

# Modely efektivního využití digestátu

**Výzkumný ústav  
monitoringu a ochrany  
půdy, v.v.i.**



**CZ Biom – České  
sdružení pro biomasu,  
Z.S.**

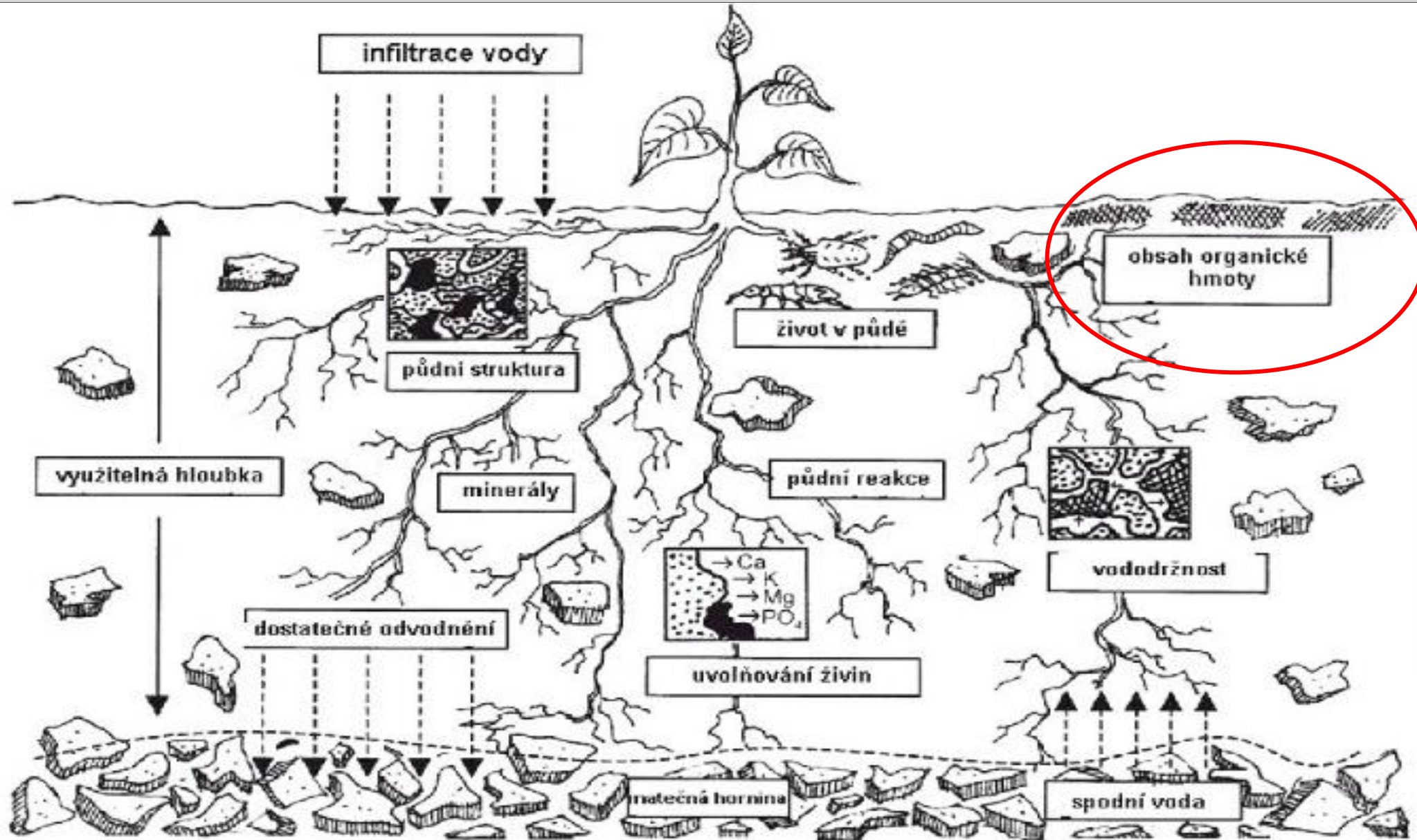


**TK04010120 - Optimalizace regionálního využití digestátu jako hnojiva – nástroj pro podporu pokročilých technologií získávání živin metodou posuzování životního cyklu produktů**

**Holubík Ondřej © VUMOP 2025**

# Organická složka půdy a její přeměna

Půda - otevřený biogeochemický systém zahrnující pevné částice, kapaliny a plyny

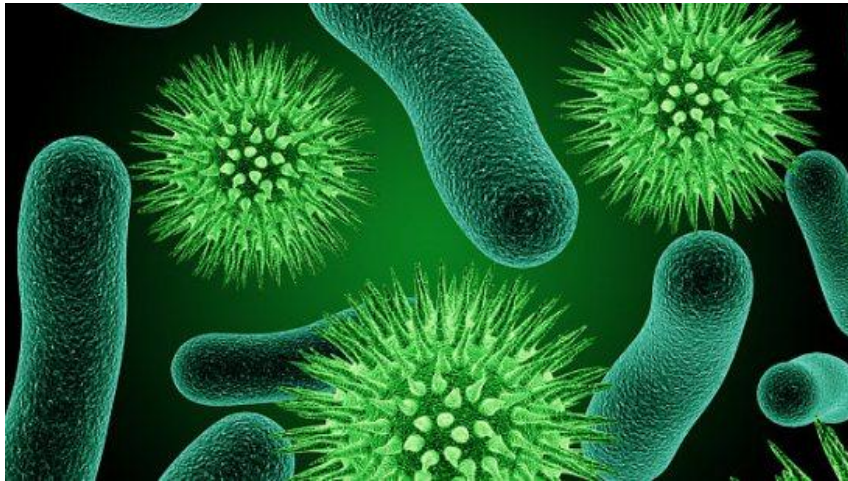


# Organická složka půdy a její přeměna

## Složky půdní BIOTY

### Bakterie a Aktinomycety

- ✓ **1g půdy žije až  $10^{10}$  bakterií**
- ✓ hmotnostně představují 0,45 – 4,50 t / ha
- ✓ žijí na aktivním povrchu koloidních látek - zejména sekundárních humusových látek

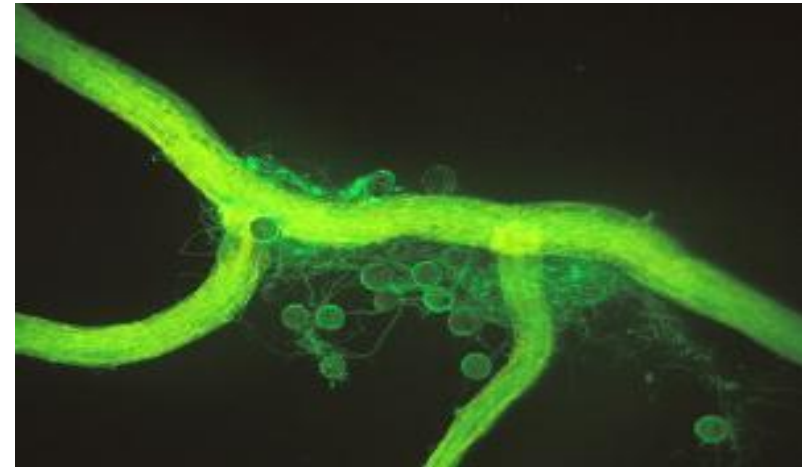


#### Autochtonní složka půdy

- metabolicky adaptovaná na transformaci stabilních složek půdní organické hmoty (Actinobacteria, Streptomyces, Micrococcus)

### Houby (Fungi)

- ✓ **1g půdy  $10^6$  spór mikromycet**
- ✓ hmotnostně představují mikroskopické houby 1,12 – 11,20 t / ha
- ✓ hmot. nejvýznamnějšími **rozkládají veškeré druhy organických látek**

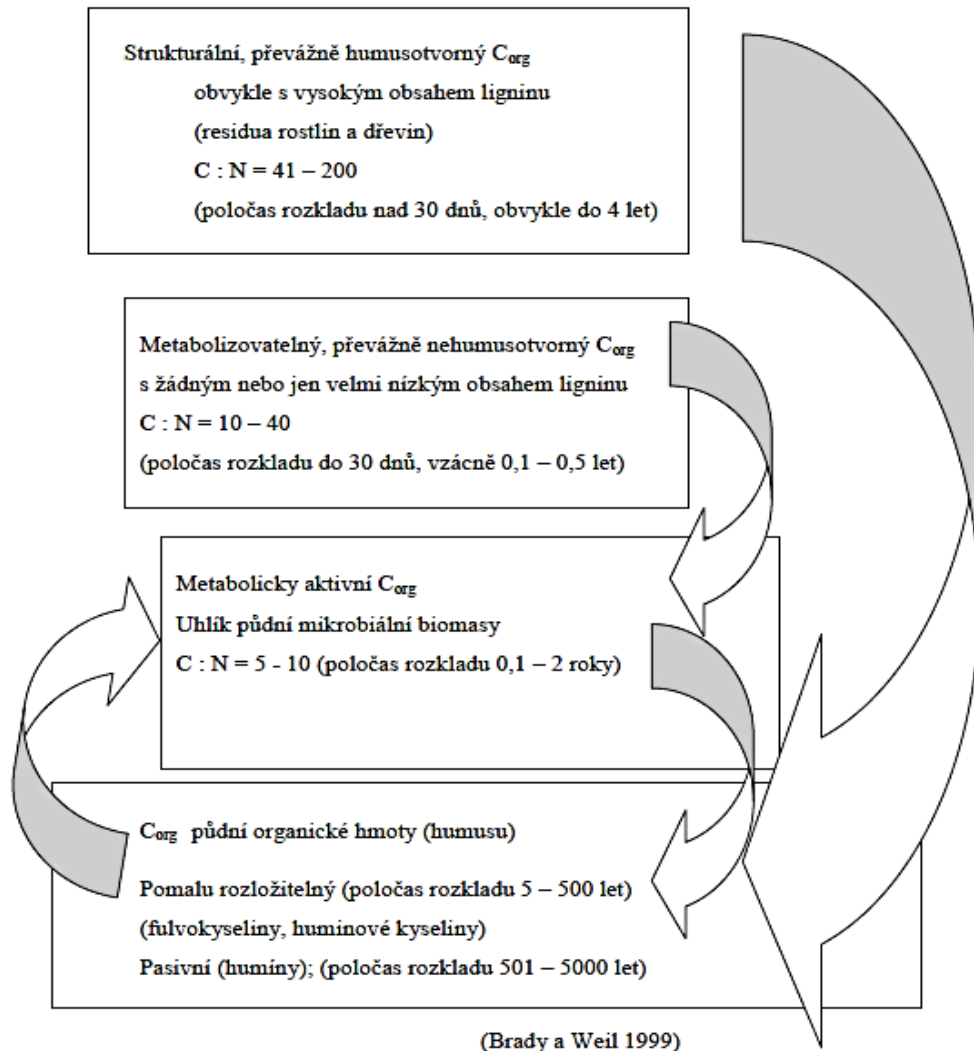


#### Zymogenní složka půdy

- převažují klidová stadia
- metabolicky aktivní po vnesení snadno rozložitelných organických látek hlavní (Pseudomonas, Azotobacter, Rhizobium)

# Organická složka půdy a její přeměna

Pro půdní úrodnost je důležitý nejen obsah organické složky, ale především jeho kvalita.



## Zdroje půdní organické hmoty

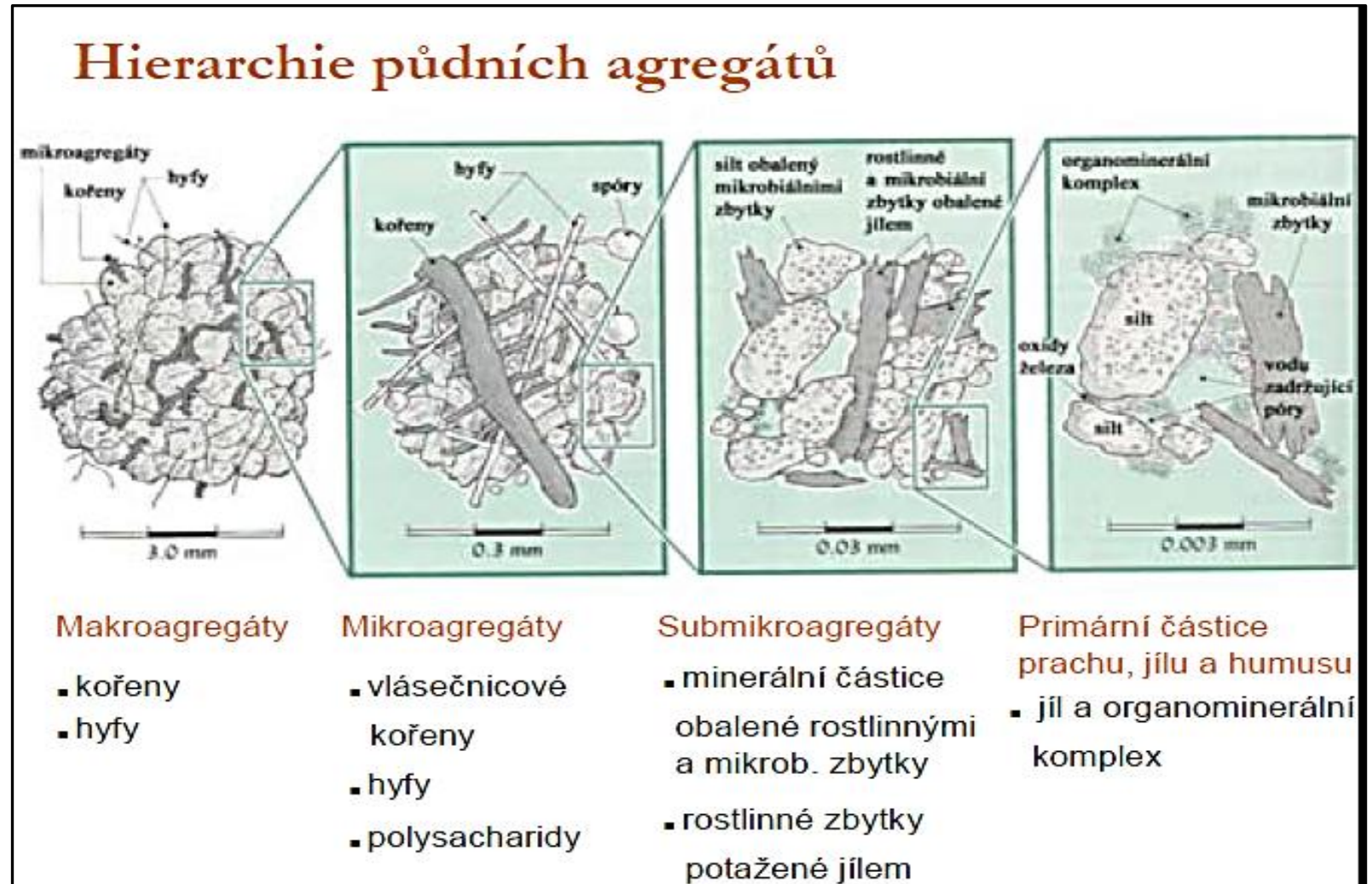
- posklizňové rostlinné zbytky
- odumřelé kořeny, kořenové výměšky
- odumřelé mikroorganismy, odumřelý půdní edafon
- statková hnojiva (hnůj, kejda)
- komposty, čistírenské kalý, separát, sediment

Druh hnojiva	Poločas rozkladu	Forma $C_{org}$
Močůvka	několik dnů	Metabolizovatelný, převážně nehumusotvorný $C_{org}$
Kejda skotu, prasat	několik týdnů	Metabolizovatelný, převážně nehumusotvorný $C_{org}$
Hnůj	< 2 let	Strukturální, převážně humusotvorný $C_{org}$
Kompost	> 4 roky	Strukturální, převážně humusotvorný $C_{org}$ + humus

# Organická složka půdy a její přeměna

## Biotransformace SOM

- ❖ Vznik půdní organické hmoty (SOM)
- ❖ Prim. org. látky = pletiva jsou mikroorganismy (vnějšími enzymy - hydrolázami) štěpeny => na základní stavební jednotky
- ❖ následně transformovány (buněčnými procesy – přes Cbiom) na Sek. org. látky = humusové látky.



# Možnosti uplatnění zdrojů organické hmoty v zemědělství

## Princip uplatnění zdrojů organické hmoty

### Princip

#### ❖ Využití všech zdrojů organické hmoty:

- kompostu ze sběru zeleně
- upravených ČOV kalů
- separátu a fugátu BPS

#### ❖ Výroba a aplikace organických a organominerálních hnojiv

#### ❖ Aplikace hnojiv do zóny růstu konvenčních plodin – principy precizního zemědělství



Vodnatý



Pevný

# Možnosti uplatnění zdrojů organické hmoty v zemědělství

## KOMPOST

Zemědělské – zdroje zbytky +  
opad zeleně

Obecní – zdroje zbytky + opad  
zeleně + BRKO + cokoliv

ČERSTVÝ



Mulč  
protierozní  
efekt

VYZRÁLÝ



HNOJIVO  
aplikace do  
půdy

Nadsítné



Rekultivace staveb – svahy silnic



Podsítné

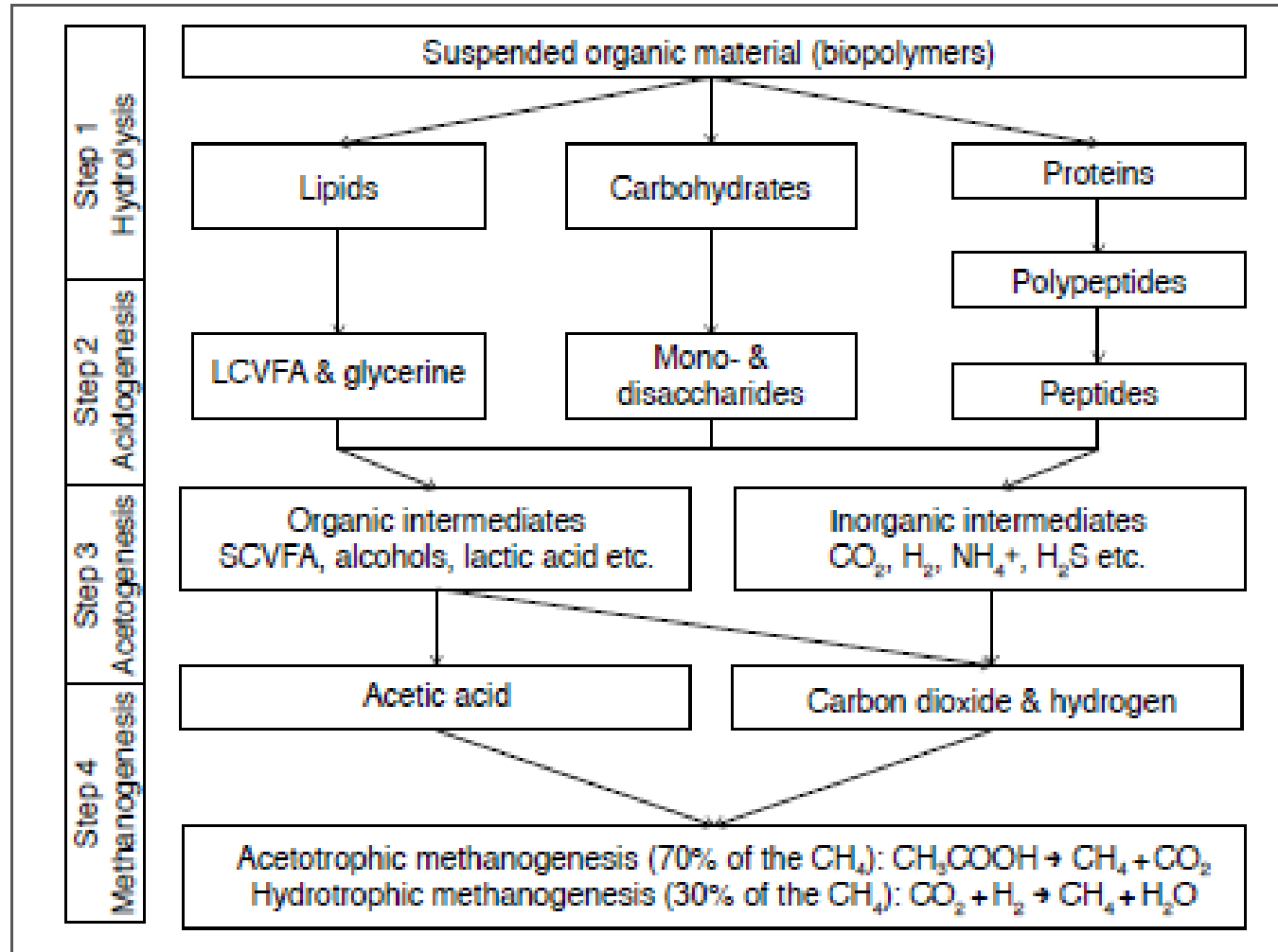


Revitalizace obecní zeleně

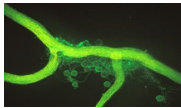
Kompostování je přirozená biochemická přeměna, kdy za aerobních podmínek dochází k rozkladu organických látek a jejich přeměně na látky humusové povahy (Plíva et al., 2006)

# Možnosti uplatnění zdrojů organické hmoty v zemědělství

## ZEMĚDĚLSKÁ BPS



Zymogenní složka mikroorganismů pracuje pro nás



# Možnosti uplatnění zdrojů organické hmoty v zemědělství

## MOŽNOSTI PRO DIGESTÁT

VODNATÝ MATERIÁL  
DIGESTÁT (suš. 7-8 hmot.%)

PROBLÉM USKLADNĚNÍ

Zastřešení ?



APLIKACE NA PŮDU



APLIKACE DO PŮDY



Ideálně **bezprostředně** zapraven do  
minimální hloubky **15 cm** (Wang et al. 2016)

# Možnosti uplatnění zdrojů organické hmoty v zemědělství

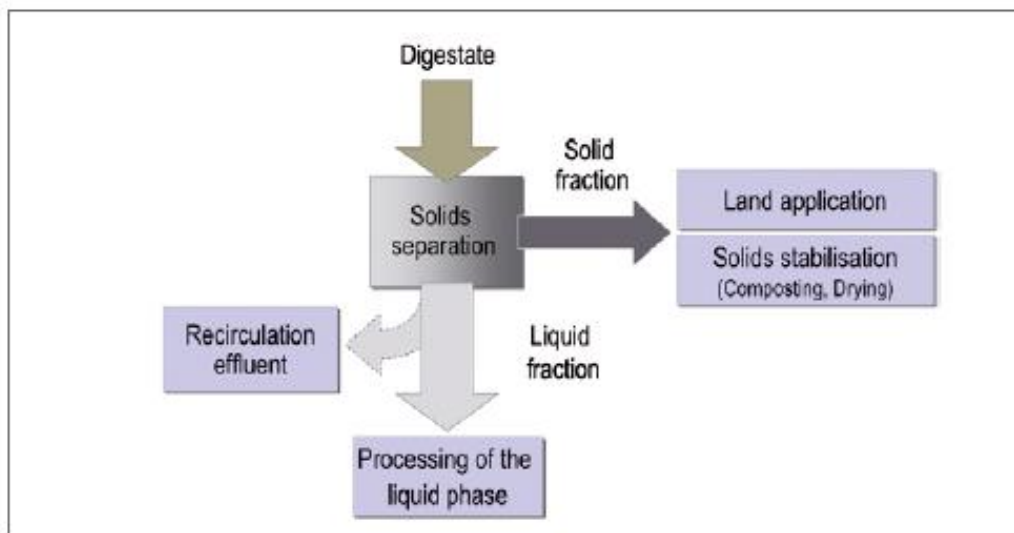
## SEPARACE

### Nutrient Recovery by Biogas Digestate Processing

Bernhard Drosig  
Werner Fuchs  
Teodorita Al Seadi  
Michael Madsen  
Bernd Linke



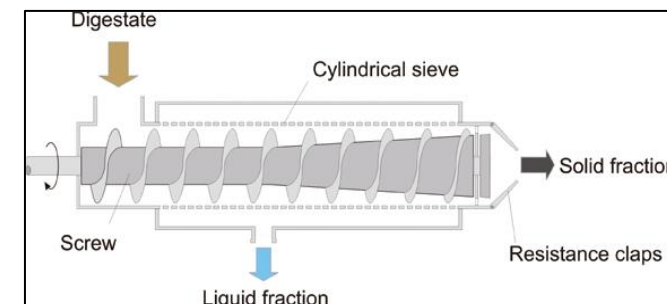
IEA Bioenergy



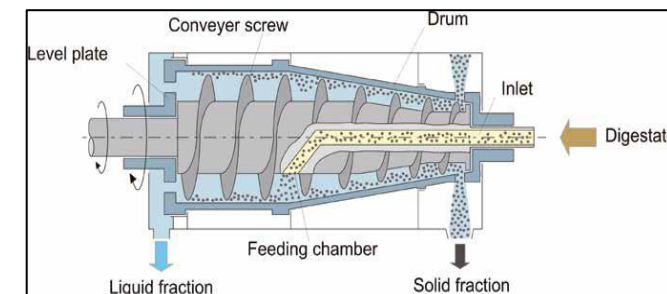
- SEPARÁT (suš. 20-30 hmot. %)
- FUGÁT (suš. 3-4 hmot. %) – koloidní fáze



ŠNEK

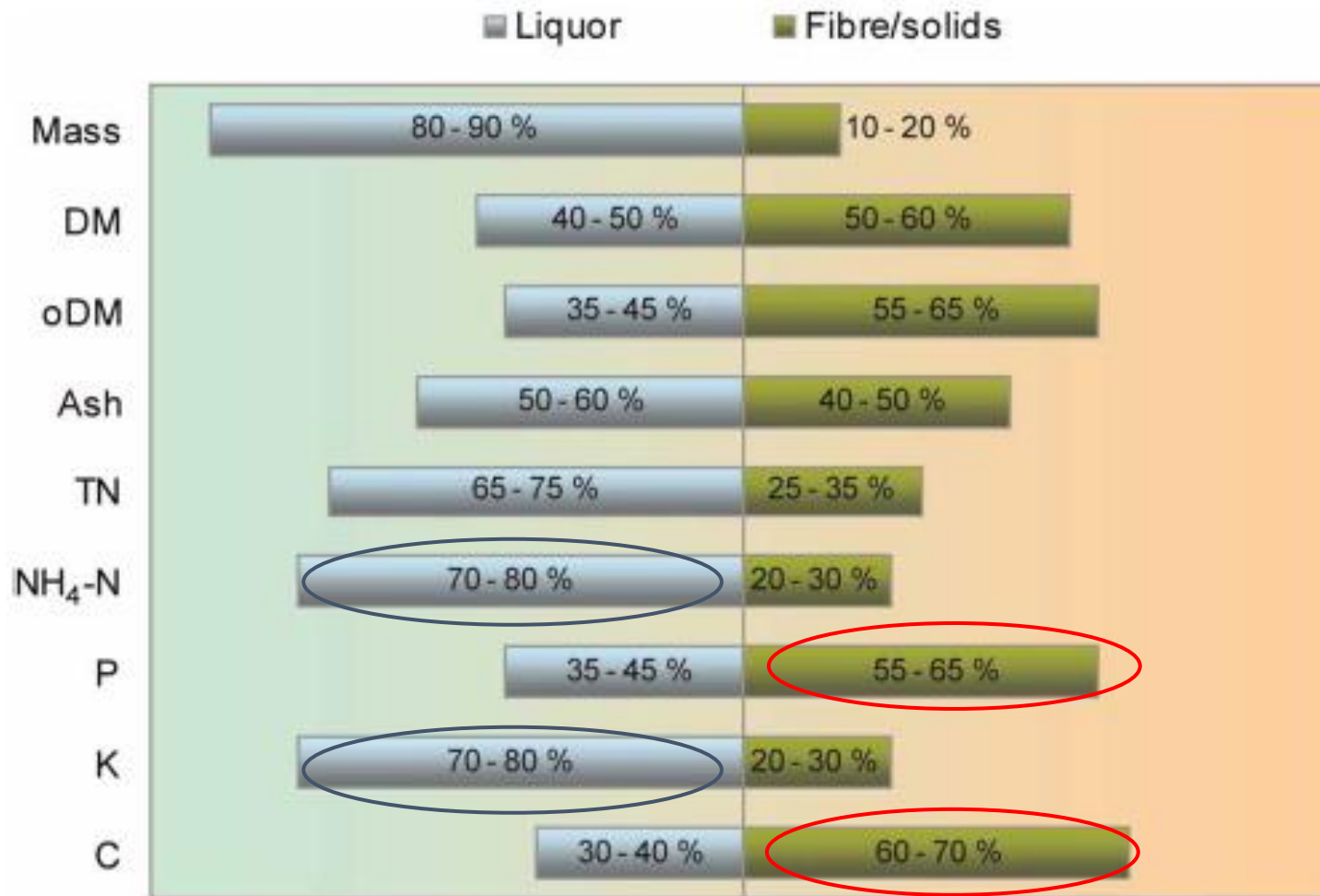


CENTRIFUGA



# Možnosti uplatnění zdrojů organické hmoty v zemědělství

## VÝSLEDKY SEPARACE



Separací dochází nejen k oddělení tuhých látek, ale také některých živin. **Dusík (N) a draslík (K)** se stávají převážně **součástí fugátu**, **fosfor (P) a uhlík (C)** zůstávají **v separátu**. Již z tohoto předpokladu je vhodné pevný separát využít k zásobnímu hnojení a podpoře vzniku humusu a tekutý fugát naopak k přímému hnojení rostlin v době vegetačního období.

# Možnosti uplatnění zdrojů organické hmoty v zemědělství

## MOŽNOSTI PRO SEPARÁT

### PODESTÝLKA



### KOMPOSTOVÁNÍ



### APLIKACE NA PŮDU

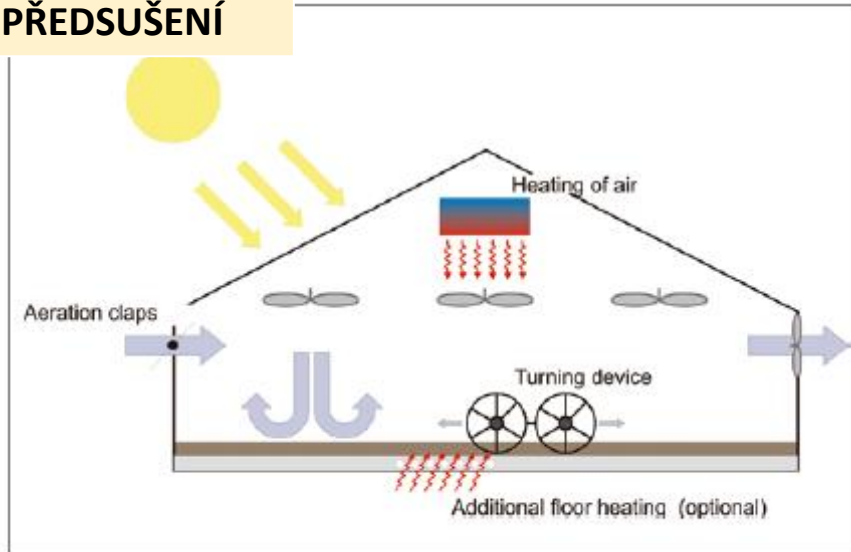


Správná aplikace digestátu, respektive jeho separovaných složek, separátu (ve formě kompostů, pevných hnojiv, popř. peletovaných hnojiv) a fugátu (pro závlahu, zkrápění kompostů, popř. k získávání kapalných hnojiv pomocí evaporace, stripování apod.), mají významný environmentální dopad, a to nejen z pohledu efektivního využití živin v půdě pro rostliny, ale především při úspoře nákladů, materiálů, vody a pohonných hmot při jejich aplikaci.

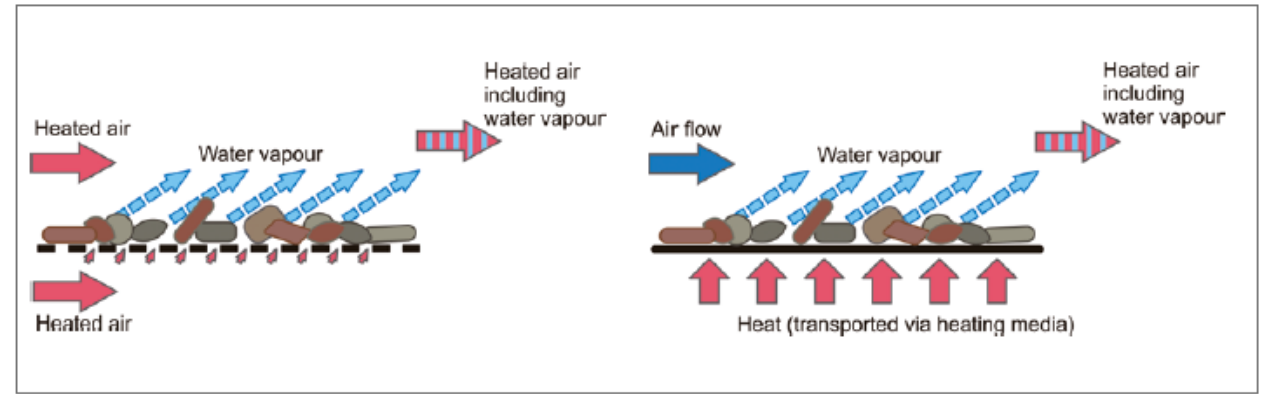
# Možnosti uplatnění zdrojů organické hmoty v zemědělství

## MOŽNOSTI PRO SEPARÁT

### PŘEDSUŠENÍ



### DOSUŠENÍ



Ve směsi s NPK  
ORGANO -  
MINERÁLNÍ  
HNOJIVO



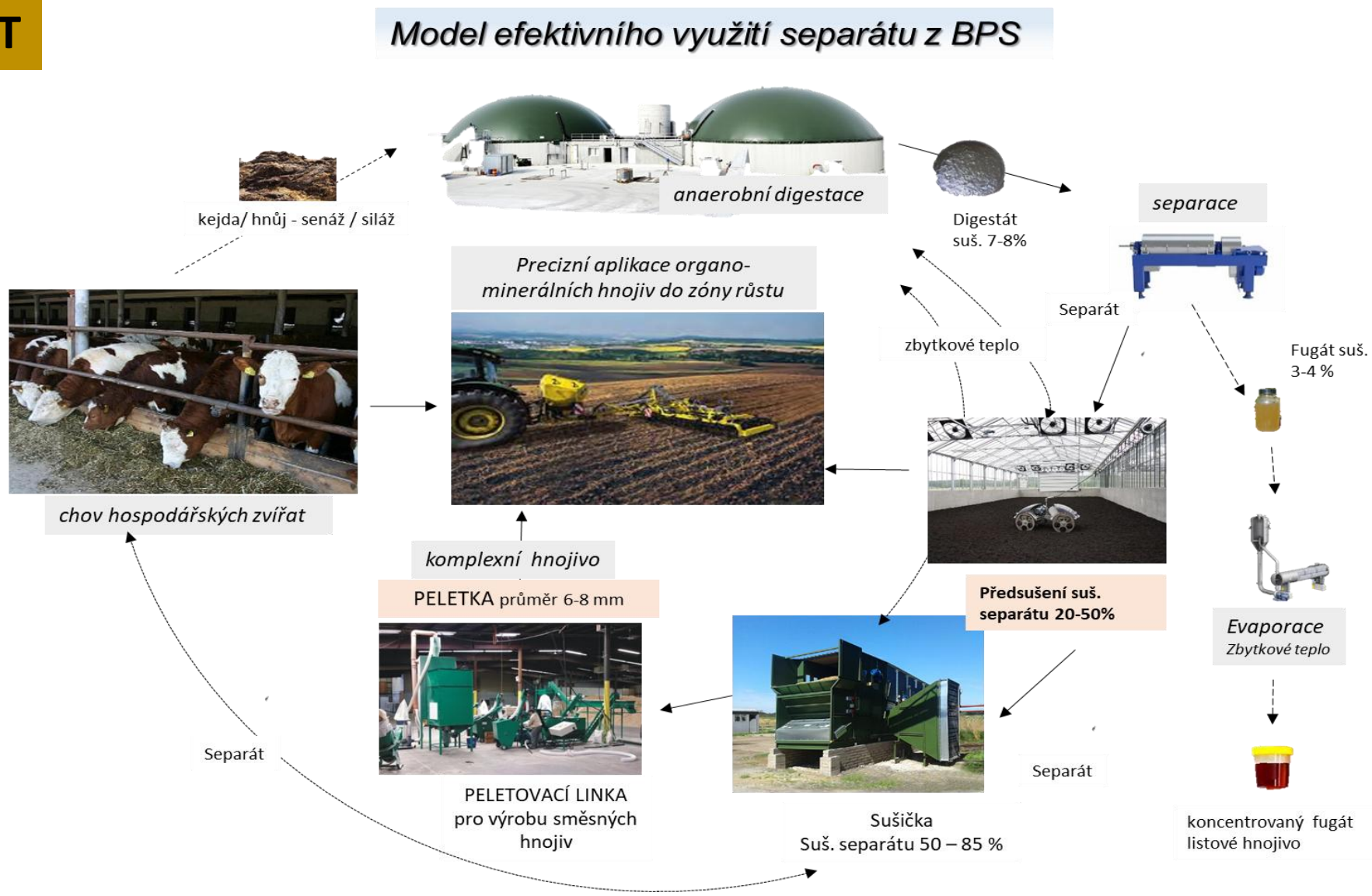
### PELETOVÁNÍ

Pro pelety SEPARÁT  
(suš. 80-85 hmot. %)



# Možnosti uplatnění zdrojů organické hmoty v zemědělství

## SEPARÁT

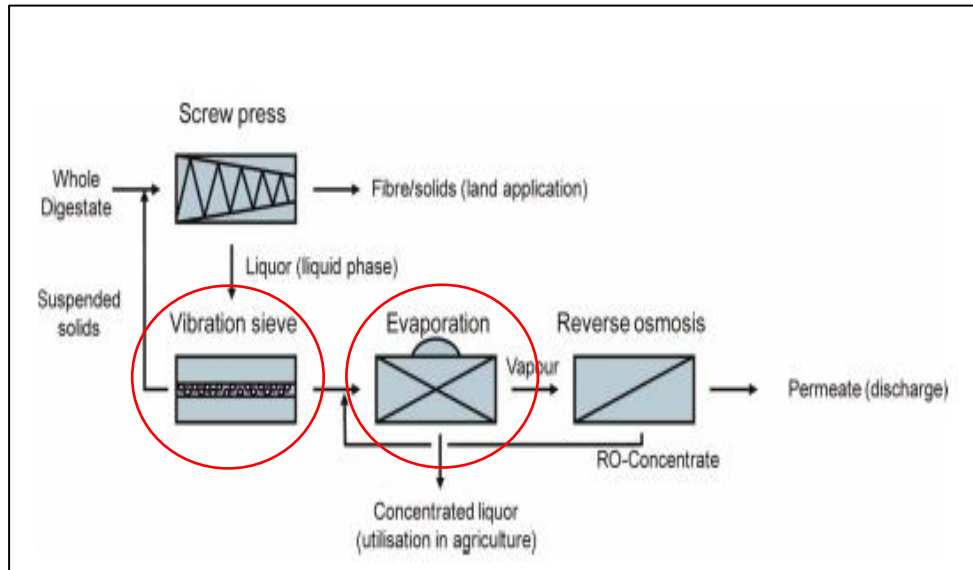


**Hypotetický model 1** pracuje s myšlenkou využít až 50% všech zdrojů separátu (popř. upraveného stabilizovaného ČOV kalu) k cílené produkci organo-minerálních hnojiv. Zajímavým aspektem řešení se zdá i možnost předsušení separátu ve skleníku s využitím slunečního záření a zbytkového tepla (z BPS, Evaporace apod.). Model počítá s cílenou produkcí hnojiv. Pro efektivní uplatnění technologie je nutná investice do vysoušecí jednotky a automatické peletovací linky.

# Možnosti uplatnění zdrojů organické hmoty v zemědělství

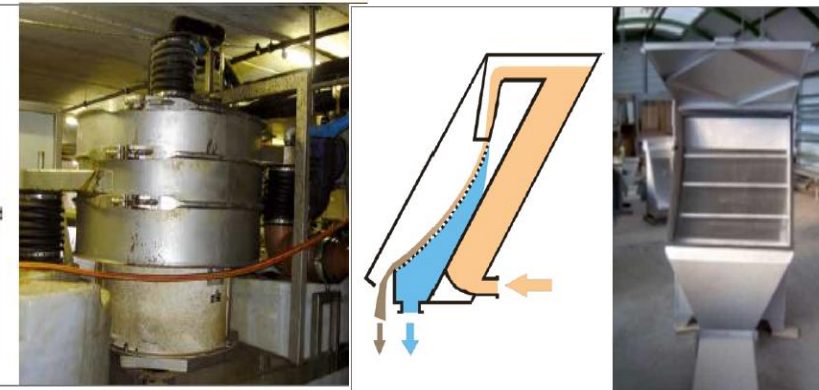
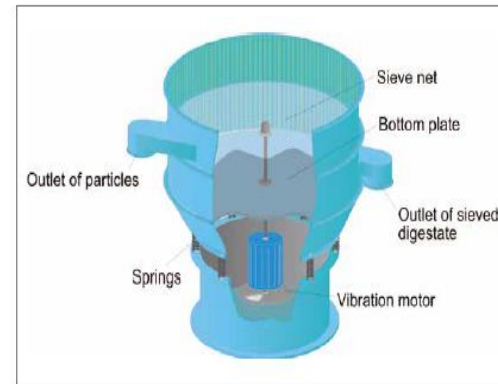
## MOŽNOSTI FUGÁTU

### SYSTEM ŠNEK / VIBRAČNÍ SÍTO / EVAPORACE / OSMÓZA

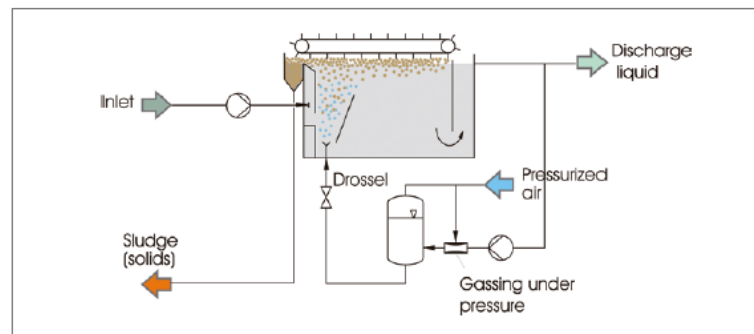


### PŘEDČIŠTĚNÍ – SEDIMENTACE / FLOTACE - ZÁVLAHA

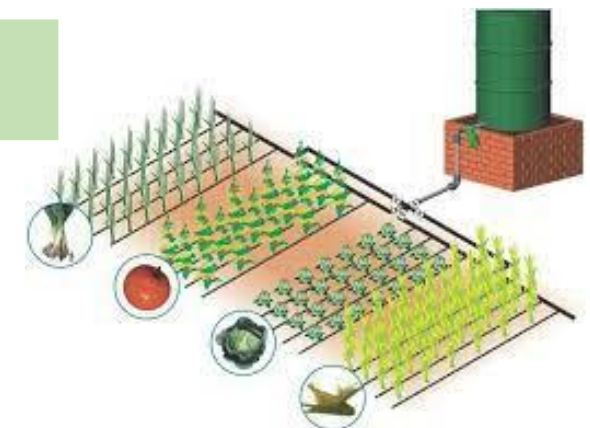
#### VIBRAČNÍ SÍTA



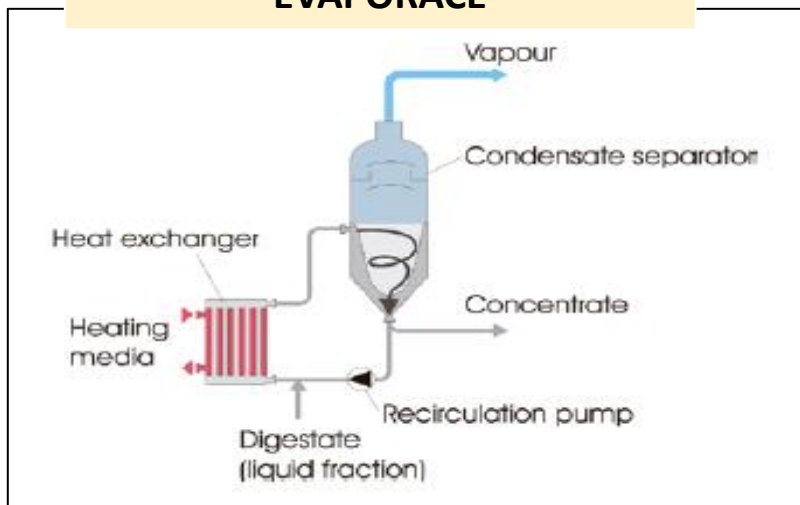
#### FLOTAČNÍ KOMORA



#### ZÁVLAHA FUGÁTEM



### EVAPORACE



EU - dotačně podporovány technologie s tepelnou stabilizací produktu (evaporace, sušení)

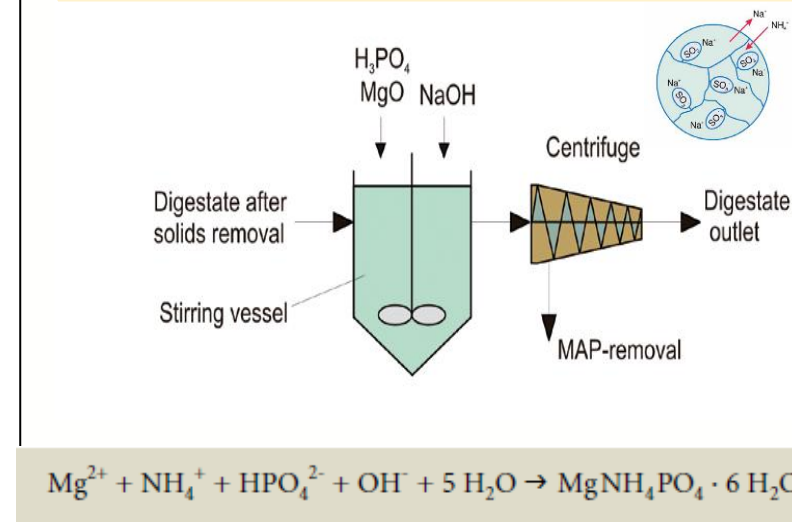


ZÍSKÁVÁNÍ DUSÍKU A FOSFORU

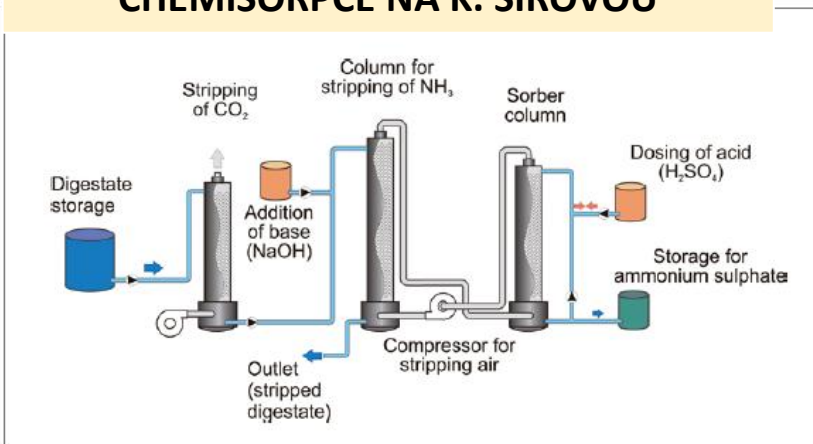


TEKUTÉ HNOJIVO TYPU DAM

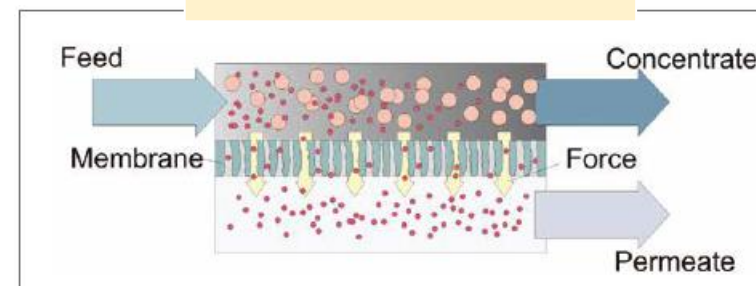
### SRÁŽENÍ NA STRUVIT – FOSFOREČNAN HOŘEČNATO AMONNÝ

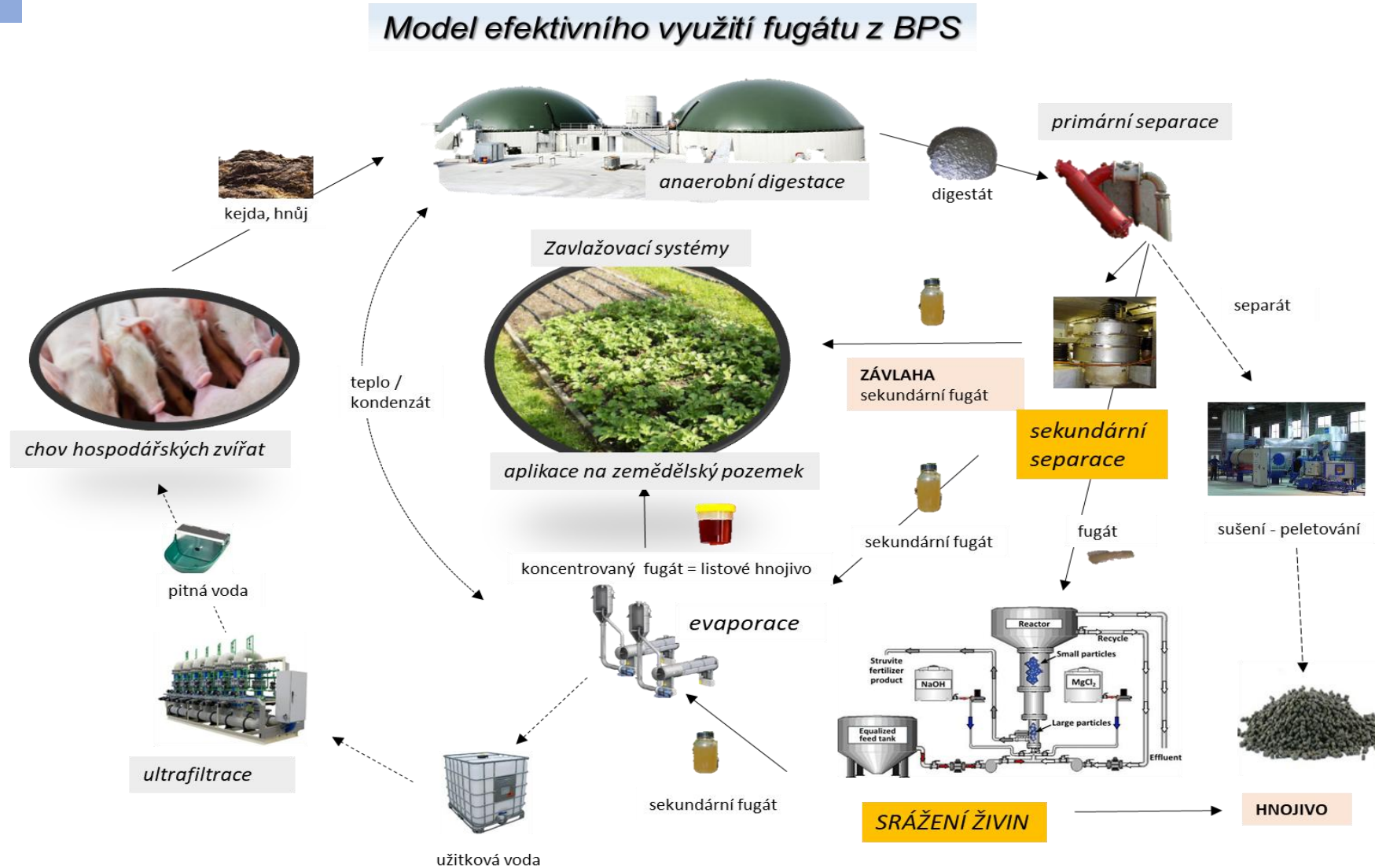


### STRIPOVÁNÍ – ZAHŘÍVÁNÍ – CHEMISORPCE NA K. SÍROVOU



### MEMBRÁNY





Hypotetický model 2 pracuje s myšlenkou až **80% kapalného podílu fugátu využít k řízené kapkové závlaze pozemku**. K tomuto účelu je nutné původní zdroje fugátu dále dočistit (**sekundární separace – vibrační síta**). K dočištění mohou být využity: (i) pouze mechanické filtry, síta (s/bez **biologickou aktivací**, popř. nitrifikací) k získání filtrované hnojivé zálivky s vysokým podílem nitrátových forem N, (ii) využití řasových kultur k biologické filtraci fugátu (nevýhodou je transformace dusíkatých podílů do biomasy), nebo (ii) využít technologií fyzikálně chemických (srážení / stripování / iontoměniče / evaporace / ultrafiltrace / nanofiltrace / reverzní osmóza apod.).

### Chemická předúprava fugátu



sítopásový lis



šroubový lis



deskový kalolis

## SRÁŽENÍ

### ZÍSKÁVÁNÍ ŽIVIN

Pro získání živin nutná drastická změna podmínek pH = technologicky náročné

Postup podle patentového spisu 306188:

- 1) úprava na pH = 4 pomocí k. fosforečné
- 2) aplikace síranu železitého.
- 3) aplikace vápenné mléko na pH 8
- 4) aplikace flokulantu



- ❖ Fixní náklady cca 5,7 mil Kč
- ❖ Provozní náklady cca 260 Kč / m<sup>3</sup> fugátu

Tab.: 4. Přehled investičních nákladů lisování fugátu. Ceny jsou bez DPH.

Strojní zařízení			1 841 000
Montáž technologie	%	15	276 150
Základy zařízení, OK	%	8	147 280
Potrubicí	%	30	552 300
Izolace potrubí	%	12	220 920
Elektroinstalace technologická	%	20	368 200
Měření a regulace	%	30	552 300
Stavební část	%	40	736 400
Vybavení budov	%	2	36 820
Transportní náklady	%	6	110 460
Projektové práce	%	15	317 573
Inženýrské práce	%	20	578 074
<b>Suma</b>			<b>5 737 477</b>

Tab.: 6. Přehled provozních nákladů při lisování fugátu

	j	Kč/j	spotřeba	celkem Kč
Elektrická energie	kWh	3,2	5	16
Údržba (% z pořiz.)	set	77	1	77
Chemikálie	set	165,8	1	166
<b>Náklady celkem</b>				<b>259</b>

Z tabulky 6 vyplývá, že přímé náklady na materiál a energie jsou asi 259 Kč/m<sup>3</sup>, zbytek je pak dán zejména mzdovými náklady.

# Studie využití Evaporace

## FUGÁT/DIGESTÁT

### EVAPORACE

- ❖ Účinnost odpaření 67 %
- ❖ Fixní náklady cca **15,7 mil Kč**
- ❖ Provozní náklady cca 731 Kč / m<sup>3</sup>



Tab.: 1. Přehled účinnosti odpařování

parametr	jednotka	fugát	destilát	účinnost
pH	-	7,69	9,83	
Fosfor	mg/l	571	0,062	99,9%
Dusík	mg/l	946	499	47%
TOC	mg/l	24290	11,9	99,9%
Vodivost	mS/m	1315	86	93%

### Studie

Tab.: 5. Přehled investičních nákladů odpařování fugátu. Ceny jsou bez DPH.

Strojní zařízení			11 550 000
Montáž technologie	%	5	577 500
Základy zařízení, OK	%	2	231 000
Potrubí	%	2	231 000
Izolace potrubí	%	5	577 500
Elektroinstalace technologická	%	2	231 000
Měření a regulace	%	5	577 500
Stavební část	%	6	693 000
Vybavení budov	%	2	231 000
Transportní náklady	%	2	231 000
Projektové práce	%	10	242 550
Inženýrské práce	%	10	334 950
Suma			15 708 000

Tab.: 7. Přehled provozních nákladů při odpařování fugátu

	j	Kč/j	spotřeba	celkem Kč
Elektrická energie	kWh	3,2	75	240
Údržba (% z pořiz.)	set	481	1	481
Chemikálie	set	10	1	10
Náklady celkem				731

Z tabulky vyplývá, že přímé náklady na materiál a energie jsou asi 731 Kč/m<sup>3</sup>, zbytek je pak dán zejména mzdovými náklady.



EnviTrail



**Ekonomická prognóza efektivního a environmentálně příznivého hospodření s digestátem v ČR**

certifikovaná metodika

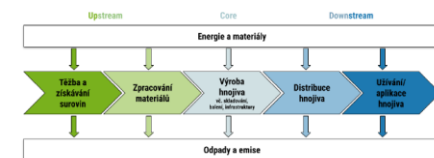
Ondřej Holubík, Renata Placatová, Julie Dajčl, Adam Moravec, Jan Habart



T A  
Č R

Tento projekt je spolufinancován ze státní podpory Technologické agentury ČR v rámci Programu TMA TA.  
www.biom.cz  
Výzkum a inovace pro konkurenceschopnost

# Posuzování životního cyklu digestátu (LCA)





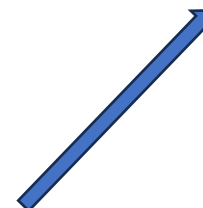
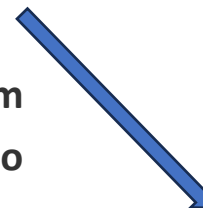
# Posuzování životního cyklu digestátu (LCA)

LCA studie prezentuje výsledky porovnávající 200 kg aplikovaného N na 1 ha půdy pro 4 scénáře.

EnviTrail

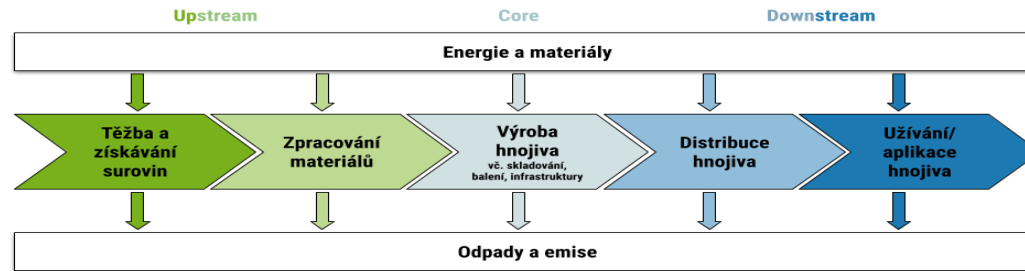
## Hodnocené scénáře:

- I. Digestát bez úpravy, bez zastřešení koncového skladu, s aplikací na půdu (bez zapravení)
- II. Digestát bez úpravy, se zastřešením koncového skladu, s okamžitým zapravením produktu do půdy
- III. Digestát s úpravou prostřednictvím separace, se zastřešením koncového skladu, s okamžitým zapravením produktů separace do půdy
  - a) aplikace separátu do půdy
  - b) aplikace fugátu do půdy
- IV. Digestát s úpravou prostřednictvím pokročilé technologie, se zastřešením koncového skladu, s okamžitým zapravením produktů separace do půdy
  - a) aplikace vysušeného separátu ve formě pelet do půdy
  - b) aplikace zakoncentrovaného fugátu z evaporace do půdy





## SROVNÁNÍ ZÁTĚŽE PRO ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ



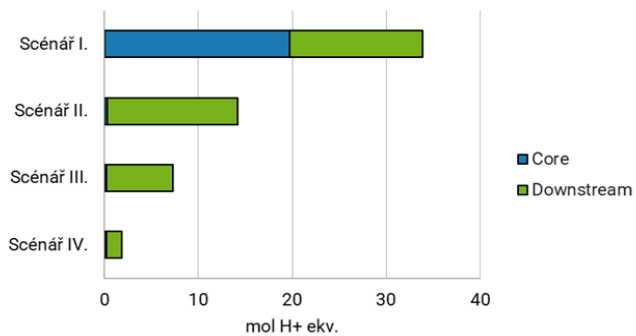
CORE

Downstream

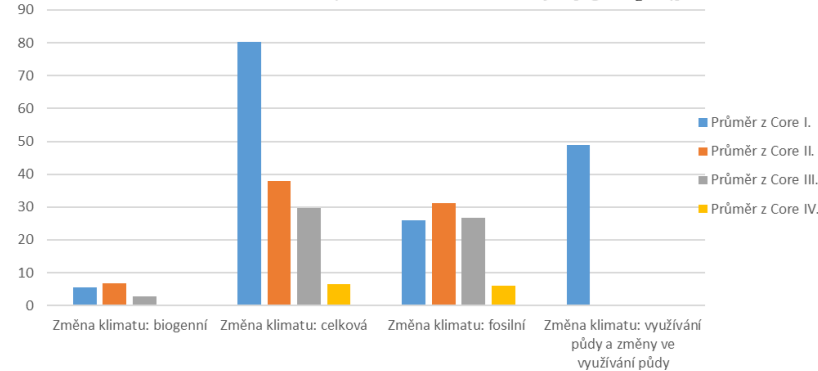
EFEKT ZASTŘEŠENÍ

VLIV NA PŮDU, VODU, VZDUCH

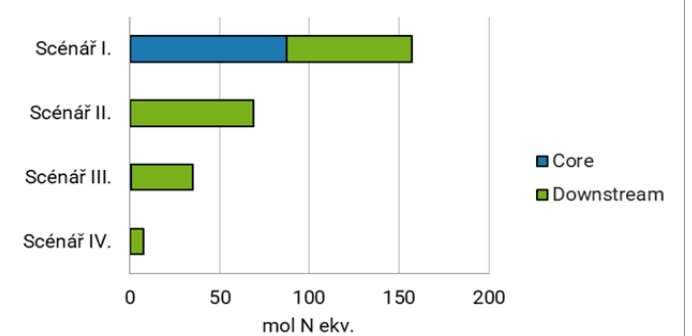
### Acidifikace



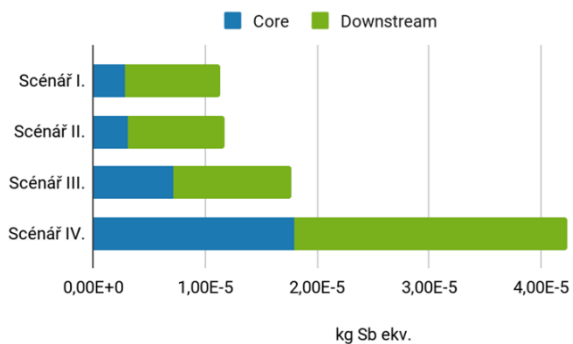
### Změna klimatu z procesu získávání hnojiv [kg CO<sub>2</sub>-Eq]



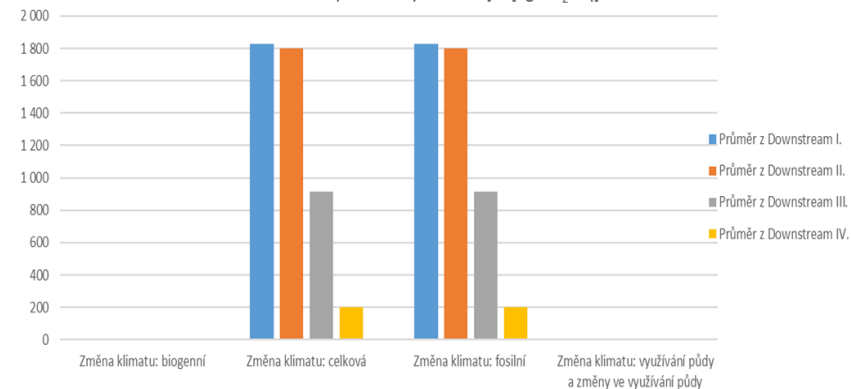
### Eutrofizace-půdní



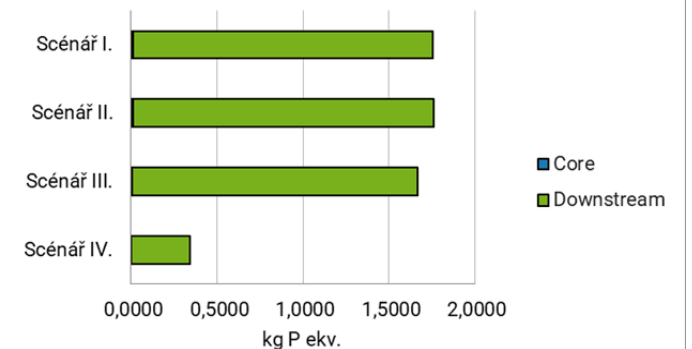
### Úbytek zdrojů surovin – minerály a kovy



### Změna klimatu z procesu využití hnojiv [kg CO<sub>2</sub>-Eq]

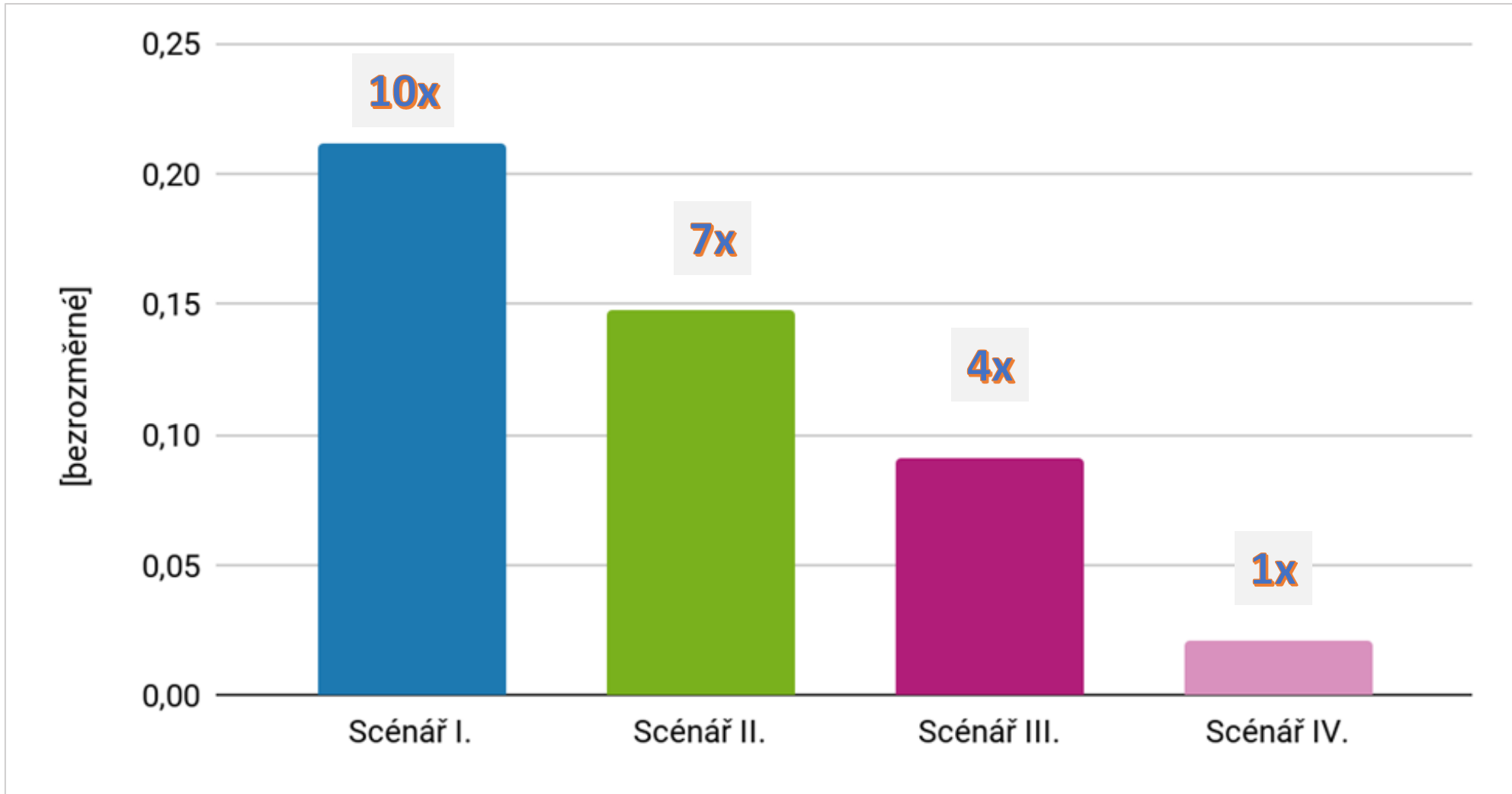


### Eutrofizace-sladkovodní





## SROVNÁNÍ ZÁTĚŽE PRO ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ





## EKONOMIKA

- **DOTAZNÍK:** 68 subjektů
- Průměrným instalovaným výkonem **879 kW**
- Průměrná roční produkci digestátu **21 926 t**
- Průměrně **60 tun digestátu /den**

### Skladování digestátu

Náklad na skladování digestátu 104 Kč/m<sup>3</sup>

Roční náklad na skladování digestátu a fugátu [tis. Kč]	
Scénář I.	2280
Scénář II.	2280
Scénář III.	1710
Scénář IV.	1376

Při využití pokročilé technologie snížení vlhkosti digestátu/fugátu pomocí **evaporační jednotky** činí roční **úspora na uskladnění** zahuštěného zbytku na provozu se separací 334 tis. Kč a **na provozu bez separace 904 tis. Kč za rok.**

### Náklady na rozvoz a aplikaci

Aplikace digestátu 50 Kč/t + 2 Kč za tunokilometr

Scénář	Dávka odpovídající aplikaci 200 kgN [t/ha]	Náklad odpovídající aplikaci 200 kgN na 1ha [Kč]	Náklad odpovídající průměrné roční produkci [tis. Kč]
Scénář I.	46,5	2787	1316
Scénář II.	46,5	2787	1316
Scénář III.	55,9	3357	1316
Scénář IV.	2,3	139	383

Při využití úpravy digestátu (scénář IV. = evaporace + pelety) při prům. aplikační vzdálenosti 5 km je úspora nafty za aplikaci pro průměrnou BPS **933 tis. Kč za rok**



Ing. Ondřej Holubík, Ph.D.

[holubik.ondrej@vumop.cz](mailto:holubik.ondrej@vumop.cz)

# Děkuji za pozornost



**Balance is the Key to Life**