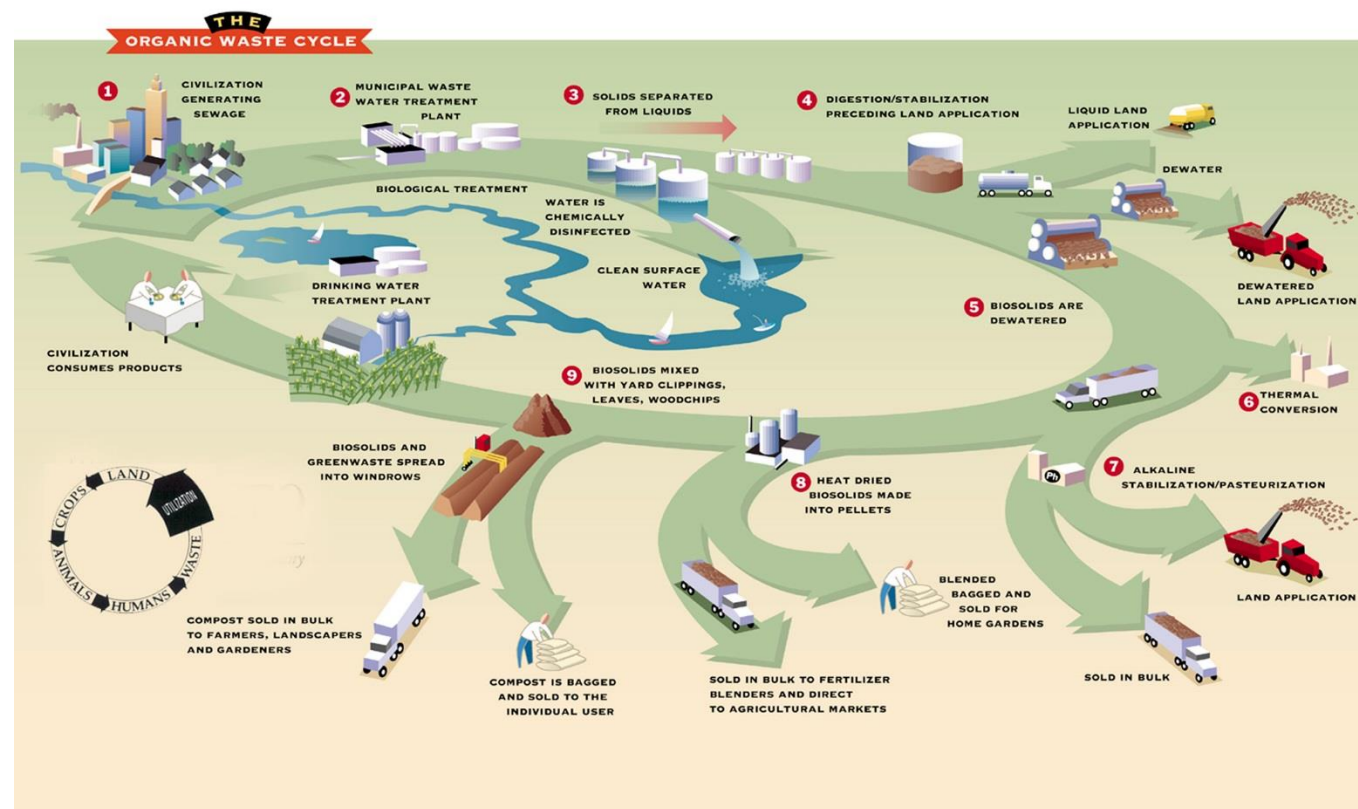


POUŽITÍ PYROLÝZY K PRODUKCI HNOJIVA Z ČISTÍRENSKÝCH KALŮ

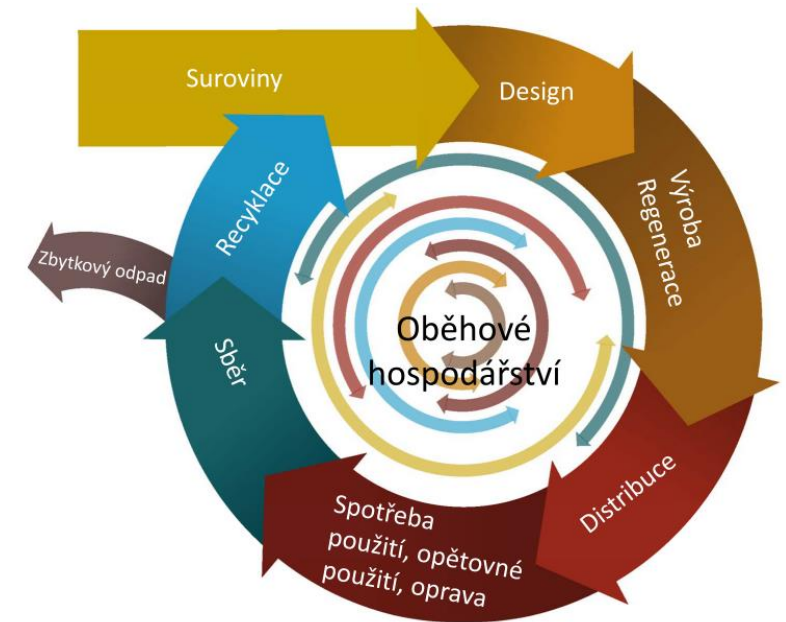
Miroslav Kos



- Postupné snižování dostupnosti skládek pro likvidaci pro biologicky rozložitelných odpadů
- Zvýšený odpor k zemědělskému využití ze strany místních zainteresovaných stran
- Podle nových návrhů evropských směrnic o využívání kalů na půdu a o hnojivech stále přísnější normy pro kovy, nově rozeznávané organické mikropolutanty a velmi přísné hygienické parametry
- Zvyšující se náklady na uložení skládce jako součást strategie zamezení jejich ukládání



- Odpadová politika EU se v souladu s přijatým návrhem akčního plánu orientuje proti ukládání odpadů a podporuje zabránění vzniku odpadů, jejich minimalizaci a recyklaci formou tzv. technologických úprav nebo také materiálové transformace.
- Základní opatření jsou směřována na směsný komunální odpad, kde je vyhlášen cíl recyklace 65 % komunálních odpadů (místo dříve obhajovaných 70 %)
- Řadu dopadů do budoucího vývoje oboru vodovodů a kanalizací (VaK). Z nich jsou nejdůležitější:
 - ✓ Recyklace (přímá i nepřímá) vyčištěné odpadní vody
 - ✓ Recyklace odpadní biomasy
 - ✓ Získávání kritických materiálů.



OUTLINE OF A CIRCULAR ECONOMY

PRINCIPLE

1

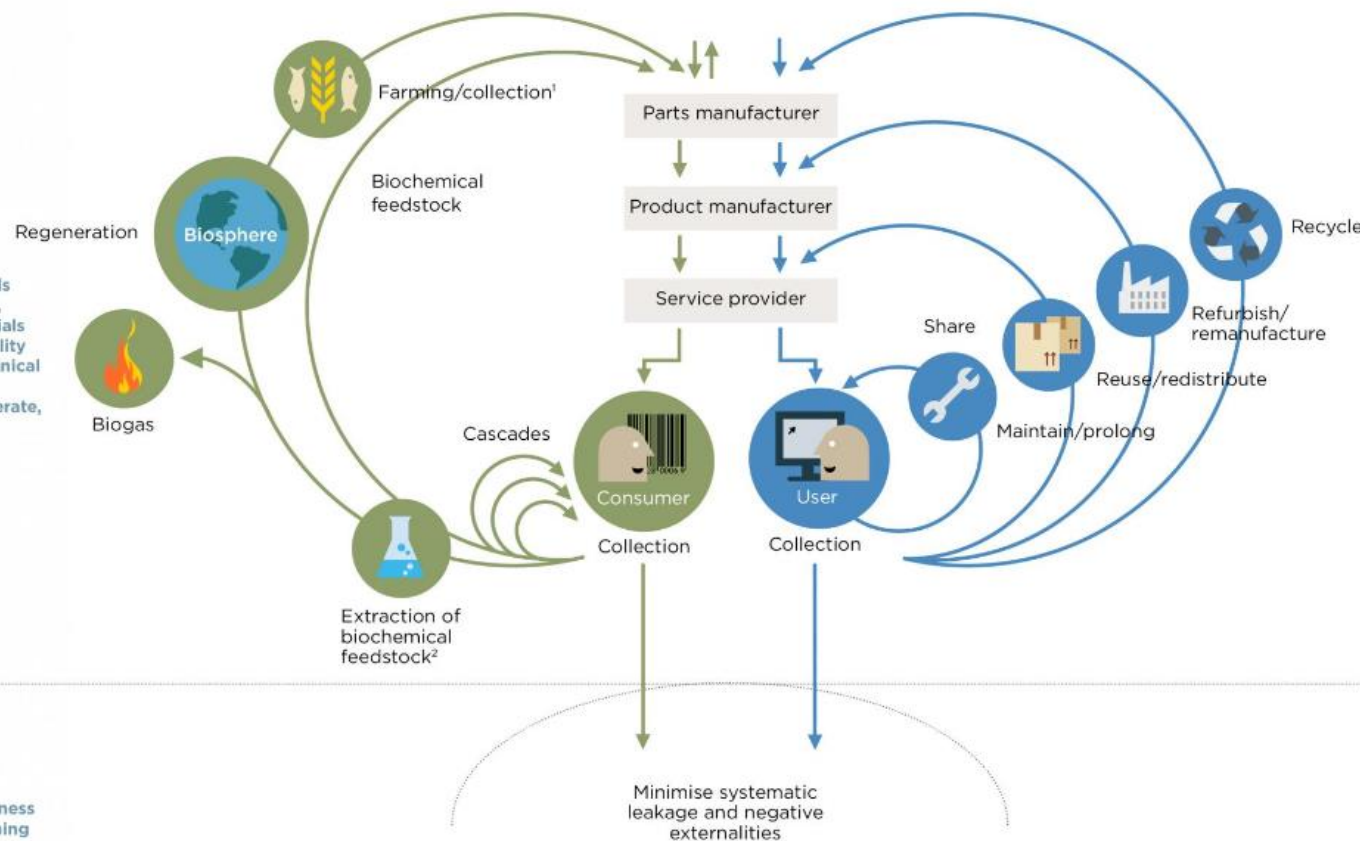
Preserve and enhance natural capital by controlling finite stocks and balancing renewable resource flows
ReSOLVE levers: regenerate, virtualise, exchange



PRINCIPLE

2

Optimise resource yields by circulating products, components and materials in use at the highest utility at all times in both technical and biological cycles
ReSOLVE levers: regenerate, share, optimise, loop



PRINCIPLE

3

Foster system effectiveness by revealing and designing out negative externalities
All ReSOLVE levers

1. Hunting and fishing
2. Can take both post-harvest and post-consumer waste as an input

Source: Ellen MacArthur Foundation, SUN, and McKinsey Center for Business and Environment; Drawing from Braungart & McDonough, Cradle to Cradle (C2C).

Circular Economy

2 základní směry

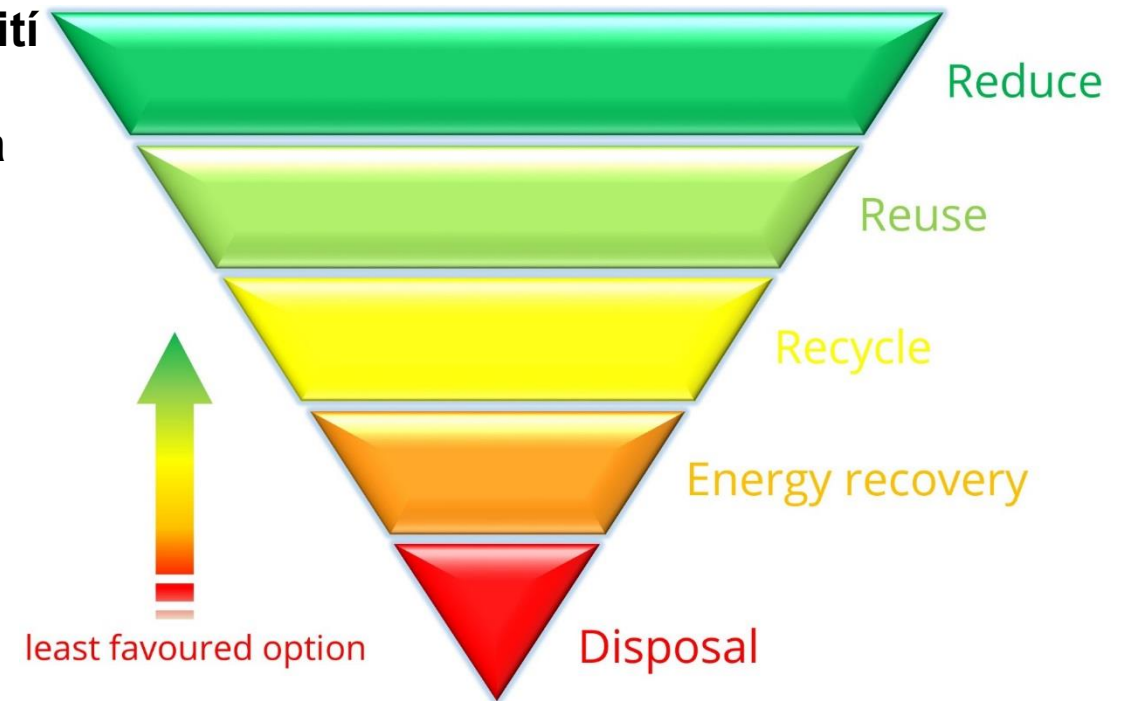
1. Zpětné využití materiálů (modrá zpětná cesta) **ENERGY RECOVERY + RECYCLE**
2. Biochemická nebo termochemická zpětná cesta (zelená zpětná cesta) – stojí výše než modrá cesta – **REUSE + REDUCE**
 - Modrá cesta nastartovala již dříve a je více popularizována,
 - Více významná je cesta biochemická cesta umožňující i regeneraci biosféry.

§ 6

Stav, kdy odpad přestává být odpadem

(3) Krajský úřad na žádost provozovatele zařízení k využití odpadů vydá povolení, že věc přestává být odpadem, pokud se nejedná o vymezený odpad podle odstavce 1 a provozovatel zařízení prokáže, že věc splňuje tyto podmínky:

- a) věc se běžně **využívá** ke konkrétním účelům,
- b) pro věc **existuje trh nebo poptávka**,
- c) věc **splňuje technické požadavky** pro konkrétní účely stanovené jinými právními předpisy nebo normami použitelnými na výrobky a
- d) využití, pro které je věc určena, je v souladu s jinými právními předpisy¹⁵⁾ a **nepovede k nepříznivým dopadům na životní prostředí nebo zdraví.**



- V samé podstatě procesu čištění je zachytit a odstranit z odpadních vod co nejvíce znečišťujících látek, které přináší odpadní vody
- Distribuce čistírenských kalů v současné podobě způsobuje škody na životním prostředí. Tato praxe musí být upravena (zakázána) a musí existovat snaha o přeorientování veškeré technologie zabývající se lidskými exkrementy a odpadními materiály z průmyslu a společnosti, které jsou odstraňovány přes veřejné kanalizace k bezpečnému nakládání.
- Přeorientování se musí soustředit na biologické a fyzikální technologie, která zajistí prevenci před znečištěním a recyklaci zdrojů na místě.
- Potřebujeme k tomu dostatečné legislativní nástroje, tedy novelu zákona o vodách, a teprve až následně zákona o odpadech a dalších nařízení. Čistírenský kal musí být zařazen mezi závadné látky podle §39.
- Existuje zde přirozený konflikt zájmů, historicky nastavený z doby kdy čistírenský kal měl zcela jiné složení a byly u něj definovány jiné hrozby, než tomu je v současnosti.

- Navazuje na Akční plán oběhového hospodářství, a který již Rada EU schválila 20. června 2016, přičemž jeho závazné přijetí se očekává ke konci tohoto roku
- Návrh revize směrnice EU o hnojivech (Reg. (EC) 2003/2003) a současné zavedení nové certifikace v oblasti hnojiv (17. 3. 2016)
- Sdělení komise EU Parlamentu a Radě COM (2016) 350 final o endokrinních disruptorech a předlohách aktů Komise, kterými se stanoví vědecká kritéria pro jejich určení v souvislosti s právními předpisy EU o přípravcích na ochranu rostlin a biocidních přípravcích (15. 6. 2016)
- Řada diskuzních fór na téma „Co přinese plánovaný zákaz skládkování v roce 2024“, co „Léčiva, drogy a PPCP ve vodách a kalech a možnosti jejich eliminace“ atd.



Současný stav hospodaření s kaly v ČR – že by změna? (znění z 11.7.2016)

- nový zákon o odpadech a o změně některých zákonů (zákon o odpadech)
 - Jasně podmínky aplikace pouze upraveného kalu
 - Poplatky i za technickou vrstvu skládek
 - Nelze kaly míchat !!
 - § 30 (1) Na skládky je od roku 2024 **zakázáno** ukládat odpady, jejichž výhřevnost v sušině je **vyšší než 6.5 MJ/kg**, odpady, které nesplní parametr biologické stability AT4 vymezený v příloze č. 9, a odpady, které je za stávajícího stavu vědeckého a technického pokroku možné účelně recyklovat
- navazující Vyhláška o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě
 - Jasně podmínky aplikace
 - Požadavky na kvalitu (+ PAU !!)
 - Požadavek na hygienizaci kalu (Salmonela negativní, Escherichia coli nebo Enterokoky <1000/g, od 1.1.2019)



	Poplatkové období v roce													
Dílčí základ poplatku za ukládání		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030 a dále
využitelného odpadu ¹⁾		900	1150	1350	1550	1700	1850	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
zbytkového odpadu		500	500	500	500	500	500	500	500	600	600	700	700	800
nebezpečného odpadu		2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
vybraného technologického odpadu		45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45

Pár zkratek, se kterými se budem setkávat při hospodaření s kaly



PCB Polychlorinated biphenyls
AOX Absorbable organic halogens
PAH (PAU) Polycyclic aromatic hydrocarbons

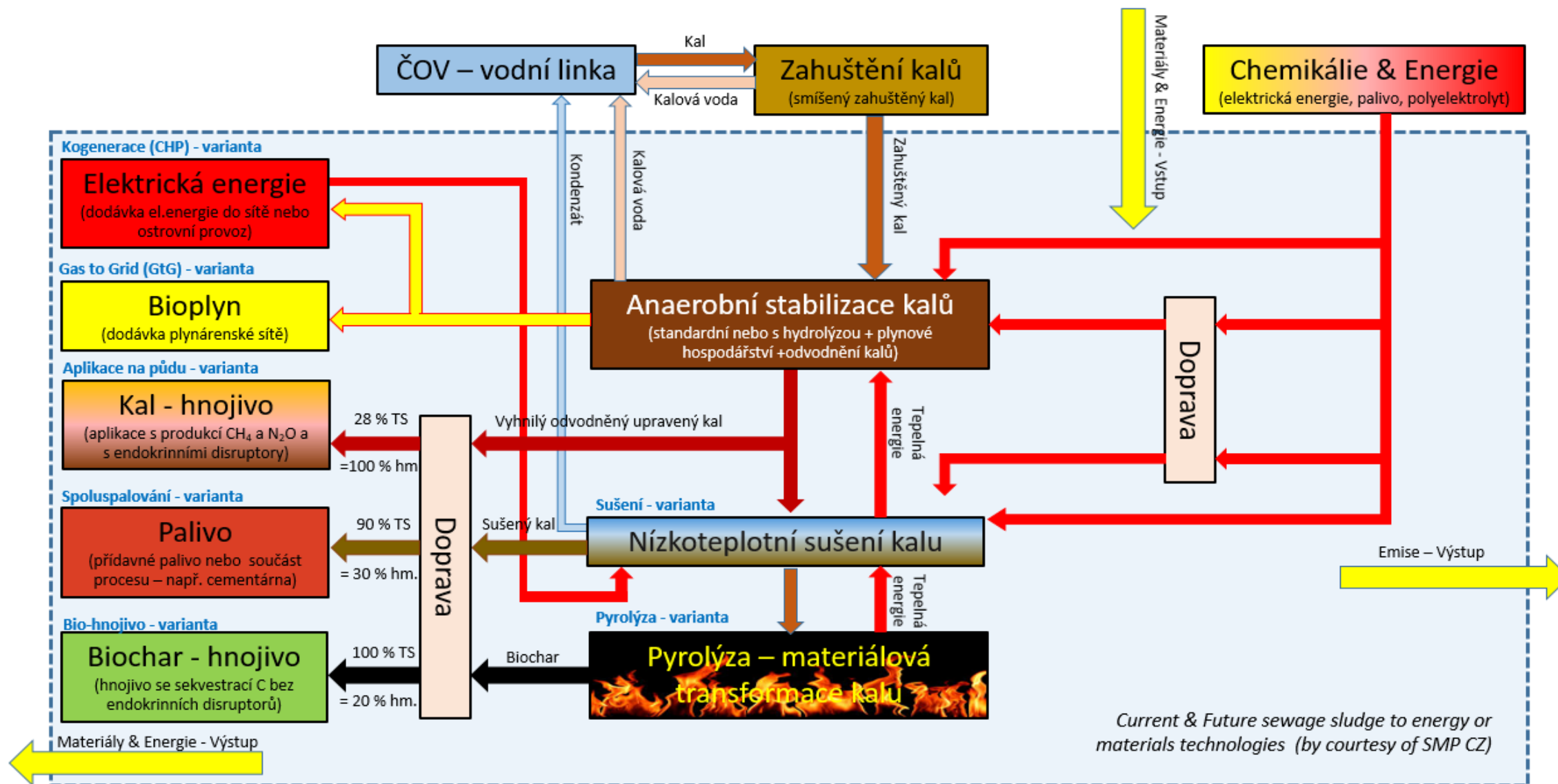
LAS Linear alkylbenzene sulphonates
NPE Nonylphenol and – ethoxylates
DEHP di(2-ethylhexyl)phthalates
PFC perfluorinated compounds
PCDD/F Polychlorinated dibenzo-p-dioxins/furans
PBDE Polybrominated diphenyl ethers

Metals	Aluminum	Copper	Selenium
	Antimony	Iron	Silver*
	Arsenic	Lead	Sodium
	Barium*	Magnesium	Thallium
	Beryllium*	Manganese*	Tin
	Boron	Mercury	Titanium
	Cadmium	Molybdenum*	Vanadium
	Calcium	Nickel	Yttrium
	Chromium	Phosphorus	Zinc
	Cobalt		
Organics	2-Methylnaphthalene	Benzo(a)pyrene	Fluoranthene*
	4-Chloroaniline*	Bis(2-ethylhexyl) phthalate	Pyrene*
Classicals (inorganic ions)	Fluoride	Water-Extractable	
	Nitrate/Nitrite*	Phosphorus	
PBDEs	BDE-28	BDE-99*	BDE-154
	BDE-47*	BDE-100	BDE-183
	BDE-66	BDE-138	BDE-209*
	BDE-85	BDE-153*	
Steroids and Hormones	17 Alpha-Dihydroequilin	Campesterol*	Ergosterol
	17 Alpha-Estradiol	Cholestanol*	Estriol
	17 Alpha-Ethinyl-Estradiol	Cholesterol*	Estrone
	17 Beta-Estradiol	Coprostanol*	Norethindrone
	Androstenedione	Desmosterol	Norgestrel
	Androsterone	Epicoprostanol*	Progesterone
	Beta Stigmastanol*	Equilenin	Stigmasterol*

	Beta-Estradiol 3-Benzoate	Equilin	Testosterone
	Beta-Sitosterol		
Pharmaceuticals	1,7-Dimethylxanthine	Demeclocycline	Oxolinic Acid
	4-Epianhydrochlortetracycline (EACTC)	Digoxigenin	Oxytetracycline (OTC)
	4-Epianhydrotetracycline (EATC)	Diltiazem	Penicillin G
	4-Epichlortetracycline (ECTC)	Diphenhydramine*	Penicillin V
	4-Epioxytetracycline (EOTC)	Doxycycline*	Ranitidine
	4-Epitetracycline (ETC)*	Enrofloxacin	Roxithromycin
	Acetaminophen	Erythromycin-Total*	Sarafloxacin
	Albuterol	Flumequine	Sulfachloropyridazine
	Anhydrochlortetracycline (ACTC)	Fluoxetine*	Sulfadiazine
	Anhydrotetracycline (ATC)	Gemfibrozil	Sulfadimethoxine
	Azithromycin*	Ibuprofen	Sulfamerazine
	Caffeine	Isochlortetracycline (ICTC)	Sulfamethazine
	Carbadox	Lincomycin	Sulfamethizole
	Carbamazepine*	Lomefloxacin	Sulfamethoxazole
	Cefotaxime	Metformin	Sulfanilamide
	Chlortetracycline (CTC)	Miconazole*	Sulfathiazole
	Cimetidine*	Minocycline	Tetracycline (TC)*
	Ciprofloxacin*	Naproxen	Thiabendazole
	Clarithromycin	Norfloxacin	Triclocarban*
	Clinafloxacin	Norgestimate	Triclosan*
	Cloxacillin	Ofloxacin*	Trimethoprim
	Codeine	Ormetoprim	Tylosin
	Cotinine	Oxacillin	Virginiamycin
	Dehydronifedipine		Warfarin

* Analytes for which EPA performed in-depth statistical analyses of the survey data.

Vymezení hranice kalové problematiky na ČOV



- Vyprodukovat „čistý“ čistírenský kal, který může být bezpečně využit v zemědělství
- Vyprodukovat transformovaný materiál z čistírenského kalu, se kterým může být nakládáno s minimálními ekologickým dopady
- Minimalizovat produkci čistírenského kalu kvůli zvyšujícím se nákladům na zpracování kalů
- Věnovat pozornost kalové vodě, která při zpracování čistírenského kalu může významně zpětně ovlivňovat vodní linku (CHSK, nutrienty)

- Minimalizace produkce kalu – několik procesů, malý efekt
- Úprava kalu pro agrochemické využití spolu s energetickým efektem –
 - Dosažení dobré biologické stabilizace
 - Produkovat kal s velmi nízkou koncentrací patogenů a pathogenních indikátorů

(termická hydrolýza masivně nastupuje jako proces pro splnění obou cílů, CAMBI, BIOTHELYS, ale i minimalizace produkce kalu)

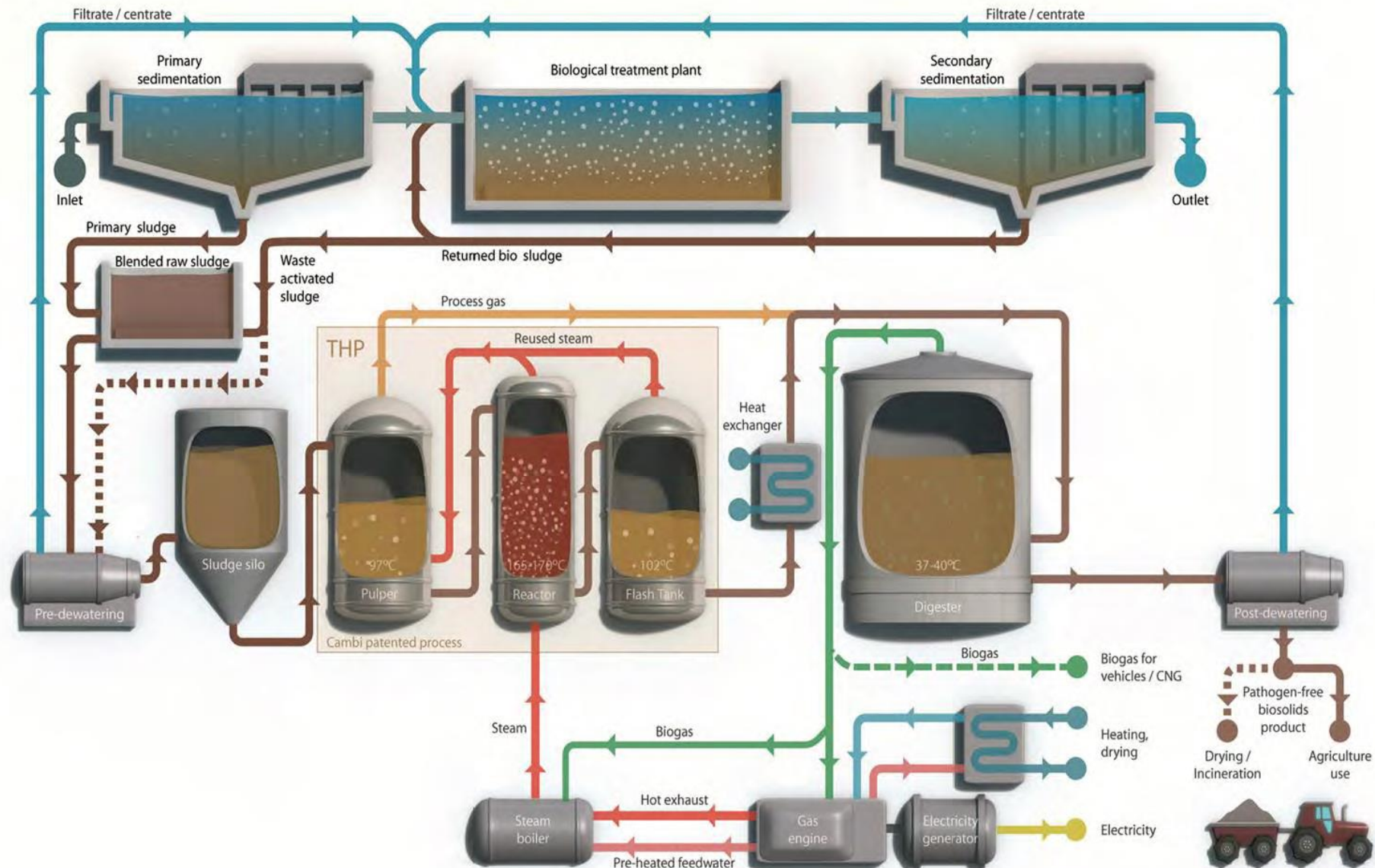
- Finální termický proces po předchozím sušení
(monospalování, pyrolýza, zplyňování)

- Off-site řešení jako spoluspalování, kompostování, ale opouští se

Příklad skladby kalového hospodářství ČOV s termickými a termochemickými procesy



Termická hydrolýza kalu (THP, CAMBI)





CAMBI THERMAL HYDROLYSIS AT DCWATER, WASHINGTON DC

130,000 t DS/y, 4.3 mill. p.e. /390 MGD / 1350 MLD

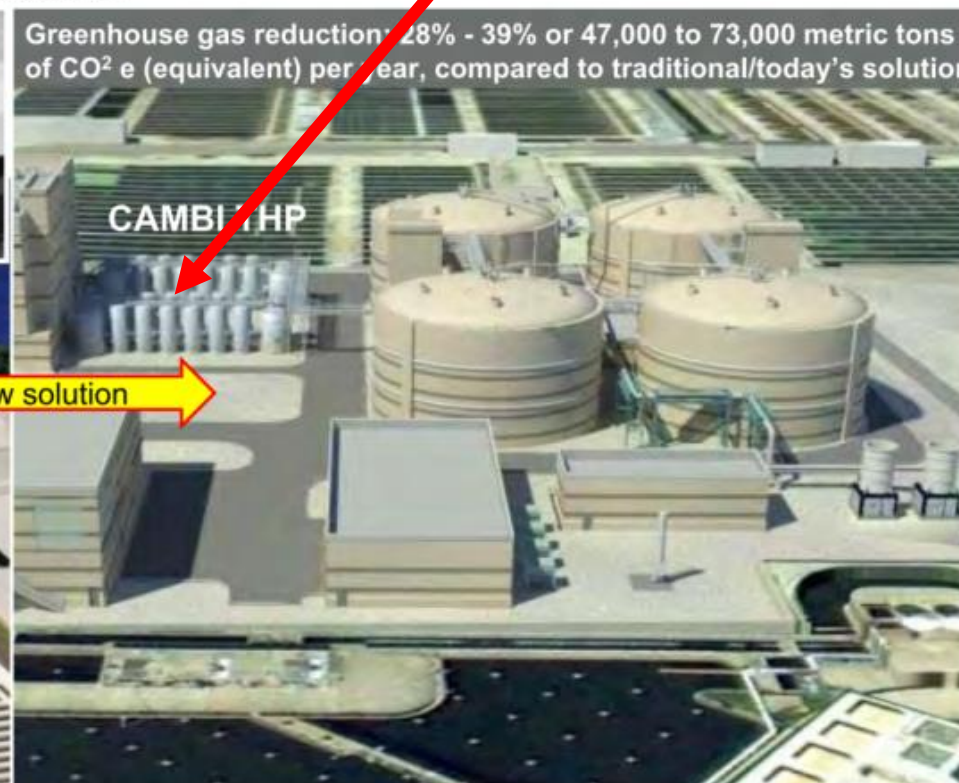


CANCELLED traditional design



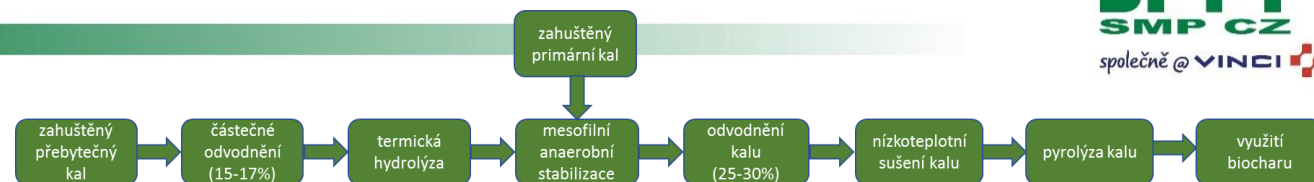
Planned traditional design: + 8 egg-shaped digesters (4x4.5 MG*) + 4 batch silo digesters (4x2.5 MG*). Total volume: 46 MG = 174,000 m³

CANCELLED

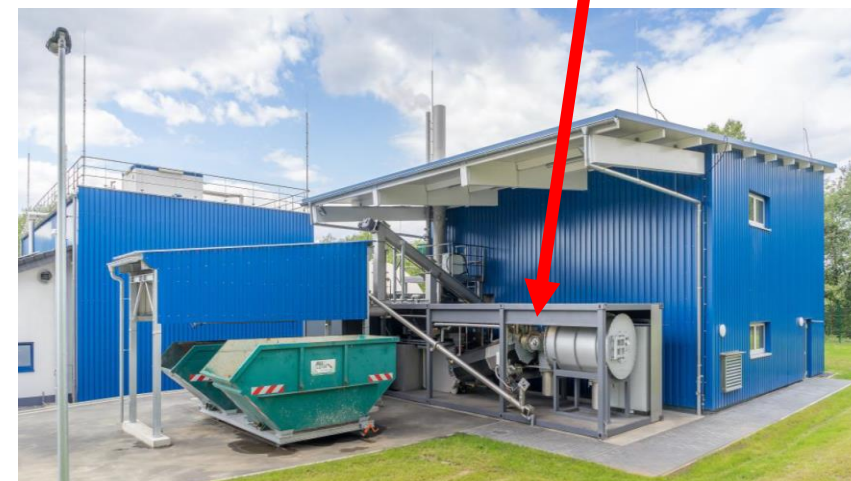
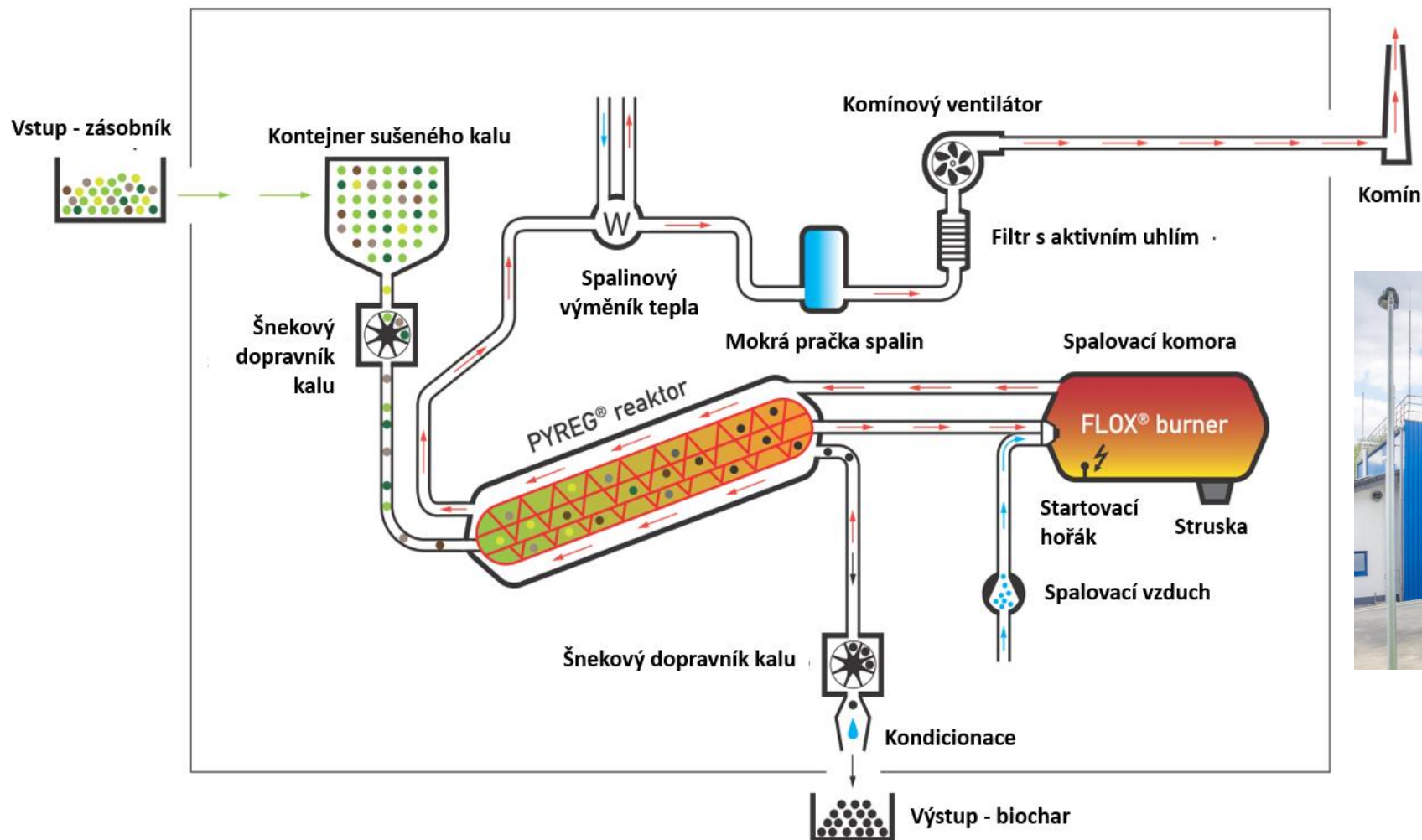
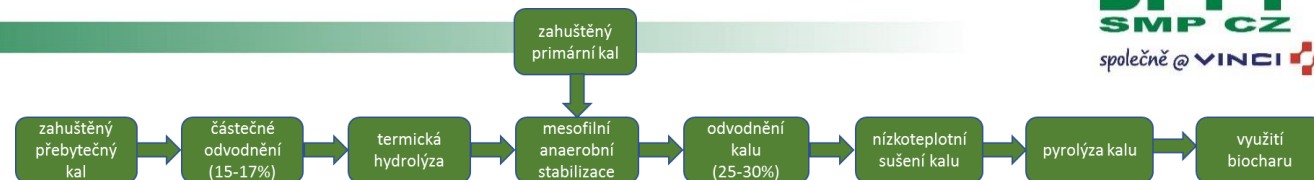


CAMBI Design Chosen: Cambi THP (600 m³) + 4 digesters, each of 3.8 MG* = 58,100 m³ (1/3 of traditional volume)
35% overall CAPEX savings compared to traditional design
OPEX savings = 20 mill. \$/year from today's solution

Současný stav hospodaření s kaly v ČR



Současný stav hospodaření s kaly v ČR

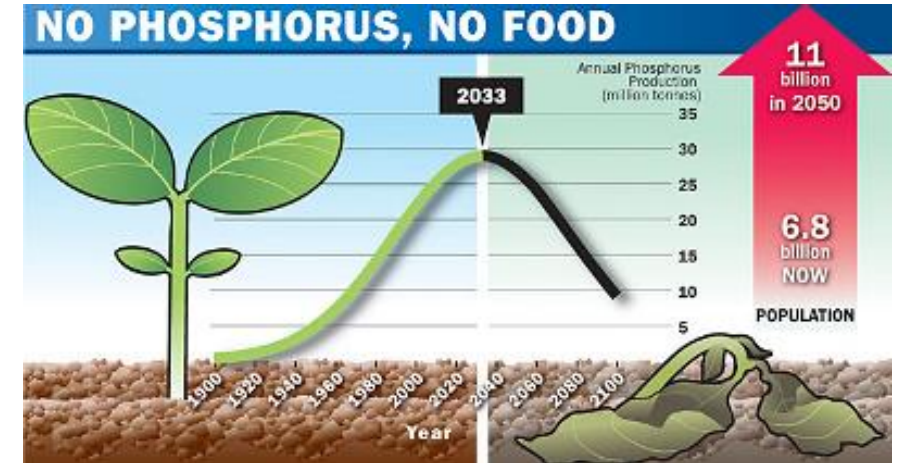


- ❖ Čistírenské kaly jako hnojivo obsahují celou řadu potenciálně znečišťujících látek pro ekosystémy: různé organické látky, které mají hormonální účinky, různé infekční látky, těžké kovy (jejich obsah však v posledních letech významně poklesl!), rezidua léčiv nebo drog.
- ❖ Čistírenský kal je v současné době jedním z nejlevnějších zdrojů fosforu a nutrientů z dostupných materiálů a zároveň obsahuje vysoké koncentrace organických látek vytvářejících humus.
- ❖ Při zemědělském využití čistírenských kalů se stále obáváme potenciálního šíření patogenních organismů.
- ❖ Stále sílí i názory, aby se zemědělské využívání čistírenských kalů považovalo za vážné ohrožení veřejného zdraví a nebezpečí pro životní prostředí a aby že na principu předběžné opatrnosti by čistírenské kaly měly být vyřazeny ze zemědělské praxe.
- ❖ Současně však s ohledem na skutečnost, že čistírenské kaly jsou důležitým zdrojem fosforu, měla by být maximálně podpořena jejich materiálová transformace do podoby, kdy užitečné látky jsou z čistírenských kalů maximálně využity

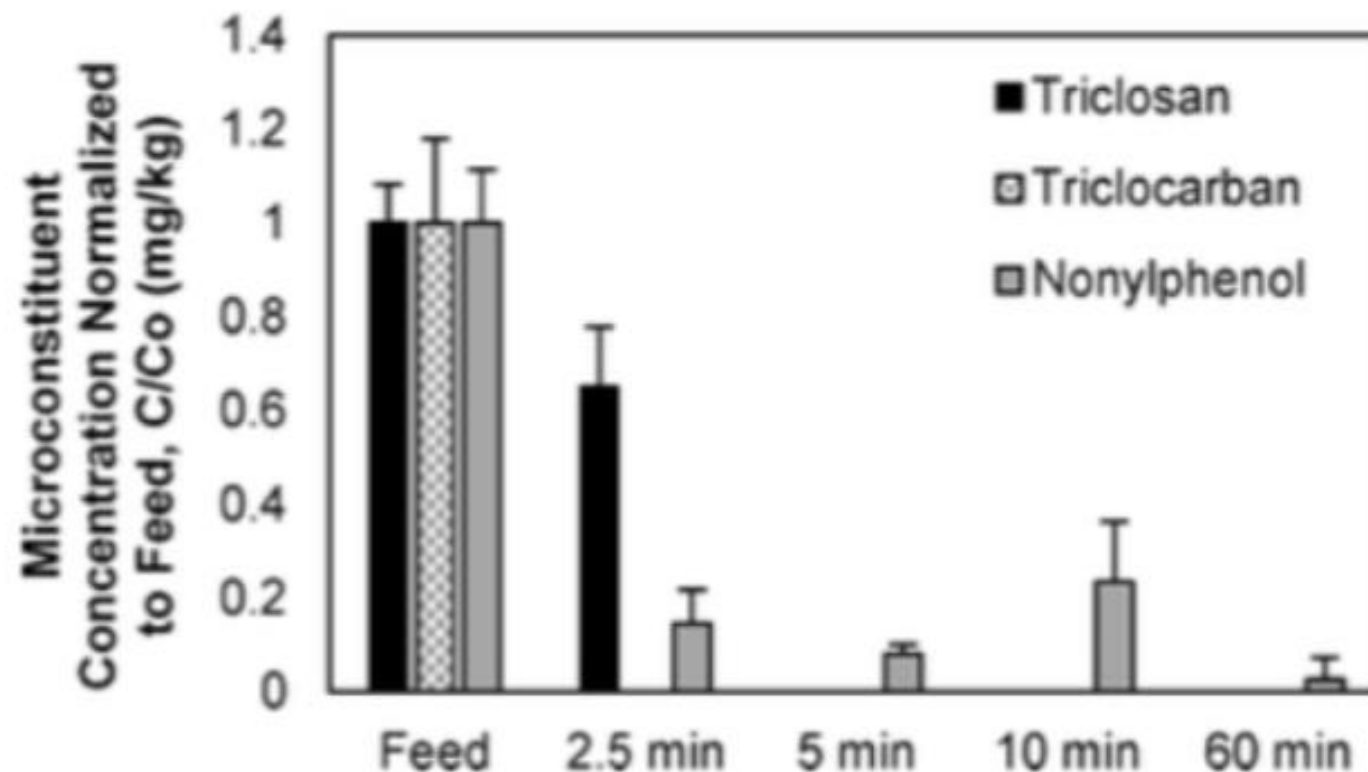


Využití fosforu z čistírenských kalů ve formě biocharu jako součást hnojiv má tyto pozitivní efekty:

- snížení ztrát dusíku a fosforu do podzemních vod v důsledku jejich postupného uvolňování z biocharu,
- podporuje transformaci dusíku v půdě,
- může snížit emise oxidu dusného a metanu z půdy do ovzduší (skleníkové plyny!!),
- v důsledku zvýšené kapacity iontové výměny dochází ke zvýšení úrodnosti půdy,
- zvýšení zadržování vody v půdě,
- zvýšení množství prospěšných mikroorganismů v půdě.



- **Triclosan (TCS)** a **Triclocarbon (TCC)** jsou antimikrobiální látky běžně vyskytují v zubní pastě, mýdlo, šampon, ústní vody a pesticidů.
- Tyto prvky přetrvávají v kalů a biomasy a jsou toxické pro určité vodní organismy.
- **Nonylfenol (NP)** je chemická sloučenina se často nacházejí v praní a kapalných detergentech, který je endokrinní disruptor
- Jiným mikropolutantem **Estrogen**, který se vyskytuje v lécích (např. antikoncepce). a živočišné odpady. Estrogen byla nalezena v biomasy a anaerobně stravitelné biomasy a bylo zjištěno, že má negativní dopady, například působit intersexuální vodních živočichů. Hoffman et al. (2006) zjistili, že pyrolýza při teplotách vyšších než 400 ° C by mohlo snížit hladiny estrogenu v kalu o > 95%



Ross, John *Fate of Micropollutants During Pyrolysis of Biosolids* 2014, http://epublications.marquette.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1283&context=theses_open

Hoffman, T.C., Zitomer, D.H., McNamara, P.J., (2016) Pyrolysis of Wastewater Biosolids Significantly Reduces Estrogenicity; *Journal of Hazardous Materials*, Volume 317, Pages 579–584; <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.05.088>

Srovnání různých standardů pro certifikaci biocharu

Biochar – parametr	European Certificate Verze 6.1 (6/2015)	Biochar	International Initiative Verze 2.1 (11/2015)	Biochar	REFERTIL doporučení pro novelu EC 2003/2003 Fertilizer Regulation (11/2015)	
Potenciálně toxické prvky, max. koncentrace (mg/kg sušiny)						
	Basic	Premium	A	B	Org-P fertilizer	Soil improver
As			13	100	10	10
Cd	1,5	1,0	1,4	39	1,5	1,5
Cr	90	80	93	1200	100	100
Cu	100	100	143	6000	200	200
Pb	150	120	121	300	120	120
Hg	1	1	1	17	1	1
Ni	50	30	47	420	50	50
Zn	400	400	416	7400	600	600
Organické polutanty (mg/kg sušiny)						
PAH ₁₆	12	4	6	300	6	6
PCB ₇	0,2	0,2	0,2	1,0	0,2	0,2
PCDD/F (ng/kg-TEQ)	20	20	3	17	20	20
Další parametry						
Distribuce velikostí částic	-	-	prohlášení	Prohlášení	1-5 mm, 90%	1-20 mm 90%
Objemová hmotnost	prohlášení	prohlášení	-	-	prohlášení	prohlášení
Sušina	-	-	-	-	> 80%	> 60%
Vlhkost	prohlášení	prohlášení	prohlášení	Prohlášení		
Molární poměr H : C _{org}	0,7 max.	0,7 max.	0,7 max.	0,7 max.	-	-
Elektrická vodivost µS/cm, (dS/m)	prohlášení	prohlášení	prohlášení	Prohlášení	-	-
Specifický povrch m ² /g	> 150	> 150	-	-	-	-
pH	prohlášení	prohlášení	prohlášení	Prohlášení	6 – 10	6 - 10
TOC nebo C _{org}	≥ 50%TOC	≥ 50%TOC	≥ 60% C _{org}	≥ 30% C _{org}	-	-
TOC	-	-	-	-	prohlášení	20%
N _{celk.} a K	prohlášení	prohlášení	prohlášení	Prohlášení	prohlášení	prohlášení
P _{celk.} (jako P ₂ O ₅)	prohlášení	prohlášení	prohlášení	Prohlášení	> 25%	prohlášení
Ca a Mg celk.	prohlášení	prohlášení	prohlášení	Prohlášení		prohlášení
Inhibice klíčení	-	-	není	Není	Není	není
Fytotoxicita	-	-	není	Není	Není	není
Agronomická účinnost	-	-	-	-	prověření	prověření

Pozn.: PAH₁₆ = podle US EPA Acenaphthene, Acenaphthylene, Anthracene, Benz(a)anthracene, Benzo(a)pyrene, Benzo(b)fluoranthene, Benzo(k)fluoranthene, Benzo(ghi)perylene, Chrysene, Dibenz(a,h)anthracene, Fluoranthene, Fluorene, Indeno(1,2,3-cd)pyrene, Naphthalene, Phenanthrene, Pyrene

VYHLÁŠKA ze dne X.Y. 2016 o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě

Mezní hodnoty koncentrací vybraných rizikových látek a prvků v kalech pro jejich použití na zemědělské půdě (ukazatele pro hodnocení kalů)

Riziková látka	Mezní (maximální) hodnoty koncentrací v kalech (mg.kg ⁻¹ sušiny)
As - arzén	30
Cd - kadmium	5
Cr - chrom	200
Cu - měď	500
Hg – rtuť	4
Ni – nikl	100
Pb – olovo	200
Zn – zinek	2500
AOX	500
PCB (suma 7 kongenerů - 28+52+101+118+138+153+180	0,6
PAU(suma antracenu, benzo(a) antracenu, benzo(b) fluoranthenu, benzo(k) fluoranthenu, benzo(a) pyrenu, benzo(ghi) perylenu, fenantrenu, fluoranthenu, chrysenu, indeno(1,2,3-cd)pyrenu, naftalenu a pyrenu)	6

- Pyrolýzní produkt čistírenského kalu obsahuje relativně vysoké obsahy nutrientů, jako např. fosforu, ale má relativně nízký obsah uhlíku.
- V důsledku toho biochar může a nemusí být považován za biochar, a to v závislosti na použité normě a vzhledem k jiným surovinám pro produkci biocharu
- Podle IBI (International Biochar Initiatives Biochar Standards), i když ostatní kvalitativní ukazatele jsou vyhovující, je potřeba aby produkt pyrolýzy mohl být považován za biochar mít obsah uhlíku vyšší než 30% C pro třídu Class II (B) biochar (IBI 6/2015).
- European Biochar Certificate (EBC, 2012) Standard mají vyšší limit pro obsah uhlíku. Má-li být považován za biochar, musí mít alespoň 50% uhlíku. Pro obsah uhlíku pod touto hodnotou je označovány jako "pyrolýzní popel obsahujícího biochar" nebo "pyrolysates".
- Podle návrhu směrnice EU o hnojivech musí kategorie KfV 1(A)(I): **Tuhé organické hnojivo** obsahovat minimálně 15% C_{org}, 2,5 %N_{celk}, 2,0% P₂O₅ a 2,0% K₂O



parametr	%N	%P
Sušený kal	5,3 %	2,4 %
Biochar	6,7 %	5,6 %
Zadržený podíl v biocharu	55 %	100 %

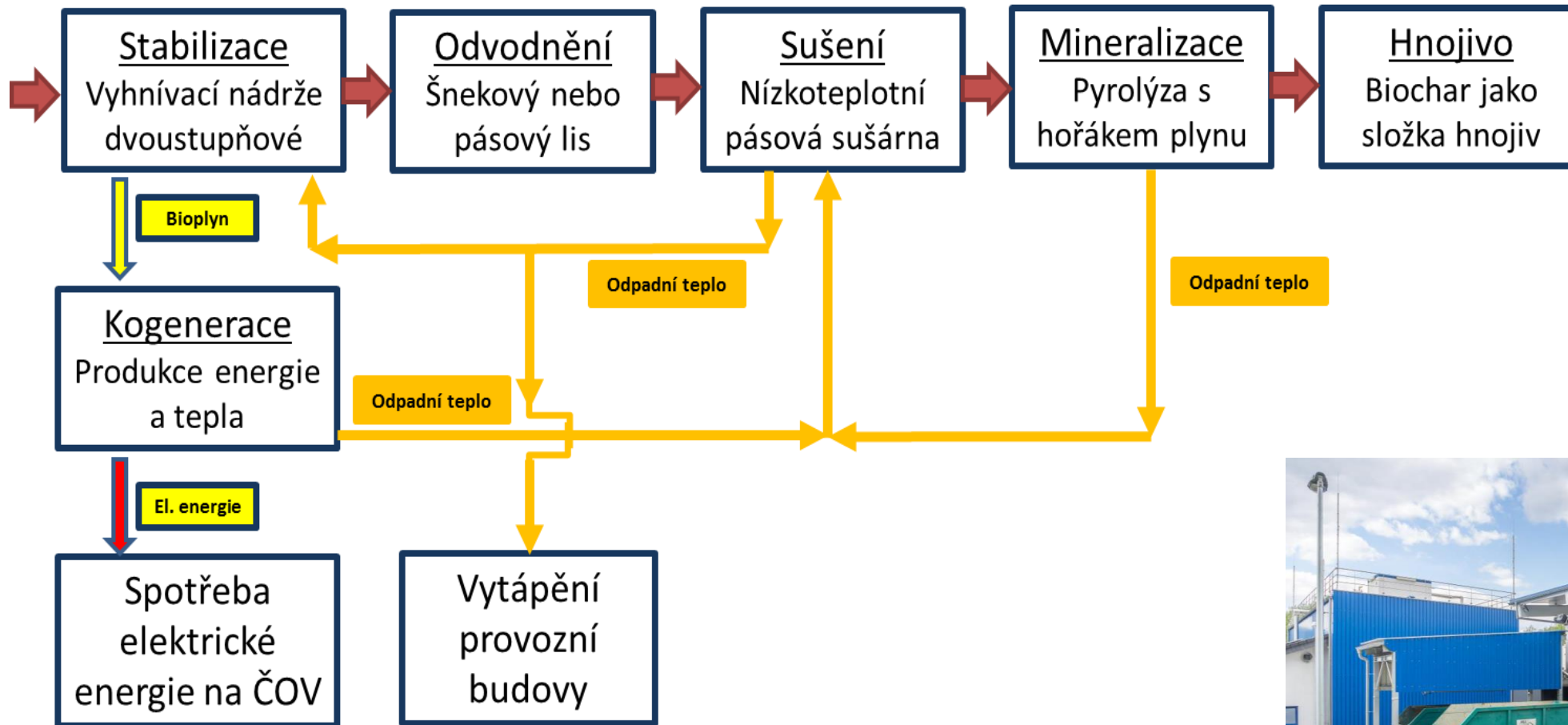
Vynikající zachycení fosforu v biocharu

	Unit	Wastewater	Sludge biochar			
		Sludge	300C	400C	500C	700C
Moisture	%	7.6	4.3	4.2	3.5	3.4
Ash	%	34	52.8	63.3	68.2	72.5
FC	%	8.2	9.1	6.8	7.6	8.3
VM	%	50.2	33.8	25.7	20.7	15.8
C	%	32.3	25.6	20.2	20.3	20.4
H	%	4.47	2.55	1.28	0.88	0.51
N	%	3.27	3.32	2.4	2.13	1.2
O	%	18.36	8.33	4.61	0.065	0
pH		4.42	5.32	4.87	7.27	12

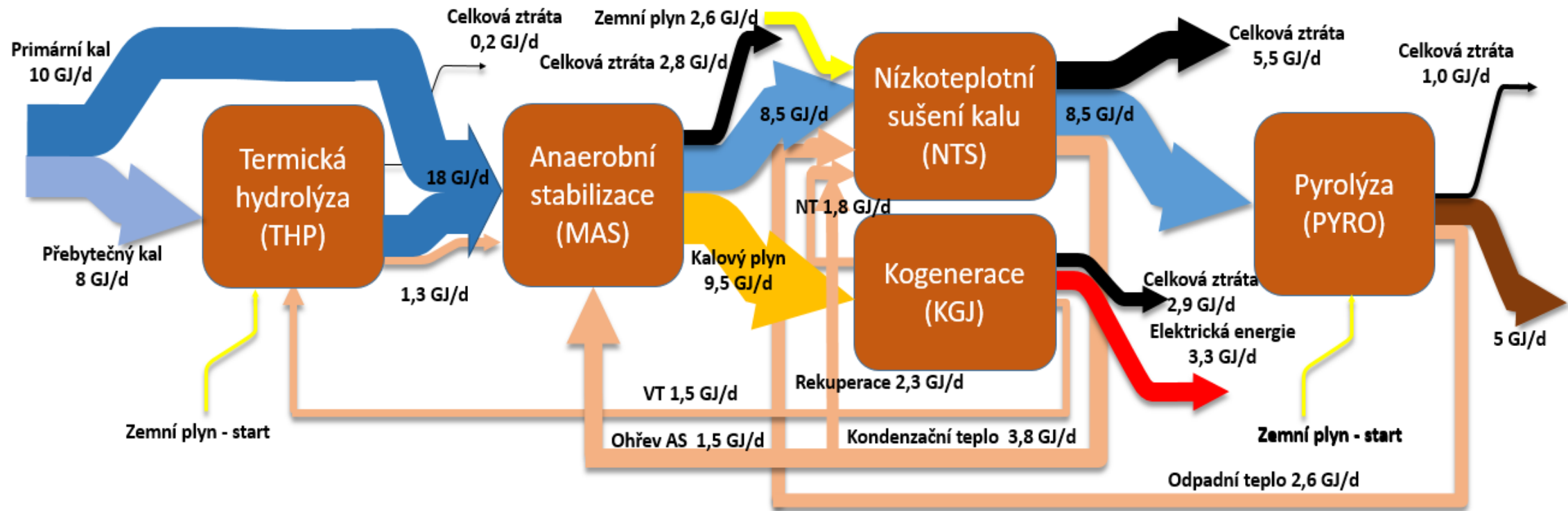
FC = fixed carbon, VM = volatile matter, 0% calculated by difference

Source: Hussain et al., 2011

Obsah uhlíku a ostatních elementů závisí na teplotě pyroplýzy



Pyrolýza – významně umožňuje snížit provozní náklady díky využití odpadního tepla



Produkce sušiny smíšeného kalu 1t suš./d

Tepelná bilance ČOV s termickými a termochemickými procesy je velmi zajímavá právě v případě zařazení pyrolýzy [6]. Např. sestava s termickou hydrolýzou přebytečného kalu a pyrolýzou na biochar (hnojivo) představuje zřejmě v současnosti optimální způsob získání co nejvyššího energetického výtěžku z kalu a maximální využití tepelné energie v procesech jeho úpravy na hnojivo. Výtěžek elektrické energie je mírně nad 18% z energie smíšeného kalu vstupujícího do kalového hospodářství, v biocharu z této energie pak zůstane pouze cca 28%. Odpadní teplo z pyrolýzy je využíváno současně s teplem z kogenerace v nízkoteplotní sušárně kalu.

V pracovní skupině WP 1 – Vytvoření udržitelných systémů zásobování vodou v městských a příměstských regionech, kde vedoucím řešitelem této pracovní skupiny je ČVUT v Praze, doc. Ing. Jaroslav Pollert, Ph.D., se řešení zaměřuje na problematiku znečištění a energie. Byl vytvořen poměrně rozsáhlý tým, do kterého jsou zapojeny organizace ČVUT, AQUA PROCON s.r.o., ENKI, o.p.s., SEWACO s.r.o., Sigma výzkumný a vývojový ústav, s.r.o., SMP CZ, a.s., PREFA KOMPOZITY, a.s. a VUT v Brně.

Výzkum je orientován v souladu s cíli strategické agendy národních priorit, a to ve dvou oblastech

- znečištění
- energie

Pro oblast vodovodů a kanalizací jsou např. zajímavé úkoly:

- vývoj inteligentních česlí oddělovačů dešťových vod
- optimalizace odlehčovacích komor
- **energetická bilance ČOV - recyklace odpadů**
- **snížení energetické náročnosti ČOV optimalizací provozu**
- **vývoj malých pravoúhlých vyhnívacích nádrží pro malé kapacity ČOV**



<http://www.intelignentniregiony.cz/>.

- ✓ Množství biomasy produkované stále rostoucí světovou populací stále roste
- ✓ Termochemické procesy (karbonizace) mohou tuto nekonečně rostoucí zásobu biomasy značně snížit, a také snížit většina negativních dopadů na životní prostředí spojených s čistírenskými kaly (biosolids): pachy, toxické vyluhování, emise skleníkových plynů apod.
- ✓ Mimo to z transformované biomasy je možné generovat celou řadu nových produktů, které by mohly vytěsnit stávající produkty, které mají vysoké emise uhlíku, jako je aktivní uhlí používané v filtraci nebo vylehčený beton, biochar může být využíván jako sofistikované hnojivo nebo jako komponenta zušlechťující půdu (zachycování vody) který může bezpečně vázat uhlík.
- ✓ Technologie pyrolýzy vstupních surovin, jako jsou čistírenské kaly je dispozici již několik let, ale dosud se plošně nerozšířila. Protože však náklady na likvidaci organických látek a organického znečištění se zvyšují (znečištění ovzduší oxidem uhličitým), stává se ekonomika termochemického zpracování biomasy nevyhnutelně mnohem atraktivnější.



Děkuji za pozornost !