

14. BIENÁLNÍ KONFERENCE CZWA
22.–24. ZÁŘÍ 2021 LITOMYŠL



**Hospodaření s čistírenskými kaly jako příspěvek
k dosažení cílů uhlíkové neutrality**

Miroslav Kos



- ✓ Cílem přednášky je hledat způsoby jak naplnit to, co je politicky požadováno, rozhodně není cílem potvrdit racionální podstatu problému. Nejsem expert na emise CO₂, ale musím vyslovit značné pochybnosti.
- ✓ Současná klimatická teorie odporuje známým faktům o změnách klimatu na Zemi v uplynulých tisíciletích
- ✓ Dopadající sluneční záření je nejvíce pohlcováno vodní párou. Dopouštíme se hrubého ignorování skutečnosti, vliv vodní páry na absorpci energie tepelného záření je řádově větší než CO₂, o čemž klimatičtí alarmisté mlčí
- ✓ Atmosféra obsahuje řádově (0,04 %) 400 ppm oxidu uhličitého, ale až 3 % (30 000) ppm vodní páry při zemi. Ignorovat tuto skutečnost skutečně nelze. Vliv vodní páry na absorpci infračerveného záření je řádově stokrát větší než vliv CO₂. Přesto se tvrdí, že zvýšení koncentrace CO₂ ze 200 ppm na asi 400 ppm za dobu průmyslové éry, spalováním fosilních paliv, má rozhodující vliv na vzestup teplot. Ve skutečnosti ale více jak 90 % absorpce infračerveného spektra obstará vodní pára.
- ✓ Teorie klimatické změny způsobené činností člověka, a to v důsledku růstu koncentrace kyslíčnicku uhličitého v atmosféře, ignoruje fyzikální realitu, neuvažuje přirozené cykly vývoje klimatu a vše se snaží svést na činnost člověka.
- ✓ Protokol IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) rozděluje uhlík na fosilní a biogenní, ale zcela ignoruje, že fosilní emise CO₂ se nepohybují v uzavřeném cyklu, ale trvale jsou převáděny na do tzv. krátkého uhlíkového cyklu (biogenní uhlík). Jediným vhodným opatřením je proto rozšiřovat zeleň.
- ✓ V důsledku předešlého jsou současná opatření proti růstu koncentrace CO₂ v atmosféře iracionální a nepovedou k očekávaným výsledkům. Již tu kdosi chtěl poroučet větru a dešti. Neuspěl a stejně dopadnou i dnešní apologeti klimatického alarmismu.

1. Úvod – aktuální strategie v oblasti uhlíkové neutrality
2. Uhlíková stopa – stručná metodika
3. Kaly a uhlíková stopa
4. Budoucnost zpracování čistírenských kalů
5. Druhy emisí při zpracování kalů z hlediska uhlíkové stopy
6. Sekvestrace uhlíku a chytré zpracování kalů pomocí obnovitelné energie
7. Závěry



Evropská komise přijala na počátku roku 2021 novou **Strategii Evropské unie pro přizpůsobení se změně klimatu**. Nová strategie stanovuje, jak se EU může přizpůsobit nevyhnutelným dopadům změny klimatu a stát se odolnou vůči změně klimatu **do roku 2050**.

ČR řeší povinnost zapracování do národní legislativy vydáním **Strategického rámce cirkulární ekonomiky České republiky 2040** (MŽP 2021).

Protokol IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) stanovil, že **uhlík v odpadních vodách biogenní, a tudíž emise CO₂ z odstraňování (oxidace) organických látek jsou považovány za uhlíkově neutrální** a jsou z hodnocení CF vyloučeny.

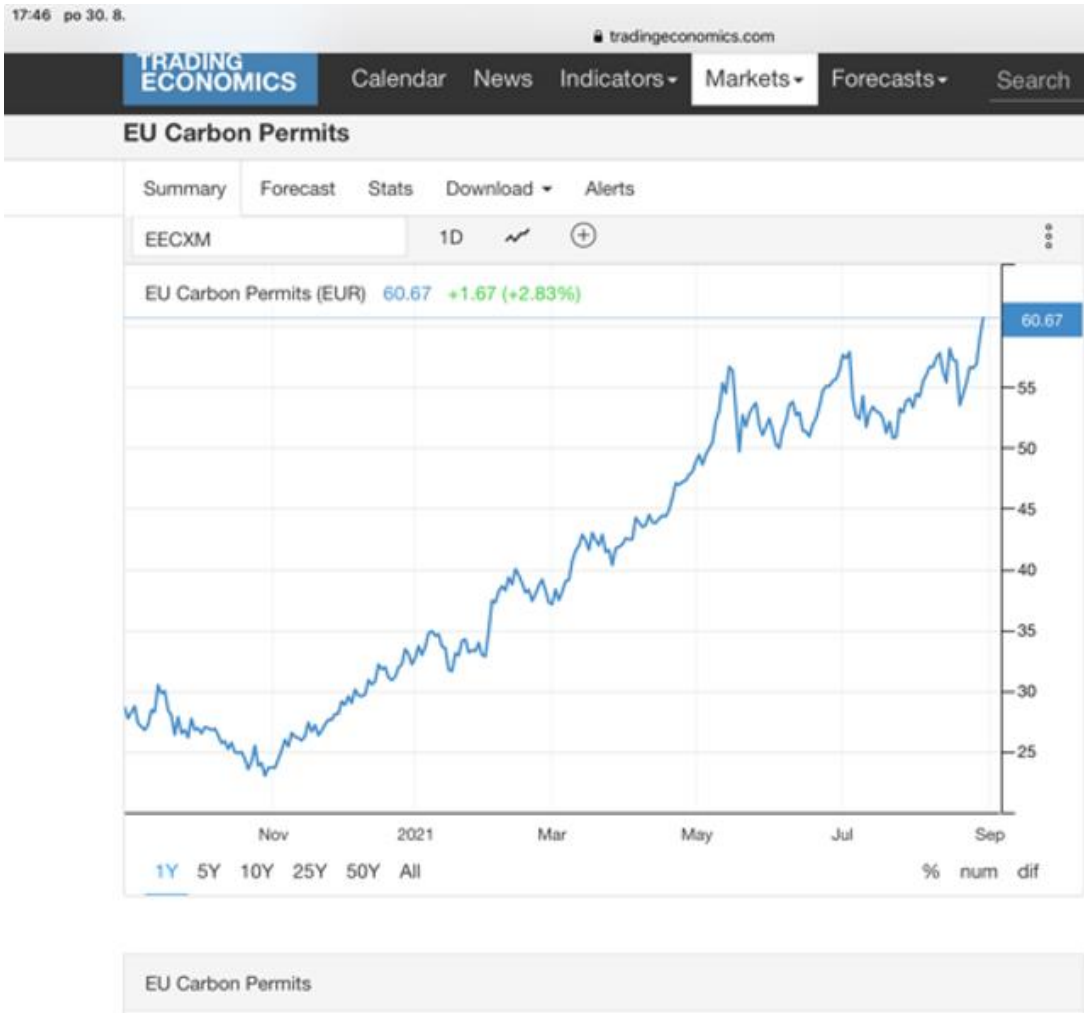
K naplnění ambiciózního cíle se logicky týká i odvětví vodního hospodářství, zvláště pak čistírny odpadních vod (ČOV), které jsou významným přímým producentem skleníkových plynů (CO₂, CH₄, N₂O), ale také velkým nepřímým producentem jako spotřebitel elektrické a tepelné energie.

Uhlíková stopa (CF) ČOV proto musí být nedílnou součástí všech plánů budoucího rozvoje a řešení. Je vypracována řada modelů výpočtu CF pro ČOV, které zahrnují čištění odpadních vod, zpracování a likvidaci kalů. EUREAU zaujala stanovisko v červnu 2021, jehož cílem je uhlíková neutralita především u ČOV, a to významně prostřednictvím kalového hospodářství.



Kal – zdroj energie - biomasa

Vývoj ceny emisních povolenek – hnací síla nebo šílenství?



Hnědé uhlí - výhřevnost cca 10 MJ/kg suš.

Sušina vyhnílého kalu – výhřevnost cca 10 MJ/kg suš

Produkce CO₂ při spálení hnědého uhlí – 0,4 kg CO₂eq/kWh
0,11 kg CO₂eq/MJ
0,11 t CO₂eq/GJ

1 t sušiny kalu = 10 GJ = 1,1 t CO₂eq = 60 €

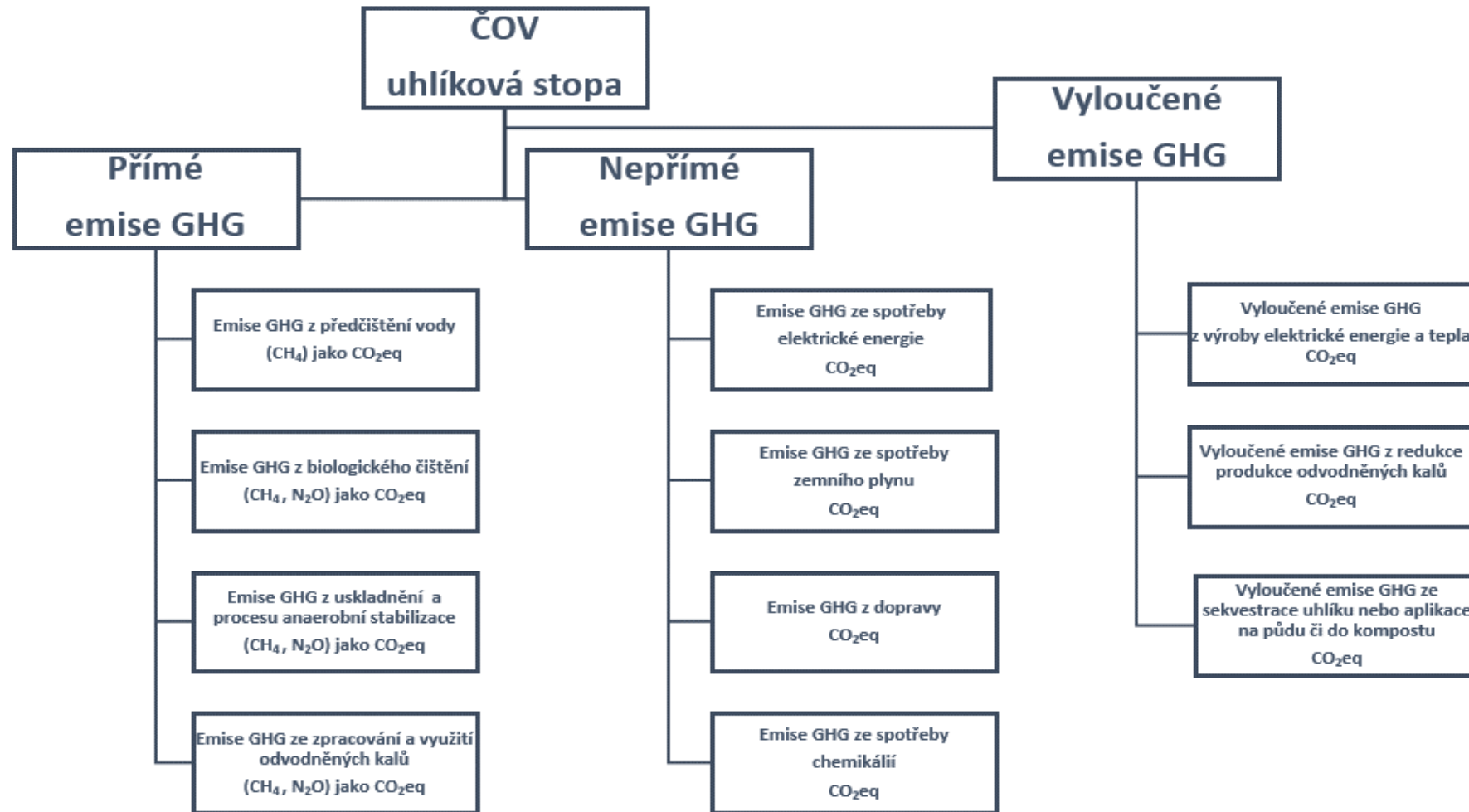
1 t sušiny kalu = 10 GJ = cena výhřevnosti min. 2000 Kč

1 t odvodněného kalu (20 %) = 700 Kč

- Emise CO₂ mohou pocházet buď z fosilního, nebo biogenního původu.
- Biogenní emise CO₂ patří do tzv. krátkého uhlíkového cyklu. Podílejí se na fotosyntéze nebo tepelných nebo biologických způsobech oxidace, takže emitovaný biogenní CO₂ je rychle začleněn do uhlíkového cyklu. Proto biogenní emise nejsou v národních protokolech brány v úvahu, protože jsou (podle konvence) považovány za „uhlíkově neutrální“.
- Fosilní emise CO₂ pocházejí ze spalování uhlovodíků, které byly uloženy na Zemi před miliony let, patří do dlouhého uhlíkového cyklu. Potenciál globálního oteplování (GWP) je relativní měřítko toho, kolik tepla zachycuje GHG v atmosféře během určitého časového intervalu, obvykle za 100 let. Množství každého plynu se poté převede na emisní faktor vyjádřený jako ekvivalent CO₂ (CO₂eq) podle jejich potenciálu globálního oteplování (GWP) (tabulka)
- Existuje celá řada metodik výpočtu uhlíkové stopy, ale obvykle se berou v úvahu tři typy emisí: přímé, nepřímé a emise, jejichž vzniku bylo zabráněno (vyloučené emise).
- Přímé emise jsou přímo produkovány procesem nebo posuzovanou činností (např. emise CO₂ v důsledku spalování fosilního paliva).
- Nepřímé emise jsou produkovány procesy nezbytnými k zajištění aktivity nebo procesu, ale nejsou přímo generovány procesem (např. emise CO₂ během přepravy kalu, spotřeba elektrické energie).
- Vyloučené emise - pokud se produkty (média) nepoužívají a jsou nahrazeny recyklovatelnými produkty či výrobky (teplo, elektřina, hnojivo...), generují se pro výpočet CF emise, kterým bylo zabráněno vzniknout.

GHG plyny související s provozem ČOV a jejich GWP za 100 let (IPCC, 2006)

Plyn (GHG)	Vzorec	GWP za 100 let
Oxid uhličitý	CO ₂	1
Methan	CH ₄	25
Oxid dusný	N ₂ O	298



Kalové hospodářství ČOV je velmi specifickou činností, na kterou se při přechodu ČOV na oběhové hospodářství soustřeďuje větší zájem než na optimalizaci vodní linky

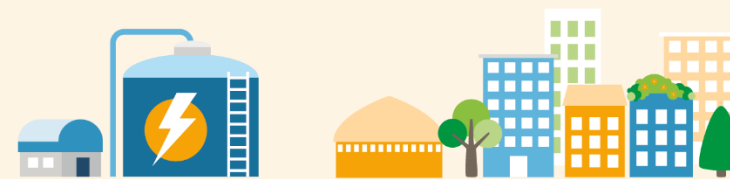
Zpracování kalu na ČOV zahrnuje vysoce energeticky náročné procesy, které představují přibližně 40 % emisí GHG z ČOV a 50 % ročních provozních nákladů na ČOV

Hnací silou využití kalů ke snížení CF pomocí vyloučení emisí je skutečnost, že uhlík v kalech je považován za biogenní, obnovitelný. Je tedy logické se orientovat na využití energie obsažené v kalech k výrobě energie a tepla a zároveň redukovat emise metanu a oxidu dusného.

Energetický potenciál kalu představuje specifická produkce kalového plynu na 1 kg organických látek přivedených do vyhnívací nádrže cca 0,48 m³/kg org. suš. (cca 20 až 25 l/EO120.d) a výhřevnost sušiny kalu po anaerobní stabilizaci cca 10–12 MJ/kg. suš.).

ČOV jsou velkým spotřebitelem elektrické a tepelné energie, proto produkce energií z kalů může být bez problémů využita přímo na ČOV, a tak významně může redukovat nepřímé emise GHG. Využít lze termickou oxidaci nebo termochemické procesy, které poskytují tepelnou energii, která může být využita např. k sušení kalů

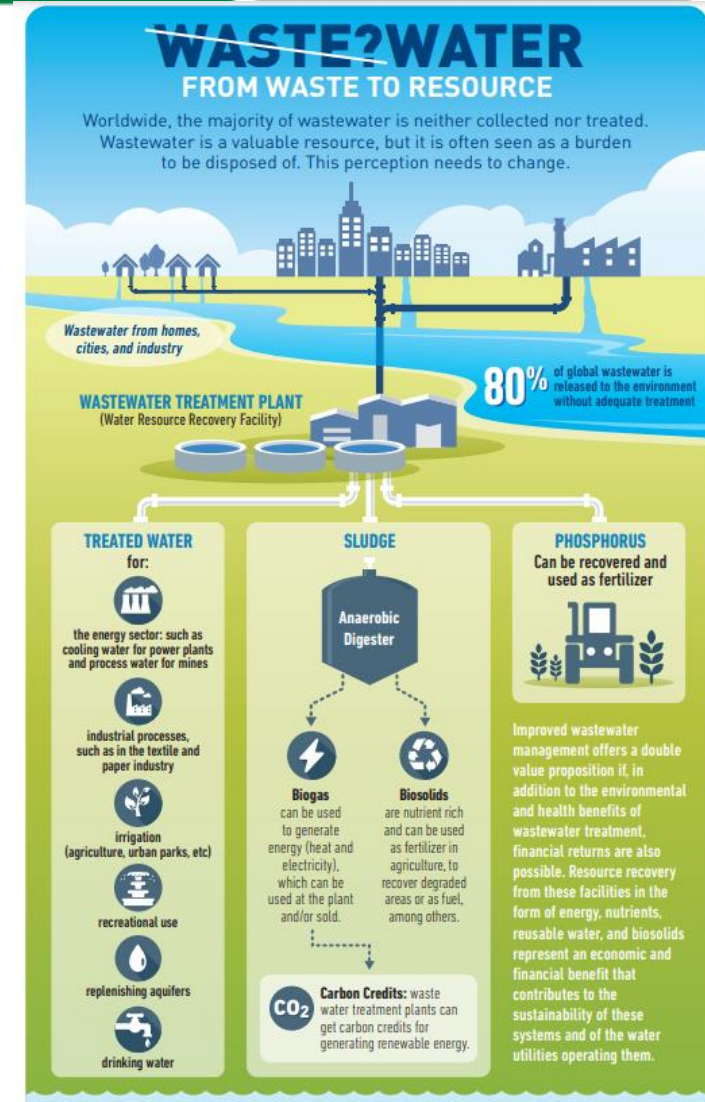
Mitigation in the urban water sector does not have to be expensive. A smart wastewater treatment plant can reduce a utility's energy costs, or even generate its own energy from biogas.



<https://wacclim.org/>

V této souvislosti mezi hlavními environmentálními a ekonomickými cíli, které bude muset kalové hospodářství sledovat, lze uvést tyto cíle:

1. Přeměnit nežádoucí složky na méně nebezpečné látky nebo je zcela odstranit – termické procesy;
2. Získat energii/hmotu z čistírenského kalu do formy meziprojektu nebo finálního produktu a maximálně využít skutečnosti, že se jedná o biogenní uhlík – intenzifikace produkce bioplynu, hydrolýza kalů, kogenerace, termické procesy, využití odpadního tepla;
3. Snížit nebo zcela odstranit vodu obsaženou v odvodněném kalu, což povede k nižším následným nákladům na zpracování, manipulaci a přepravu kalů ve srovnání se současností – optimalizace odvodňování, pomocí hydrolýzy kalů;
4. Použít technologie s nízkou spotřebou tepelné a elektrické energie, které je reálně možné využít jako příspěvek pro přizpůsobení se změně klimatu a pro dosažení uhlíkové neutrality – solární technologie.



Přímé emise v souvislosti s čištěním odpadních vod a zpracováním kalů (jde o započitatelné emise, nikoliv nezapočitatelné!)

Proces	Typ emise	Rozměr	Emisní faktor
Aktivační proces – oxidace CHSK	CO ₂ eq N ₂ O	kg/kg ΔCHSK	0,08
Statické zahušťování kalu – anaerobní podmínky	CH ₄	kg/t sušiny kalu	0,04
Uskladnění kalu	CH ₄	kg/kg BSK ₅	0,12-0,40
Anaerobní stabilizace kalu	CH ₄	kg/t sušiny kalu	0,18
Kompostování kalu	CH ₄	kg/t kalu	2,9
	N ₂ O		0,4
Aplikace na půdu – zahuštěný tekutý kal	N ₂ O	kg/t kalu	0,029
Aplikace na půdu – vápněný kal	N ₂ O	kg/t kalu	0,05
Aplikace na půdu – kompostovaný kal	N ₂ O	kg/t kalu	0,05
Spalování bioplynu v kogenerační jednotce	CO ₂ eq (CH ₄ + N ₂ O)	kg/kWh _e	0,1-0,4
Spolu-spalování kalu	CO ₂	kg/t sušiny kalu	390
	N ₂ O		0,092
Skládkování kalu bez zachycování plynu	CH ₄	Kg/t C	C*0,43

V této souvislosti je potřeba upozornit na dilema kompostování. Přesto, že je tento proces prezentován jako aerobní, celá řada naměřených údajů o produkci GHG při kompostování je zarážející. Zřejmě nejsou dodržovány provozní podmínky, v první fázi založení kompostů s čistírenskými kaly je registrována silná produkce N₂O, průběžně pak obvykle roste produkce CH₄. Je zajímavé, že vermikompostování má vyšší CF než klasické kompostování.

Porovnání uhlíkové stopy využití bioplynu v kogenerační jednotce a vyrobeného biometanu ukazuje, že využití v kogeneraci má nižší uhlíkovou stopu, kterou u biometanu zvyšuje především nepřímá produkce GHG vyplývající ze spotřeby elektrické energie při jeho výrobě (0,3-0,5 kWh/m³). Přechod na biomethan může obecně zlepšit kvalitu ovzduší a snížit emise skleníkových plynů (oproti naftě), ztráty metanu v odpadním plynu z výroby biometanu však mohou ovlivnit udržitelnost celého procesu. Studie JRC odhaduje úspory skleníkových plynů ve srovnání s fosilními palivy v EU až 240 % pro kogenerační využití bioplynu a až 202 % pro využití biometanu, v závislosti na surovinách a použité technologii.

Hodnoty emisních faktorů pro různé média v souvislosti se zpracováním kalů

Druh vstupu do procesu	Typ emise	Rozměr	Emisní faktor
Elektrická energie	CO ₂ eq	kg/kWh _e	0,484
Zemní plyn	CO ₂ eq	kg/kWh _t	0,198
Tepelná energie (dálkové teplo)	CO ₂ eq	kg/kWh _t	0,232
Hnědé uhlí	CO ₂ eq	kg/kWh	0,40
Motorová nafta	CO ₂ eq	kg/l	2,79
Voda pitná veřejné sítě	CO ₂ eq	kg/m ³	0,38
Voda balená	CO ₂ eq	kg/m ³	120,0
Polymer	CO ₂ eq	kg/kg	4,25
FeCl ₃ (40 %)	CO ₂ eq	kg/kg	0,18
Vápno	CO ₂ eq	kg/kg	1,04
Aktivní uhlí	CO ₂ eq	kg/kg	2,6 – 6,0

Navrhované řešení spočívá ve dvou technologických krocích:

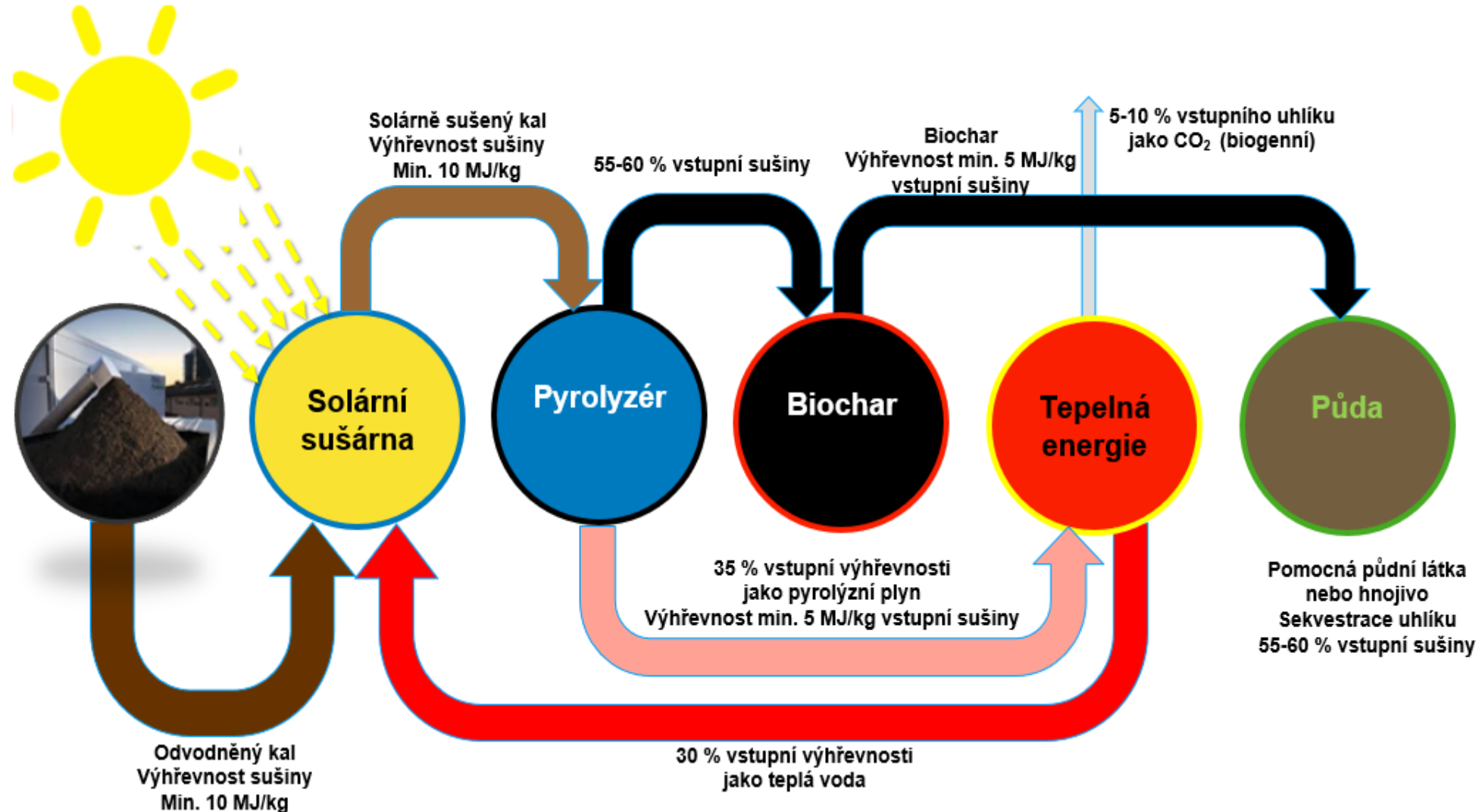
- 1) Solární sušení odvodněného kalu s využitím odpadního tepla,
- 2) Pomalá pyrolýza solárně sušeného kalu.

Hlavní důvody kombinace těchto procesů:

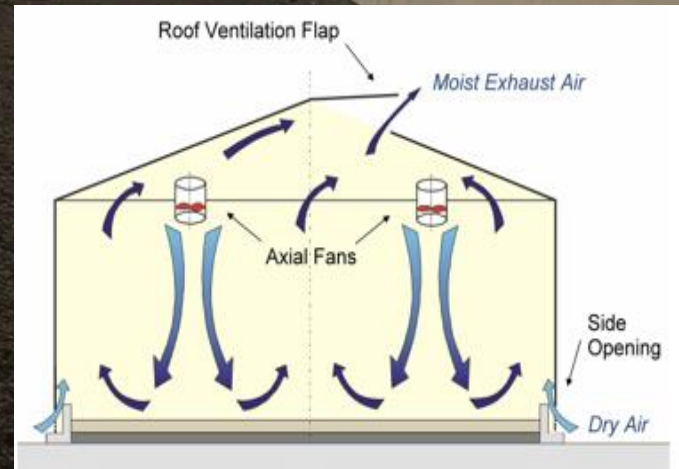
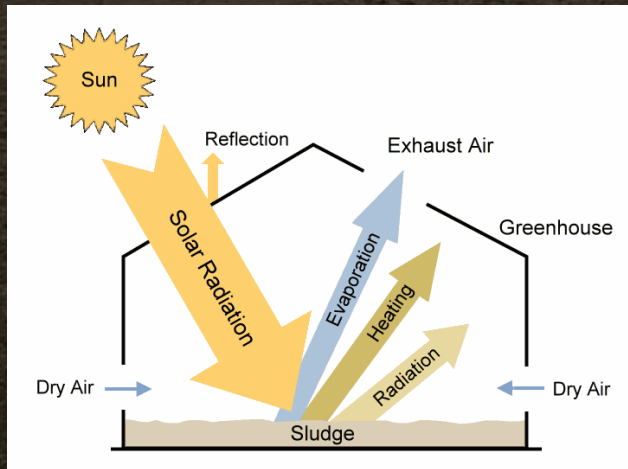
- solární sušení – redukuje náklady na sušení kalu, přičemž umožňuje využití odpadního tepla z pyrolýzy k podpoře solárního sušení,
- pyrolýza je energeticky pozitivní proces, který navíc převádí uhlík obsažený v kalu na uhlík ve stabilní formě jako biochar, akumuluje v něm také deficitní fosfor, biochar má zároveň řadu pozitivních vlivů na půdu, teplo z pyrolýzního plynu zabezpečuje pyrolýzní proces a je také využitelné k podpoře solárního sušení. Biochar aplikovaný na půdu zajišťuje efektivní a dlouhodobé bezemisní uložení uhlíku.

Výsledek – více než 50 % uhlíku z kalu je přeměněno na stabilní formu biocharu při velmi nízké spotřebě elektrické energie, emise oproti využití v kompostu nebo na půdě jsou nulové. Uhlíková stopa spočívá ve spotřebě elektrické energie solární sušárnou a pyrolýzér. Emisní faktor solární sušárny zpracovávající odvodněný kal z 20 % sušiny na cca 80 % sušiny vyplývá z energetické náročnosti cca 35 kWh_e/t odpařené vody, což je cca 0,013 kg CO₂eq/kg odvodněného kalu. Srovnáme-li solární sušení s nízkoteplotním sušením pro stejné parametry sušení a pro specifickou spotřebu elektrické energie 90 kWh_e/t odpařené vody a tepla cca 900 kWh_t/t odpařené vody, dospějeme u nízkoteplotní sušárny k emisnímu faktoru 0,157 kg CO₂eq/kg odvodněného kalu, který je cca 12 x vyšší než při solárním sušení.

Uhlíkově negativní technologie pro čistírenské kaly kombinující solární sušení a pyrolýzu s minimální uhlíkovou stopou



- Řešení je zatím v ČR zcela nové, realizace jsou pouze v zahraničí.
- Nespornou výhodou solárního sušení je využití energie ze slunce a tím velmi nízké provozní náklady. Solární sušárny mají nízkou spotřebu elektrické energie než nízkoteplotní sušárny (0,020-0,030 proti 0,070–0,090 kWh/kg odpařené vody).
- Nevýhodou jsou velké nároky na zastavěnou plochu
- V úhrnu však jsou investiční náklady obdobné, avšak provozní náklady jsou u solární sušárny mnohonásobně nižší.
- Předpokládáme využití prefabrikace k realizaci základny haly a pojezdu prohrabovacího mechanismu. Solární sušárny s dotací vytápění z externího zdroje tepla je velmi zajímavou variantou pro naše klimatické podmínky.
- Na řadě lokalit je k dispozici odpadní teplo (přebytkový bioplyn, odpadní teplo z kogenerace), které může být použito k podpoře provozu solární sušárny a stabilizaci výkonu v málo slunných dnech.
- Jiným případem je kombinace solární sušárny s další technologií, která využije energetický obsah ve vysušeném kalu jako např. spalování kalu, nebo pyrolýza kalu. Lze také využít tepla získaného z tepelných čerpadel.



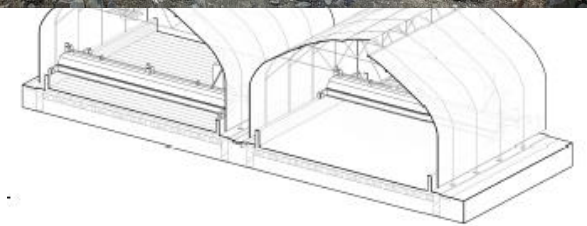
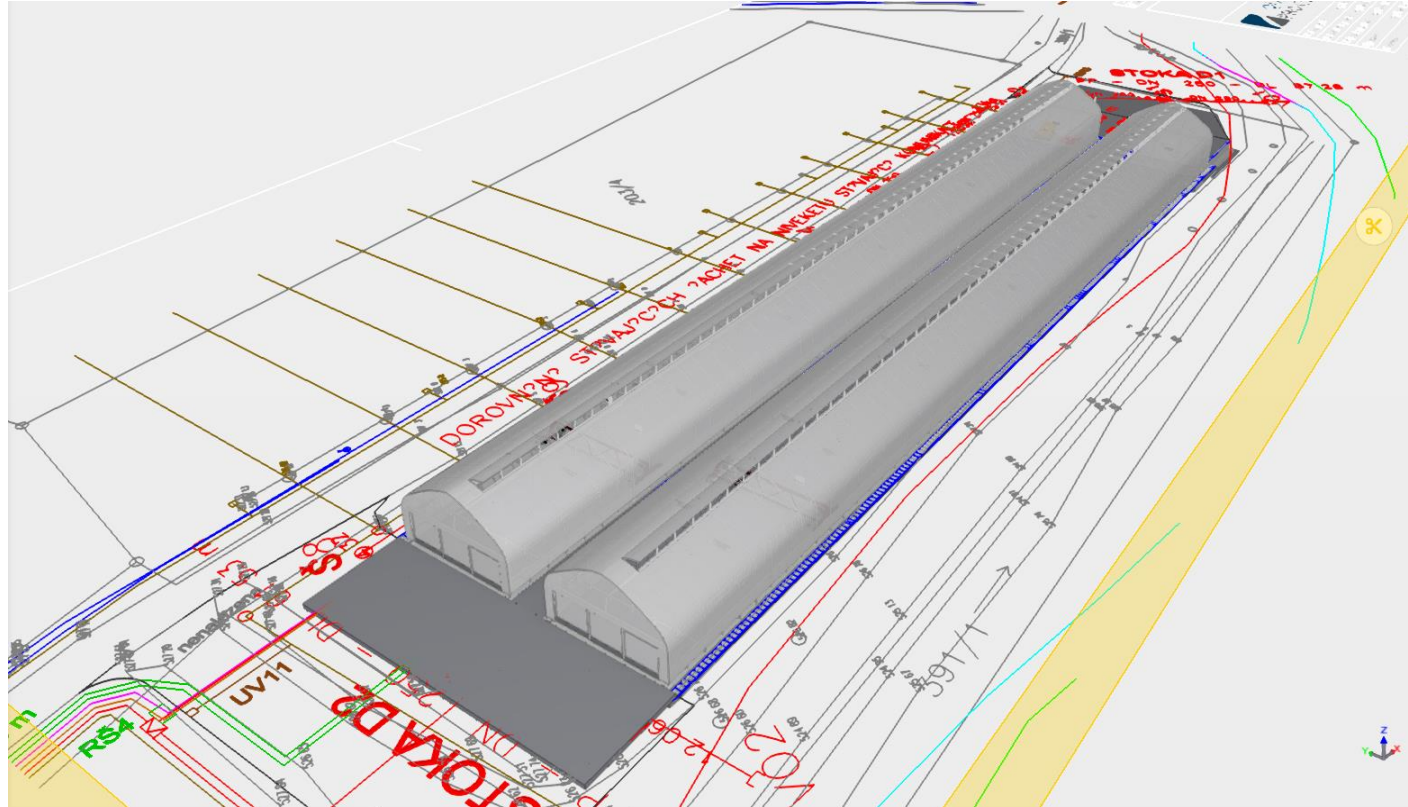
Solární sušárna čistírenských kalů

Největší solární sušárna na světě – Bottrop (Německo), I. etapa dokončena konec 2020



Sdružení vodohospodářských společností Emschergenossenschaft a Lippeverband se rozhodlo vybudovat pro své čistírny Emscher a Bottrop, ale i pro další jimi provozované ČOV, největší solární sušárnu kalů na světě na ploše 61 000 m². Solární sušárna se staví na ČOV Bottrop, která se nachází ve středu zájmového území. Sušárna bude moci zpracovat až 220 000 t odvodněných kalů tj. cca ¼ produkce odvodněných čistírenských kalů v ČR. Kaly bude sušit solární sušárna tvořená 32 ks solárních hal s nucenou ventilací a s recirkulačními ventilátory.

Počet hal sušáren	32
Celková plocha zařízení	61 000 m ²
Efektivní sušicí plocha	43 000 m ²
Biofiltry dezodorizace	8 500 m ²
Dopravní plochy	6 200 m ²
Hala logistiky kalů	2 500 m ²





Nízkoteplotní sušárna Přerov a energetické využití sušeného kalu





Děkuji za pozornost!