

MINIMALIZACE PRODUKCE KALU

1

Minimalizace produkce kalů

- 1) Alternativní postupy čištění odpadních vod
- 2) Minimalizace v průběhu zpracování
- 3) „Likvidační“ postupy

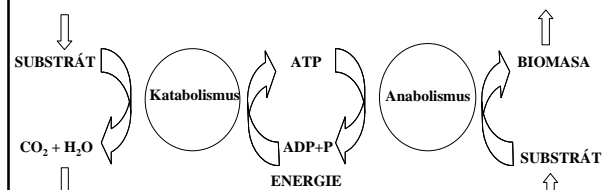
2

Zabránění nebo regulace tvorby kalu v aerobním stupni

- Odprážení katabolismu od anabolismu
Chemické odpřahovače oxidativní fosforylace
Oddělení metabolismu při vysokém poměru S_0/X_0
- Metabolismus při limitaci nutrienty
Modifikace aktivačního procesu začleněním anaerobního stupně
Koncentrace a stáří kalu
Membránové bioreaktory
- Buněčná lyze a kryptický růst
Desintegrace buněk
Ozonizace
- Predace

3

1) Zabránění nebo regulace tvorby kalu v aerobním stupni



Oddělení katabolismu od anabolismu

4

Odpřážení katabolismu od anabolismu

Za určitých okolností může být katabolismus oddělen od anabolismu, např. od růstu a množení bakterií. Oddělení spřažených procesů metabolismu bylo pozorováno:

- v přítomnosti sloučenin působících inhibičně (protonophory, těžké kovy, antibiotika);
- v přítomnosti zdroje přebytečné energie;
- za nepříznivých teplot;
- v minimálních (nekomplexních) médiích (limitace nutrienty);
- během přechodného období, kdy se buňky přizpůsobují změnám jejich prostředí.

Cílem metod odpřážení metabolismu je zvětšit odchylku mezi energetickými (ATP) úrovněmi mezi katabolismem a anabolismem tak, aby byla omezena dodávka energie do anabolismu. Výsledkem bude snížení výtěžku biomasy.

5

Metody odpřážení katabolismu od anabolismu

Chemické odpřahovače oxidativní fosforylace

Jako chemické odpřahovače jsou nejvíce využívány:

- amoniak;
- *para*-nitrofenolem,
- 2,4-dinitrofenol (dNP);
- 2,4,5-trichlorofenol (TCP)
- 3,3',4',5-tetrachlorosalicylanilid.

6

Metody odpřažení katabolismu od anabolismu

Odpřažení metabolismu při vysokém poměru S_0/X_0

Mikrobiální růst je provázen zvětšením objemu biomasy, ke kterému dochází buď díky množení buněk nebo tvorbou a akumulací zásobních látek.

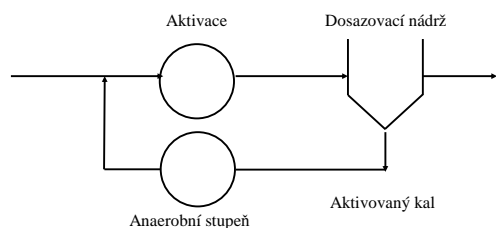
Energetická odpřažení vyvolaná vysokým poměrem S_0/X_0 lze vysvětlit tím, že mikroorganismy využívají dráhy metabolických reakcí, které vynechávají ty fáze glykolýzy, kde dochází ke konzervaci energie. To znamená, že vysoký poměr S_0/X_0 (nad 5 kgCHSK./kgNL) může za podmínek přebytku uhlíku (substrátu) působit jako odpřahovač energetického metabolismu a tím přispět k redukci biomasy. Tato metoda je tedy spíše použitelná při biologickém čištění vysoce koncentrovaných průmyslových odpadních vod.

7

Metabolismus při limitaci nutriety

Modifikace aktivace začleněním anaerobního stupně

Aerobní mikroorganismy získávají ATP oxidací endogenního organického substrátu. V anaerobním prostředí bez přísunu substrátu, nejsou schopny produkovat energii a musí použít své vnitrobuněčné zásoby ATP jako zdroj energie. ATP se během této periody „anaerobního hladovění“ vyčerpá. Jakmile se mikroorganismy dostanou opět do aerobního reaktoru bohatého na exogenní substrát, okamžitě začnou doplňovat zásoby energie, a to přednostně před biosyntézou, protože buněčná syntéza nemůže probíhat bez určité vnitrobuněčné zásoby ATP. V uvedeném systému se substrát spotřebovává katabolickým metabolismem tak, aby se pokryly energetické požadavky mikroorganismů. Proto alternativní střídání aerobie a anaerobie stimuluje katabolickou aktivitu a odděluje katabolismus od anabolismu. Maximalizované odpřažení má za následek minimalizovaný výtěžek kalu.



Uspořádání procesu oxická zóna – usazování – anaerobní zóna

9

Membránové bioreaktory

Výhodou membránových bioreaktorů je, že mohou být provozovány s dlouhou dobou zdržení biomasy, tzn. s vysokým, případně i nekonečným stářím kalu a vysokou koncentrací kalu. Čím vyšší je koncentrace kalu, tím nižší je jeho zatížení. Důsledkem nízkého zatížení je potom skutečnost, že mikroorganismy spotřebují na pokrytí základních životních potřeb i tu část živin, která by za normálních podmínek byla využita na růst. Pokud by zatížení kleslo pod určitou hranici, produkce kalu by se úplně zastavila. Procesy využívající membránové bioreaktory mají řadu výhod oproti konvenčním aktivacím systémům. Jsou jimi například kvalita odtoku, nízké nároky na prostor, nižší produkce kalu a flexibilita provozu.

10

Buněčná lyze a kryptický růst

Pod pojmem buněčná lyze rozumíme uvolnění obsahu buněk mikroorganismů následkem rozrušení buněčných stěn. Tento pochod probíhá jednak přirozenou cestou (autolýzou) u odumřelých buněk a dále pomocí hydrolytických enzymů uvolňovaných do roztoku fermentačními bakteriemi (heterolýza) nebo umělou lyzí buněčných stěn. Část uhlíku z autochtonního substrátu je uvolněna jako CO_2 jako produkt respirace a to vede k celkovému snížení množství produkované biomasy. Růst na autochtonním substrátu, který se skládá z uvolněného obsahu buněk po jejich odumření, je nazýván „kryptický“ růst.

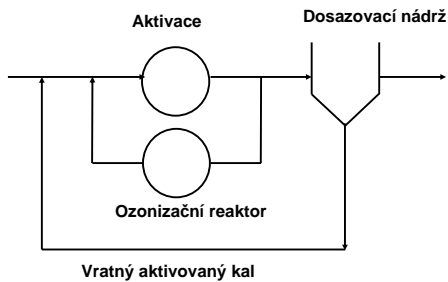
11

Ozonizace

Působením ozonu dochází k částečnému rozkladu biopolymerů, k rozštěpení některých makromolekul a také k narušení buněčných stěn. To vše přispívá ke zvýšení biologické rozložitelnosti takto „naoxidovaného“ aktivovaného kalu, který je pak ve větším rozsahu zoxidován a mineralizován. Množství rozloženého aktivovaného kalu je přímo úměrné dávce ozónu

12

Ozonizace aktivovaného kalu



13

Anaerobní předčištění

Převážná část znečištění se odstraní v anaerobním stupni, který se vyznačuje velmi nízkou produkcí biomasy v porovnání s aerobním, tím dojde k výraznému snížení množství substrátu, který by se v následném aerobním stupni konvertoval do přebytečné biomasy.

14

Bakteriovorie

Princípem redukce množství přebytečné biomasy, je využití vyšších organismů (jako jsou protozoa a metazoa) v akivačním procesu tak, aby konzumovaly bakterie a rozklad substrátu zůstal neovlivněn. Přítomnost mnohobuněčných organismů vede k podstatnému snížení produkce biomasy a rovněž ke zlepšení odvodnitelnosti kalu a jeho sedimentačních vlastností. Nevýhodou mineralizace kalu pomocí mnohobuněčných je nárůst dusičnanů a fosfátů ve vodní fázi.

15

1) Zabránění nebo regulace tvorby kalu v aerobním stupni

Podmínky procesu	Redukce kalu (%)
Kontinuální ozonizace kalu (0,05 gO ₃ /gNL); průmyslová OV 550 kgBSK/d, provoz. měřítko	100
Kontinuální ozonizace kalu (0,02 gO ₃ /gNL); komunální OV 450 m ³ /d; provozní měřítko	100
Přerušovaná ozonizace kalu (11 gO ₃ /gNL-d); umělá OV 450 m ³ /d; laboratorní podmínky	50
Chlorace (0,066 gCl ₂ /gNL); 20°C, umělá OV; čtvrtprovozní měřítko	65
Termická úprava kalu (90°C po dobu 3 hod.); membránový bioreaktor; umělá OV; lab. měřítko	60
Termochemická úprava kalu (60°C po dobu 20 min., pH 10); umělá OV; lab. podmínky	37

16

Porovnání strategií minimalizace produkce přebytečného aktivovaného kalu 1

Strategie	Výhody	Nevýhody a ekologické dopady
Lyze a kryptický růst		
Ozonizace	Úspěšné zavedení do praxe	Vysoké náklady; odpadní ozón
Chlorace	Levnější než ozonizace	Zhoršení CHSK; sedimentace;
Termická nebo termochemická úprava	Relativně jednoduchá metoda	Nutnost následné neutralizace, zápach
Membránový reaktor - ultrazvukový systém	Vysoká účinnost lyzace	Vysoké energetické nároky
Zvýšená koncentrace O ₂	Jednoduchý provoz	Vysoké náklady na aeraci
Udržovací metabolismus		
Membránový bioreaktor	Flexibilita provozu, výborná kvalita odtoku,	Vysoké náklady, zanášení membrány

Porovnání strategií minimalizace produkce přebytečného aktivovaného kalu 2

Strategie	Výhody	Nevýhody a ekologické dopady
Odpřažení metabolismu		
Chemické odpřahače	Relativně jednoduchá metoda	Postupná bioaklimatizace mikroorganismů; toxické pro životní prostředí
Vysoký poměr S ₀ /X ₀	Nevyžaduje dodatečné materiály ani energii	Vhodné pouze pro koncentrované odpadní vody,
OSA	Doplňení čistírenské linky o anaerobní nádrž	Občasná nadprodukce kalu
Predace		
Dvoustupňový systém	Stabilita provozu	Vysoké náklady; uvolnění nutrientů
Máločetinnatí červi	Relativně jednoduché	Nestabilní růst červů, uvolnění nutrientů

18

2) Minimalizace v průběhu zpracování

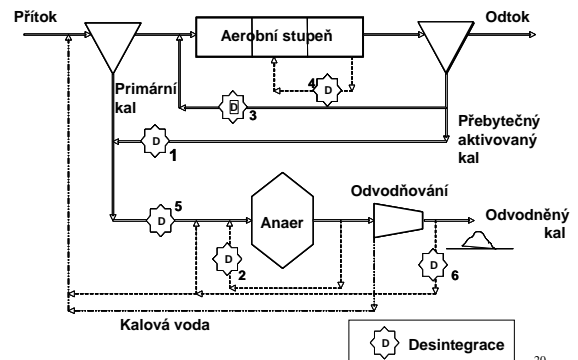
- ❑ Zvýšení biologické rozložitelnosti substrátu dezintegrací

Způsoby dezintegrace

- ❑ Metody intenzifikace anaerobního procesu
 - Termofilní anaerobní stabilizace.*
 - Teplotní fázování procesu*
 - Autotermní aerobní předúprava („duální systém“).*

19

Dezintegrace kalu



20

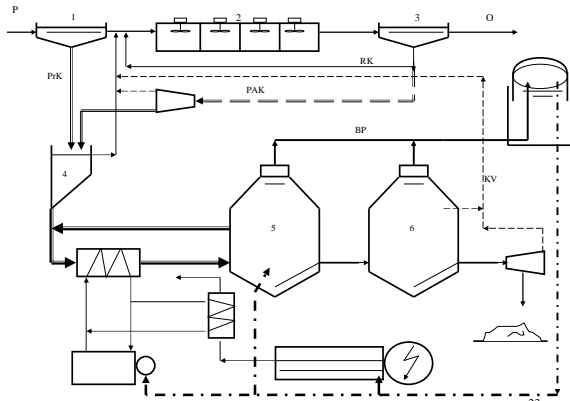
Metody dezintegrace kalu

Biologické	Mechanické	Fyzikální	Chemické
Enzymová lyze	Kulové mlýny	Zmrazování-rozmrazování	Kyselá nebo alkalická hydrolyza, KREPRO
Autolýza	Vysokotlaký homogenizátor	Osmotické šoky	Oxidace H ₂ O ₂ /O ₂
	Ultrazvuk	Plazmové pulsy	Ozon
	Lyzátovací zahušťovací centrifuga	Tepelná předúprava, RTR, Cambi	Mokrá oxidace
		Ionizující záření	

Optimalizace anaerobní stabilizace

- ❑ zvýšením množství přiváděných organických látek (předsrážení OV)
- ❑ optimalizací technologických podmínek procesu (zahušťování, míchání, dávkování)
- ❑ předúpravou kalu – desintegrací (lyzátovací centrifugy, termická desintegrace, ultrazvuk)
- ❑ termofilní anaerobní stabilizací
- ❑ využití bioplynu kogenerací

22



23

Míchání - hydraulické



24

Míchání - bioplynem

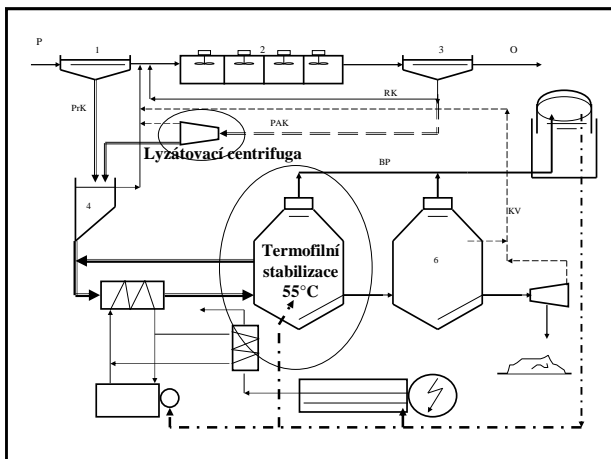


25

Míchání - mechanické



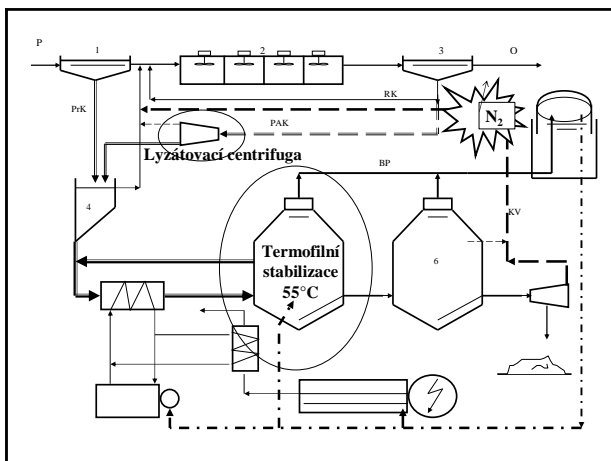
26



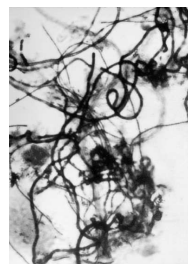
Termofilní anaerobní stabilizace + lyzace

- zvýšení rychlosti rozkladu organických látek v kalu,
- zvýší se účinnost procesu tím, že se prohloubí rozklad organických látek,
- vyšší produkce bioplynu
- nižší produkce biomasy
- zvýšená teplota má hygienizační účinek,
- odstraní problémy s pěněním methanizačních nádrží
- zlepši se energetická bilance procesu.

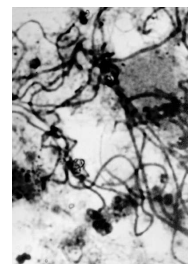
28



Přebytečný aktivovaný kal před zahuštěním



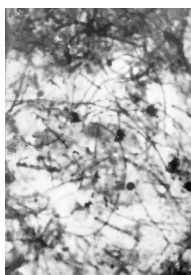
Gramm



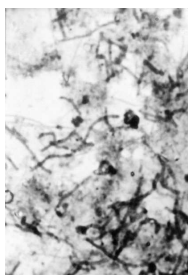
Neisser

30

Přebytečný aktivovaný kal po zahuštění



Gramm



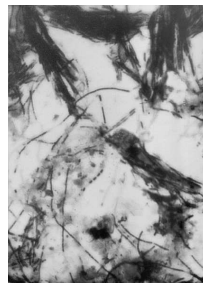
Neisser

31

Anaerobní kal z I.stupně stabilizační nádrže

Mezofilní

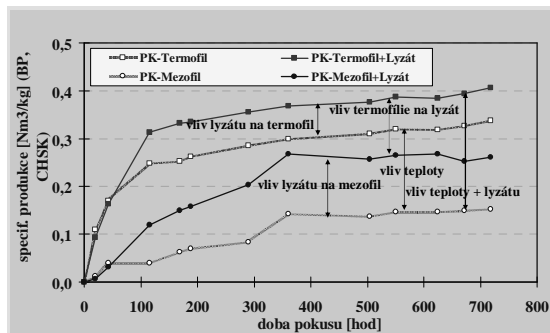
Termofilní



Gramm staining

32

Vliv teploty a lyzátu na specifickou produkci bioplynu z přebytečného aktivovaného kalu



33

Specifická produkce bioplynu na přivedenou organickou sušinu

průměr za roky 1999 a 2000

		Mezofil	Termofil
za provozních podmínek	(m3/kg)	0,547	0,710
za normálních podmínek	(Nm3/kg)	0,480	0,600

34

Hlavní výhody v porovnání s mezofilním procesem

- **zvýšení rychlosti** rozkladu organických látek
- **zvýšení účinnosti** - hloubky rozkladu org. látek
- **vyšší produkce** bioplynu
- **nižší produkce** biomasy
- **minimalizace množství** stabilizovaného kalu.

35

Další výhody zvýšené teploty procesu

- **snížení viskozity reakční směsi**
- nižší energetické nároky na míchání
- zlepšuje separovatelnost tuhých částic
- snižuje množství flokulantů při odvodňování
- **zvýšený hygienizační účinek procesu**
- vysoká hydrolytická aktivita termofilní kultury bakterií
- vyšší stupeň stabilizace a hygienizace výstupního kalu - lepší využívání

36

Anaerobní stabilizace a tepelným fázováním procesu

1. Stupeň termofilní, 2-3 d, 55°C
 2. Stupeň mezofilní, 12-15 d, 35-37°C
- Výhody podobné jako u termofilní anaerobní stabilizace

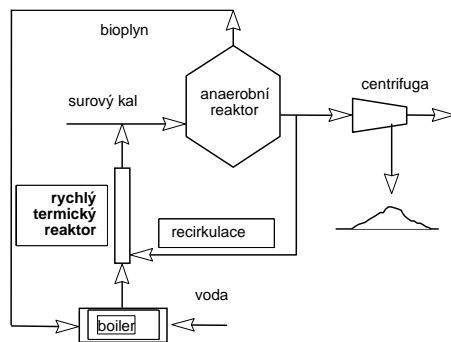
37

Autotermní aerobní předúprava - duální systém

1. Stupeň aerobní termofilní, 50-60°C
 2. Stupeň mezofilní anaerobní, 35°C
- Výhody: vysoká hygienizace, prohloubení rozkladu

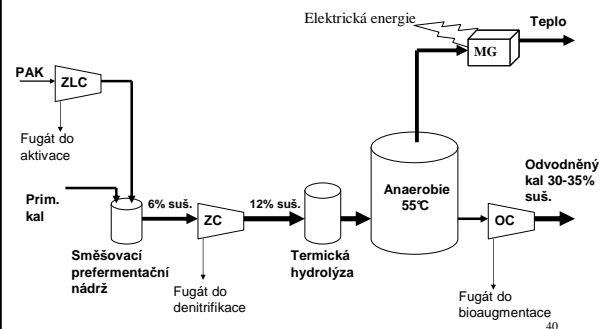
38

RTR



39

Vzorová linka zpracování kalů kombinace biologické a termické hydrolyzy



40

„Likvidační“ postupy

Spalování v cementárenské peci
 Pyrolýza.
 Vysokotlaké mokré spalování - APO
 Mokré spalování v nadkritické oblasti vody
 Spalování kalů.

Alternativní postupy čištění odpadních vod

DESAR
 kombinace anaerobního a aerobního biologického čištění s anaerobní stabilizací kalu
 kombinace fyzikálně chemických a biotechnologických metod

41

Nejběžnější metody minimalizace při zpracování kalů

- Aktivační proces bez produkce přebytečného aktivovaného kalu
- Využití metazoi (vícebuněčných organismů) k redukci množství kalu
- Anaerobní stabilizace čistírenských kalů.
 - Termofilní anaerobní stabilizace.
 - Autotermní aerobní předúprava („duální systém“).
- Termická kondicionace biomasy
- Spalování kalů.
- Spalování v cementárenské peci.
- Pyrolýza.
- Vysokotlaké mokré spalování - APO
- Mokré spalování v nadkritické oblasti vody.

42

Souhrn

V současné době existuje řada technologií umožňujících snížení množství produkovaného kalu. Jejich provozní zavedení závisí především na lokálních a ekonomických podmínkách.

Mezi základní požadavky moderního kalového hospodářství patří především mechanické zahušťování přebytečného aktivovaného kalu, jeho předúprava (dezintegrace), anaerobní stabilizace kalu termofilní nebo mezofilní, odvodňování stabilizovaného kalu, jeho alternativní využívání v zemědělství nebo termické zpracování s cílem maximálního využití energie.