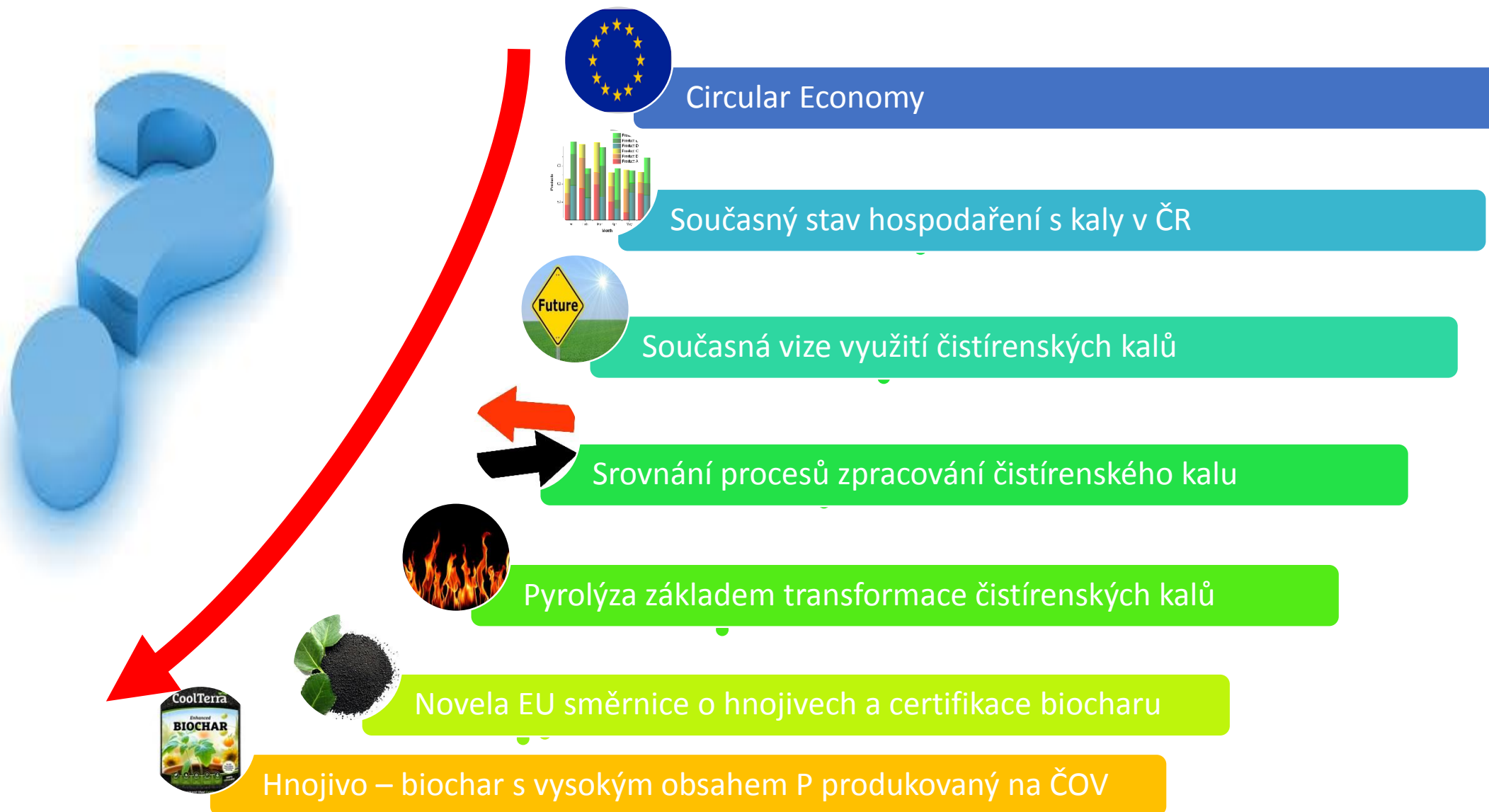
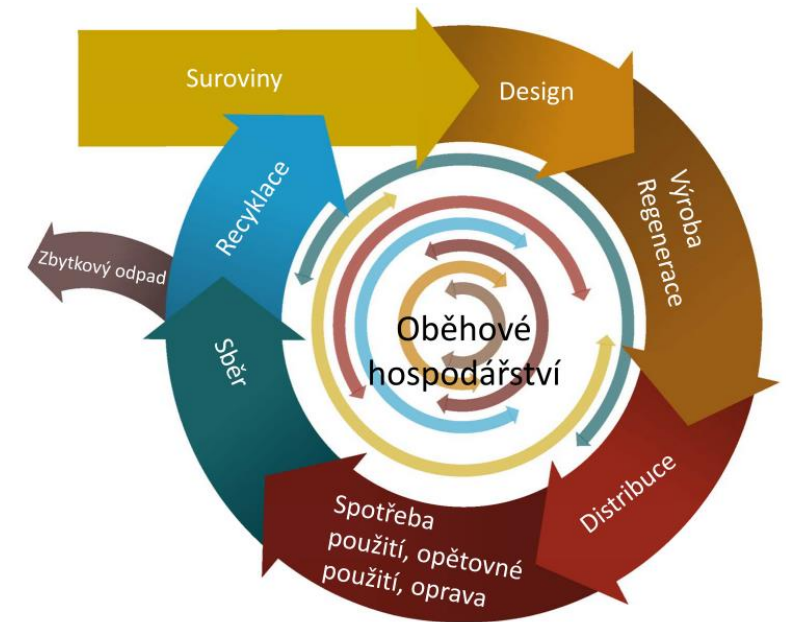


POUŽITÍ PYROLÝZY K PRODUKCI HNOJIVA Z ČISTÍRENSKÝCH KALŮ

Miroslav Kos



- 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

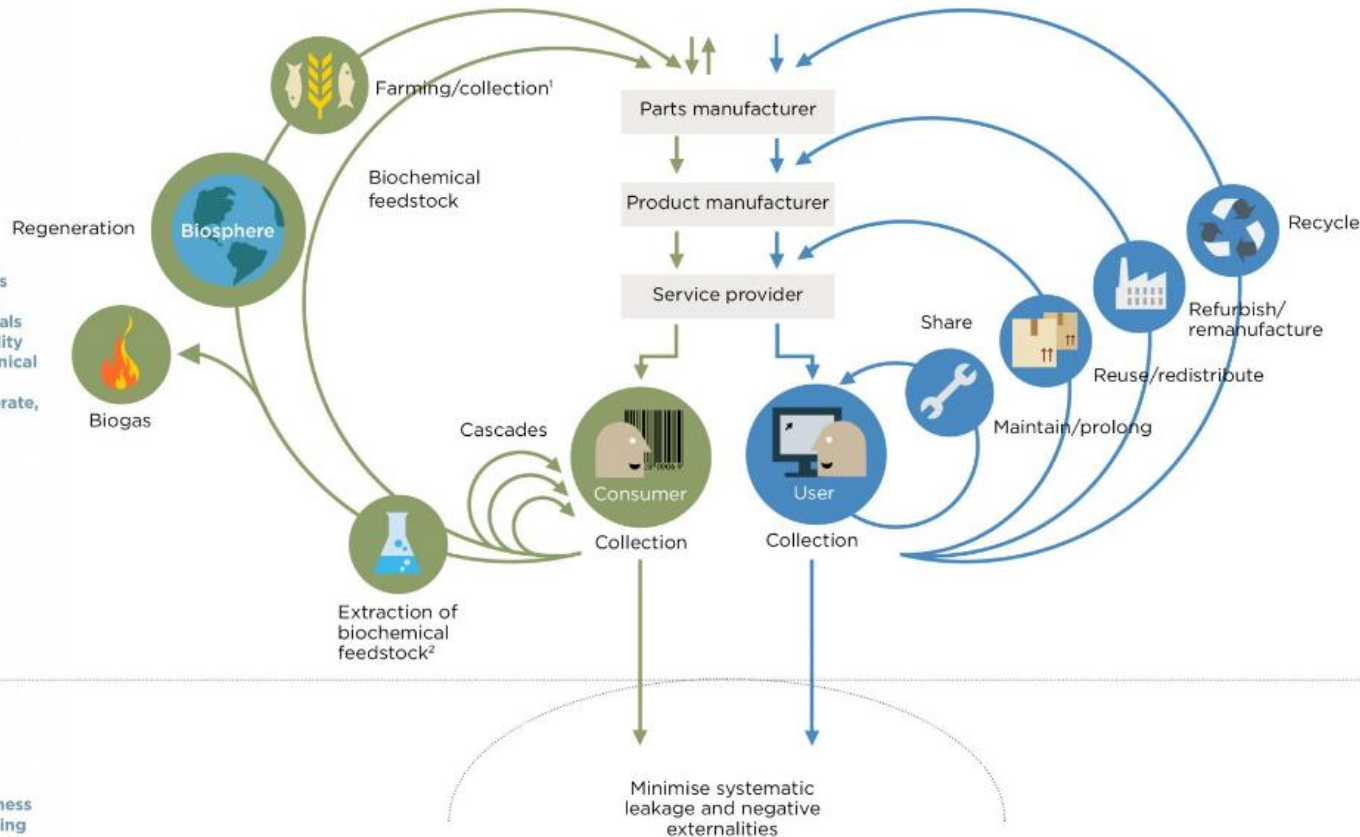
Preserve and enhance natural capital by controlling finite stocks and balancing renewable resource flows
ReSOLVE levers: regenerate, virtualise, exchange



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).

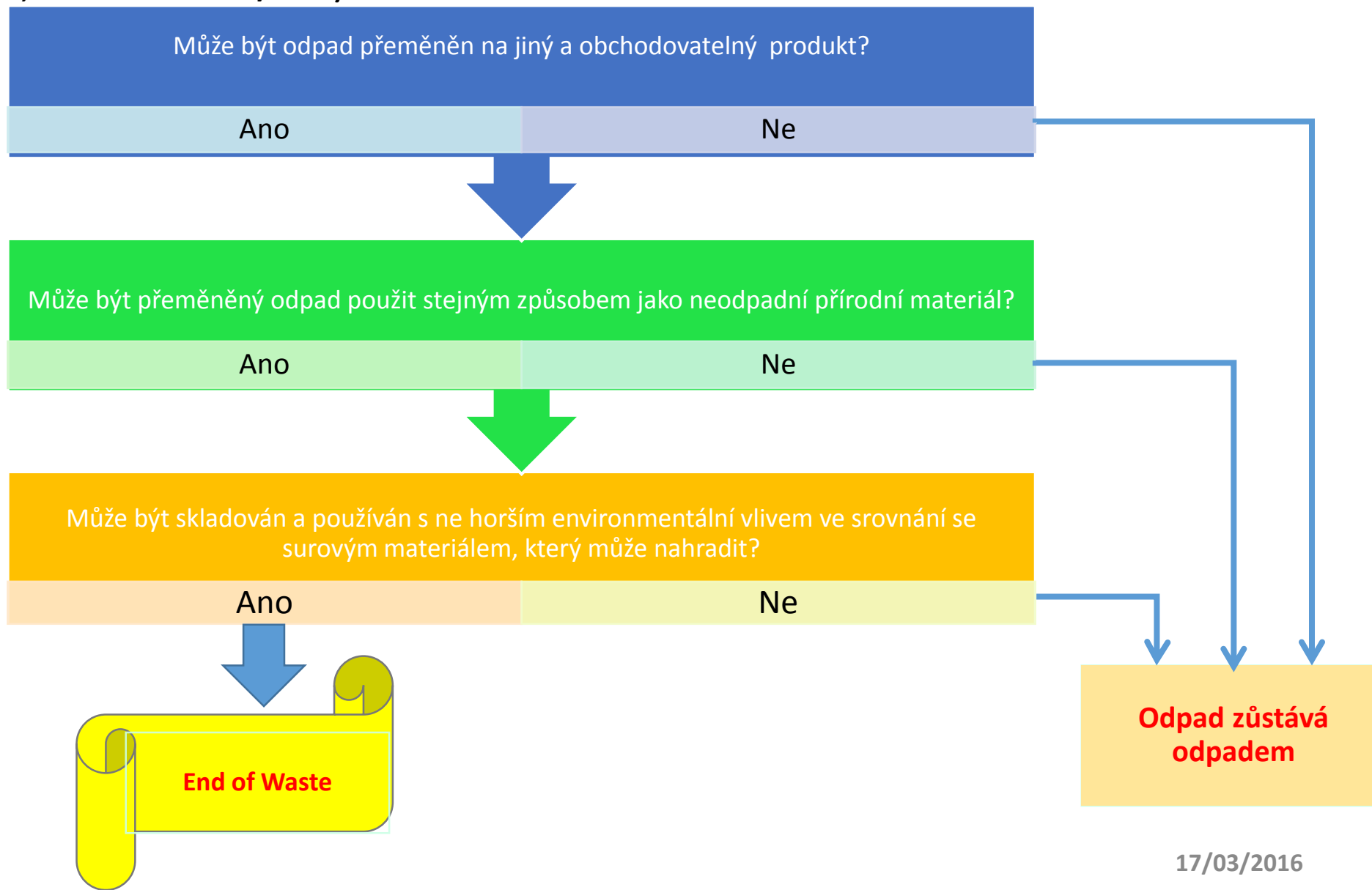
Circular Economy

2 základní směry

1. Zpětné využití materiálů (modrá zpětná cesta) **ENERGY RECOVERY + RECYCLE**
2. Biochemické 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 regenerace biosféry.

End of Waste - kriteria aplikace na půdu

(Waste Framework Directive, or Directive 2008/98EC)

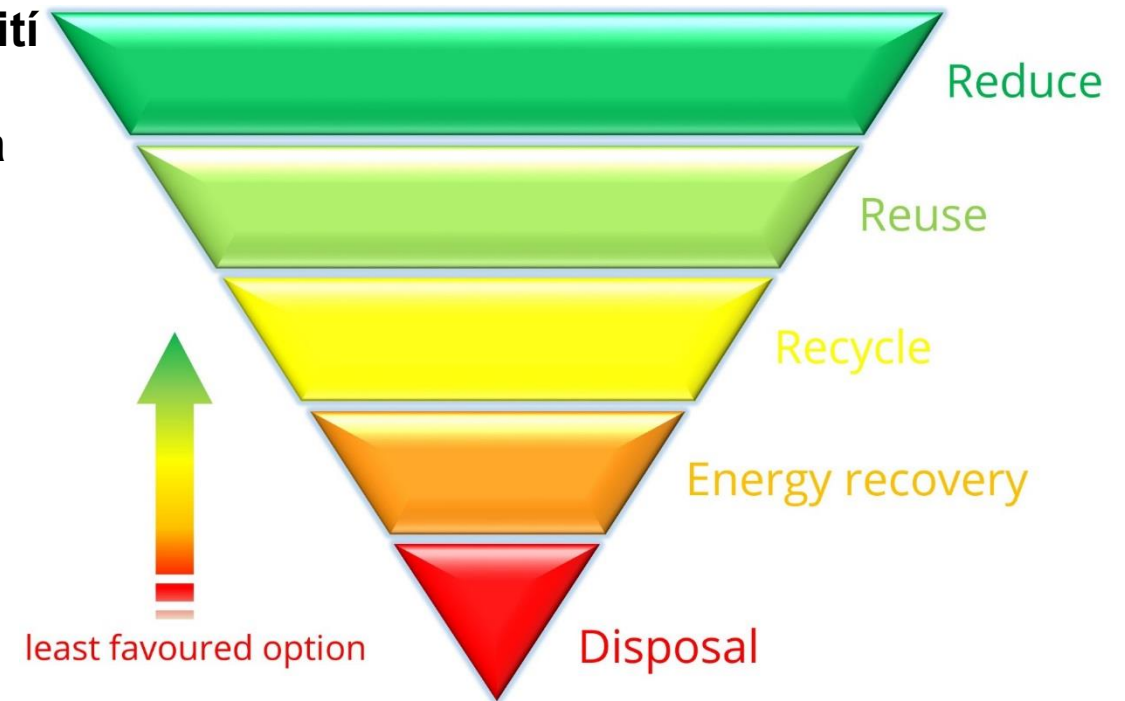


§ 6

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:

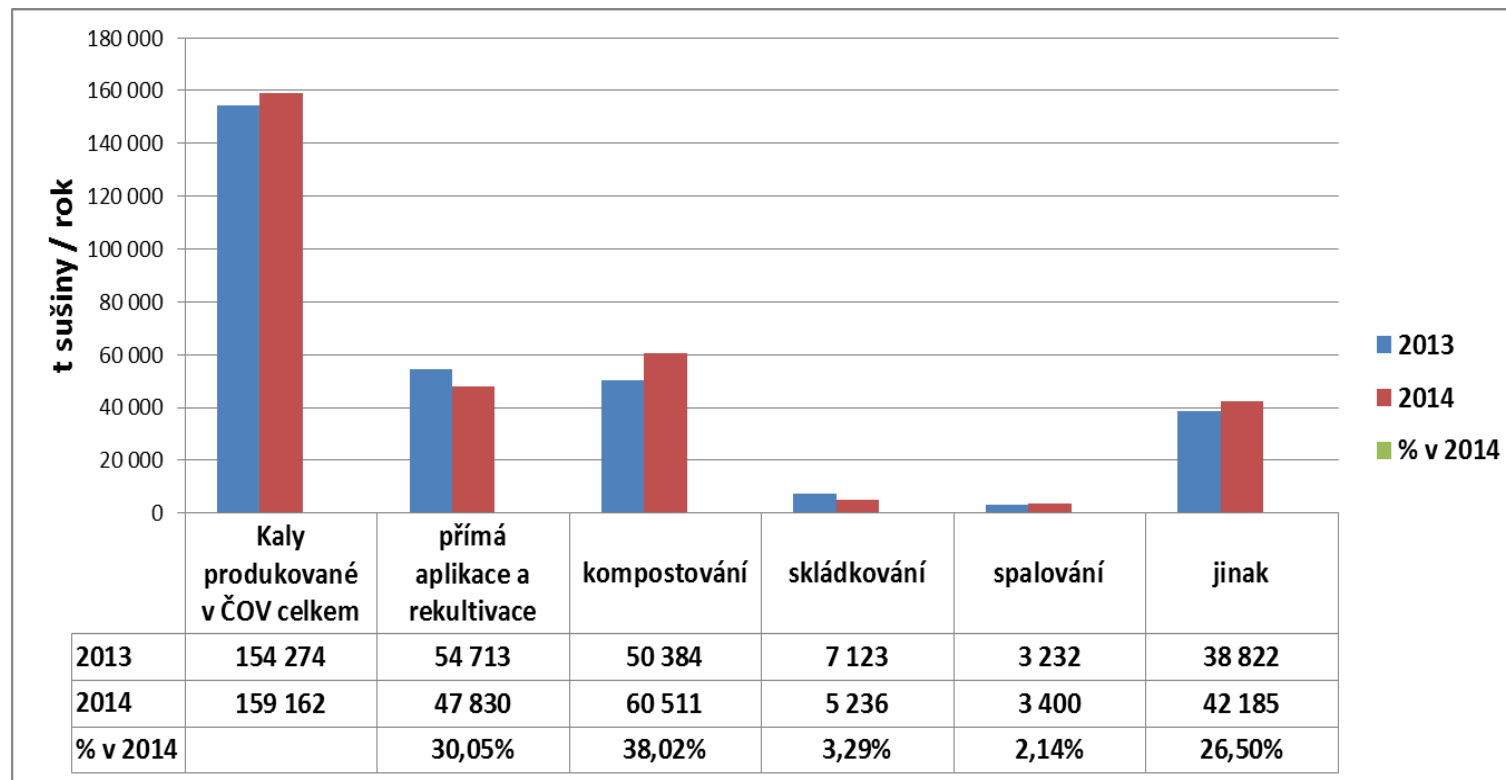
- a) věc se běžně **využívá** ke konkrétním účelům,
- b) pro věc **existuje trh nebo poptávka**,
- c) věc **splňuje technické požadavky** pro konkrétní účely stanovené jinými právními předpisy nebo normami použitelnými na výrobky a
- d) využití, pro které je věc určena, je v souladu s jinými právními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



V současné době jsou nejrozšířenější tři způsoby konečného zpracování čistírenských kalů:

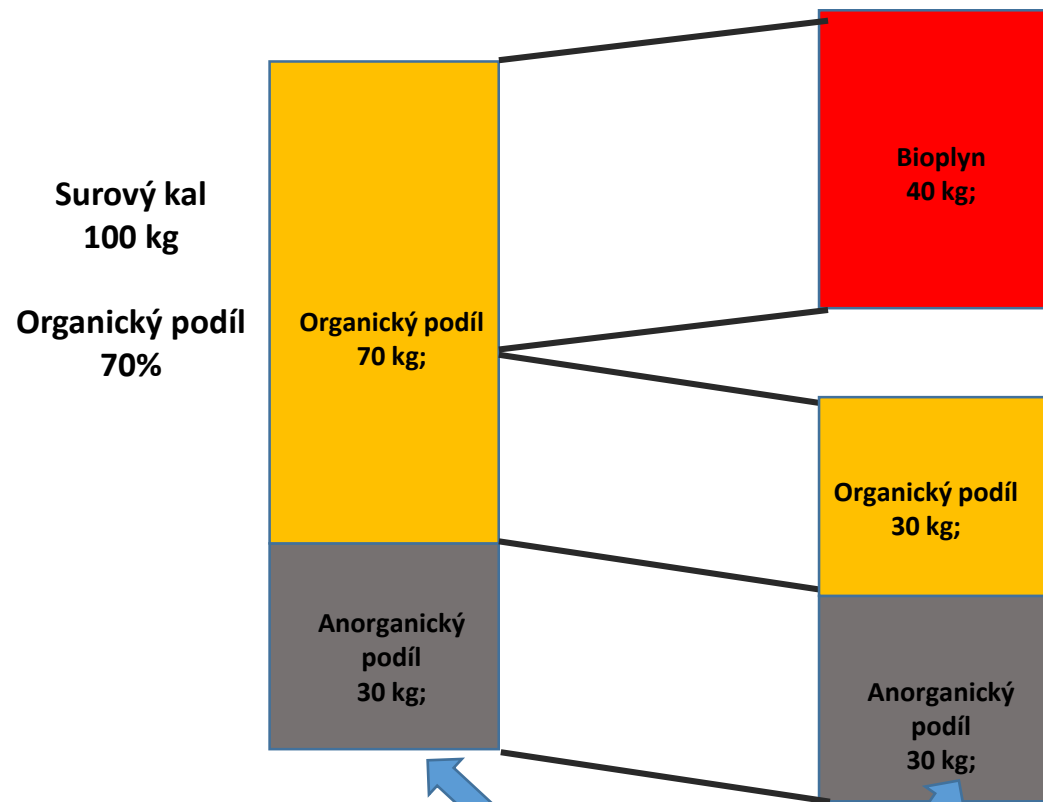
- a) využití v zemědělství a na rekultivace (přímá aplikace nebo přes kompost),
- b) uložení na skládku,
- c) termické zpracování (různé způsoby spalování, pyrolýza)

Z hlediska statistického vykazování je v ČR evidována specifická kategorie zneškodnění „Jinak“, ale obvykle jde o uložení na skládku ve formě tzv. technické vrstvy, kdy je uložena směs s čistírenským kalem.



Produkce kalů a způsob jejich zneškodnění v čistírnách odpadních vod (podle údajů www.czso.cz/csu/czso).

Současné metody „recyklace“ zahrnují použití na půdu jako organické hnojivo nebo pro vylepšení kvality zemědělské půdy a pro rekultivace. Ale i tyto metody již některé státy považují za neudržitelné s ohledem na stále rostoucí výskyt mikropolutantů (z nich doposud nelimitované endokrinní disruptory nebo také označované jako látky s endokrinními účinky) a velmi závažná zjištění o jejich vlivu na živočichy i člověka. Závažná jsou rovněž zjištění, že v hospodaření s čistírenskými kaly na zemědělské půdě dosází k zásadním a systematickým porušením schválených pravidel a tak k ohrožení zdraví živočichů, kvality produkce a následně zdraví člověka.



Anaerobně stabilizovaný kal
60 kg

Organický podíl
50%

**Stále ještě zbývá dost organických látek
– biomasy!!**

- Atraktivní z důvodu nízké ceny (dnes záporné)
- Lze využít jako netradiční suroviny pro biopaliva (obnovitelná pohonná paliva druhé generace)
- Lze využít jako zdroje obnovitelných chemikálií (strukturovaný uhlík, fosfor, dusík)
- Sekvestrací uhlíku na půdu lze významně snižovat uhlíkovou stopu a emise skleníkových plynů

Parametr	Surový kal	Vyhnílý kal
Hořlavina [% suš.]	50 - 80	50 - 60
Výhřevnost sušiny [MJ/kg]	14 - 17	9 - 12
C [% org. složky]	51,5 – 60,3	39,7 - 62,7
H [% org. složky]	6,5 - 8	6,1 - 7,3
O [% org. složky]	24,9 – 35,8	19,5 – 48,6
N [% org. složky]	4,6 - 8,4	3,9 - 8
S [% org. složky]	0 - 2	1,2 – 2,3

- Aplikace na půdu a skládkování kalů (odpadů) je stále nejlevnější způsob zneškodnění kalů z ČOV
- Jedná se o výsledek aktuálních ekonomických a legislativních podmínek
- Zcela přitom rezignujeme na řešení rizik vyplývajících ze složení kalů (endokrinní disruptory), ale i na možnosti materiálového a energetického využití.
- Systém hospodaření s odpady je dokonale zneužíván
- Má-li být nastartován trh s moderními technologiemi využití kalů (odpadů), musí být provedena ekonomická a legislativní opatření



- nový zákon o odpadech a o změně některých zákonů (zákon o odpadech)
 - Jasné podmínky aplikace pouze upraveného kalu
 - Poplatky i za technickou vrstvu skládek
 - Nelze kaly míchat !!
- navazující Vyhláška o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě
 - Jasné podmínky aplikace
 - Požadavky na kvalitu (+ PAU !!)



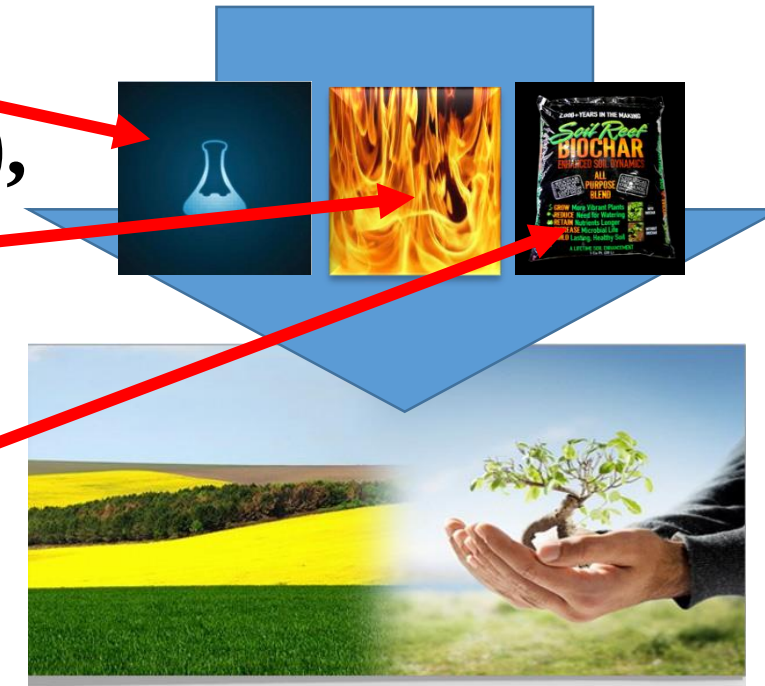
Sazba pro jednotlivé dílčí základy poplatku za ukládání odpadů na skládku (v Kč/t)

Dílčí základy poplatku podle poplatkových skupin	Poplatkové období v roce													
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030 a dále
Využitelný odpad	700	900	1150	1350	1550	1700	1850	0	0	0	0	0	0	0
Zbytkový odpad	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350
Nebezpečný odpad	4000	4000	3500	3500	3000	3000	3000	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
Technické zabezpečení skládky	100	100	150	150	200	200	250	250	300	300	350	350	400	400

- ❖ 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



- ❖ V současnosti jednoznačně se preferuje zpracování čistírenských kalů na moderní hnojivo
- ❖ Hnací silou je možnost získání fosforu
- ❖ Dnes soupeří 3 různé technologie
 - ✓ mokrý proces srážení fosforu (MAP - magnesium ammonium phosphate, struvit),
 - ✓ termická likvidace (spalování a využití popelu k získání P)
 - ✓ termochemické transformace (pomalá pyrolýza a přímé využití biocharu)

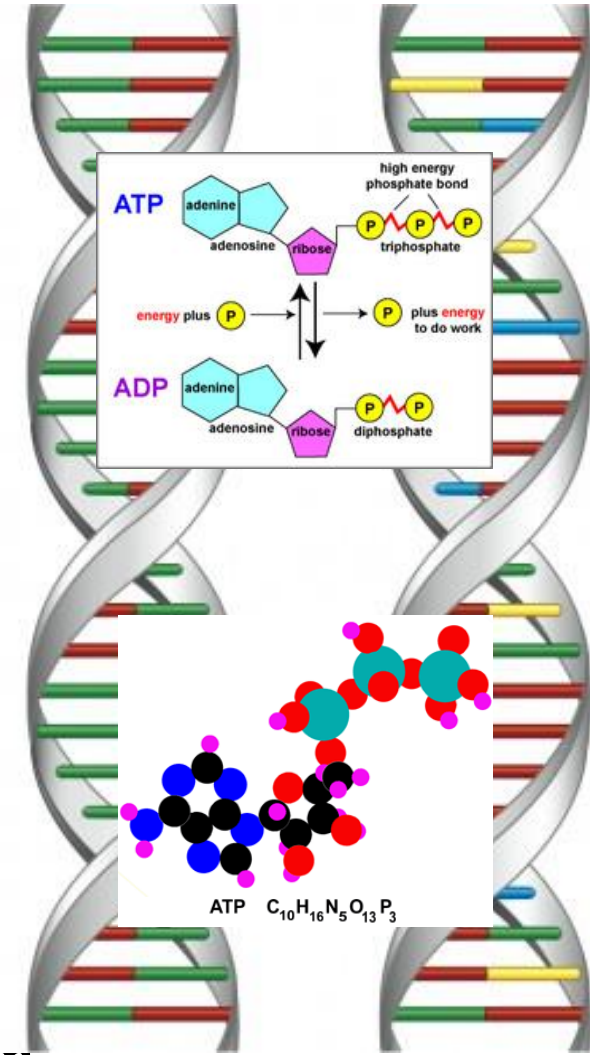


	Chemicky MAP procesy, struvit	Termicky Spoluspalování, monospalování využití popele	Termochemicky Pyrolýza, produkce biocharu
Výhody	• Nákladově středně náročné • Přijatelné z hlediska vybavení • Vysoká agrochemická dostupnost fosforu • Provozně ověřené • Zlepšení odvodňovacích vlastností vyhnílého kalu	• Vysoký stupeň zachycení fosforu (90 %) • Simultánní využití materiálu a energie kalu • Více univerzální, tj. vhodné pro všechny typy kalů a jiné odpadní materiály • Všechny organické polutanty jsou inaktivovány • Podstatně nižší objemy odpadů (zbytkové látky)	• Vysoký stupeň zachycení fosforu (≥ 90 %) • Simultánní využití materiálu a energie kalu • Organické polutanty inaktivovány • Významné další agrochemické vlastnosti (porozita, vázání vody) • Sekvestrace uhlíku • Vhodné i pro malé kapacity • Minimální produkce odpadu
Nevýhody	• Pouze cca 40% - 60% zachycení fosforu • Potřeba chemikálií • Obtížná separovatelnost sraženiny • Dodatečné zatížení biologie • Kompatibilní pouze s procesy biologického odstraňování fosforu • Vhodné pro velké kapacity	• Vysoké investiční náklady • Vyšší provozní náklady • Využití pro převážně sušené kaly • Potřeba chemikálií • Potřeba dotažení provozní aplikace, vývoj • Vysoká emisní zátěž ovzduší	• Střední investiční náklady • Využití pro sušené kaly • Provozně neutrální proces při pečlivém využití tepelné energie • Potřeba dotažení provozní aplikace, vývoj

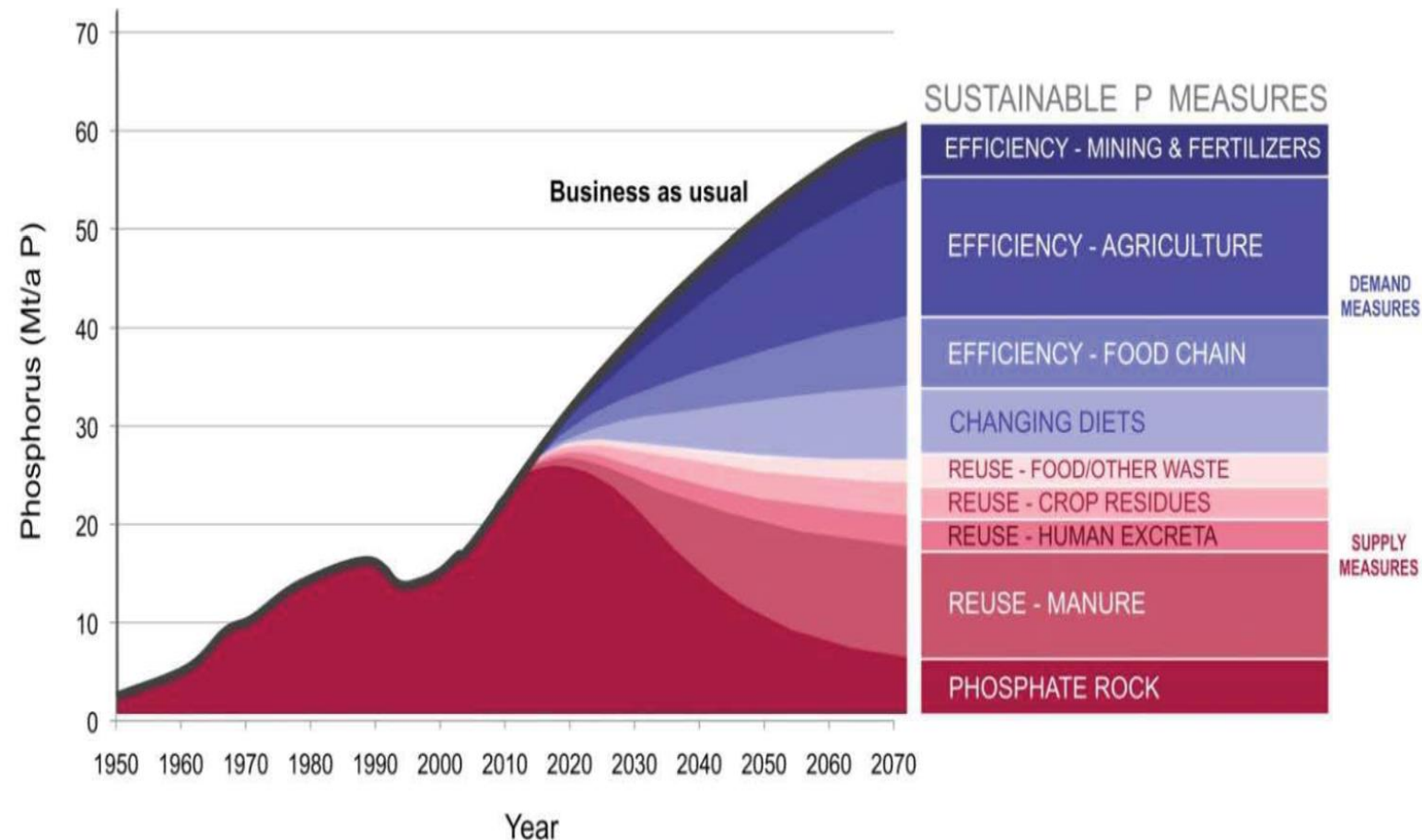
Fosfor je na seznamu látek, které budou lidstvo v nejbližší době limitovat:

- ❖ Fosilní paliva (ropa, zemní plyn, uhlí)
- ❖ Fosfor (jako biogenní prvek)
- ❖ Voda

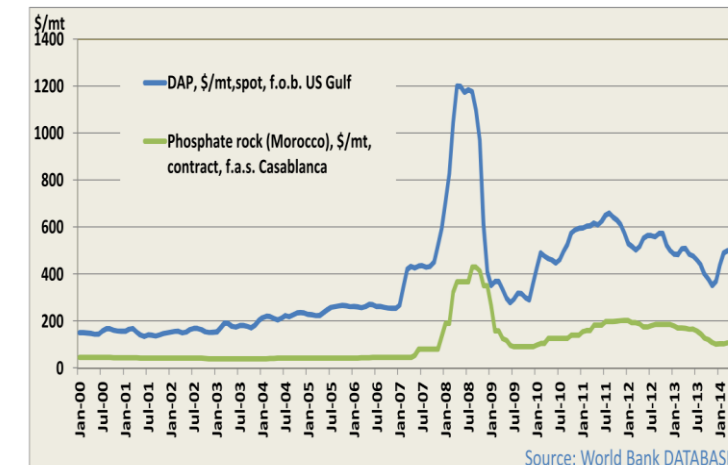
- **Udržitelnost fosforu je celosvětově uznávaná výzva, spojená s globální bezpečností potravin, eutrofizací povrchových vod a čištěním odpadních vod.**
- **Některé země (Německo) již vytvořily politický rámec týkající se fosforu v zájmu zvýšení jeho recyklace, na podporu inovací recyklace P, zlepšení tržních podmínek a začlenění jeho udržitelného využívání.**
- **Důvodem je skutečnost, že těžitelné zásoby fosforu dojdou kolem roku 2050, nevyváženost zdroje x spotřeba již nastane kolem roku 2025.**



Znázornění možných zdrojů fosforu a jeho potřeby v dlouhodobém výhledu a návrh opatření ke zvládnutí této potřeby



Quelle: Phosphates 2008 Conference, Paris, Feb. 19-20/2008



Source: World Bank DATABASE

Cordell, D., White, S.: Sustainable Phosphorus Measures: Strategies and Technologies for Achieving Phosphorus Security, Agronomy 2013, 3, pages 86-116, January 2013

➔ Since 2007, the price of phosphate rock and phosphate fertilisers is suffering from tight conditions that result from a combination of factors including a strong increase in demand in emerging countries, higher energy prices, insufficient investment in the industrial sector, price-setting power (Morocco), implementation of exports tax (China),

COOL PLANET

PYROLYSIS - - - CARBON NEGATIVE SYSTEM

Biomasa

Použití kalů z ČOV je využitím biomasy bez vlivu na produkci potravin a využití půdy k jejímu vzniku

Pyrolýza

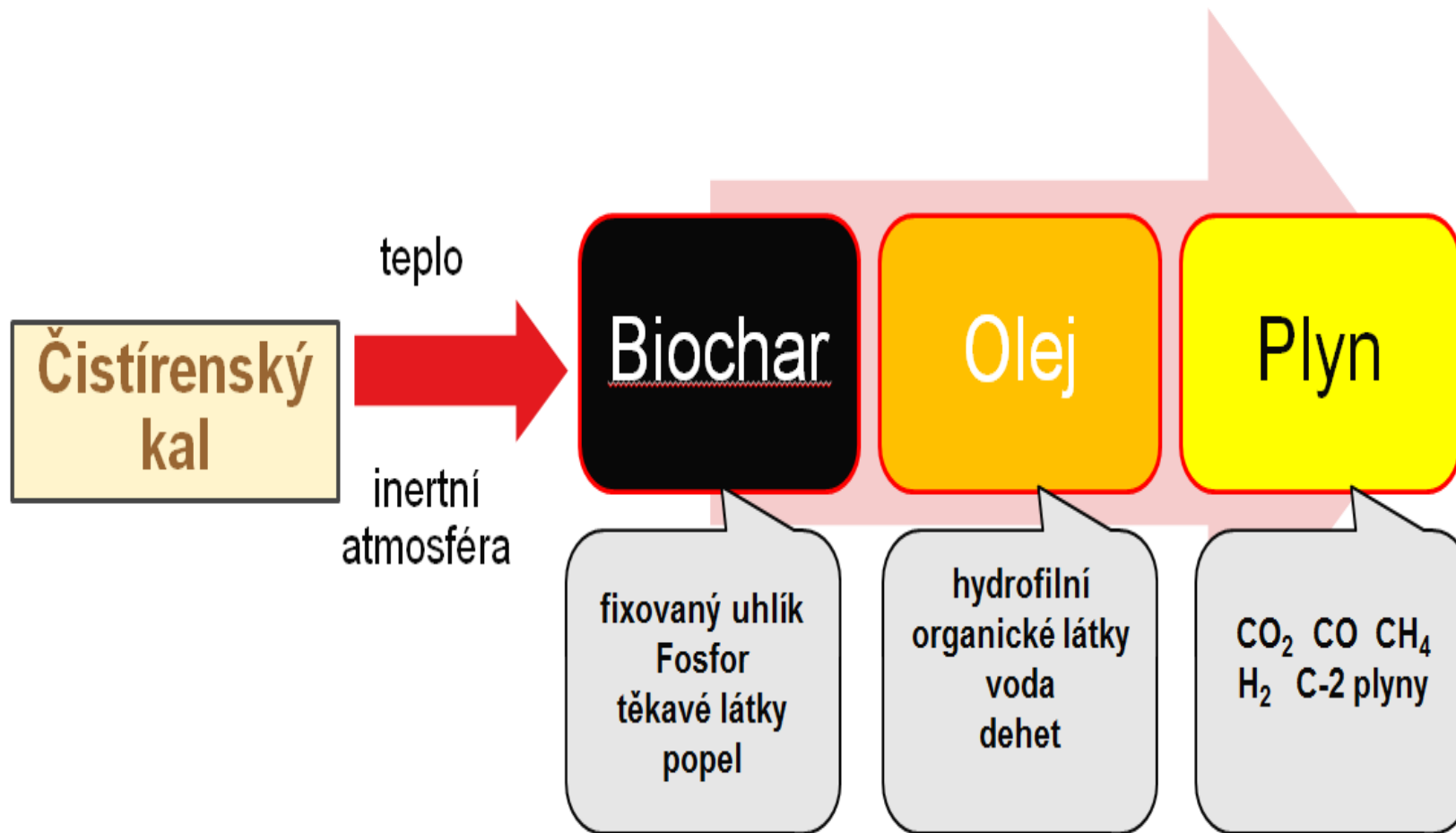
Malé pyrolýzní jednotky přímo na ČOV začleněné do kalového hospodářství produkují využitelné suroviny (olej, biochar) místo odpadu. Plyn je využit k ohřevu pyrolýzního reaktoru.

Palivo druhé generace

Pyrolýzní olej je vykupován a transformován na palivo druhé generace.

Biochar – hnojivo

Biochar je oddělený uhlík, který je mnohostranně využitelný v chemickém a farmaceutickém průmyslu a v zemědělství



- Dva základní typy pyrolýzy: rychlá a pomalá
- Vlastnosti, chemické i fyzikální, vzniklých produktů jsou silně ovlivněny vstupním materiálem a zvolenými podmínkami pyrolýzy, zejména finální teplotou procesu
- Aromatické uspořádání struktury biocharu inhibuje rozklad v půdě, protože mikroorganismy takto složité sloučeniny dokážou obtížně využít!!



- ✓ Základní složkou je chemicky stabilní uhlík, který nepodléhá dalšímu rozkladu ani oxidaci.
- ✓ Obsahuje poměrně vysoké obsahy fosforu a draslíku, biologicky využitelné
- ✓ Je vysoce porézní
- ✓ V roce 2014 zahájil CEN finální práce na standardizaci specifických termochemických produktů a jejich využití (s ohledem na heterogenitu konečných produktů termochemických procesů).

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.

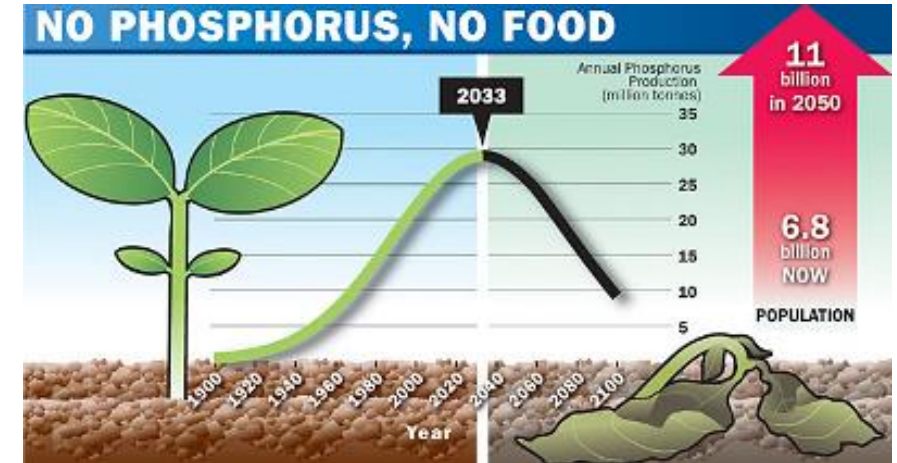
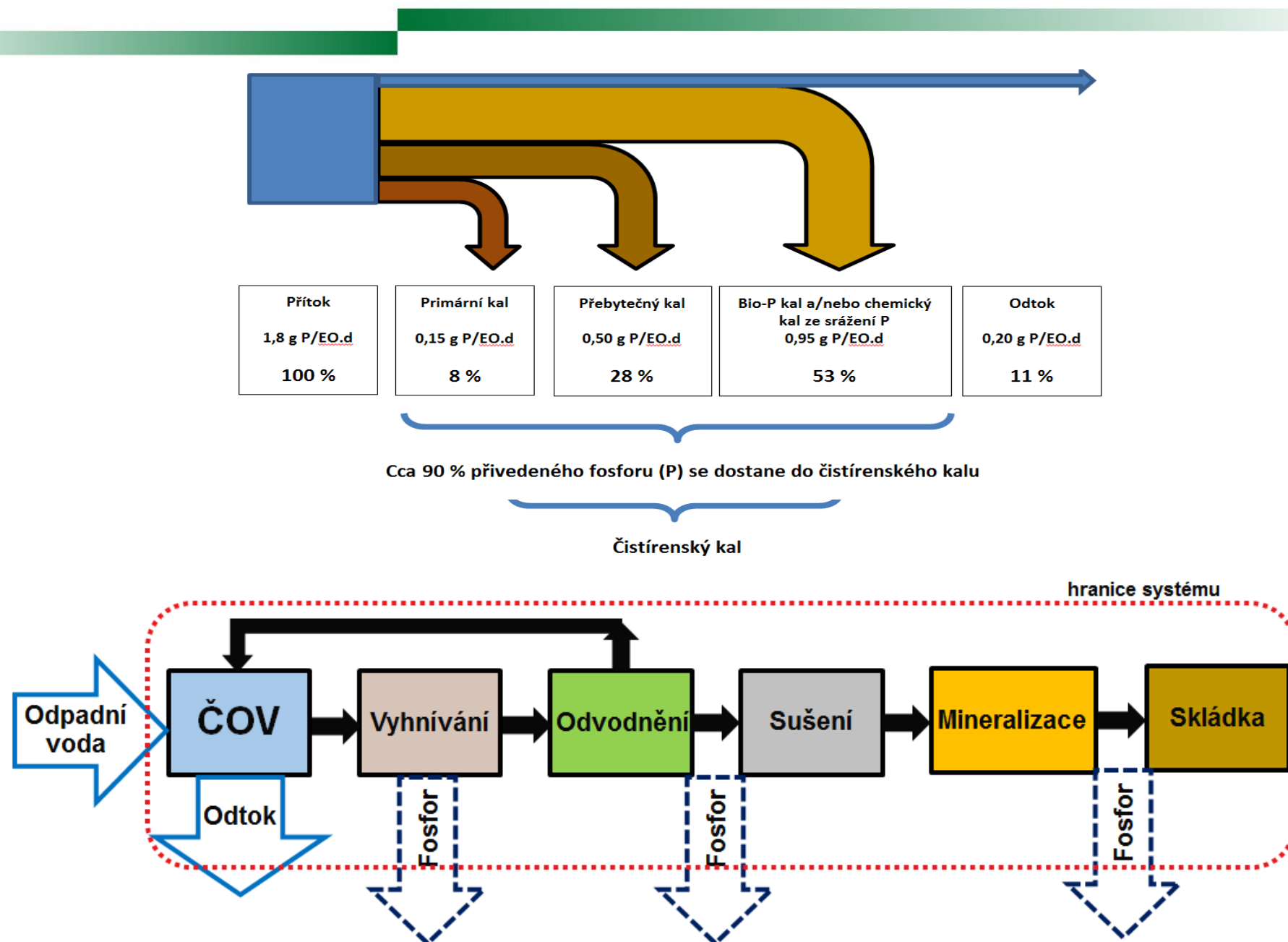
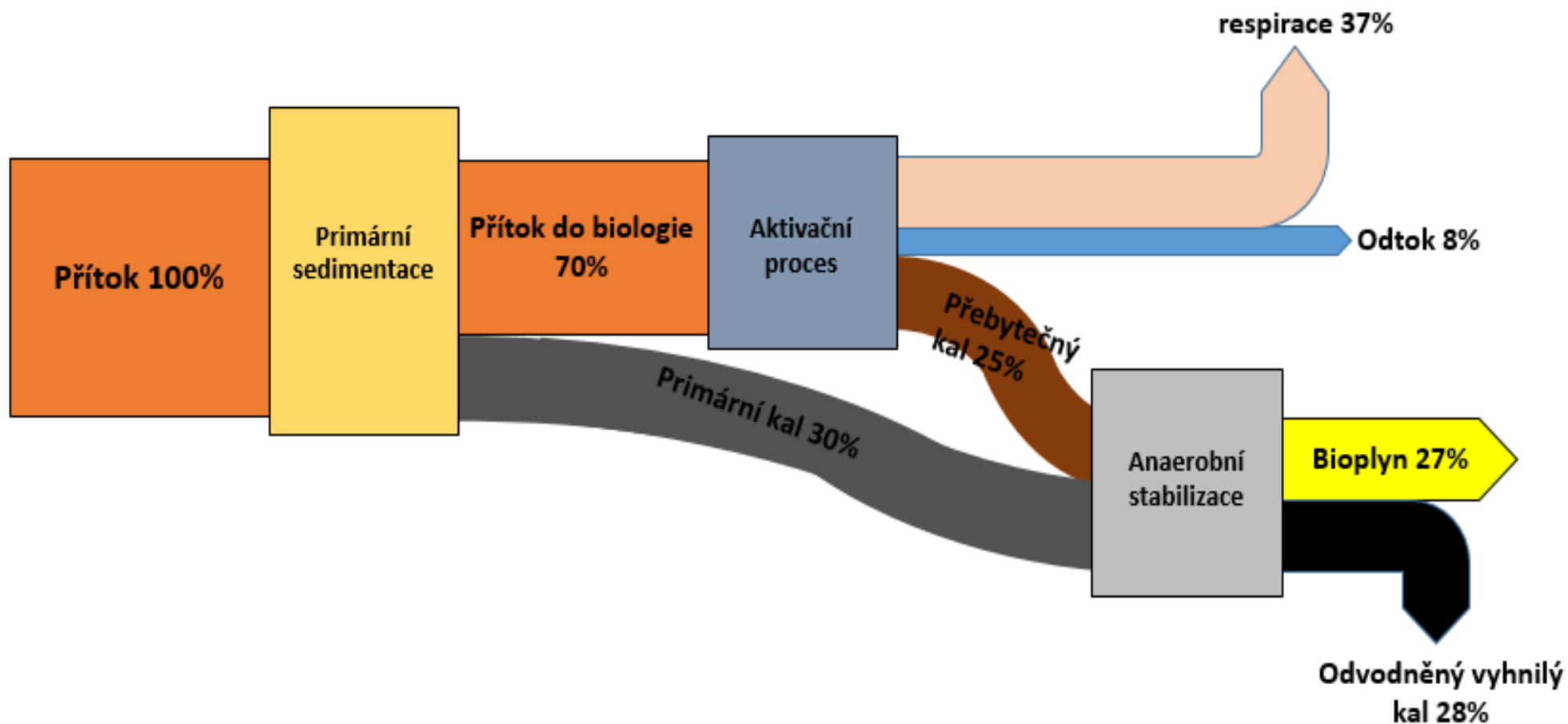


Diagram hmotové bilance pyrolýzního testu (reálný test) Čistírenský kal

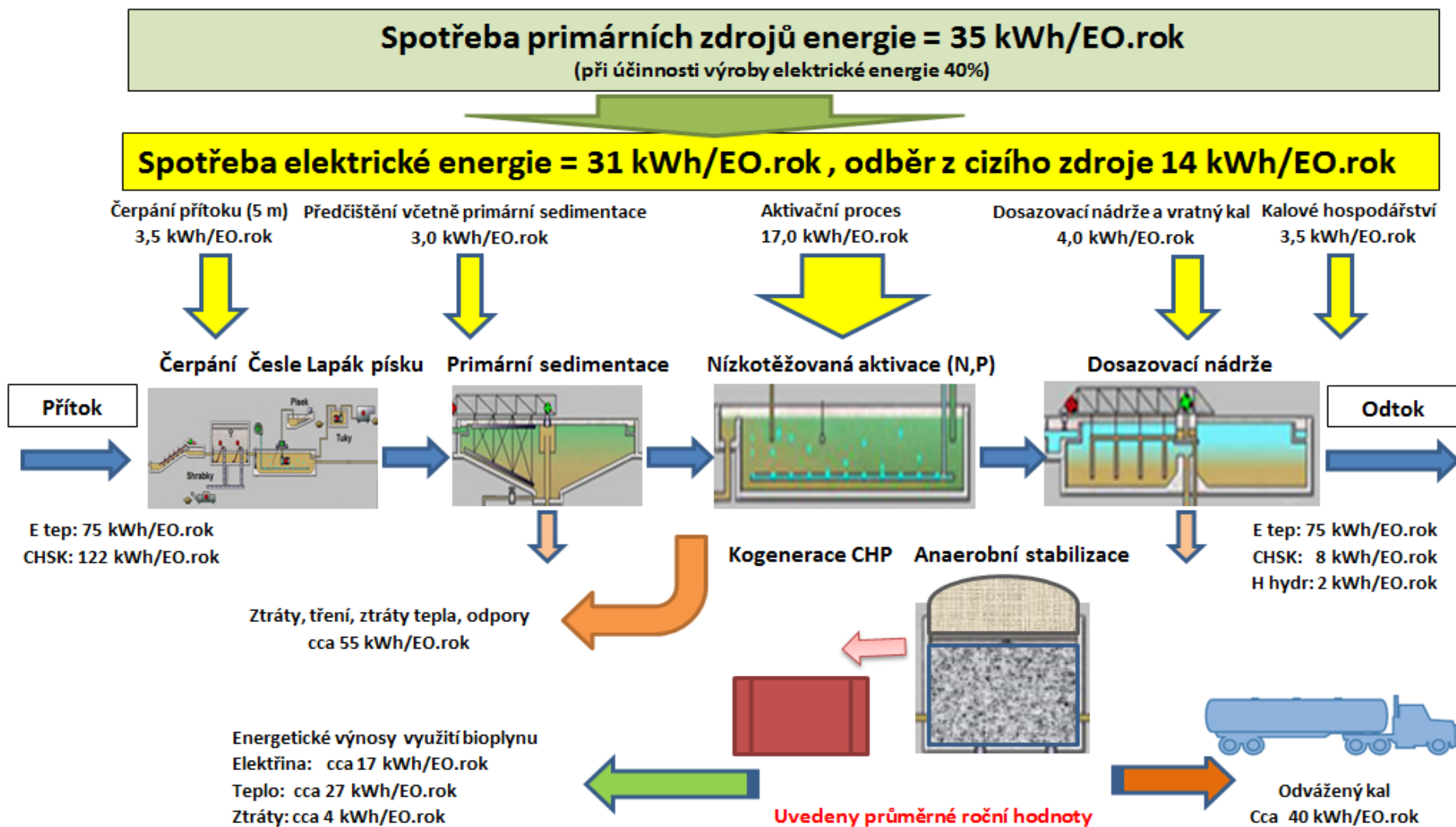




Energetická bilance ČOV v jednotlivých fázích čištění jako procenta energie obsažené přítoku



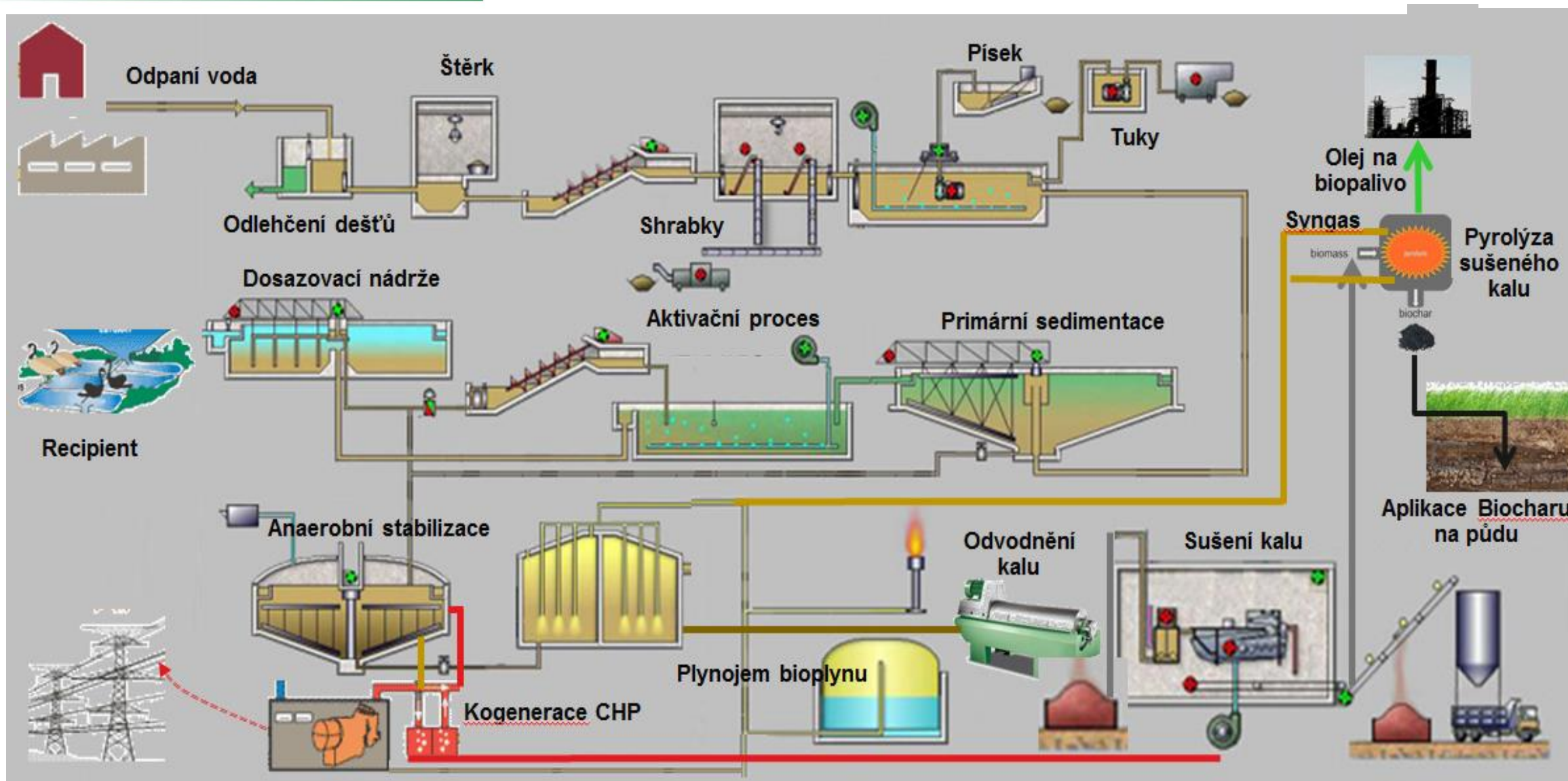
Spotřeba energie na ČOV s vyhnívání kalu a využitím bioplynu v kogeneraci



1g CHSK je ekvivalentní 14,6 kJ
3,6 MJ = 1 kWh

Složení biocharu produkovaného z čistírenských kalů při teplotách 450 – 500 °C

<i>Parametr</i>	<i>Rozměr</i>	<i>Hodnota</i>
pH	-	6 – 9
Porozita (vzduch)	% objem.	65
Porozita (voda)	% objem.	15
Specifická hmotnost	kg/m ³	380 – 450
Specifický povrch	m ² /g	300 – 600
Celkový dusík	% hmot.	3 – 5
Celkový fosfor	% hmot.	6 – 9
Draslík	% hmot.	0,3 – 2
Síra	% hmot.	2 – 3



Srovnání různých standardů pro certifikaci biocharu

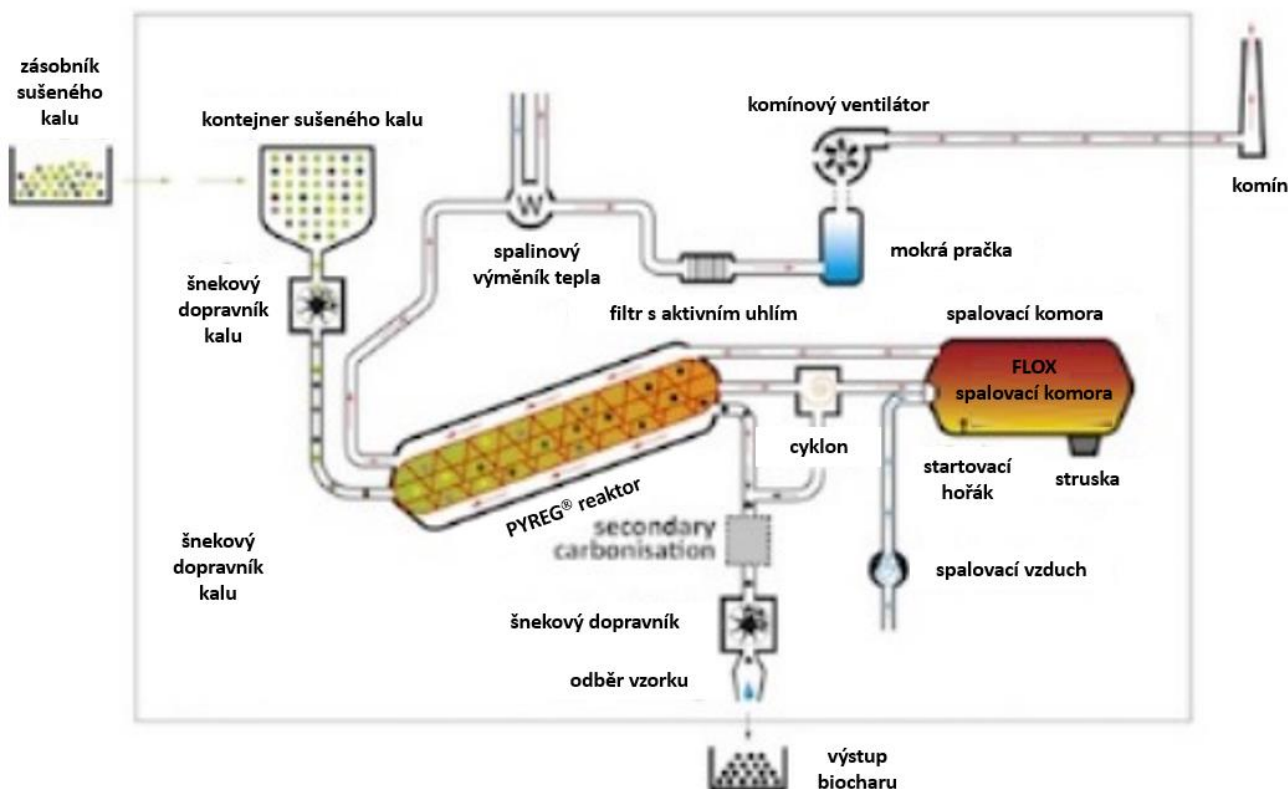
Biochar – parametr	European Certificate Verze 6.1 (6/2015)	Biochar	International Initiative (11/2015)	Biochar Verze 2.1	REFERTIL doporučení pro novelu EC 2003/2003 Fertilizer Regulation (11/2015)	
Potenciálně toxické prvky, max. koncentrace (mg/kg sušiny)						
	Basic	Premium	A	B	Org-P fertilizér	Soil 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 velikosti 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
C _{org.}	≥ 50%	≥ 50%	≥ 60%	≥ 30%	-	-
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
Agromická účinnost	-	-	-	-	prověření	prověření

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

Pyrolyzér s přímým spalováním pyrolýzního plynu a hořákem FLOX



Technické údaje:

Spalovací kapacita: 500 kW

Množství paliva: až do 180 kg/h (OS), cca 1,300 t/rok (OS)

Požadavek na palivo: > 10 MJ / kg, vlhkost < 50 % , velikost částic < 30 mm

Záložní tepelná kapacita: až do 150 kW

Elekrický příkon: 10 kW

Uhlíková účinnost: až do 60 %

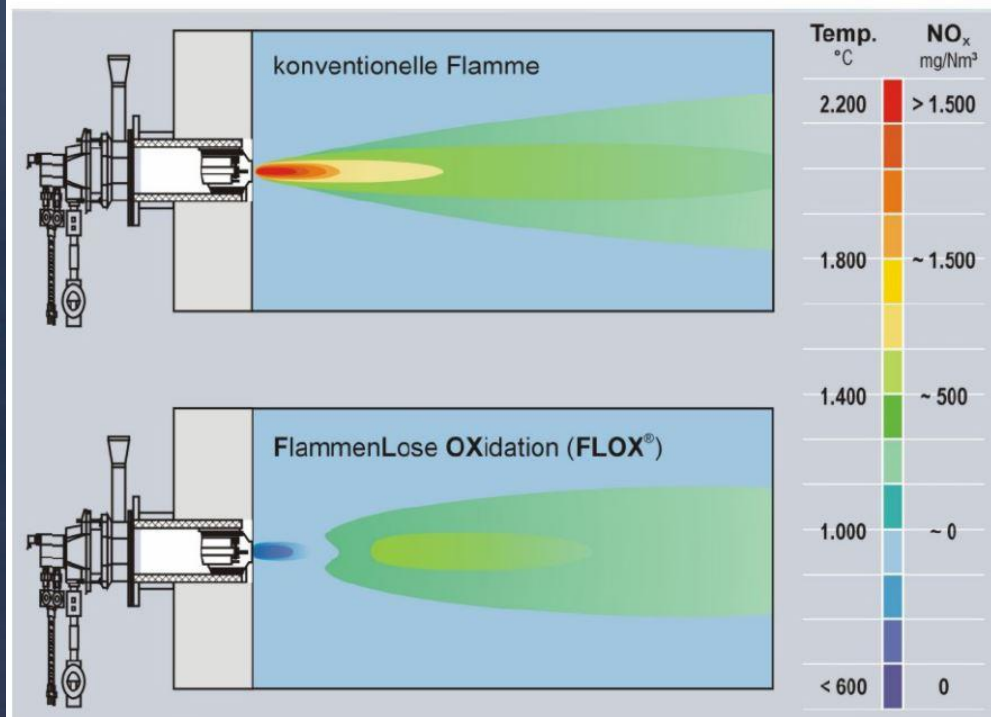
Rozměry: 8.8 m × 3.5 m × 2.7 m (L/W/H)

Hmotnost: cca 12 t

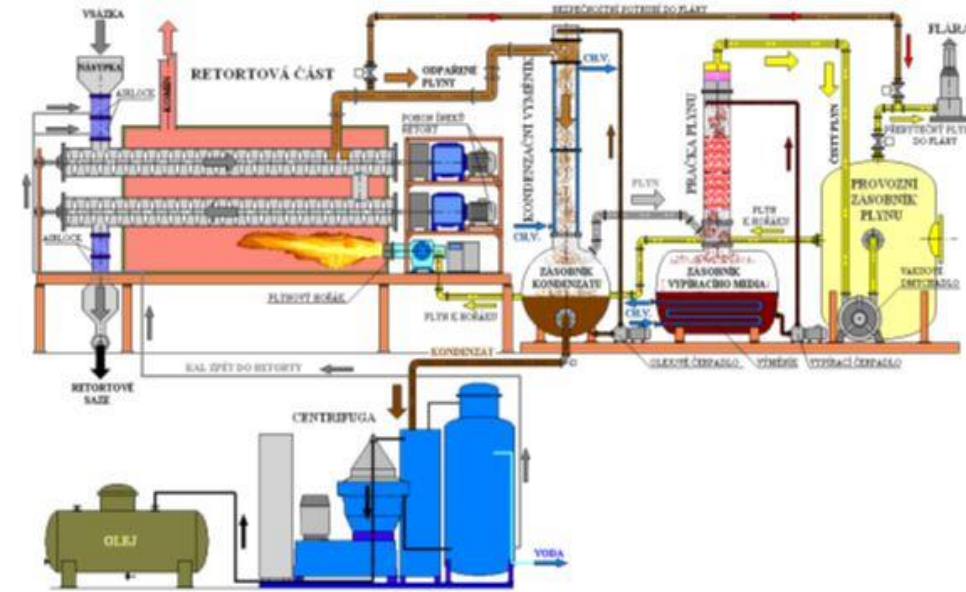
Pyrolyzér s přímým spalováním pyrolýzního plynu a hořákem FLOX



FLOX® - Flameless Oxidation in the Combustion Chamber



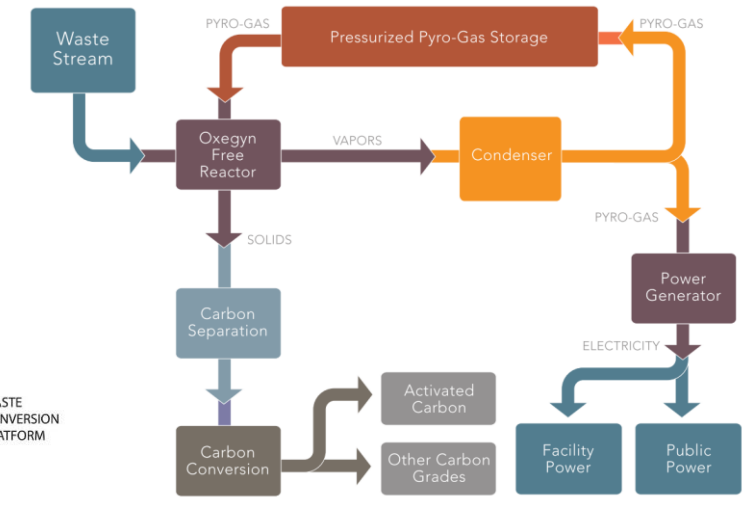
Technologie M3RP pro doplnění sestavy ČOV pro zpracování kalu na biochar



Pyrolýzní jednotka M3RP (Thersion a.s.)

- Minimální kapacita jednotky 250 kg/hod materiálu s vlhkostí max 15%, horní hranice kapacity, díky modulárnímu uspořádání, není stanovena
- Elektrický příkon cca 20 – 30 kW dle kapacity
- Tepelný příkon 200 – 600 kW dle kapacity s možností využití vyrobeného plynu
- Přebytky plynu lze použít v kogeneraci
- Výstupy biochar, plyn, olej, voda

THERSION™  WASTE CONVERSION PLATFORM

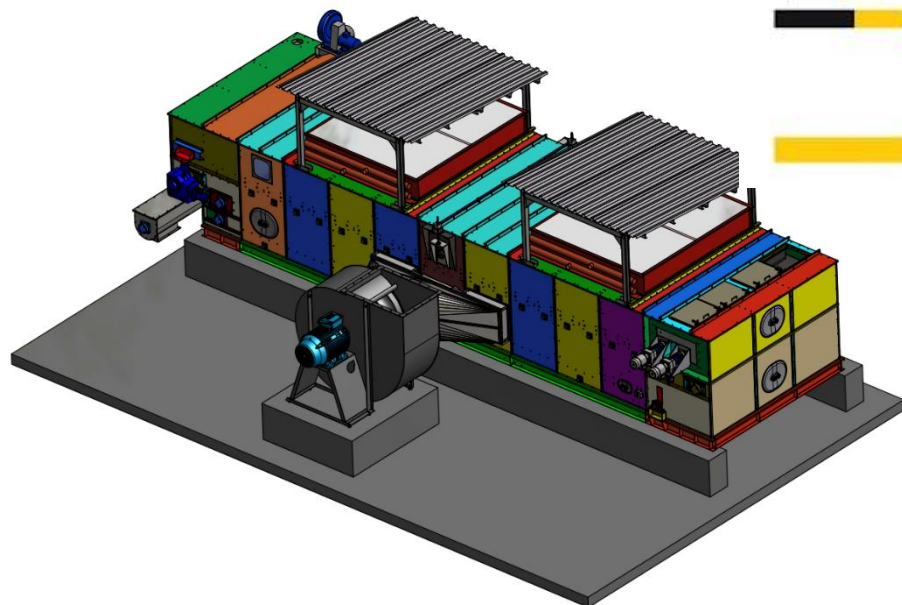


Nízkoteplotní sušárna na odvodněný kal



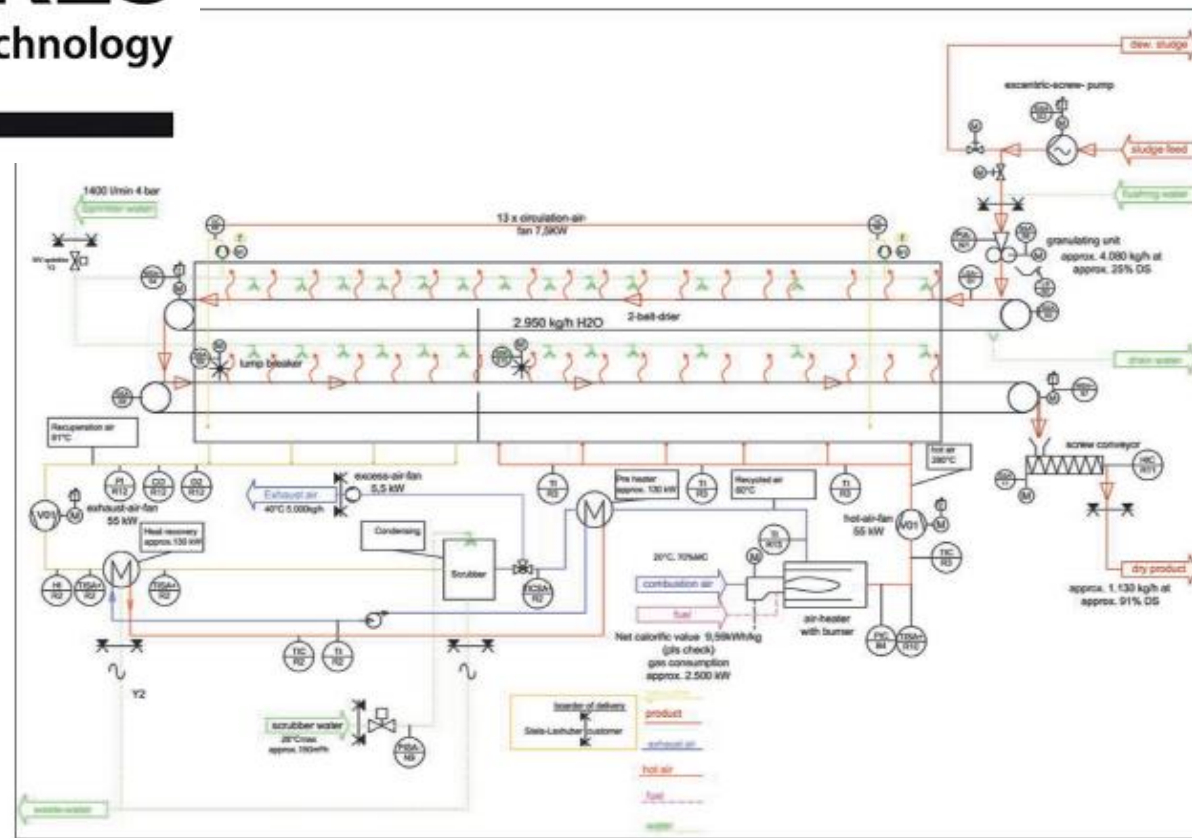
Nízkoteplotní sušárna na odvodněný kal

KATRES
Drying Technology



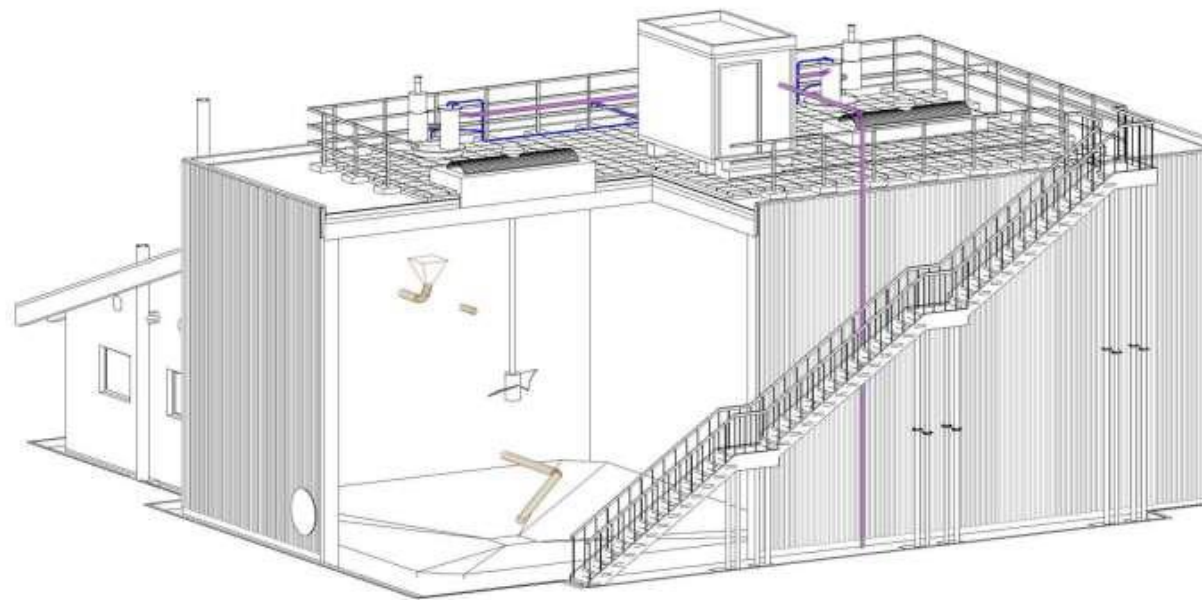
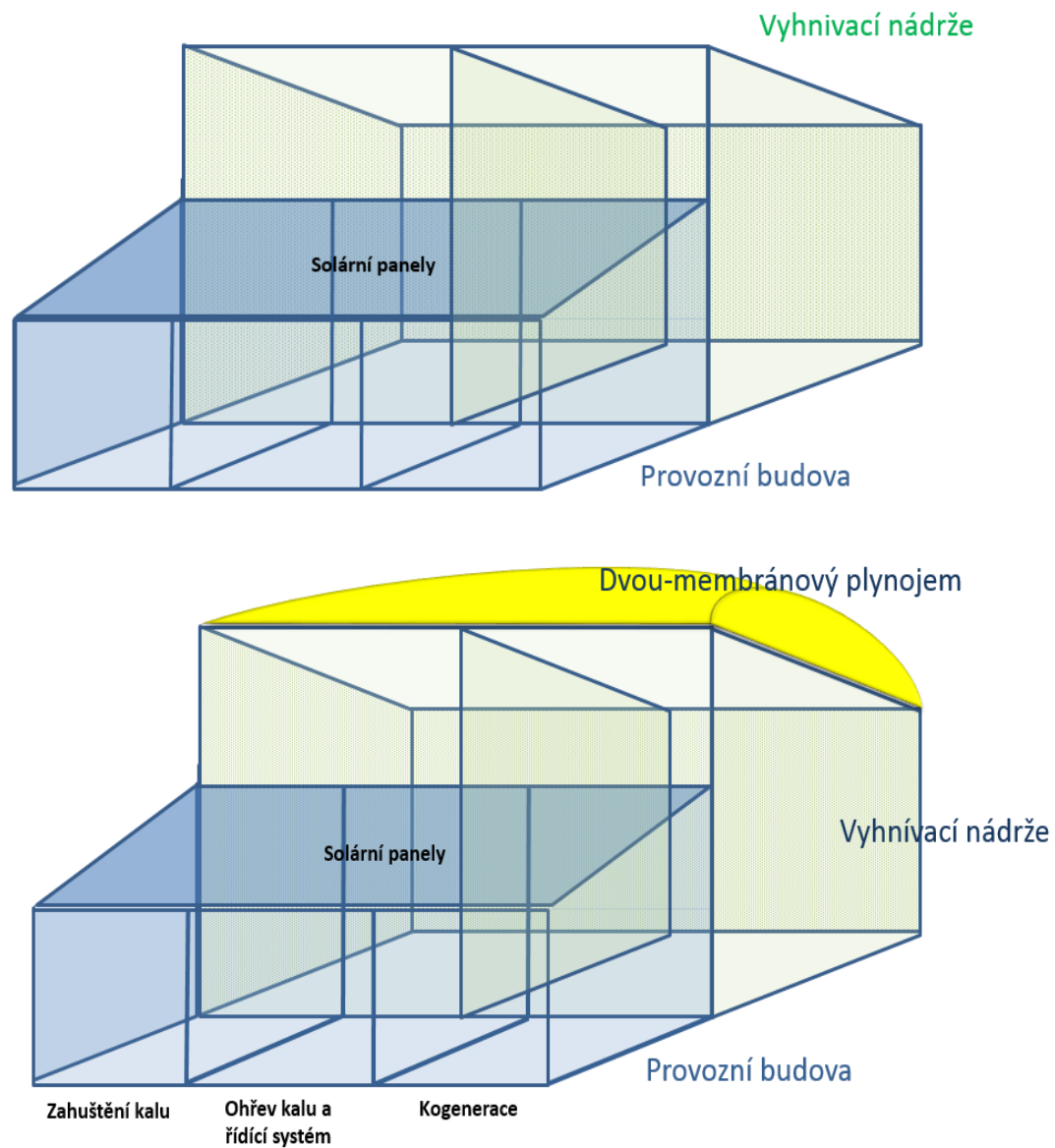
KATRES spol. s r. o.
Kolovratská 1445
251 01 Říčany u Prahy

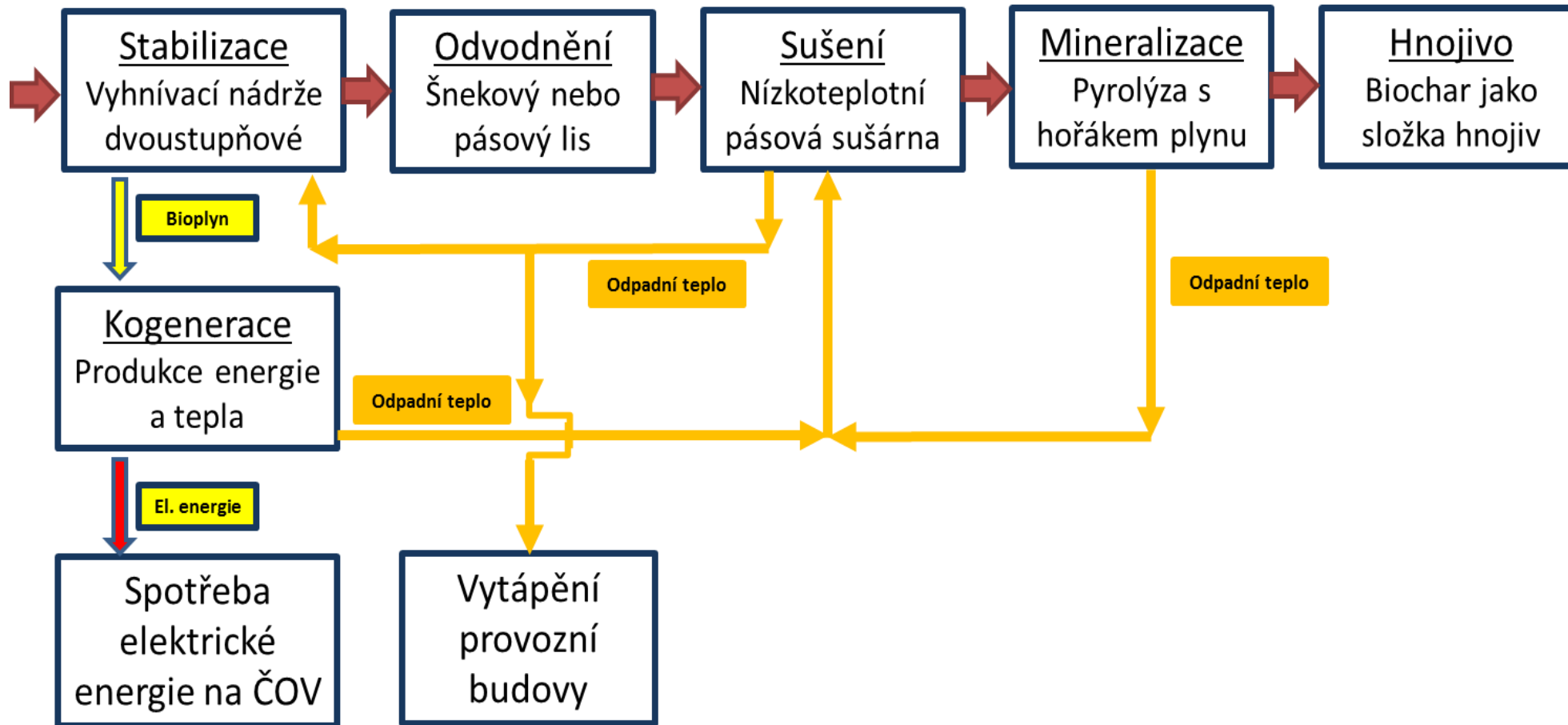
<http://www.katres.cz>



INTELIGENTNÍ REGIONY

Informační modelování budov a sídel, technologie a infrastruktura pro udržitelný rozvoj







Děkuji za pozornost !