



ČESKÁ REPUBLIKA
ÚŘAD PRŮMYSLOVÉHO VLASTNICTVÍ



OSVĚDČENÍ

O ZÁPISU UŽITNÉHO VZORU

Josef Kratochvíl
předseda
Úřadu průmyslového vlastnictví

Úřad průmyslového vlastnictví
zapsal podle § 11 odst. 1 zákona č. 478/1992 Sb., v platném znění, do rejstříku

UŽITNÝ VZOR

číslo

34803

na technické řešení uvedené v příloženém popisu.



V Praze dne 26.1.2021

Za správnost:

Ing. Jan Mrva
vedoucí oddělení rejstříků

Číslo zápisu: **34803**

Datum zápisu: 26.01.2021

Číslo přihlášky: **2020-38384**

Datum přihlášení: 18.12.2020

MPT: *C 12 M 1/36* (2006.01)

Název: Vícekomorový nitrifikační reaktor pro zpracování fugátu

Majitel: Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha 6, Suchbát

Původce: Ing. Pavel Švehla, Ph.D., Praha 4, Krč
Ing. Pavel Míchal, Ph.D., Praha 6, Břevnov
prof. Ing. Pavel Tlustoš, CSc., dr.h.c., Praha 4, Krč

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

34 803

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

C12M 1/36

(2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2020-38384**
(22) Přihlášeno: **18.12.2020**
(47) Zapsáno: **26.01.2021**

(73) Majitel:
Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha 6,
Suchbát, CZ

(72) Původce:
Ing. Pavel Švehla, Ph.D., Praha 4, Krč, CZ
Ing. Pavel Michal, Ph.D., Praha 6, Břevnov, CZ
prof. Ing. Pavel Tlustoš, CSc., dr.h.c., Praha 4, Krč,
CZ

(74) Zástupce:
HARBER IP s.r.o., Dukelských hrdinů 567/52,
170 00 Praha 7, Holešovice

(54) Název užitého vzoru:
**Vícekomorový nitrifikační reaktor pro
zpracování fugátu**

Vícekomorový nitrifikační reaktor pro zpracování fugátu

Oblast techniky

5 Předkládané technické řešení se týká unikátní vícekomorové konstrukce nitrifikačního reaktoru schopného zpracovat v rámci dané zemědělské bioplynové stanice veškerou produkci fugátu, popřípadě požadovanou část této produkce. Fugát je produkován v objektech bioplynových stanic vybavených separátorem fermentačního zbytku. Představuje kapalnou frakci fermentačního
10 zbytku, přičemž při separaci vzniká společně s tzv. separátem, který je pevnou frakcí fermentačního zbytku. Bylo prokázáno, že zpracování fugátu biologickým procesem nitrifikace může vést k eliminaci celé řady problémů, zejména k zabránění ztrátám dusíku při manipulaci s fugátem.

Dosavadní stav techniky

Fugát je v současné době zpravidla přímo aplikován na zemědělskou půdu jako zdroj živin pro výživu rostlin. Obsahuje zejména sloučeniny dusíku a draslíku, významný může být i obsah dalších
20 živin včetně fosforu. Velký problém ale představuje skutečnost, že dusík jakožto v zásadě nejčinnější živina obsažená ve fugátu, se v něm vyskytuje v poměrně nestabilní formě. Většina dusíku je ve fugátu přítomna ve formě amoniakálního dusíku (N-amon). N-amon se v závislosti na podmínkách prostředí vyskytuje ve dvou disociačních formách, jako N-NH_4^+ a jako N-NH_3 . Zastoupení těchto dvou forem je závislé zejména na hodnotě pH a na teplotě. V prostředí fugátu je
25 poměrně vysoké zastoupení N-NH_3 , který je těkavý. Z toho plyne značné riziko úniku NH_3 do atmosféry, a tedy i ztráta cenné živiny a znečišťování životního prostředí při manipulaci s fugátem, zejména při jeho skladování a přímo při jeho aplikaci na zemědělskou půdu. V posledních letech byla velká pozornost věnována výzkumu v oblasti metod zpracování fugátu, které mohou garantovat eliminaci výše nastíněných problémů. Bylo prokázáno, že perspektivní možností je
30 převedení nestabilní formy dusíku (N-amon) na podstatně stabilnější formu (N-NO_3^-) iniciací biologického procesu nitrifikace v prostředí fugátu. Za předpokladu kombinace nitrifikace fugátu s následným tepelným zahuštěním nitrifikovaného fugátu může dojít navíc k úsporám nákladů na uskladnění fugátu a na jeho transport z objektu bioplynové stanice na zemědělskou půdu (Svehla et al., 2020, Journal of Environmental Management. 276. 111250).

Podstata technického řešení

Vzhledem k extrémním podmínkám panujícím v prostředí fugátu, které jsou velmi vzdáleny optimálním podmínkám z pohledu aktivity nitrifikačních organismů, je zapotřebí zvolit vhodnou strategii pro iniciaci procesu nitrifikace v tomto materiálu (Svehla et al., 2017, Waste Management. 64. 96–106.). Ta může spočívat například ve využití zařízení pro kultivaci nitrifikační biomasy, zpracovávající fugát, ze kterého se získá potřebná odolná kultura mikroorganismů nezbytná pro
45 inokulaci provozního reaktoru schopného v rámci dané bioplynové stanice zpracovat veškerou produkci fugátu, popřípadě její požadovanou část.

Vzhledem k omezenému množství biomasy produkované zařízením pro kultivaci nitrifikační biomasy je však zapotřebí určit vhodný postup pro zahájení provozu vlastního reaktoru schopného v podmínkách dané bioplynové stanice zpracovat veškerou denní produkci fugátu, a definovat jeho
50 parametry klíčové z pohledu bezproblémového zpracování procesu.

Předmětem předkládaného technického řešení je nitrifikační reaktor pro zpracování fugátu, který obsahuje:

- nádrž, která je rozdělená do alespoň dvou, s výhodou do tří samostatných komor a která obsahuje zařízení pro rozvod vzduchu, připojené ke zdroji tlakového vzduchu, pro provzdušnění všech komor nádrže;
- 5 - měřicí a regulační jednotku, umístěnou vně nádrže;
- vstup pro surový fugát do každé z komor nádrže;
- výstup pro nitrifikovaný fugát z každé z komor nádrže;
- 10 - sondu pro měření pH, umístěnou uvnitř každé komory a připojenou k měřicí a regulační jednotce;
- sondu pro měření koncentrace O_2 , umístěnou uvnitř každé komory a připojenou k měřicí a regulační jednotce;
- 15 - vstup pro odpěňovač do každé z komor, připojený k čerpadlu připojenému k zásobníku pro odpěňovač;
- neutralizační stanici, umístěnou vně nádrže, obsahující zásobník pro pH regulační činidlo a čerpadlo, přičemž tato neutralizační stanice je připojena vstupem pro pH regulační činidlo ke každé komoře;
- 20 přičemž čerpadlo, neutralizační stanice a zařízení pro rozvod vzduchu jsou zpětnovazebně připojeny k měřicí a regulační jednotce.
- 25 pH regulačním činidlem v neutralizační stanici je s výhodou vodný roztok NaOH nebo $Ca(OH)_2$, který je vhodný pro úpravu pH zpracovávaného fugátu, nicméně pro úpravu pH lze použít i jiná alternativní bazická činidla, zejména vodné roztoky hydroxidů alkalických kovů či kovů alkalických zemin.
- 30 Nádrž nitrifikačního reaktoru je s výhodou vyrobena z betonu nebo plastu a má s výhodou objem v rozmezí od 30 do 500 m^3 . Nádrž nitrifikačního reaktoru je rozdělena na alespoň dvě, s výhodou tři, samostatné komory nestejného objemu. Komory jsou s výhodou umístěné horizontálně vedle sebe (s výhodou se nádrž nitrifikačního reaktoru rozdělí betonovými, plastovými či jinými
- 35 přepážkami na tři samostatné komory situované vedle sebe) a každá komora je samostatná (nitrifikační proces probíhá v každé komoře nezávisle na ostatních komorách). Každá komora má samostatný vstup pro surový fugát i výstup pro nitrifikovaný fugát, vlastní rozvod vzduchu i sondy pro měření pH a O_2 . Při běžném provozu fugát nepřechází z jedné komory do druhé, nicméně v případě „havárie“ či jakýchkoliv problémů je možno použít nitrifikující biomasu z jedné komory
- 40 k „oživení“ nitrifikujících bakterií v komoře, ve které nastal problém. Každá komora pracuje v podmínkách blížících se tzv. ideálně promíchávané aktivaci (CSTR – completely stirred tank reactor), tedy v celém objemu komory je směs o prakticky identických vlastnostech. Promíchávání obsahu komory je zajištěno vzduchem, který probublává v celém objemu komory. Vstup pro surový fugát i výstup pro nitrifikovaný fugát tedy může být umístěn nad zařízením pro rozvod
- 45 vzduchu v libovolné výšce komory.
- Ve výhodném provedení obsahuje nádrž, popřípadě každá z jejích komor, samostatný vstup pro nitrifikační biomasu. Tím je umožněno do každé z komor kontinuálně doplňovat nitrifikační biomasu, produkovanou například v zařízení pro kultivaci nitrifikační biomasy, popsáném níže.
- 50 Optimální objem nitrifikačního reaktoru pro konkrétní bioplynovou stanici se s výhodou určí na základě koncentrace N-amon v surovém fugátu, který je určený k nitrifikaci, a cílového objemového zatížení reaktoru dusíkem. Cílové zatížení dusíkem se předem určí v rámci laboratorní simulace celého procesu nitrifikace. V malém laboratorním reaktoru (objem cca 1 až 5 l) se proces
- 55 nitrifikace iniciuje a provozuje analogicky jako v případě popisovaného reaktoru podle

předkládaného technického řešení (zatížení zařízení dusíkem a pH při zahájení nitrifikace závisí na použitém inokulu nitrifikačních mikroorganismů a zdroji fugátu – jeho chemickém složení). S výhodou se k inokulaci použije kal z městské čistírny odpadních vod. Postupnou regulací podmínek, zejména průtoku fugátu, se určí, jaké zatížení je systém v daných podmínkách schopen zpracovat (tj. zatížení dusíkem a pH, při kterém dochází ke kultivaci nitrifikačních mikroorganismů). Příliš vysoká rychlost průtoku fugátu a/nebo příliš nízké pH v reaktoru by vedly k nežádoucímu narušení procesu kultivace nitrifikačních mikroorganismů. Rychlost dávkování fugátu do nitrifikačního reaktoru je určena požadovaným zatížením zařízení dusíkem. Závisí na cílovém zatížení dusíkem a na koncentraci amoniakálního dusíku ve zpracovávaném fugátu. Zatížení dusíkem se vypočítá jako součin koncentrace dusíku ve fugátu a průtoku fugátu vztažený na objem nádrže.

Cílové zatížení dusíkem je s výhodou v rozsahu 0,3 až 0,8 kg/(m³·d); cílová provozní hodnota pH pak v rozmezí 4,5 až 6.

Ve výhodném provedení je nádrž nitrifikačního reaktoru rozdělena na 3 komory (S1, S2 a S3), přičemž objem první komory S1 představuje 5 až 10 % z celkového objemu nádrže reaktoru, objem druhé komory S2 představuje 20 až 30 % z celkového objemu nádrže reaktoru a objem třetí komory S3 představuje 60 až 75 % z celkového objemu nádrže nitrifikačního reaktoru. V nejvýhodnějším provedení S1, S2 a S3 zaujímají 8,5; 25,5 a 66 % z celkového objemu nádrže nitrifikačního reaktoru.

V jednom provedení je zdroj tlakového vzduchu vybraný ze skupiny zahrnující dmychadlo a kompresor. Zařízení pro rozvod vzduchu je s výhodou umístěné na dně každé komory nádrže reaktoru, výhodněji po celé ploše dna komory nádrže, a zajišťuje homogenizaci suspenze v celém jejím objemu a zamezuje její sedimentaci. V jednom provedení může být zařízením pro rozvod vzduchu například perforovaný materiál, děrovaná trubka nebo trysky (vhodně perforovaná hadice s výhodou z pružného materiálu, jejíž otvory se v klidovém stavu samy uzavírají, perforovaná nebo porézní plocha apod.).

Transport fugátu do nádrže nitrifikačního reaktoru a odtok nitrifikovaného fugátu z nádrže nitrifikačního reaktoru s výhodou zajišťují čerpadla používaná při čištění odpadních vod. Jedná se zejména o čerpadla kalová, ponorná, samonasávací, odstředivá, horizontální/vertikální nebo se spirálním tělesem.

V rámci jednotlivých komor nitrifikačního reaktoru je zapotřebí zajistit kontinuální měření hodnoty pH a koncentrace kyslíku. Současně je nutné instalovat systém schopný v komorách reaktoru udržovat potřebnou hodnotu pH (dávkování pH regulačního činidla z neutralizační stanice) a koncentraci kyslíku (řízení intenzity dodávání tlakového vzduchu). K tomu slouží sonda pro měření pH a sonda pro měření koncentrace O₂, umístěné uvnitř každé komory nádrže a připojené k měřicí a regulační jednotce. Je možno využít běžné měřicí a regulační systémy dostupné na trhu. Hodnota pH se reguluje přidáváním pH regulačního činidla čerpadlem ze zásobníku. pH regulační činidlo může být vybrané ze skupiny zahrnující vodné roztoky hydroxidů alkalických kovů, CaCO₃, Ca(OH)₂.

Ve výhodném provedení je k měřicí a regulační jednotce zpětnovazebně připojen rovněž zdroj tlakového vzduchu, což zajišťuje plynulou a automatickou regulaci intenzity provzdušňování v závislosti na naměřené hodnotě koncentrace O₂ ve fugátu.

Pro zamezení zvýšené tvorby pěny při provzdušňování fugátu v nádrži reaktoru obsahuje každá z komor nádrže vstup pro odpěňovač, připojený k zásobníku pro odpěňovač. Skrze tento vstup je odpěňovač dávkován ze zásobníku odpěňovače do jednotlivých komor nádrže reaktoru. Výhodněji je zásobník pro odpěňovač připojený k dávkovači, který je zpětnovazebně připojený k měřicí a regulační jednotce. Lze tak zautomatizovat dávkování odpěňovače do nádrže.

5 Způsob zpracování (uvedení do provozu) vícekomorového nitrifikačního reaktoru dle předkládaného technického řešení probíhá tak, že se nejprve laboratorními testy stanoví cílové zatížení nitrifikačního reaktoru dané bioplynové stanice dusíkem a provozní hodnota pH pro nitrifikační reaktor. Tyto laboratorní testy jsou realizovány před vlastní instalací nitrifikačního reaktoru dle předkládaného technického řešení v areálu dané bioplynové stanice.

10 Jedná se o laboratorní simulaci procesu v malém reaktoru o objemu 1 až 5 l. Celý nitrifikační proces se simuluje, mění se podmínky (průtok fugátu a tím zatížení dusíkem, a další parametry – pH, koncentrace O_2) a kontroluje se účinnost nitrifikačního procesu (stanoví se podíl nitrifikovaného dusíku ve výstupním fugátu). V závislosti na účinnosti procesu se zvolí podmínky (cílové zatížení dusíkem a provozní hodnota pH) ideální pro fugát z dané BPS (tedy takové podmínky, za kterých je podíl nitrifikovaného dusíku ve výstupním fugátu maximální). Se zvyšováním rychlosti průtoku fugátu totiž po překročení určité koncentrace amoniakálního dusíku a určité hodnoty pH dojde ke snížení až zastavení kultivace nitrifikační biomasy a tím ke snížení
15 produkce nitrifikovaného dusíku. Vzhledem k variabilním vlastnostem fugátu se optimální podmínky při zpracování materiálu z různých BPS mohou významně lišit, je tedy potřeba stanovit cílové zatížení nitrifikačního reaktoru a pH pro každou BPS.

20 Cílové zatížení nitrifikačního reaktoru je závislé nejen na koncentraci N-amon v surovém fugátu, ale také na aktuálním průtoku fugátu a na objemu nitrifikačního reaktoru. Udává se v kg N-amon vstupujících do 1 m^3 nádrže za jeden den. Laboratorní simulace tedy definuje kombinaci koncentrace N-amon a průtoku fugátu, kterou reaktor daného objemu „zvládne“.

25 Cílové zatížení systému dusíkem a průměrná koncentrace N-amon ve fugátu následně umožní určit objem reaktoru pro zpracování fugátu tak, aby bylo dosaženo potřebné hydraulické doby zdržení fugátu v reaktoru. Hydraulická doba zdržení (Θ) ve dnech se vypočte podle vzorce jako podíl koncentrace (c) N-amon (kg/m^3) a cílového zatížení dusíkem B_v ($\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$) podle vzorce $\Theta = c/B_v$.

30 Objem reaktoru se vypočítá podle rovnice (1) z „cílového zatížení dusíkem“, z denní produkce fugátu (tedy denní množství zpracovávaného surového fugátu) a z koncentrace N-amon v surovém fugátu.

$$V = c \cdot Q / B_v \quad (1),$$

35 kde V je objem nitrifikačního reaktoru (m^3); B_v je cílové zatížení dusíkem ($\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$), určené laboratorní simulací nitrifikačního procesu, popsanou výše; c je koncentrace N-amon v surovém fugátu (kg/m^3); Q je cílový průtok fugátu reaktorem (resp. denní produkce surového fugátu v rámci dané BPS) (m^3/d).

40 Následně se zkonstruuje nitrifikační reaktor podle předkládaného technického řešení, jehož nádrž je rozdělená na alespoň dvě samostatné komory nestejně velikosti, s výhodou na tři komory, výhodněji je objem první komory (S1) 5 až 10 % z celkového objemu nádrže, objem druhé komory (S2) je 20 až 30 % z celkového objemu nádrže a objem třetí komory (S3) je 60 až 75 % z celkového objemu nádrže nitrifikačního reaktoru, nejvýhodněji je objem první komory (S1) 8,5 %
45 z celkového objemu nádrže, objem druhé komory (S2) je 25,5 % z celkového objemu nádrže a objem třetí komory (S3) je 66 % z celkového objemu nádrže nitrifikačního reaktoru.

Následně se do první komory S1 nádrže nitrifikačního reaktoru, která má objem odpovídající výše stanovené hodnotě, umístí nitrifikující kultura mikroorganismů schopná zpracovávat fugát. Ve
50 výhodném provedení se použije nitrifikující biomasa nakultivovaná v zařízení pro kultivaci nitrifikační biomasy, popsáném níže, která se umístí do první komory S1 v množství od 10 do 50 % objemu první komory S1 nádrže. Dále se do první komory S1 postupně dává surový fugát, produkovaný danou bioplynovou stanicí, rychlostí denního přítoku 0,25 až 5 % z celkové denní produkce fugátu dané BPS. S výhodou se současně do S1 dává stejné množství nitrifikující

kultury mikroorganismů, s výhodou produkované zařízením pro kultivaci nitrifikační biomasy popsaným níže.

- 5 Množství surového fugátu dávkovaného do S1, resp. intenzita jeho přítoku, se postupně zvyšuje tak, aby bylo zachováno konstantní cílové zatížení dusíkem. Aktuální intenzita přítoku je určena vztahem (2):

$$Q = Bv \cdot V/c \quad (2),$$

- 10 kde V je aktuální objem směsi v dané komoře (m^3); Bv je cílové zatížení dusíkem ($kg/(m^3 \cdot d)$); c je koncentrace N-amon ve fugátu (kg/m^3) a Q je aktuální intenzita průtoku fugátu reaktorem (resp. denní produkce fugátu v rámci dané BPS) (m^3/d). I nadále je s výhodou do S1 v konstantním množství dávkován i odtok ze zařízení pro kultivaci nitrifikační biomasy. V průběhu výše popsaného procesu dochází k tomu, že nitrifikační kultura mikroorganismů, dodaná do směsi
15 s fugátem, s výhodou ze zařízení pro kultivaci nitrifikační biomasy popsaného níže, se postupně množí (fugát představuje substrát pro nitrifikační mikroorganismy). Přidáváním dalšího surového fugátu vzniká nová nitrifikační biomasa, která potřebuje nový čerstvý substrát – v tomto případě další surový fugát. Proto je potřeba dávkování fugátu postupně zvyšovat.

- 20 Hodnota pH je po celou dobu udržována na provozní hodnotě pH, určené výše. Typicky se hodnota pH pohybuje v rozmezí od 4,5 do 6.

- S výhodou se postupné zvyšování dávkování surového fugátu provádí v pětidenních periodách tak, aby po pěti dnech od inokulace odpovídal objem fugátu v první komoře S1 11 až 75 % z celkového
25 objemu S1. Rychlost dávkování surového fugátu je po dobu pěti dnů konstantní a je dána rovnicí (2), zvyšuje se tedy objem směsi uvnitř komory S1 dle rychlosti přivádění surového fugátu. Po pěti dnech konstantní rychlosti dávkování surového fugátu do komory S1 se rychlost dávkování zvýší (vypočítá se z rovnice (2) na základě aktuálního objemu směsi v komoře na konci předchozí pětidenní periody) a následujících pět dní se surový fugát dává do S1 touto vyšší rychlostí.
30 Zvyšování rychlosti dávkování pokračuje v pětidenních cyklech tak, aby nebylo překročeno cílové zatížení dusíkem, až do úplného zaplnění komory S1 směsí fugátu a nitrifikační biomasy. Účelem tohoto postupného zvyšování dávkování je urychlení procesu zpracování nitrifikačního reaktoru. Pokud by se surový fugát dával původní rychlostí po celou dobu zpracování reaktoru, trvalo by toto zpracování delší dobu.

- 35 V okamžiku zaplnění celé první komory S1 se veškerá kapalina obsažená v S1 přečerpá do druhé komory S2, a zahájí se postupné naplňování druhé komory S2. Pokračuje zvyšování dávky surového fugátu podle vztahu (2) uvedeného výše. V dalších pětidenních periodách se denní průtok surového fugátu postupně dále zvyšuje. V okamžiku, kdy dojde k naplnění celé druhé komory S2,
40 přečerpá se veškerá kapalina obsažená v S2 do třetí komory S3 a zahájí se postupné naplňování komory S3, analogicky jako tomu bylo pro komory S1 a S2. Pokračuje zvyšování dávky surového fugátu podle vztahu (2) uvedeného výše.

- V okamžiku, kdy dojde k zaplnění třetí komory S3, se část směsi z S3 přepustí do S1 a S2 tak, aby
45 objem kapaliny představoval ve všech komorách stejnou část z jejich celkové kapacity (za daných podmínek tedy 60 až 75 % kapacity každé komory). Od tohoto okamžiku se surový fugát do jednotlivých komor přivádí v množství odpovídajícím jejich podílu na celkovém objemu provozního reaktoru. Pokud tedy komora S1 zaujímá 5 až 10 % objemu celé nádrže nitrifikačního reaktoru, bude se do ní přivádět 5 až 10 % objemu celkového množství zpracovávaného surového
50 fugátu. Pokud komora S2 zaujímá 20 až 30 % objemu celé nádrže nitrifikačního reaktoru, bude se do ní přivádět 20 až 30 % objemu celkového množství zpracovávaného surového fugátu a do S3, pokud zaujímá 60 až 75 % objemu celé nádrže nitrifikačního reaktoru, se bude přivádět cca 60 až 75 % objemu z celkového množství surového fugátu přiváděného do systému. Zároveň bude dle vzorce (2) dále pokračovat zvyšování dávkování surového fugátu v pětidenních periodách, až
55 k jeho postupnému navýšení na hodnotu odpovídající celkové denní produkci fugátu dané BPS,

resp. její požadované části. Tím se dosáhne zpracování požadovaného množství fugátu, produkovaného danou BPS a nitrifikační reaktor bude považován za zpracovaný (uvedený do plného provozu).

- 5 Jakmile se zaplní všechny komory nádrže nitrifikačního reaktoru, je nitrifikovaný fugát, vystupující z reaktoru, využitelný k aplikaci na půdu jako hnojivo. S výhodou se po celou dobu fáze zpracování provozního reaktoru do plně provozního reaktoru přidává kultivovaná nitrifikační biomasa za účelem obohacování systému o nitrifikační bakterie. Po zaplnění všech komor nitrifikačního reaktoru je možno tento přírůstek nitrifikačních bakterií odstavit, neboť množství
- 10 nitrifikačních organismů s ním přicházejících do plně provozního reaktoru již je z pohledu celkového objemu plně provozního reaktoru zanedbatelné.

Pro inokulaci nitrifikačního reaktoru pro zpracování fugátu lze využít zařízení pro kultivaci nitrifikační biomasy. V rámci tohoto zařízení se získá potřebná nitrifikující kultura

15 mikroorganismů schopná zpracovávat fugát za podmínek definovaných v rámci dříve provedených laboratorních experimentů. Zmíněné zařízení pro kultivaci nitrifikační biomasy obsahuje plastovou nádrž o objemu v rozmezí od 0,5 do 2 m³, která obsahuje alespoň jeden aerační element, připojený ke zdroji tlakového vzduchu; vstup pro biomasu, umístěný ve spodní třetině výšky nádrže; výstup pro nitrifikovanou biomasu, s výhodou umístěný v horní třetině výšky nádrže; sondu pro měření

20 pH a sondu pro měření koncentrace O₂, umístěné uvnitř nádrže a připojené k měřicí a regulační jednotce; a vstup pro pH regulační čidlo, připojený k čerpadlu připojenému k zásobníku pro pH regulační čidlo, přičemž čerpadlo a aerační element jsou zpětnovazebně připojeny k měřicí a regulační jednotce. Zařízení může dále obsahovat ještě vstup pro odpěňovač, připojený k zásobníku pro odpěňovač.

25 Potřebná nitrifikující kultura mikroorganismů schopná zpracovávat fugát se v popsaném zařízení získá následujícím způsobem: nádrž zařízení se nejprve naplní inokulem, například lze použít aktivovaný kal odebraný v biologickém stupni městské čistírny odpadních vod. Poté se zahájí dávkování fugátu do nádrže zařízení skrze vstup pro biomasu, s výhodou za pomoci peristaltického

30 čerpadla. Fugát se v nádrži provzdušňuje pomocí alespoň jednoho aeračního elementu, připojeného ke zdroji tlakového vzduchu. Rychlost dávkování a aerace je regulována měřicí a regulační jednotkou v závislosti na pH a koncentraci O₂ v nádrži a na hodnotě cílového zatížení dusíkem. Regulace pH probíhá pomocí dávkování pH regulačního činidla do nádrže. Cílové zatížení dusíkem se stanoví v laboratorním zařízení dle postupu popsaného výše, s výhodou je jeho hodnota

35 v rozsahu 0,3 až 0,8 kg/(m³·d); cílová provozní hodnota pH pak v rozmezí 4,5 až 6.

V nejvýhodnějším provedení je cílové zatížení dusíkem 0,5 kg/(m³·d) a cílová provozní hodnota pH má hodnotu 5.

- 40 Po dobu prvních 10 dnů se substrát (fugát) do nádrže zařízení dává s intenzitou odpovídající počátečnímu zatížení 10 % z cílové hodnoty v podmínkách s regulací pH na 7,0.

Následně se zatížení systému po dobu 10 dnů zvýší na 20 % cílové hodnoty a v rámci dalších desetidenních period postupně na 40, 60 a 80 % z cílové hodnoty. Tím se po 50 dnech dosáhne

45 cílového výkonu reaktoru.

Současně s nárůstem zatížení nádrže zařízení se snižuje provozní hodnota pH. Jakmile je dosaženo cílové provozní hodnoty pH, lze odtok z nádrže zařízení využít k inokulaci plně provozního nitrifikačního reaktoru podle předkládaného technického řešení pro nitrifikaci fugátu, který bude

50 pracovat v analogických podmínkách. Odtok ze zařízení pro kultivaci nitrifikační biomasy lze připojit přímo do jednotlivých komor S1, S2 a S3 nitrifikačního reaktoru nebo jej lze shromažďovat ve vhodných nádobách (např. v IBC kontejnerech o objemu 1 m³). Doporučuje se zajistit provzdušňování IBC kontejnerů umožňující dosáhnout v této nádobě koncentraci kyslíku alespoň 1 mg/l.

55

Výše uvedený nitrifikační reaktor podle předkládaného technického řešení lze použít pro nitrifikaci surového fugátu z bioplynových stanic.

5 Objasnění výkresů

Obrázek 1: Základní uspořádání nitrifikačního reaktoru pro zpracování fugátu.

Obrázek 2: Rozdělení reaktoru pro nitrifikaci fugátu do jednotlivých komor S1, S2 a S3 o různém objemu.

Obrázek 3: Rozdělení reaktoru pro nitrifikaci fugátu o celkovém objemu 120 m³ do tří komor o různém objemu (Příklad 2)

Obrázek 4: Rozdělení reaktoru pro nitrifikaci fugátu o celkovém objemu 400 m³ do tří komor o různém objemu (Příklad 4)

Obrázek 5: Schéma zařízení H pro kultivaci nitrifikační biomasy

20 Příklady uskutečnění technického řešení

V dalším textu uvádíme dva příklady konkrétní situace panující v objektu bioplynové stanice (dále jen BPS), ve které je instalován a zpracován nitrifikační reaktor pro zpracování fugátu.

25 Příklad 1: Konstrukce zařízení H pro kultivaci nitrifikační biomasy

Bylo sestrojeno zařízení H pro kultivaci nitrifikační biomasy, jehož schéma je na Obr. 5. Mobilní jednotka zařízení pro kultivaci nitrifikační biomasy, schopná zpracovávat například fugát, může
30 pracovat například jako systém popsany v dalším textu. Nádrž 1 zařízení využívaná v rámci mobilní jednotky byla vyrobena z plastu (polypropylen, PP) a má tvar válce o vnitřním průměru 1000 mm. Vnější průměr činí 1012 mm, celková výška válce pak 1800 mm. Maximální pracovní objem nádrže činí 1 m³. Hodnotu pH a koncentraci rozpuštěného kyslíku je možno měřit a regulovat s využitím měřicího a regulačního systému složeného ze sondy 6 pro měření pH, sondy
35 7 pro měření koncentrace O₂, a měřicí a regulační jednotky 8 (interface a vlastní řídicí jednotka (GRYF XBP; GRYF HB, spol. s r.o., ČR)). Dle požadované hodnoty pH je systém schopen spustit peristaltické čerpadlo 10 (PCD 21; Kouřil dávkovací čerpadla, ČR) s vodným roztokem NaOH (40 % hmotnostně), který zajistí dosažení požadované hodnoty pH v nádrži 1. Dávkování biomasy (fugátu) do nádrže 1 zajišťuje peristaltické čerpadlo (PCD 1082; Kouřil dávkovací čerpadla, ČR).
40 Dávkování fugátu je kontinuální. Systém pracuje na principu chemostatu, tedy bez recirkulace nitrifikační biomasy. Vzduch zajišťující aerobní podmínky a homogenizaci směsi v reaktoru je do systému kontinuálně vháněn pomocí zdroje 3 tlakového vzduchu, v tomto případě pomocí membránového dmyhadla schopného dodat 500 l vzduchu za minutu (Secoh JDK-S-500; Secoh, Japonsko). Rovnoměrnou distribuci vzduchových bublin v celém objemu reaktoru zajišťují tři
45 kruhové aerační elementy 2 o průměru 23 cm s propustností vzduchu 0 až 9,5 m³/hod (Edi FlexAir Disc 9“ Micro; Environmental Dynamics Inc., USA).

Výše popsané zařízení H bylo využito k inokulaci reaktoru pro nitrifikaci veškeré produkce fugátu o celkovém objemu 120 m³ v objektu zemědělské bioplynové stanice o instalovaném elektrickém
50 výkonu 0,5 MW a denní produkci fugátu 20 m³ při průměrné koncentraci N-amon ve fugátu 3,0 g/l. Cílové zatížení nitrifikačního reaktoru dusíkem bylo stanoveno na 0,5 kg/(m³·d). Fugát byl do nádrže 1 zařízení, naplněné aktivovaným kalem z městské čistírny odpadních vod, zpočátku dávkován s intenzitou odpovídající počátečnímu zatížení dusíkem 0,05 kg/(m³·d) v podmínkách s regulací pH na 7,0. To znamenalo počáteční průtok cca 17 l za den. V tomto režimu reaktor
55 pracoval po dobu 10 dnů. Následně se zatížení systému po dobu 10 dnů zvýšilo na cca

0,10 kg/(m³·d) a v rámci dalších desetidenních period postupně na 0,20; 0,30; 0,40 a 0,50 kg/(m³·d). To znamenalo postupné zvyšování denního průtoku na 34, 68, 102, 136 a 170 l za den. Tím bylo po 50 dnech dosaženo cílového výkonu reaktoru cca 0,5 kg/(m³·d). Současně s nárůstem zatížení nádrže 1 zařízení byla snižována provozní hodnota pH. Po třiceti dnech od zahájení dávkování fugátu do zařízení došlo k jejímu snížení ze 7,0 na 6,5, po čtyřiceti pěti dnech na 6,0; po šedesáti dnech na 5,5 a po 80 dnech na 5,0. Jakmile toho bylo dosaženo, bylo možno odtok z nádrže 1 zařízení využít k inokulaci plně provozního reaktoru pro nitrifikaci fugátu. Výstup 5 z nádrže 1 byl jímán do IBC kontejneru a použit v následujících příkladech.

10 Příklad 2: Konstrukce nitrifikačního reaktoru I

Cílem bylo realizovat nitrifikaci veškeré produkce fugátu v objektu BPS o instalovaném elektrickém výkonu 0,5 MW a denní produkci fugátu 20 m³ při průměrné koncentraci N-amon ve fugátu 3,0 g/l. Byly provedeny laboratorní testy pro zjištění cílového zatížení dusíkem a cílového pH. Byla provedena laboratorní simulace procesu v malém reaktoru o objemu 5 l, kdy se měnily podmínky (průtok fugátu a tím zatížení dusíkem, pH, koncentrace O₂) a kontrolovala se účinnost nitrifikačního procesu (stanovil se podíl nitrifikovaného dusíku ve výstupním fugátu). Podmínky, za kterých byl proces nitrifikace nejúčinnější, byly následně použity jako cílové zatížení dusíkem a provozní hodnota pH pro nitrifikační reaktor.

Z laboratorních testů vyplynulo jako optimální cílové zatížení nitrifikačního reaktoru dusíkem 0,5 kg/(m³·d). Jako optimální provozní pH byla identifikována hodnota 4,5. Zapracování provozního zařízení schopného zpracovat veškerou denní produkci fugátu proběhlo následujícím způsobem:

Koncentrace N-amon ve fugátu činila 3,0 g/l a cílové zatížení systému dusíkem má dosahovat 0,5 kg/(m³·d), bude tedy zapotřebí dosáhnout hydraulické doby zdržení v reaktoru 6 dnů, tedy reaktor musí pojmout šestidenní produkci fugátu. Hydraulická doba zdržení (Θ) ve dnech se vypočte dle vzorce (3) jako podíl koncentrace N-amon a cílového zatížení dusíkem ($\Theta = c/B_v$).

Z toho tedy vyplývá, že reaktor musí mít objem 120 m³. Byl tedy sestaven nitrifikační reaktor s rozměry nádrže 1 10 m x 3 m x 4 m (délka x šířka x hloubka). Nádrž byla zhotovena ve tvaru kvádrů, materiálem byl beton (schéma reaktoru je na Obrázku 1). Nádrž reaktoru byla rozdělena na tři komory o objemu 10 (S1), 30 (S2) a 80 (S3) m³, viz Obrázek 3.

Ke každé z komor nádrže bylo připojeno zařízení G pro rozvod vzduchu, připojené ke zdroji tlakového vzduchu (dmychadlu) a sloužící k provzdušnění všech komor nádrže. Dmychadlo bylo zpětnovazebně připojeno k měřicí a regulační jednotce D, umístěné vně nádrže.

Vstup A pro surový fugát byl zaveden do každé z komor nádrže, stejně jako výstup B pro nitrifikovaný fugát.

Uvnitř každé komory byla umístěna sonda C pro měření pH, a sonda C' pro měření koncentrace O₂, a obě sondy byly připojeny k měřicí a regulační jednotce D.

Dále byl do každé z komor zaveden vstup pro odpěňovač, připojený k čerpadlu připojenému k zásobníku F pro odpěňovač.

Vně nádrže byla dále umístěna neutralizační stanice E, obsahující zásobník pro pH regulační činidlo (roztok NaOH) a čerpadlo, přičemž tato neutralizační stanice E byla připojena vstupem pro pH regulační činidlo ke každé komoře.

Čerpadlo, neutralizační stanice E a zařízení G pro rozvod vzduchu byly zpětnovazebně připojeny k měřicí a regulační jednotce D.

Příklad 3: Zapracování nitrifikačního reaktoru I z Příkladu 2

Po naplnění celého objemu IBC kontejneru odtokem z mobilní jednotky zařízení H pro kultivaci nitrifikační biomasy (viz Příklad 1) byl celý obsah IBC, tedy 1 m^3 , odčerpán do S1. Zároveň byl do S1 zaveden výstup 5 ze zařízení H pro kultivaci nitrifikační biomasy (Obrázek 5) (průtok cca $0,17 \text{ m}^3/\text{d}$) a přívod surového fugátu vstupem A, také v množství odpovídajícím průtoku $0,17 \text{ m}^3/\text{d}$. Takto bylo v okamžiku zahájení procesu v S1 dosaženo zatížení dusíkem analogické jako v zařízení H pro kultivaci nitrifikační biomasy (a zároveň jako cílové zatížení provozního nitrifikačního reaktoru, tedy $0,5 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ s tím, že s rostoucím objemem směsi v S1 bylo zatížení postupně snižováno, a díky tomu bylo možné postupně zvyšovat průtok surového fugátu. Po pěti dnech byl objem směsi v S1 cca $2,7 \text{ m}^3$ a průtok surového fugátu bylo možno zvýšit na cca $0,46 \text{ m}^3/\text{d}$. Po další 5denní periodě bylo denní průtok surového fugátu možno zvýšit na $0,80 \text{ m}^3/\text{d}$. V této fázi byla zcela zaplněna komora S1. V okamžiku, kdy k tomu došlo, byla veškerá kapalina obsažená v S1 přecherpana do S2 a bylo zahájeno postupné naplňování komory S2 surovým fugátem. V dalších pětidenních periodách bylo možno denní průtok surového fugátu postupně zvyšovat na $1,4$ a $2,4 \text{ m}^3$, přičemž na konci periody s denním průtokem $2,4 \text{ m}^3$ došlo k úplnému zaplnění S2. V okamžiku, kdy k tomu došlo, byla veškerá kapalina obsažená v S2 přecherpana do S3 a bylo zahájeno postupné naplňování komory S3 surovým fugátem. Dále následovaly další dvě pětidenní periody, v rámci kterých docházelo k postupnému zvyšování průtoku surového fugátu na $4,2$ a $7,2 \text{ m}^3$ za den, přičemž v průběhu periody s denním průtokem $7,2 \text{ m}^3$ došlo k úplnému zaplnění S3 o objemu 80 m^3 . V této fázi byla tedy celková kapacita provozního reaktoru (120 m^3) zaplněna ze dvou třetin.

V okamžiku, kdy k tomu došlo, byla z S3 část směsi přepuštěna do S1 a S2 tak, aby objem kapaliny představoval ve všech komorách $2/3$ z jejich celkové kapacity. V komoře S1 tedy bylo cca $6,7 \text{ m}^3$, v sekci S2 20 m^3 a v sekci S3 cca $53,3 \text{ m}^3$ zpracovávaného fugátu. Od tohoto okamžiku byl surový fugát do jednotlivých sekcí přiváděn vstupy A v množství odpovídajícím jejich podílu na celkovém objemu provozního reaktoru. Do S1 bylo tedy přiváděno cca $8,3 \%$ zpracovávaného množství, do S2 cca 25% a do S3 cca $66,7 \%$ z celkového množství surového fugátu přiváděného do systému. Zároveň dále pokračovalo zvyšování průtoku zpracovávaného fugátu, přičemž v následujících pětidenních periodách došlo postupně k jeho navýšení na $12,5$ a $20,0 \text{ m}^3$ za den. Tím bylo po 45 dnech od zahájení plnění S1 dosaženo zpracování veškeré denní produkce fugátu. Jakmile byly všechny komory zaplněny, stal se výstup B nitrifikovaného fugátu z reaktoru finálním výstupem využitelným k aplikaci na půdu. Po celou dobu fáze zapracování provozního reaktoru byl do provozního reaktoru přidáván také výstup 5 ze zařízení H pro kultivaci nitrifikační biomasy dle Příkladu 1 za účelem obohacování systému o nitrifikační bakterie. Tento výstup 5 byl od okamžiku, kdy se zaplnila komora S3 a její objem byl rozdělen do všech tří komor, zaústěn rovněž do všech tří komor a jeho dávkované množství (objem) bylo mezi komory rozděleno ve stejném poměru, jako je poměr objemů těchto komor.

Po dosažení zaplnění všech komor nádrže nitrifikačního reaktoru již bylo možno tento proud odstavit, neboť množství nitrifikačních organismů s ním přicházejících do plně provozního reaktoru již bylo z pohledu celkového objemu plně provozního reaktoru zanedbatelné.

Příklad 4: Konstrukce nitrifikačního reaktoru II

Cílem bylo realizovat nitrifikaci veškeré produkce fugátu v objektu BPS o instalovaném elektrickém výkonu $1,5 \text{ MW}$ a denní produkci fugátu 60 m^3 při průměrné koncentraci N-amon ve fugátu $5,0 \text{ g/l}$ s tím, že je potřeba podrobit nitrifikaci $2/3$ z celkové denní produkce fugátu, tedy 40 m^3 za den. Z laboratorních testů vyplynulo jako optimální cílové zatížení nitrifikačního reaktoru dusíkem $0,5 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$. Jako optimální provozní pH byla identifikována hodnota $5,5$. Zapracování provozního zařízení schopného zpracovat požadovanou část denní produkce fugátu proběhlo následujícím způsobem:

Pokud činí koncentrace N-amon ve fugátu 5,0 g/l a cílové zatížení systému dusíkem má dosahovat 0,5 kg/(m³·d), bude zapotřebí dosáhnout hydraulické doby zdržení v reaktoru 10 dnů, tedy reaktor musí pojmout desetidenní produkci fugátu.

- 5 Hydraulická doba zdržení (Θ) ve dnech se vypočte dle vzorce (3) jako podíl koncentrace N-amon a cílového zatížení dusíkem ($\Theta = c/Bv$).

10 Z toho tedy vyplývá, že reaktor musí mít objem 400 m³. Byl sestaven nitrifikační reaktor podle Obrázku 1 s rozměry nádrže 1 reaktoru 20 m x 5 m x 4 m (délka x šířka x hloubka). Reaktor byl rozdělen na tři komory o objemu 20 (S1), 80 (S2) a 300 (S3) m³, viz Obrázek 1 a 4.

15 Ke každé z komor nádrže bylo připojeno zařízení G pro rozvod vzduchu, připojené ke zdroji tlakového vzduchu (dmychadlu) a sloužící k provzdušnění všech komor nádrže. Dmychadlo bylo zpětnovazebně připojeno k měřicí a regulační jednotce D, umístěné vně nádrže.

15 Vstup A pro surový fugát byl zaveden do každé z komor nádrže, stejně jako výstup B pro nitrifikovaný fugát.

20 Uvnitř každé komory byla umístěna sonda C pro měření pH, a sonda C' pro měření koncentrace O₂, a obě sondy byly připojeny k měřicí a regulační jednotce D.

Dále byl do každé z komor zaveden vstup pro odpěňovač, připojený k čerpadlu připojenému k zásobníku F pro odpěňovač;

25 Vně nádrže byla dále umístěna neutralizační stanice E, obsahující zásobník pro pH regulační činidlo (roztok Ca(OH)₂) a čerpadlo, přičemž tato neutralizační stanice E byla připojena vstupem pro pH regulační činidlo ke každé komoře.

30 Čerpadlo, neutralizační stanice E a zařízení G pro rozvod vzduchu byly zpětnovazebně připojeny k měřicí a regulační jednotce D.

Příklad 5: Zapracování nitrifikačního reaktoru II z Příkladu 4

35 Po naplnění celého objemu dvou IBC kontejnerů odtokem ze zařízení H pro kultivaci nitrifikační biomasy (viz Příklad 1) byl celý obsah těchto IBC kontejnerů, tedy 2 m³, odčerpán do S1.

40 Zároveň byl do S1 zaveden výstup 5 ze zařízení H z Příkladu 1 (průtok cca 0,10 m³/d) a surový fugát, v množství odpovídajícím průtoku 0,20 m³/d. Takto bylo v okamžiku zahájení procesu v S1 dosaženo zatížení dusíkem analogické jako v zařízení H dle Příkladu 1 (a zároveň jako cílové zatížení provozního reaktoru, tedy 0,5 kg/(m³·d) s tím, že s rostoucím objemem směsi v reaktoru bylo zatížení postupně snižováno, a díky tomu bylo možné postupně zvyšovat průtok surového fugátu. Po pěti dnech byl objem směsi v S1 cca 3,5 m³ a průtok surového fugátu bylo možno zvýšit na cca 0,35 m³/d. Po dalších 5denních periodách bylo denní průtok surového fugátu možno postupně zvýšit na 0,55; 0,90 a 1,40 m³/d. V této fázi byla zaplněna komora S1. V okamžiku, kdy k tomu došlo, byla veškerá kapalina obsažená v S1 přečerpána do S2 a bylo zahájeno postupné naplňování komory S2. V dalších pětidenních periodách bylo možno denní průtok surového fugátu postupně zvyšovat na 2,1; 3,2; 4,9 a 7,4 m³, přičemž na konci periody s denním průtokem 7,4 m³ došlo k úplnému zaplnění S2. V okamžiku, kdy k tomu došlo, byla veškerá kapalina obsažená v S2 přečerpána do S3 a bylo zahájeno postupné naplňování komory S3. Dále následovaly další dvě pětidenní periody, v rámci kterých docházelo k postupnému zvyšování průtoku surového fugátu na 11,1; 16,7 a 25,1 m³ za den, přičemž v průběhu periody s denním průtokem 25,1 m³ došlo k úplnému zaplnění S3 o objemu 300 m³. V této fázi byla tedy celková kapacita provozního reaktoru (120 m³) zaplněna ze 75 %. V okamžiku, kdy k tomu došlo, byla z S3 část směsi přepuštěna do S1 a S2 tak, aby objem kapaliny představoval ve všech komorách 75 % z jejich celkové kapacity. V komoře S1 bylo tedy cca 15 m³, v komoře S2 60 m³ a v komoře S3 cca 225 m³

zpracovávaného fugátu. Od tohoto okamžiku byl surový fugát do jednotlivých komor přiváděn v množství odpovídajícím jejich podílu na celkovém objemu provozního reaktoru. Do S1 bylo tedy přiváděno cca 5 % zpracovávaného množství, do S2 cca 20 % a do S3 cca 75 % z celkového množství surového fugátu přiváděného do systému. Zároveň dále pokračovalo zvyšování průtoku
5 zpracovávaného fugátu, přičemž v následujících pětidenních periodách došlo postupně k jeho navýšení na 37 a 40,0 m³ za den. Tím bylo po 65 dnech od zahájení plnění S1 dosaženo zpracování požadovaného množství fugátu. Jakmile byly všechny komory zaplněny, stal se výstup B z nitrifikačního reaktoru finálním výstupem využitelným k aplikaci na půdu. Po celou dobu fáze zapracování provozního reaktoru byl do plně provozního reaktoru přidáván také výstup 5 ze
10 zařízení H dle Příkladu 1 za účelem obohacování systému o nitrifikační bakterie. Tento výstup 5 byl od okamžiku, kdy se zaplnila komora S3 a její objem byl rozdělen do všech tří komor, zaústěn rovněž do všech tří komor a jeho dávkované množství (objem) bylo mezi komory rozděleno ve stejném poměru, jako je poměr objemů těchto komor. Poté již bylo možno tento proud odstavit, neboť množství nitrifikačních organismů s ním přicházejících do plně provozního reaktoru již bylo
15 z pohledu celkového objemu plně provozního reaktoru zanedbatelné.

NÁROKY NA OCHRANU

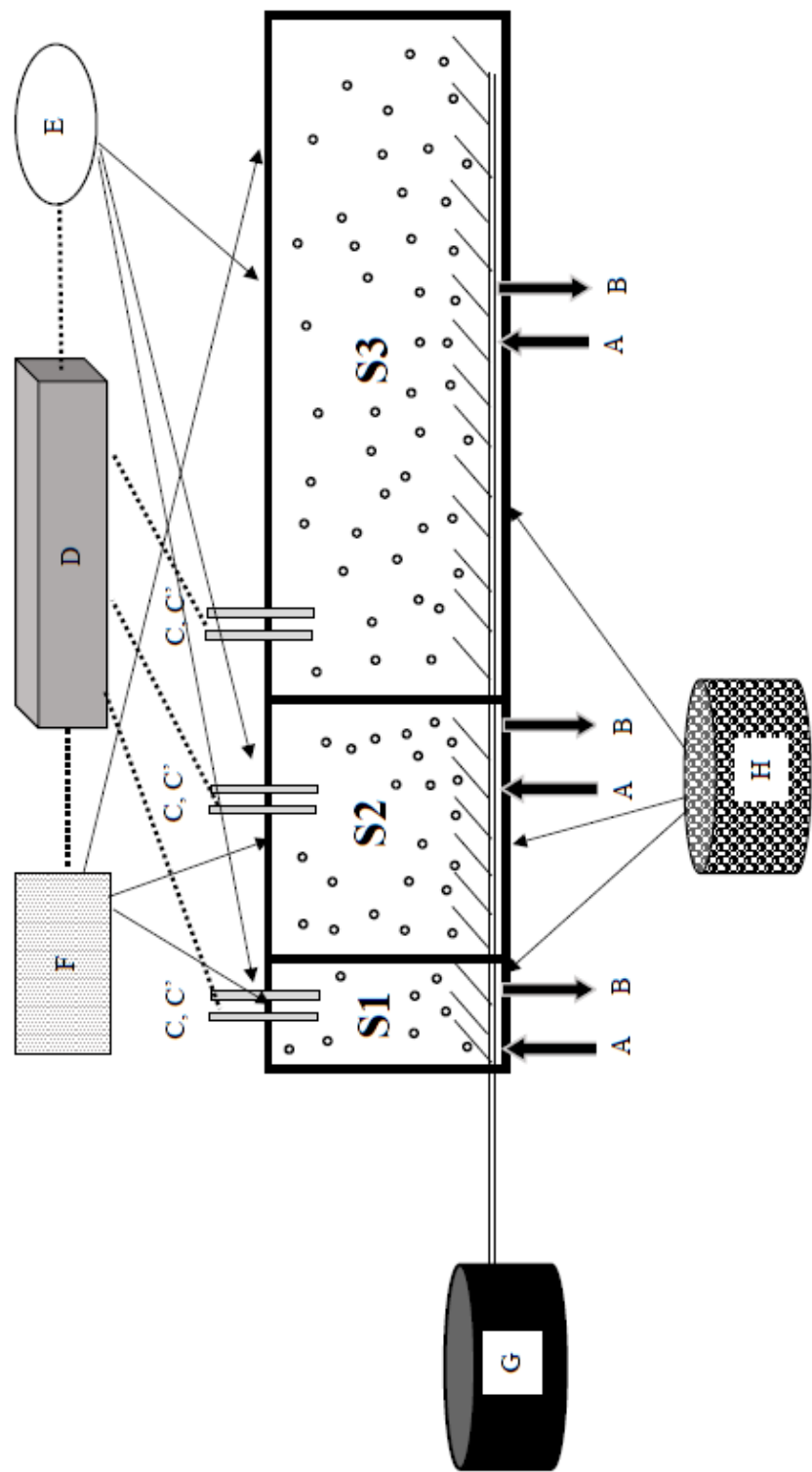
1. Vícekomorový nitrifikační reaktor pro zpracování fugátu, **vyznačený tím**, že obsahuje:
 - nádrž, která obsahuje alespoň dvě oddělené komory a která dále obsahuje zařízení (G) pro rozvod vzduchu, připojené ke zdroji tlakového vzduchu;
 - měřicí a regulační jednotku (D), umístěnou vně nádrže;
 - vstup (A) pro surový fugát do každé z komor nádrže;
 - výstup (B) pro nitrifikovaný fugát z každé z komor nádrže;
 - sondu (C) pro měření pH, umístěnou uvnitř každé komory a připojenou k měřicí a regulační jednotce;
 - sondu (C') pro měření koncentrace O₂, umístěnou uvnitř každé komory a připojenou k měřicí a regulační jednotce;
 - vstup pro odpěňovač do každé z komor, připojený k čerpadlu připojenému k zásobníku (F) pro odpěňovač;
 - neutralizační stanici (E), umístěnou vně nádrže, obsahující zásobník pro pH regulační činidlo a čerpadlo, přičemž tato neutralizační stanice (E) je připojena vstupem pro pH regulační činidlo ke každé komoře;

přičemž čerpadlo a zařízení (G) pro rozvod vzduchu jsou zpětnovazebně připojeny k měřicí a regulační jednotce (D).
2. Vícekomorový nitrifikační reaktor podle nároku 1, **vyznačený tím**, že jednotlivé komory nádrže mají navzájem různý objem.
3. Vícekomorový nitrifikační reaktor podle nároku 1 nebo 2, **vyznačený tím**, že nádrž obsahuje tři komory (S1, S2, S3), s výhodou je objem první komory (S1) 5 až 10 % z celkového objemu nádrže, objem druhé komory (S2) je 20 až 30 % z celkového objemu nádrže a objem třetí komory (S3) je 60 až 75 % z celkového objemu nádrže nitrifikačního reaktoru, výhodněji je objem první komory (S1) 8,5 % z celkového objemu nádrže, objem druhé komory (S2) je 25,5 % z celkového objemu nádrže a objem třetí komory (S3) je 66 % z celkového objemu nádrže nitrifikačního reaktoru.
4. Vícekomorový nitrifikační reaktor podle kteréhokoliv z předchozích nároků, **vyznačený tím**, že nádrž nitrifikačního reaktoru je vyrobena z betonu nebo plastu a má objem v rozmezí od 30 do 500 m³.
5. Vícekomorový nitrifikační reaktor podle kteréhokoliv z předchozích nároků, **vyznačený tím**, že každá komora dále obsahuje vstup pro nitrifikační biomasu, uzpůsobený pro připojení k výstupu (5) zařízení (H) pro kultivaci nitrifikační biomasy, které obsahuje:
 - nádrž (1), která obsahuje alespoň jeden aerační element (2), připojený ke zdroji tlakového vzduchu (3);
 - měřicí a regulační jednotku (8), umístěnou vně nádrže (1);
 - vstup (4) pro substrát, umístěný ve spodní třetině výšky nádrže (1);

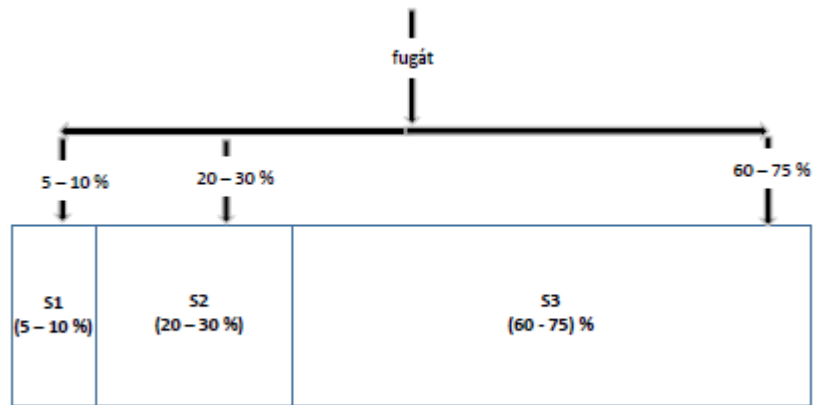
- výstup (5) pro nitrifikační biomasu, s výhodou umístěný v horní třetině výšky nádrže (1);
- 5 - sondu (6) pro měření pH, umístěnou uvnitř nádrže (1) a připojenou k měřicí a regulační jednotce (8);
- sondu (7) pro měření koncentrace O_2 , umístěnou uvnitř nádrže (1) a připojenou k měřicí a regulační jednotce (8);
- 10 - vstup (9) pro pH regulační činidlo, připojený k čerpadlu (10) připojenému k zásobníku (11) pro pH regulační činidlo,
- příčemž čerpadlo (10) a aerační element (2) jsou zpětnovazebně připojeny k měřicí a regulační jednotce (8).

15

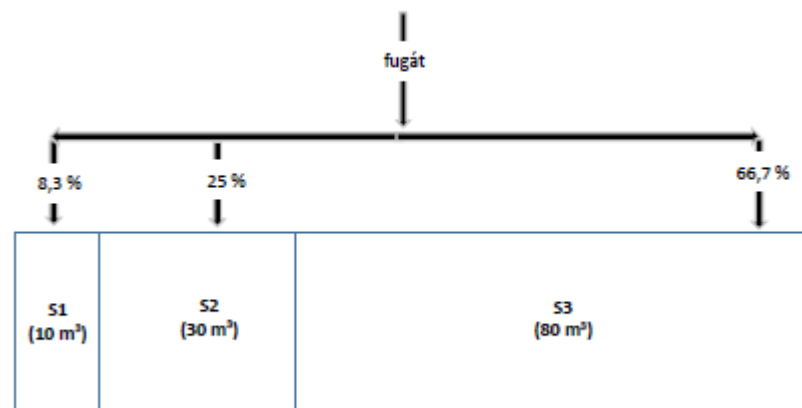
4 výkresy



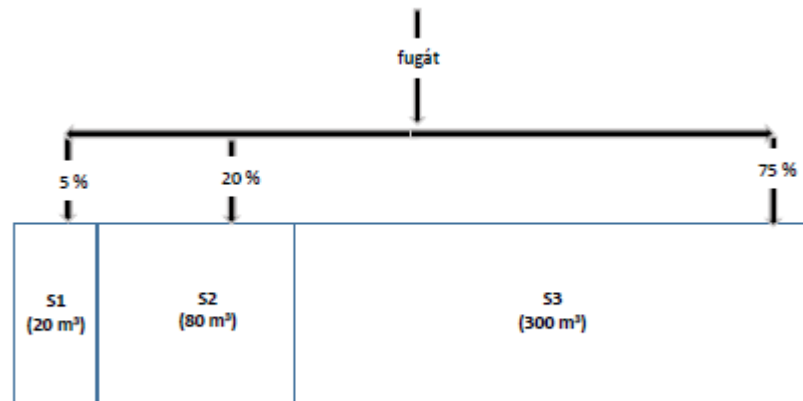
Obr. 1



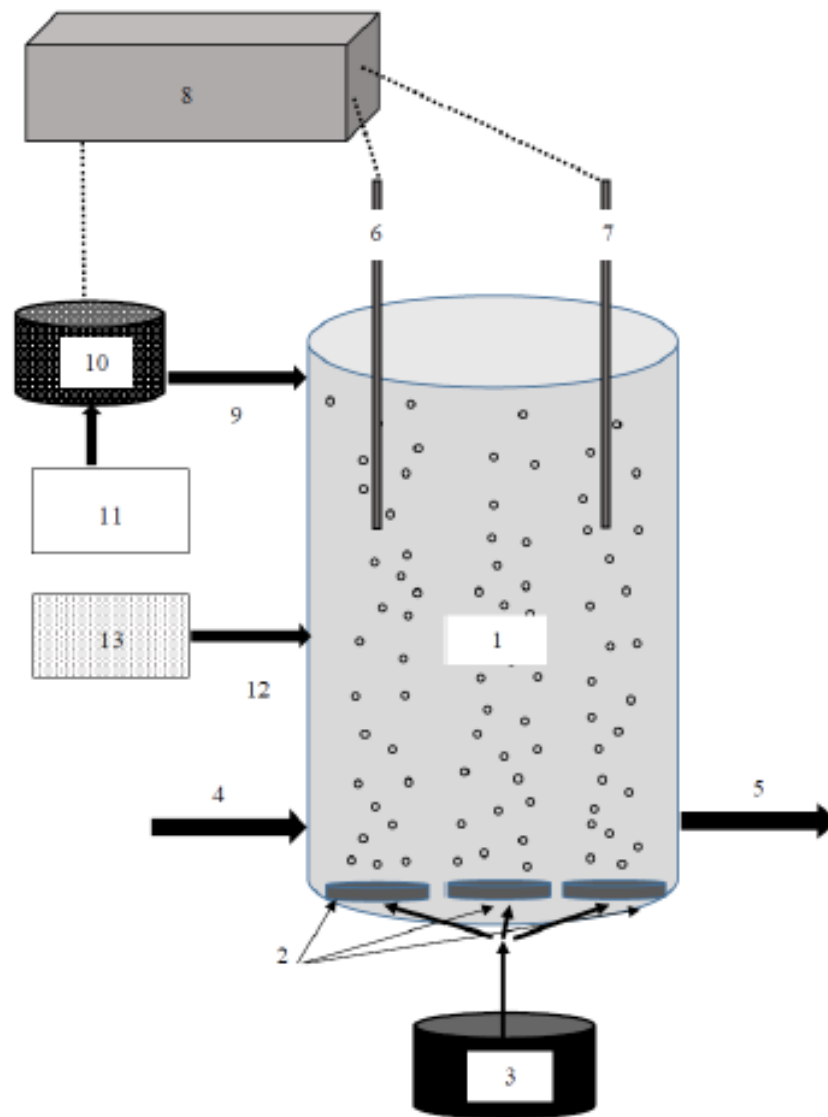
Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4



Obr. 5