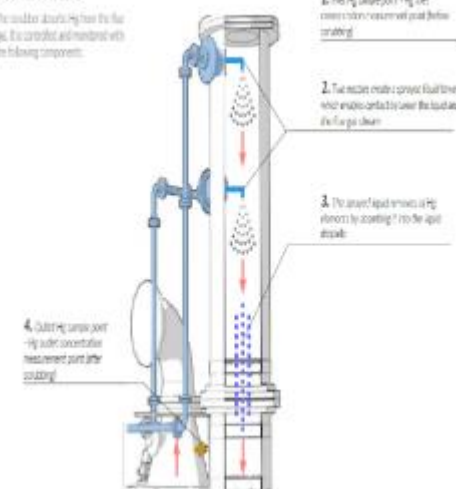
Základní parametry

- 40" kontejner (12 x 2,35 x 6 m)
- Absorpce - souprůdný systém
- Připojovací body DN 350
- Horká voda 70-80°C (oplach odlučovače kapek, 1 cyklus cca. 300 l, množství 4 m³/h)

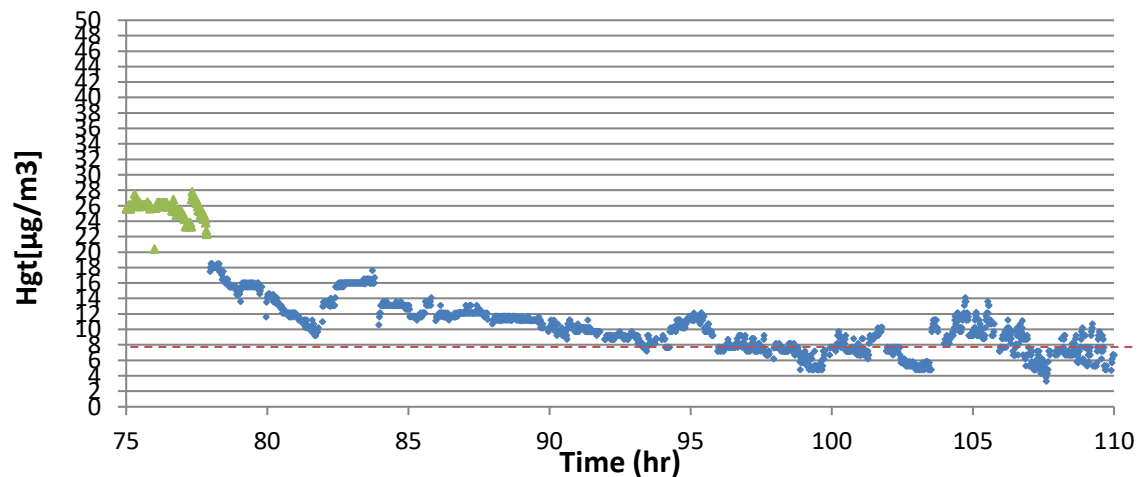


2.3.2 Wet Scrubber

The scrubber absorbs Hg from the flue gas. It is controlled and monitored with the following components:



C-HgR pilot CEZ 10-13\6



6. TECHNOLOGIE WONDERBED



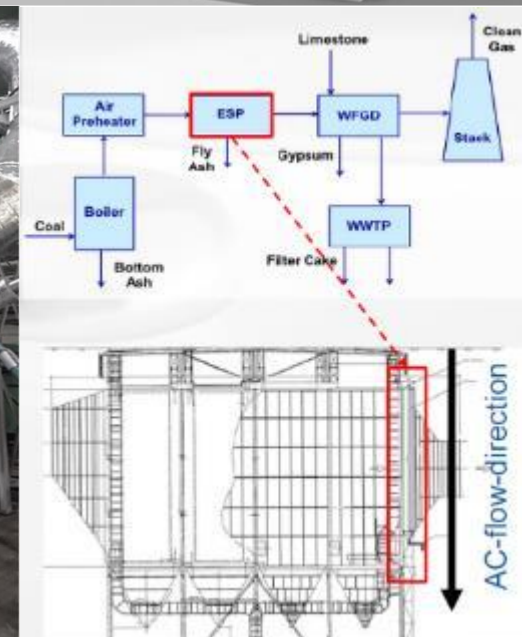
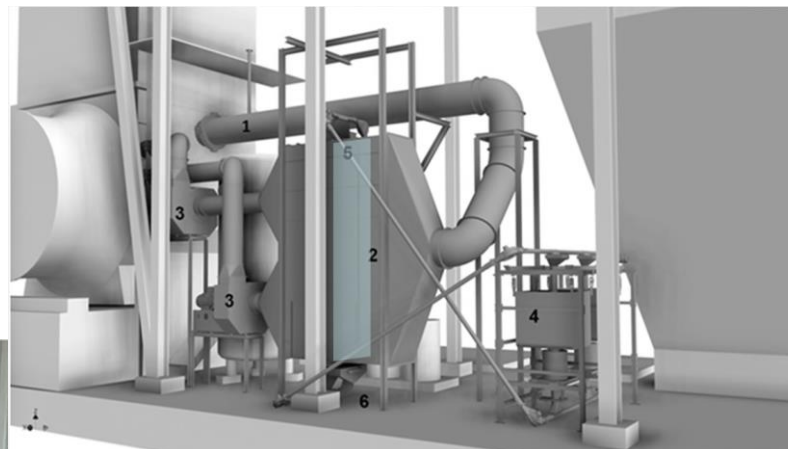
- Technologie vyvinutá společnostmi IEM Group a Steinmüller
- Od roku 04/2020 vývoj na elektrárně Schkopau (SRN)
- Od roku 2022 technicky připraveno pro full scale aplikaci

Parametry testovací jednotky

- Testovací jednotka max. 40.000 m³/h
- Možnost testování libovolných sorbentů

Parametry případné instalace

- Vysoká účinnost oxidace Hg > 90%
- K zachytu Hg dochází až v absorběru
- Nutnost separace části suspenze
- Nižší spotřeba AC, které je ve formě pelet
- Bez vlivu úletu TZL



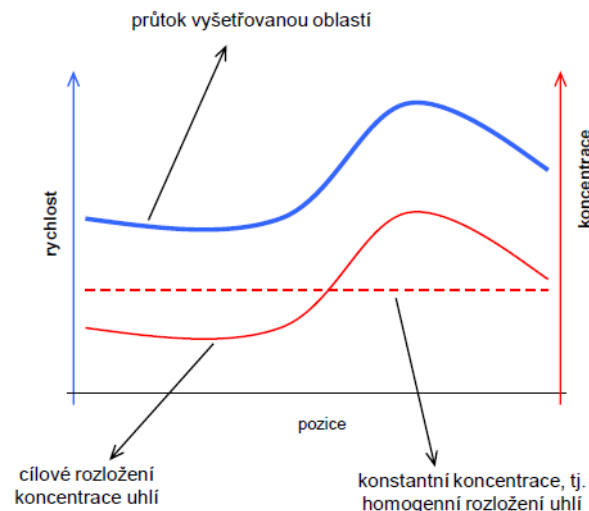
- Hlavním cílem je snížení znečišťujících látek do ovzduší a plnění limitů BAT
- Příprava smluvních zajištění ve vazbě na řízení o výjimkách
- Veškeré závěry deHg týmu, jenž se promítají do zajištění technického řešení jsou aktuálně silně ovlivněny segmentovou strategií jednotlivých zdrojů a postupného odklonu od uhlí
- Aktualizované detailní posouzení technicko-ekonomických variant pro všechny zatím nerealizovatelné opatření na jednotlivých zdrojů
- Optimalizace provozních nákladů a maximální využití stávajících technologií



BACK-UP

Definice pojmů

- Je správné hodnotit rozptyl aktivního uhlí v oblasti pomocí hodnot koncentrace a jejího rozložení (na výstupu)?
- Další možností je hodnotit, zda rozložení aktivního uhlí v oblasti je trendově podobné rychlostnímu rozložení (průtoku) ve sledované oblasti.
 - Pro snazší a přehlednější práci dělíme výstup na 8x8 dílčích oblastí;
 - 0,5 m x 0,5 m
 - V každé oblasti vyhodnocujeme průtok spalin a průtočnou koncentraci;
 - Zobrazujeme rozložení poměrů veličin (v procentech);
 - Zobrazujeme rozdíl rozložení poměrů veličin
 - Ukazuje, kde chybí nebo přebývá
 - Počítáme korelační faktor rozložení průtoku spalin a průtočné koncentrace
 - Jde o Pearsonův korelační koeficient
 - Cílem je přiblížit se ideální hodnotě +1.
 - Kde je hodně spalin, je i hodně uhlí a opačně.
 - Hodnoty kolem 0 znamenají nezávislost rozložení
 - Hodnoty blíží se -1 znamenají nevhodnou situaci
 - Kde je hodně spalin, je málo uhlí a opačně



Příklad

Korelační faktor = 0.668

1,8	2,0	1,9	1,8	1,9	2,0	1,9	1,8
1,8	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	1,9
1,6	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,7
1,5	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,5	1,4
1,2	1,4	1,4	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
1,1	1,2	1,2	1,1	1,0	0,9	0,7	0,6
1,4	1,5	1,3	1,3	1,6	1,3	0,9	0,8
1,8	1,9	1,8	1,9	2,0	1,8	1,5	1,6

Rozložení
poměru průtoku
spalin [%]

3,0	1,6	2,6	2,5	2,2	2,9	2,2	1,7
1,8	1,5	1,8	1,2	1,8	2,6	2,2	1,9
1,6	2,3	2,5	1,9	2,0	1,5	0,8	1,5
1,2	1,8	2,4	1,6	1,4	1,1	0,9	1,3
0,8	1,1	1,6	1,4	1,2	1,2	0,9	1,0
1,1	1,3	1,3	1,3	1,3	1,0	0,7	0,8
1,6	1,7	1,6	1,4	1,6	1,0	0,9	0,8
1,3	1,2	1,8	1,7	1,4	2,0	1,8	0,9

Rozložení
poměru průtoku
uhlí [%]

1,3	-0,4	0,7	0,7	0,2	0,9	0,3	-0,1
0,1	-0,5	-0,2	-0,8	-0,2	0,5	0,1	0,1
0,0	0,5	0,7	0,0	0,0	-0,4	-1,1	-0,2
-0,3	0,2	0,6	0,0	-0,2	-0,5	-0,6	-0,1
-0,5	-0,3	0,1	0,1	0,0	0,1	-0,1	0,0
0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,0	0,1
0,2	0,2	0,3	0,1	0,1	-0,3	0,0	0,0
-0,4	-0,7	0,0	-0,2	-0,6	0,2	0,2	-0,7

Rozdíl
rozložení
spalin a uhlí

Kladné hodnoty: uhlí přebývá

Záporné hodnoty: uhlí se schází

CFD MODELACE INSTALACE DÁVKOVACÍCH KOPÍ

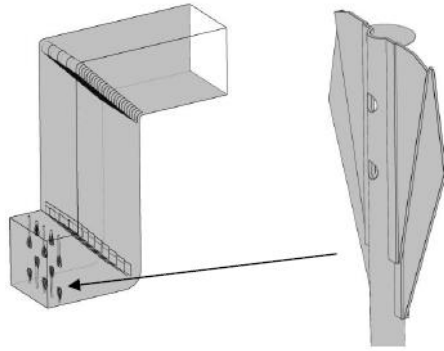


Výsledky nejlepší varianty z druhé sady

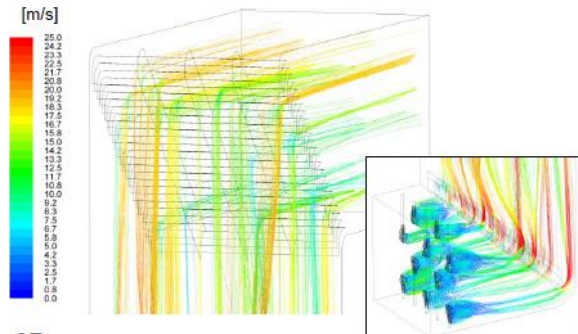
• Proudová situace

VARIANTA 21 - PRAVÁ

• Geometrie

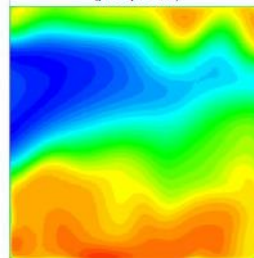


Proudnice ze sond obarvené podle rychlosti



Rychlosti [m/s]

Kontura v řezu 1m před sondami (proti proudu)

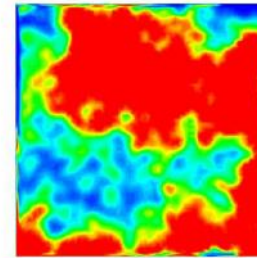
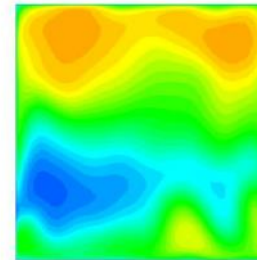
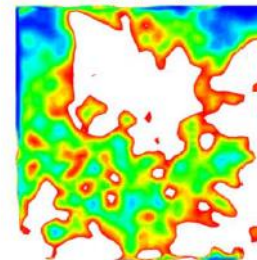


Hmotnostní koncentrace [kg/m³]

Rychlost [m/s]

Průtočná koncentrace [kg/s.m²]

Kontury na výstupu (po proudu)



• Analýza částic

Korelační faktor = 0,515

Rozdíl rozložení spalín a uhlí

-1,8	-0,8	0,5	-0,2	-0,9	-1,4	-1,9	-1,7
-1,6	-1,1	1,4	0,7	-0,1	-0,3	-1,1	1,2
-1,2	-0,4	0,8	1,0	0,6	0,7	0,4	0,4
-0,8	-0,3	0,0	0,2	0,6	0,2	0,3	0,8
-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	0,1	-0,2	-0,5	0,6
-0,2	-0,1	-0,2	-0,3	-0,2	-0,4	-0,1	1,8
0,4	-0,1	-0,2	-0,4	-0,5	-0,1	0,1	2,0
1,3	0,3	0,6	-0,2	-0,2	2,2	0,0	1,5

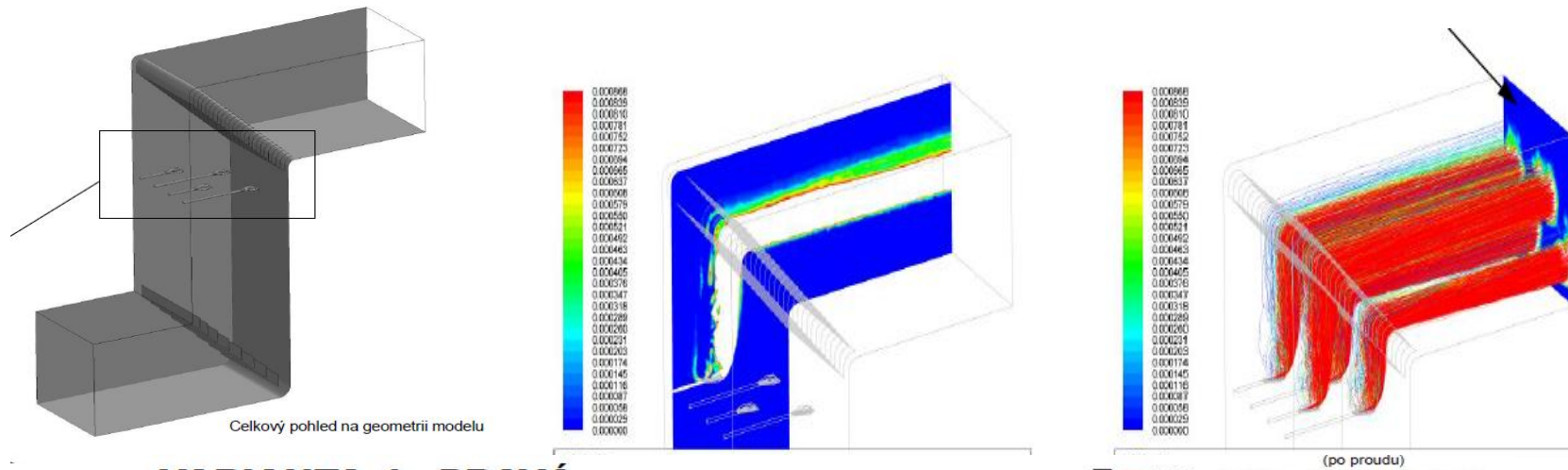
Rozložení poměru průtoku spalín [%]

2,1	2,4	2,4	2,2	2,2	2,3	2,3	2,1
2,2	2,5	2,4	2,2	2,1	2,2	2,5	2,2
2,0	2,3	2,1	1,9	1,8	1,8	2,1	2,0
1,4	1,6	1,6	1,5	1,5	1,6	1,8	1,7
0,9	0,8	1,0	1,0	1,1	1,2	1,4	1,3
0,6	0,5	0,6	0,7	0,9	0,9	0,9	1,2
0,7	0,5	0,7	0,8	1,3	1,6	1,0	1,6
1,3	1,0	1,2	1,3	1,6	1,9	1,6	1,8

Rozložení poměru průtoku uhlí [%]

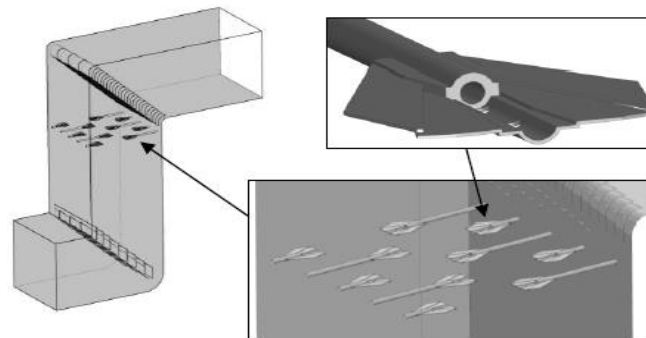
0,3	1,6	2,9	2,0	1,3	0,9	0,4	0,4
0,6	1,4	3,7	3,0	2,0	1,9	1,4	3,4
0,8	1,9	2,9	2,9	2,4	2,5	2,5	2,3
0,6	1,3	1,6	1,7	2,1	1,7	2,1	2,5
0,6	0,5	0,7	0,7	1,2	1,0	0,9	1,9
0,4	0,3	0,4	0,4	0,7	0,6	0,8	3,0
1,1	0,4	0,4	0,4	0,8	1,5	1,1	3,7
2,7	1,4	1,7	1,1	1,4	4,1	1,6	3,2

CFD MODELACE ROZPTYLU AC PO PRŮŘEZU V KANÁLU (ZČU PLZEŇ)



VARIANTA 4 - PRAVÁ

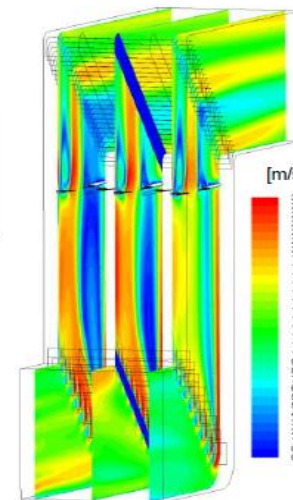
• Geometrie



Proudnice ze sond obarvené podle rychlosti

[m/s]

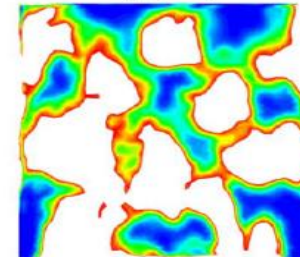
25.0



Rychlosti [m/s]

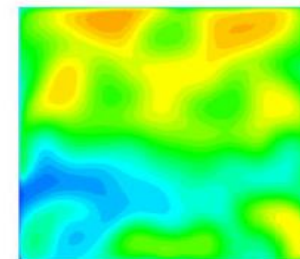
Hmotnostní koncentrace [kg/m³]

0.000000
0.000001
0.000002
0.000003
0.000004
0.000005
0.000006
0.000007
0.000008
0.000009
0.000010
0.000011
0.000012
0.000013
0.000014
0.000015
0.000016
0.000017
0.000018
0.000019
0.000020
0.000021
0.000022
0.000023
0.000024
0.000025
0.000026
0.000027
0.000028
0.000029
0.000030
0.000031
0.000032
0.000033
0.000034
0.000035
0.000036
0.000037
0.000038
0.000039
0.000040
0.000041
0.000042
0.000043
0.000044
0.000045
0.000046
0.000047
0.000048
0.000049
0.000050
0.000051
0.000052
0.000053
0.000054
0.000055
0.000056
0.000057
0.000058
0.000059
0.000060



Rychlost [m/s]

0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
7.5
8.0
8.5
9.0
9.5
10.0
10.5
11.0
11.5
12.0
12.5
13.0
13.5
14.0
14.5
15.0
15.5
16.0
16.5
17.0
17.5
18.0
18.5
19.0
19.5
20.0
20.5
21.0
21.5
22.0
22.5
23.0
23.5
24.0
24.5
25.0

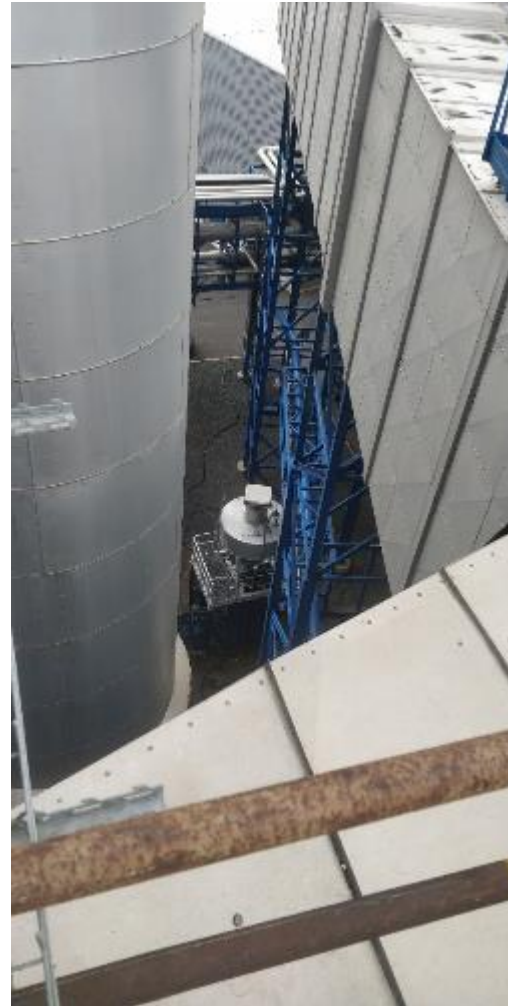




FOTOGRAFIE TESTY EGT 2020



DÁVKOVÁNÍ AC – LEDVICE 2019



DÁVKOVÁNÍ AC - LEDVICE



DÁVKOVACÍ JEDNOTKA PRO ÚČELY ZKOUŠEK

- Rozsah dávkovaného množství 5 – 400 kg
- Kapacita zásobníku 5 m³
- Plně automatické zařízení
- Využití trysek COBRAII (patentově chráněné)
- Univerzálně použitelné pro všechny zdroje skupiny ČEZ

