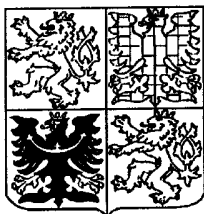


ČESKÁ
REPUBLIKA

(19)



ÚŘAD
PRŮMYSLVÉHO
VLASTNICTVÍ

ZVEŘEJNĚNÁ PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

(12)

(21) 1124-93

(13) A3

5(51)

C 02 F 1/44

(22) 09.10.92

(32) 09.10.92, 09.10.91

(31) 92US/9200442, 91/773226

(33) WO, US

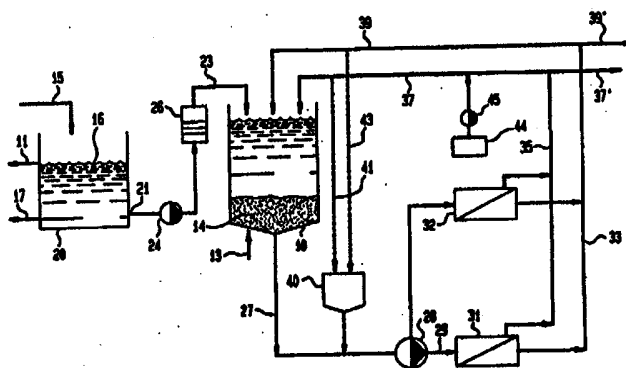
(40) 19.01.94

(71) ZENON ENVIRONMETAL Inc., Burlington, CA;

(72) Tonelli Fernando, Dundas, CA;
Canning Philip, Waterdown, CA;

(54) Způsob a zařízení s membránovým
bioreaktorem pro úpravu odpadních vod,
zejména syntetických tekutin, používaných při
obrábění kovů a produktů na olejové bázi

(57) Způsob a zařízení pro úpravu odpadních vod upravuje odpadní vody zejména z kovoobráběcích závodů, jako jsou továrny na výrobu automobilů, v bioreaktoru použitím živých mikroorganismů. Odpadní voda obsahuje odpadní tekutiny, které jsou směsí poměrně lehce biologicky odbouratelných tuků a olejů, mnohem obtížněji odbouratelných syntetických tekutin, olejů a tuků a biologicky neodbouratelných materiálů včetně anorganických drobnozrnných pevných látek, například částic kovů a silikon-karbidů. Takové odpadní vody vyžadují hydraulickou zadržovací dobu (HRT) a zadržovací dobu pevných látek (SRT), které jsou desetkrát delší než pro komunální splašky. Vysoce kvalitní voda se oddělí od usazených pevných látek, které jsou odstraňovány z reaktoru v podstatě při konstantní rychlosti a podávány na ultrafiltrační membránu. Koncentrát je recirkulován do reaktoru s výjimkou vymývacího proudu pro periodické odstraňování pevných látek.



Způsob a zařízení s membránovým bioreaktorem pro úpravu odpadních vod, zejména syntetických tekutin, používaných při obrábění kovů a produktů na olejové bázi.

Oblast techniky

Chod aerobního bioreaktoru je vysoce citlivý na složení upravované odpadní vody a na době, za kterou se úprava ukončí. Jinými slovy, pokud by nebylo třeba ohlížet se na čas a energetické náklady, nutnost vyžít tohoto systému úpravy odpadních vod by byla minimální. Poněvadž však je úkolem takového systému úsporně vyřešit oba problémy, tj. citlivost na čas a energii provozu, je v dosavadním stavu techniky kladen důraz na to, aby bylo dodáno co nejvíce účinných prostředků pro udržení aktivity biomasy přivedením takového množství kyslíku do reaktivní masy bioreaktoru (zejména vodních suspenzí organických pevných částic a mikroorganismů) jaké může být mikroorganizmy zužitkováno pro biologické rozkládání biochemicky oksyličovatelného materiálu. Aby to bylo přijatelné z hlediska hospodárnosti, musí to být provedeno v rozumném časovém úseku, při spotřebě malého množství energie a výsledkem musí být zpracovaná voda přijatelné výše kvality. Vysoká obtížnost hodnocení takového systému přístroji modelových laboratorních aparatur vedla k testování systému v poloprovozních podmínkách na půdě automobilových závodů NDH Sanduski General Motors Corp. Odpadní voda z Mansfieldského závodu General Motors byla také převezena ke zkušebnímu zařízení k testování.

vání, protože existoval základní rozdíl ve složení odpadních vod obou továren.

Tento vynález se přesněji týká zpracování směsi, sestávající z přírodních uhlovodíků a syntetických tekutin, používaných při obrábění kovů, maziv, olejů a tuků ("FOG") smíchaných se syntetickými organickými a organickokovovými sloučeninami, z nichž některé jsou nerozpustné pevné látky, jiné emulgovatelné tekutiny a ještě jiné rozpustné pevné látky a tekutiny. Tato směs v odpadní vodě se nazývá odpadní tekutiny. Odpadní tekutiny obsahují zvláště těžkozpracovatelné komponenty a poměrně lehce zpracovatelné komponenty.

Problémem je ekonomicky zabezpečit takový postup, který úsporně biologicky rozloží odpadní tekutiny v proudu odpadní vody, měnící se z hodiny na hodinu. Proud se mění jak z hlediska množství toku za hodinu, tak z hlediska koncentrace odpadních tekutin v něm obsažených. Problém, který má být vyřešen, je použít membránového odlučovače, který zpravidla pracuje s konstantním množstvím toku za hodinu, ve spojení s bioreaktorem, k výrobě takové upravené vody, která odpovídá předpisům státních orgánů. Přitom se poměr komponent odpadních tekutin v průběhu provozu mění. Úspěšná technologie vyžaduje, aby fungovala plynule a v podstatě bez lidského dozoru. A dále, technologií produkováný odpad by měl být co nejmenší.

Tyto zmíněné problémy řeší postup, který vyžaduje, aby před další úpravou byly z odpadní vody odloučeny

všechny volné oleje a všechny pevné látky s výjimkou jemně rozdrobených pevných látek. Bylo shledáno, že složení pevných látek v tomto systému je takové, že ty, jejichž rozměr je větší než asi 106 μm (standardní sito USA 140 mesh) mají nepříznivý vliv na membrány. Volný olej zhoršuje odlučivost membrán tím, že je zanašší (smáčení) a zabráňuje tak průchodu vody. Pevné látky podstatně větší než 106 μm byly především rekalcitrantní pevné látky, z nichž velká část byly anorganické látky, jako například částice kovů a karbidů: a mezi většími organickými částicemi v odpadních tekutinách byly mnohé složení tak málo biologicky rozložitelného, že jejich odstranění předběžnou úpravou se ukázalo být určujícím faktorem pro uspokojivou funkci této technologie. S výjimkou velmi malých pevných částic, které projdou sítím 140 mesh, byla jedinou pevnou látkou v systému bioreaktoru biomasa mikroorganismů a to jak živých, tak mrtvých a pevné částice, těmito mikroorganismy produkované.

Dalším určujícím faktorem bylo nastavení systému tak, aby rychlost tvoření permeátu byla větší než rychlost, jakou vstupuje pevných látek zbavená přívodní kapalina do reaktoru.

Dosavadní stav techniky

Toto tvoření permeátu ve velké rychlosti umožňuje zabezpečit recirkulaci permeátu mimo recirkulaci masy v koncentrátu. Přes zjevný protiklad recirkulace permeátu a problému jeho produkce je recirkulace permeátu pod-

statná proto, aby reaktor fungoval při konstantním objemu a pro přivádění toku o konstantní rychlosti do zóny membránového filtru. Důvody pro recirkulaci permeátu budou podrobně vysvětleny dále.

Postup zahrnuje již dříve uvedené rysy a spočívá ve zvláštním pracovním postupu aerobního reaktoru okolního tlaku v kombinaci s vyrovnávací nádrží a s membránovým zařízením, které bylo dimenzováno tak, aby umožnilo průchod molekul předem určeného množství a rozměru molekul, které jsou produktem biologického rozkladu.

Transportovaná odpadní voda předtím, než je zavedena do vyrovnávací nádrže, je předupravená za účelem odloučení flotovatelných volných olejů a usaditelných pevných látek. Jedním příkladem předúpravné jednotky je sběrna z vlnitého plechu (CPI), ale může se použít jakákoliv jiná jednotka, která je vhodná pro odstranění flotovatelných olejů a usaditelných pevných látek. Jako alternativa může být odstranění flotovatelných volných olejů a usaditelných pevných látek provedeno přímo ve vyrovnávací nádrži s vhodným vybavením. Přívod do bioreaktoru se odebírá z vyrovnávací nádrže a tento přívod obsahuje tuky, oleje a maziva, jejichž chemické a fyzikální vlastnosti jsou zcela jiné než vlastnosti odpadních vod, vzniklých lidskou činností, což je typické pro komunální odpadní vody. Přesněji, odpadní voda z kovoobráběcích procesů obsahuje kterýkoliv nebo všechny následující komponenty: tuky, oleje a maziva na bázi nafty, tuky a maziva ne naftového původu (syntetické a po-

losyntetické oleje), také sloučeniny organických kovů. Tyto komponenty z hlediska biologického rozkladu představují celou škálu obtížnostních stupňů. A právě tyto odpadní vody byly upraveny v systému membránového bioreaktoru a byly důkladně testovány v automobilových závodech MDH General Motors poloprovozními testy, o kterých bylo referováno 10. října 1990 ve Washingtonu v přednášce na konferenci WPCF.

Základní technologie, která používá bioreaktor s membránovým separátorem byla vynalezena před čtvrt stoletím a je popsána v patentu USA 3472765, jehož obsah je zde uveden jako stav techniky. Tento patent používá dobře větráný bioreaktor v kombinaci s mikrofiltrem nebo membránovým ultrafiltrem nejen proto, aby se odstranila nevýhoda dlouhého trvání technologie gravitačního usazování, ale i proto, aby se oddělila recirkulovaná voda vysoké kvality, v podstatě bez pevných látek (permeát) pro další recirkulaci a zbývající nerozložitelné látky vysoké molekulové váhy a proud, obsahující pevné látky (koncentrát) recirkuloval v bioreaktoru.

Zásadní vlastností technologie patentu 3472765 bylo, že udržoval konstantní objem reaktoru při měnícím se přívodním proudu. Dále organické pevné látky byly rozmělněny, ale nebyly odstraněny, takže zůstávaly v recirkulovaném koncentrátu. Naproti tomu postup podle vynálezu udržuje v podstatě konstantní objem reaktoru tím, že udržuje průtokovou rychlost přívodní kapaliny do reaktoru v podstatě konstantní a recirkuluje ji i jako koncen-

trát i jako permeát. V postupu podle vynálezu pevné látky nad 106 μm do reaktoru zásadně nevstupují a jedinými pevnými látkami v systému jsou již dříve uvedené jemně rozdrobené organické pevné látky, samotná biomasa a biomasou produkované látky.

Systém podle patentu 3472765 byl aplikován s omezeným úspěchem v 70. letech, hlavně v oblasti lidských a zvířecích odpadů a jeho úspěch se projevoval hlavně tam, kde při aplikaci nezáleželo příliš na nákladech. Provozování tohoto systému s odpadní vodou, která obsahovala odpadní tekutiny s obsahem tuků, olejů a maziv, pocházejících z kovoobráběcích závodů, bylo neúspěšné, protože zadržovací doba pevných látek (SRT) a hydraulická zadržovací doba (HRT) nebyla dostatečně dlouhá k tomu, aby rozložila odpadní tekutinu.

Ačkoliv každá mechanická část systému je známá, kombinace použitá v postupu podle vynálezu se ukázala být účinnou v úpravě odpadních vod, které obsahovaly tuky, oleje a maziva velmi vysoké koncentrace pokud bylo postupováno následujícím způsobem : bioreaktor byl provozován tak, že byla udržována předem určená koncentrace tuků, olejů a maziv a dokonale rozpuštěných pevných látek ("TSS") a membránová jednotka se provozovala jako ultrafiltrační membrána při nízkém tlaku, v rozmezí od asi 170 do 1035 kPa (25 psi do 150 psi). Tento postup dává řízený proud velkého množství koncentráту, obsahujícího pevné látky, jako recirkulační proud.

Množství, proudící z bioreaktoru je nečekaně velké

a přesto zabezpečuje i) dlouhou zadržovací dobu pevných látek (SRT) a dostatek tekutin tak, jak to vyžaduje vstup jednotek vzduchu pro rozklad tuků, olejů a maziv (FOG), nacházejících se v dodávané odpadní vodě a také ii) provede v bioreakčním systému rozložení organických odpadů s kratší hydraulickou zadržovací dobou než 5 dnů, s výhodou kratší než 48 hodin. Podmínkou uskutečnění výše uvedeného je, aby byly emulgované látky zadrženy na delší dobu než je zadržovací doba tekutiny anebo hydraulická zadržovací doba (HRT) reaktoru, na základě průtokové rychlosti odpadní vody.

Podstata vynálezu

Bylo objeveno, že činností bioreaktorového systému, který obsahuje aerobní bioreaktor v kombinaci s jednotkou membránového filtru, se úspěšně rozkládají odpadní vody, obsahující vysoké koncentrace přírodních, syntetických a polosyntetických kovoobráběcích tekutin, olejů a maziv - pro zkrácení dále jen FOG - používaných v kovoobráběcích závodech za podmínky, že je provozován v rámci úzce vymezených provozních kritérií. Odpadní voda je nejdříve sbírána, pak se odloučí usazovatelné pevné látky. Přesněji řečeno, protože odpadní tekutina obsahuje špatně rozložitelné pevné látky a vysokou koncentraci FOG, všechny pevné látky s výjimkou velmi jemných částic, jsou odloučeny s výhodou ve filtrační zóně, opatřené sitem 106 μm . Tato předupravená voda umožňuje, aby bioreaktor v kombinaci s ultrafiltračním membránovým

zařazením pracoval s nejméně 24 hodinovou ale přednostně s jeden až pět dnů trvajícím hydraulickou zadržovací dobou (HRT) a 30 až 150 dní, účelně 50 až 125 dní trvajícím zadržovací dobou pevných látek (SRT).

Z toho vyplývá, že všeobecným cílem tohoto patentu je vyřešení takového postupu biologického rozkladu jednotlivých složek odpadních tekutin v bioreakční zóně, jejíž činnost probíhá v úzce vymezených hranicích se zvláštním ohledem na odloučení pevných látek vstupujících do bioreakční zóny, udržování toku přírodní tekutiny k bioreakční zóně a k zóně membránové ultrafiltrace na stálé hodnotě a využití recirkulace permeátu k tomu, aby bylo propouštění funkční tekutiny v podstatě udržováno na stálé hodnotě a b) zóna membránového filtru používá membránu takových rozměrů, které umožňují průchod molekul účinného průměru pod $0,001\ \mu\text{m}$ je-li provozována při tlaku v mezích 170-689 kPa (25-100 psi).

Rovněž bylo zjištěno, že odpadní tekutiny, vznikající v kovoobráběcích závodech mohou být úspěšně biologicky rozloženy, jsou-li z dodávané odpadní vody nejdříve odstraněny pevné látky, množství přírodního proudu do bioreakční zóny je udržován v podstatě na stálé hodnotě a hydraulická zadržovací doba (HRT) je udržována v rozmezí asi 24-48 hodin a zadržovací doba pevných látek (SRT) je větší než 30 dnů s výhodou alespoň 50 dnů. Emulgované odpadní látky jsou zadržovány delší dobu než je hydraulická zadržovací doba HRT bioreakční zóny založená na základě průtokové rychlosti odpadní vody.

Dalším cílem vynálezu je vyřešit takový postup, který by zahrnoval:

- a) odloučení pevných látek ze směsi syntetických kovoobráběcích tekutin, tuků, olejů a maziv, používaných v kovoobráběcích zařízeních a přivádění přivodní tekutiny Q_f do reaktoru v podstatě konstantní průtokovou rychlostí;
- b) větrání směsi v biorekační zóně za přítomnosti živých mikroorganismů, při okolním tlaku a za současného udržování v této zóně v podstatě konstantní zadržovací hydraulické doby HRT v rozmezí asi od 24 hod., ale méně než 48 hodin;
- c) proudění předem určené části obsahu bireaktoru k zóně membránového filtru tak, aby se vybudila rychlost toku permeátu větší, než je přívod odpadní vody do biorekační zóny.
- d) udržení koncentrace předem určeného podílu pevných látek v předem určeném rozmezí
- e) recirkulace první části Q_{p1} permeátu do bioreaktoru a
- f) odvedení druhé části Q_{p2} permeátu jako vody vysoké kvality.

Zvláštním cílem tohoto vynálezu je vyřešit v zásadě plynulý způsob úpravy odpadní vody, využívající systému membránového bioreaktoru, přičemž tento způsob zahrnuje

- a) provedení předúpravní zóny pro uvedenou odpadní vodu, přičemž tato zóna má mít dostatečně velký objem k tomu, aby vyrovnala různé průtokové rychlosti od-

padní vody do předúpravní zóny, která je upravena pro odlučování usazovatelných pevných látek a stahování sbíratelného volného oleje a odvedení sbírané odpadní vody ze zóny;

- b) odloučení pevných látek větších, než asi $106\ \mu\text{m}$ ze sbírané odpadní vody, aby se získala vstupní odpadní voda bez pevných látek;
- c) přivádění této odpadní vody bez pevných látek do zóny bioreaktoru při v podstatě konstantní rychlosti proudu tekutiny, přičemž se v této zóně udržuje v podstatě stálý objem tekutiny a hydraulická zadržovací doba je alespoň 24 hodin;
- d) přivádění vzduchu k biochemicky okysličitelným látkám za přítomnosti živých mikroorganismů, uzpůsobených pro rozkládání těchto látek, které jsou v reaktoru drženy v podobě suspenze s alespoň 30 denní zadržovací dobou pevných látek (SRT);
- e) proudění suspenze zónou membránové filtrace při rychlosti a tlaku dostačujících k udržení předem určeného membránového toku v zóně filtru, při kterém v podstatě nezůstane na povrchu membrány ve filtrační zóně žádná pevná látka, přičemž povrch membrány je dostatečně velký na to, aby zabezpečil průtok permeátu větší než je v podstatě konstantní rychlost toku odpadní vody, zbavené pevných látek;
- f) oddělení permeátu od koncentrátu obsahujícího pevné látky;
- d) proudění koncentrátu ze zóny membránové filtrace do

bioreakční zóny jako recirkulace koncentráту;

- h) oddělení vytékající vody přijatelné kvality a
- i) proudění přebytečného permeátu z oddělené vody zpět do bioreaktoru.

Dalším specifickým cílem tohoto vynálezu je upravit obtížně rozložitelnou odpadní vodu v systému zahrnujícím bioreaktor a modul, obsahující ultrafiltrační membránu a získat výslednou vodu s následujícími hodnotami:

chemická potřeba kyslíku KOI < 450 mg/l

biologická potřeba kyslíku BOI₅ < 25 mg/l.

Celkové množství suspendovaných pevných látek

TSS < 10 mg/l;

FOG celkem < 25 mg/l;

a NH₃-N < 1,0 mg/l.

Přehled obrázků na výkresech

Přednosti a výhody vynálezu budou lépe pochopeny z podrobného popisu a výkresů výhodného příkladu provedení podle vynálezu, kde obr.1 je zjednošené schema systému membránového bioreaktoru, který schematicky zobrazuje činnost systému se dvěma moduly ultrafiltrů a základní recirkulaci permeátu. Obr.2 je graf, který zobrazuje změny membránového toku v závislosti na čase. Na obr. 3 je nakreslen graf, zobrazující usazování suspendovaných pevných látek v bioreaktoru vlivem inertních pevných látek za dobu asi jednoho roku při různých úrovních koncentrace inertních pevných látek (g/l) ve vstupní odpadní vodě.

Příklady provedení vynálezu

Ve výhodném příkladu provedení podle vynálezu je systém membránového bioreaktoru určen pro použití všude tam, kde záleží na úspoře nákladů vynaložených na efektivní úpravu odpadních vod vzniklých v kovoobráběcích závodech. Ačkoliv je objem těchto odpadních vod poměrně malý v porovnání s objemem biologicky rozložitelných odpadních vod vzniklých v oblasti velkoměst, obtíže spojené s jejich likvidací vyžadují, aby byly likvidovány nebo uloženy na skládku provozovateli závodu. Odpadní vody odváděné z takové továrny nemohou být zpracovávány v zařízení pro úpravu komunálních splašek kvůli špatné biologické rozložitelnosti odpadních tekutin v odpadní vodě.

Bude ujasněno, že obecně není důležité, zda reaktor pracuje v podstatě při konstantním objemu a v podstatě při konstantním přívodu nebo při proměnném přívodu. Výrazem "v podstatě konstantní" je míněn rozsah $\pm 10\%$. I když pro udržení konstantního objemu reaktoru s proměnnou průtokovou rychlostí přívodu musí být povrch membrány počítán na minimum toku, pozorovaného v průběhu cyklu. Tedy, pro úpravu 1000 l/hod (Q) přívodu membránami, které mají minimální průtokovou rychlost 100 l/m²hod ("F"), požadovaný povrch membrány ("A") je 10 m². Objem reaktoru ("V") má být počítán na maximum toku, protože rektor musí obsahovat dostatek odpadní vody pro-

tékající membránami, když pracují při maximálním toku. Za předpokladu, že maximální tok je dvojnásobek minima, tj. 200 l/m²hod a na rozklad odpadní vody je potřebné minimum HRT 24 hod., pak

$$V = F \times A \times \text{HRT} = 48\,000 \text{ l}$$

Při konstantní průtokové rychlosti přívodu do reaktoru, pracujícího při konstantním objemu, jak je tomu u systému podle vynálezu, je potřebná plocha membrány založena na minimálním toku, jako je tomu u předcházejícího případu a je 10 m². Objem reaktoru je však založen na minimálním toku 100 l/m²hod toku, pokud je přívodní proud konstantní a pokud jak koncentrát tak permeát jsou recirkulovány, takže potřebný objem reaktoru nyní je:

$$V = F \times A \times \text{HRT} = 100 \text{ l/m}^2\text{hod} \times 10 \text{ m}^2 \times 24 \text{ hod} = 24\,000 \text{ l}$$

V případě běžného systému, který vyžaduje, aby průtoková rychlost upravovaného přívodu byla 1000 l/hod, představuje to značný ekonomický rozdíl, má-li být reaktor dvojnásobného objemu, než by být mohl.

Jak již bylo uvedeno, pokud tedy volné oleje a vstupující pevné látky byly odloučeny z dopravované odpadní vody, úspěšné biologické rozložení přívodní vody do bioreaktoru závisí na tom, zda se udržuje dostatečně vysoká SRT a HRT a současně na schopnosti přizpůsobovat se normálnímu kolísání toku během cyklu před čištěním membrány, aniž by se podstatně obětoval průměrný tok získaný během cyklu.

V typické situaci, kdy je třeba čelit výše uvedené nutnosti, lze postupovat následujícím způsobem

- a) buď zvýšit tlak proudu přiváděného k membránám četných modulů, nutný pro zabezpečení požadovaného toku permeátu, který ve vyrovnaných provozních podmínkách je roven proudu Q_f přívodu nebo
- b) je možné zajistit větší počet modulů, než je třeba tak, aby moduly mohly být provozovány v podstatě za konstantního tlaku vstupujícího proudu, protože tok membrán zůstává v podstatě konstantní.

Ačkoliv to není na první pohled zřejmé, zjistilo se, že zvýšení tlaku pro udržení toku přes membrány modulu má brzy za následek použití tak vysokého tlaku, že bude znamenat nepříjemně vysoké riziko poškození membrán.

Jiná alternativa, zejména použití mnohem většího povrchu membrány než požadovalo předchozí provedení, má za následek velké množství permeátu, jež je větší než množství toku za jednotku času, než Q_f . Jelikož by to znamenalo vyčerpání obsahu tekutiny reaktoru, část Q_{p1} permeátu vyprodukovaného v modulech, přednostně jeho malá část, je recirkulována a zbývající Q_{p2} je odčerpáno.

Za podmínky, že jde o stabilní stav, může být poměr mikrobiálního nárůstu a odstraňování substrátu vyjádřen následovně:

$$u = Yk - b \quad (1)$$

kde u = specifická rychlost růstu organismů,
množství/množství-čas

Y = koeficient výnosu organismů,
množství/množství

k = specifická rychlost spotřeby substrátu,
množství/množství-čas

$a \quad b$ = koeficient rozkladu organismů, čas⁻¹

V biologickém reaktoru je specifická rychlost růstu organismů rovna reciproké hodnotě SRT systému.

Proto z rovnice (1):

$$u = 1/\text{SRT} = Yk - b = Ynk \quad (2)$$

kde:

$$\text{SRT} = \frac{\text{těkavé suspendované pevné látky (VSS) v reaktoru}}{\text{ztráty VSS v odtoku nebo záměrně vyplývané/den}}$$

a Yn = koeficient čistého výnosu organismů

Poněvadž jsou ztráty VSS ve vytékající kapalině zanedbatelné a pevné látky jsou odvedeny do odpadu přímo z reaktoru, systém SRT může být vyjádřen jako:

$$\text{SRT} = V/W$$

kde V = objem reaktoru, m³

a W = rychlost odvedení obsahu reaktoru do odpadu,
m³/hod

SRT se reguluje každodenním odváděním do odpadu předem určeného množství z obsahu reaktoru.

Po ustavení SRT, nutného pro dosažení dané kvality výstupní kapaliny, spolu s hodnotami Y a b nebo Yn , může být určena hodnota k . Je-li k známé, může být určen požadovaný objem reaktoru z hodnot pro reaktor VSS a hodnot koncentrace vstupu a výstupu. SRT a HRT optimálního reaktoru závisí na molekulární velikosti komponent od-

padní vody a produktů reakce, na vlastnostech biologické a chemické (reakce hydrolýzy) upravitelnosti component odpadní vody, na povaze inhibitorů produktů reakce a na vlastnostech membrány s ohledem na účinnou velikost pórů.

Jakmile je určen minimální membránový tok, může být vypočítána odpovídající plocha (A) membrány následovně:

$$A=Q/J$$

kde A = celková požadovaná plocha membrány, m²

a J = membránový tok m³/m²-den

J závisí na následujících faktorech: TSS reaktoru, povrchová rychlost, teplota, pokles tlaku na membráně, zanášení povrchu a míra koncentrační polarizace. Oblasti koncentrační polarizace z nahromadění rozpuštěných látek na povrchu membrány. Rozpuštěné látky se dostávají na povrch membrány konvektivním přenosem rozpouštědla, jehož část prochází membránou. Zadržené rozpuštěné látky často vytváří na membráně vrstvu viskózního gelu. Tato gelová vrstva se chová jako druhá membrána snižující tok a často omezuje průchod rozpuštěných látek nízké molekulární váhy. Ucpávání povrchu je výsledkem ukládání částic pod jeden mikron na povrchu, stejně jako nahromadění menších rozpuštěných látek vlivem procesů jako je krystalizace a vysrážení. Toto zhoršení membránového toku lze překonat použitím většího povrchu membrány než je nutné a recirkulací permeátu do bioreaktoru.

Na obr.1 je nakreslen bioreaktor 10, který obsahuje vodní suspenzi 12 živých mikroorganismů, které byly spe-

cielně aklimatizovány pro pohlcování odpadních tekutin jako potravy, i když s uvažným přidavkem ostatních přídatných živin jako jsou sloučeniny fosfátu a dusíku. Nutriční hodnota odpadních tekutin je většinou tak nízká, že vyžaduje plynulé dodávání přídatných živin, aby se pomohlo mikroorganismům strávit odpadní tekutiny. Takové mikroorganismy jsou na trhu k dostání. Bioreaktor pracuje při atmosférickém tlaku; je opatřen rozprašovačem 14, kterým je vzduch nebo kyslík, nutný pro udržování mikroorganismů, rozváděn z potrubí 13 jednotně do celého reaktoru. Reaktor zahrnuje přepážkové prostředky pro zlepšení kontaktu odpadních tekutin s mikroorganismy.

Dopravovaná odpadní voda je zavedena potrubím 15 do vyrovnávací nádrže 20, která vedle vyrovnávání toku do reaktoru slouží rovněž jako usazovací nádrž pro odvedení usazených pevných látek potrubím 17 a odvedení volných olejů potrubím 11. Volný olej a maziva "skim" 16 plavou na hladině a jsou stáhnuta s hladiny, sbírána. Pevné látky 17 se usadí a jsou buď periodicky nebo plynule odstraňovány ze dna usazovací nádrže v závislosti na hladině a rozložení pevných látek v odváděné odpadní vodě. Vodní suspenze odpadní vody je z usazovací nádrže 20 odčerpávána potrubím 21 a 22 dříve, než je přivedena k sací straně podávacího čerpadla 24, které pracuje při nízkém tlaku, aby přečerpalo vodní suspenzi vyrovnané odpadní vody přes filtrační jednotku 26 o rozměrech asi 106 um. Přefiltrovaná vodní suspenze je pak vedena po-

trubím 23 do bioreaktoru 10.

Přívod do bioreaktoru 10 je udržován v podstatě konstantní, aby se udržela předem určená koncentrace pevných látek v množství 12 a hladina tekutin v bioreaktoru.

Proud obsahu 12 bioreaktoru je odčerpáván sacím potrubím 27 čerpadla a dopravován jako tlakový proud tlakovým čerpadlem 28 rozdělovacím potrubím 29 k jednotce membránové filtrace 30.

V případě běžných komerčních jednotek se dává přednost použití membránové filtrační jednotky 30 s dvěma nebo více ultrafiltračními moduly 31 a 32 spojenými paralelně, každý obsahuje membránu s póry o rozměru menším než 0,5 μm a udržování provozu membránové jednotky 30 čistým vodním tokem (měřeno při 20°C a 40 psi nebo 370 kPa abs) alespoň 10 $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{den}$.

Permeát z membránové jednotky 30 je odveden ze systému recirkulačním potrubím 33 permeátu, zatímco koncentrát odchází recirkulačním potrubím 35 koncentrátu. Výstupní tlak koncentrátu v potrubí 29 je v rozmezí od asi 250 kPa (25 psi) do asi 1000 kPa (125 psi) a závisí na sestavě modulů a uspořádání membránových jednotek.

Větší část proudu koncentrátu, s výhodou více než 95% objemu, protékající potrubím 35 je recirkulována jako recirkulační proud 37 a zbytek 37' se vypouští výtokovou větví 37. Menší část proudu permeátu, s výhodou asi 0,1% až 30% objemu, protékající potrubím 33 je recirkulována jako recirkulovaný proud 39 a zbytek je od-

čerpan jako upravený výstup výstupní větvi 39'.

Objem výstupu permeátu odváděného větvi 39' závisí na fyzikálních vlastnostech reakční masy a také na specifikaci membrány. Obvykle je proud, vytékající potrubím 33, v rozmezí od asi 0,5 % objemu nebo dokonce méně, do asi 3% objemu tlakového proudu 29 obsahu bioreaktoru. Část 39 recirkulovaného permeátu do bioreaktoru udržuje rovnováhu mezi přiváděným vstupem k membránové jednotce a odváděným výstupem.

Je-li to požadováno, může být část recirkulačních proudů 37 a 39 odvedena do čisticí nádrže 40 příslušným potrubím 41 a 43 a použita pro mytí a chemické čištění membrán, když je třeba. Pro dodávání kyseliny a louhu k regulování Ph a pro dodávání různých živin, jako např. fosfátu pro doplnění živných látek dodávaných biomase odpadní vodou, může být instalována jedna nebo více přídavných chemických nádrží 44. Příslušné chemikálie jsou dle potřeby dodávány čerpadlem nebo čerpadly 45.

Membránová filtrační jednotka má velikost pórů v rozmezí od asi 0,001 μm do asi 0,05 μm , ale mohou být i větší, od asi 0,01 μm do asi 0,1 μm v případě, že je přijatelná horší kvalita výstupní vody.

Membrány pro mikrofiltraci se přednostně vyrábějí z poly(vinil alkoholu), polysulfonu, polypropylenu, nylonu a podobných materiálů, jako je například Zenon SJ. Stejně materiály mohou být použity pro ultrafiltrační membrány, například membrány z materiálu Zenon TAM.

Z obr. 2 vyplývá, že moduly pracovaly po celý rok,

aniž by bylo nutné je vyměnit. Pro zvláštní testované membránové moduly se tok měnil více než je dvojnásobek rozsahu, od asi 16 galonů/stop²-den do 42 galonů/stop²-den. Tato široká proměnlivost toku je vyrovnávána recirkulací permeátu a umožňuje reaktoru pracovat v podstatě při konstantním objemu v podstatě při konstantní rychlosti vstupní tekutiny a má v podstatě konstantní rychlost suspendovaných pevných látek odčerpávaných z reaktoru a tekoucích k membránovým modulům. Tak může být dodržen požadavek vysoké kvality výstupní vody.

Citlivost reaktoru na přítomnost inertních pevných látek jako jsou neodbouratelné silikonkarbidy a kovové částice, které jsou přítomné v různých koncentracích pevných látek za období asi jednoho roku, je graficky znázorněna na obr. 3. Reaktor pracoval při HRT = 2 dny a SRT = 40 dní. Příkrý nárůst usazenin se zvyšující se koncentrací pevných látek bude mít nepříznivý vliv na účinnost membránových modulů nejen z hlediska jejich toků, ale i proto, že tyto anorganické pevné látky mají při požadovaných rychlostech abrasivní účinek. Takový abrasivní účinek může snadno zničit membránu, což následně představuje nutnost přesně identifikovat zničený modul a vyměnit jej.

Bakterie, které se ukázaly být účinnými v tomto procesu, jsou běžně přítomné v aktivním bahně a zahrnují kmeny *Pseudomonas*, *Zooglea*, *Achromobacter*, *Flavobacter*, *Nocardia*, *Bdellovibrio* a *Mycobacter*, které jsou běžně

považovány za heterotropní. Ty působí velkou bio-stabilizací. Autotropní bakterie, které mohou být přítomny, jsou zastoupeny kmeny Nitrosonomas a Nitrobacter, oba vážou dusík. V aktivním bahně jsou různé houby, kvasinky a prvoci, z nichž některé jsou rovněž užitečné pro tuto technologii.

Při postupu v poloprovozu byl bioreaktor o objemu $3,78 \text{ m}^3$ (1000 galonů) funkčně spojen s proměnným modulem vicetrubkové membránové jednotky, vytvořené z modulů Zenon Z8 s membránami HSC nebo TAM. Každý modul obsahoval 8 trubek $1,83 \text{ m}$ dlouhých o průměru $2,22 \text{ cm}$, spojených v seriích pro vytvoření membránového povrchu o ploše $0,975 \text{ m}^2/\text{modul}$. Samotné moduly byly spojeny paralelně s recirkulací koncentrátu do bioreaktoru a s permeátem, který měl být recirkulován v bioreaktoru a odveden jako výstupní voda. Zařízení pro řízení hladiny tekutin udržovalo objem reaktoru v hranici 11 procent průměrného objemu reaktoru. Do reaktoru vstupovalo dostatečné množství vzduchu pro zajištění kompletního promíchání a aerobních podmínek pro růst biomasy.

Denní průměrná koncentrace rozpuštěného kyslíku (DO) v reaktoru byla v rozmezí od 0,5 do 6,1 mg/l. pH reaktoru se pohybovalo od 6,8 do 7,9. Poměr recirkulace koncentrátu Q_c k toku permeátu Q_p byl udržován asi na 120. Koncentrace pevných látek v potrubí recirkulace koncentrátu byla v podstatě stejná jako koncentrace těchto látek v bioreaktoru.

Nastartování systému membránového reaktoru: reaktor

je naočkován biomasou spolu s malým množstvím živných látek (dusík, fosfor, draslík), je-li to třeba pro podpoření růstu biomasy a je nastaven proud vzduchu pro udržování koncentračního přebytku rozpuštěného kyslíku. pH reaktoru bylo udržováno téměř neutrální přidáváním kyseliny sirové. Automatická regulace Ph je udržována na nastavené hodnotě 7,5.

V několika poloprovozech byly provedeny zkoušky s reprezentativním vzorkem odpadní vody, který byl získán ze dvou kovoobráběcích závodů, bioreaktor byl provozován při hodnotě poloprovozní SRT v rozsahu od 50 do 100 dnů a při HRT v rozmezí od 1,87 do 3,74 dnů. Účinnost systému byla vyhodnocena odebráním vzorků z několika míst a analyzováním částic a rozpuštěných komponent. Analýzy $\text{NH}_3\text{-N}$, všech Kjeldahlových dusíků (TKN) a všech fosforů (TP) byly méně časté, než analýzy jiných analytických parametrů.

Provozní podmínky jsou uvedeny v následující tabulce I. V tabulce II jsou rekapitulovány funkční výsledky zkoušek P2-2 a P2-3, z nichž je patrné, že ještě delší SRT a HRT než pro jiné provozy, dalo další zlepšenou kvalitu výstupní vody. Je zajímavé, že akumulace nereaktivních sloučenin v reaktoru nezpůsobila mikrobiální zábranu ani neovlivnila stupeň nitrifikace nebo redukci amonia na membráně. To potvrzují obecně nízké hodnoty $\text{NH}_3\text{-N}$ ve výstupní vodě.

V následující tabulce III jsou sepsány hodnoty rozpustitelných látek v reaktoru (procházejících papírovým

filtrem 0,45 μm) oproti hodnotám KOI výstupní vody. Stupeň akumulace nereaktivních sloučenin je menší pro SRT 100 dnů než pro SRT 50 dnů.

Výsledky provozu systému MBR v poloprovozu za podmínek rovnováhy

Zkouška (Dny od uvedení do provozu)	Provozní podmínky reaktoru				
	Rychlost přivodu (Rozsah) ^b gal/min	HRT dny	SRT ^c dny	VSS, mg/l	Teplota (Rozsah) ^b °C
P2-1 (den 46 až den 63)	0.35 (0.31-0.37)	1.87	100	7488	29 (27-33)
P2-2 (den 88 až den 105)	0.13 (0.13-0.17)	3.74	100	3730	31 (28-34)
P2-3 (den 137 až den 160)	0.13 (0.12-0.15)	3.74	50	4034	31 (28-34)
P3-1 (den 193 až den 218)	0.26 (0.25-0.30)	1.87	50	6495	32 (28-37)
P3-2 (den 242 až den 253)	0.26 (0.23-0.28)	1.87	100	12415	32 (30-34)

- a) Všechny uvedené hodnoty jsou hodnotami průměrnými za dobu provozu, pokud není jinak označeno
- b) Rozsah průměrných denních hodnot
- c) SRT je na dané hodnotě regulována tak, že koncentrace pevných látek jdoucí do odpadu je stejná jako koncentrace těchto látek v reaktoru

TAB. I

Porovnání rozpustných látek reaktoru s hodnotami výstupu KOI

Analytické parametry	Zkouška				
	P2-1	P2-2	P2-3	P3-1	P3-2
Hodnoty přivodu mg/l					
KOI	4496	6052	4345	6864	5937
BOI ₅ ^b	1010	1360	919	1206	1043
TSS	253	817	346	889	410
Celkem FOG	457	657	714	907	788
Uhlovodíkový FOG	278	352	244	307	403
TKN	68	49	79	43	59
Hodnoty výstupu mg/l					
KOI	302	238	183	664	417
BOI ₅	4	3	3	34	21
TSS	10	6	11	6	1
Celkem FOG	17	11	9	36	16
Uhlovodíkový FOG	5	4	3	5	5
NH ₃ N	0,4	1,3	0,2	4,2	0,8
TKN	0,7	2,1	5,2	7,7	4,7

a) Všechny uvedené hodnoty jsou hodnotami průměrnými za dobu provozu TSS je zkratka pro všechny suspendované pevné látky a FOG je zkratka pro tuky, oleje a maziva

b) Korelace vypočtená z KOI až BOI₅ založena na analýze všech párových analytických dat získaných během úpravy jednotlivých odpadních vod

TAB. I I

Porovnání rozpustných látek reaktoru s hodnotami výstupu KOI

Zkušební podmínky	Rozpustné látky reaktoru KOI mg/l	Výstup KOI mg/l
<u>Odpadní voda</u>		
SRT 100 dnů HRT 3.74dnů (provoz P2-2)	4592	211
SRT 50 dnů HRT 3.74 dnů (provoz P2-3)	6152	196
<u>CPC Mansfield odpadní voda</u>		
SRT 50 dnů HRT 1,87 dnů (provoz P3-1)	3818	587
SRT 100 dnů HRT 1.87 dnů (provoz P3-2)	2084	425
SRT 50 až 100 dní HRT 1.87 dnů (TAM membrána)	815	411

- 2) Všechny uvedené hodnoty jsou průměrem vzatých párových vzorků. Vzorky nebyly brány během provozu P2 - 1. Hodnoty rozpustných látek reaktoru jsou založeny na analýze vzorků po filtraci filtrem 0,45 mikronů

TAB. III

Je-li SRT dále zvyšována z 50 dní na 100 dní, pak míra odbourání pomalu rozložitelných rozpuštěných sloučenin s vysokou molovou váhou ve vstupní tekutině převyšuje usazení chemických nebo biologických produktů s vysokou molovou váhou .

Další snížení pokud jde o akumulaci rozpustných látek a nereaktivních sloučenin vysokých molových vah může být docíleno tím, že se použije otevřenějších membrán jako jsou membrány Zenon TAM, oproti membránám Zenon HSC použitých v jiných provozech.

Porovnání výsledků získaných s membránami HCS a TAM je uvedeno v následující tabulce IV. V případě provozu P3-2 se objevuje ve výstupní tekutině hodnota KOI rovna 7% koncentrace vstupní tekutiny, což znamená, že je zde přítomna mikrobiální látková výměna nebo silně vzdorující látka. Během provozu s membránou TAM se tato hodnota zvedla až na asi 11%. Tedy, jak se dalo očekávat, byl získán vyšší výstupní KOI pomocí otevřenější membrány než pomocí méně otevřené, při použití odpadní vody obsahující stejnou úroveň organických/anorganických látek.

Pro určení koeficientu čistého výnosu biomasy byly provedeny bilance pevných látek membránového systému pro každou rovnovážnou podmínku. Zaznamenané nízké hodnoty výnosů jsou připisovány dlouhým SRT použitým v těchto postupech. Tyto hodnoty jsou uvedeny v tabulce V. Informace o bilanci biomasy může být využita k odhadnutí pro-

dukce pevných látek odpovídající jednotce objemu odpadní vody upravované v systému. Hodnota 0,21 kg/m³ (1,78 lb/1000 gal) upravované odpadní vody byla určena na základě zaznamenaného průměrného čistého výnosu. Tato hodnota je menší než 10% pevných látek, které by byly vyprodukovány běžným fyzikálně-chemickým systémem pro úpravu olejových odpadních vod s běžným doplňkem biologické úpravy.

Vliv na provozování systému MBR použitím otevřenějších membrán v ultrafiltrační jednotce

CPC Mansfieldova odpadní voda		
Parametr	HSC membrána (provoz P3-2)	TAM membrána (den 271 až den 287)
<u>Provozní podmínky</u> rovnovážného reaktoru		
HRT, dny	1.87	1.87
SRT, dny	100	100 ^a
<u>Výsledky provozu systému</u>		
Hodnoty vstupu mg/l		
COD	5937	3415
BOD ₅	1043	600
TSS	410	331
Celkem FOG	788	386
Uhlovodíkové báze FOG	403	225
TKN	43	27
Hodnoty výstupu mg/l		
COD	417	386
BOD ₅	21	20
TSS	1	2
Celkem FOG	16	15
Uhlovodíkové báze FOG	5	5
NH ₄ -N	0,8	0,4

Skutečné SRT v reaktoru v průběhu provozu s membránami TAM je odhadováno mezi 50 až 100 dny. Výpočet skutečné hodnoty je komplikován nechtěným unikem pevných látek do odpadu.

TAB. IV

Zisk pevných látek zisk/bahno během provozu
za podmínek rovnováhy

Podmínky zkoušek	Koeficient čistého zisku biomasy	
	kg VSS kg KOI	kg VSS kg BOI ₅
	odloučení	odloučení
<u>Odpadní voda</u>		
SRT 100 dnů HRT 1.87 dnů (provoz P2-1)	0.033	0.143
SRT 100 dnů HRT 3.74dnů (provoz P2-2)	0.024	0.103
SRT 50 dnů HRT 3.74 dnů (provoz P2-3)	0.072	0.329
<u>CPC Mansfieldova odpadní voda</u>		
SRT 50 dnů HRT 1.87 dnů (run P3-1)	0.039	0.207
SRT 100 dnů HRT 1.87 dnů (provoz P3-2)	0.042	0.227

TAB. V

Návrh a provoz ultrafiltrační jednotky: Tok membránové jednotky při spuštění systému byl asi $100 \text{ l/m}^2\text{-hod}$ ($59 \text{ galonů/stopu}^2\text{-den}$). Tok rychle klesal během prvních asi 40 dní a poté byl průměrně mezi $40\text{--}50 \text{ l/m}^2\text{-hod}$. Membrány se každý týden nebo každé dva týdny čistily louhem, aby se obnovil tok na průměrně $60 \text{ l/m}^2\text{-hod}$.

Membránová jednotka byla provozována 196 dní s minimálním zpětným tlakem vyvíjeným na membrány, což bylo zajištěno řídicím ventilem tlaku. Tlak na výstupu membránové jednotky byl menší než 70 kPa (10 psi). Posledního, 196. dne, se tlak zvýšil na 140 kPa (20 psi), aby se systém uvedl do souladu s celým rozsahem pracovních podmínek. Výsledkem zvýšení tlaku bylo také 14–20ti procentní zvýšení toku.

Provozování zkušebního provozu vedlo k závěrům, že zde popsáný a vyzkoušený systém je schopen upravovat uvedené odpadní vody se specifickými odpadními tekutinami typicky přítomnými v odpadních vodách pocházejících z kovoobráběcích závodů, jako jsou například automobily, ze kterých byly získány vzorky odpadní vody pro úpravu a výsledná výstupní voda měla následující vlastnosti:

Chemická potřeba kyslíku KOI $< 450 \text{ mg/l}$

biologická potřeba kyslíku BOI₅ $< 25 \text{ mg/l}$

suspendované pevné látky celkem TSS $< 10 \text{ mg/l}$

FOG celkem $< 25 \text{ mg/l}$ a $\text{NH}_3\text{-N}$, $1,0 \text{ mg/l}$

Nyní je jasné, že dlouhé SRT a HRT v tomto postupu se zcela liší od těchto dob v dosud známých bioreaktorech pro typický organický odpad, jak jsou uvedeny např. v bioreaktoru podle Pat. 347276. SRS typická pro Pat. 347276 se pohybuje v rozmezí jednoho až pěti dní a HRS v rozmezí asi 0.5 hod až 3 hod. Velmi dlouhé doby použité v postupu podle vynálezu překvapivě vyhovují specifickým vlastnostem postupu, jehož cílem je úprava odpadní vody obsahující velmi obtížně biologicky odbouratelné odpadní tekutiny. Přesto jsou použitelné jako živné látky pro biomasu za předpokladu, že bude postupováno podle vynálezu.

Popis příkladu postupu podle vynálezu má sloužit k podrobnému vysvětlení podstaty vynálezu a jako důkaz, že jeho využití je výhodné a dává kvalitní výstupní vodu. popsáný postup je jen příklad, nic víc. Vynález sám je definován následujícími nároky.

tečné rychlosti a tlaku pro udržení předem daného membránového toku v této filtrační zóně, toku, při kterém se v podstatě neusazují žádné pevné látky na povrchu membrán v této filtrační zóně, přičemž tato zóna má povrch membrán dostatečně veliký, aby se zajistila větší průtoková rychlost permeátu než je v podstatě konstantní rychlost toku vstupní, pevných látek zbavené, odpadní vody; z oddělení permeátu od koncentráту, obsahujícího tyto pevné látky; z odtečení permeátu z této zóny membránové filtrace do bioreakční zóny jako recirkulačního koncentráту; z odvedení výstupní vody přijatelné kvality; z odvedení přebytku permeátu navíc odloučeného jako výstup zpět do zóny bioreaktoru a z periodického odstraňování malých množství co do objemu recirkulovaného koncentráту pro modulování obsahu pevných látek v zóně bioreaktoru.

2. Postup podle nároku 1, v y z n a č u j í c í s e t í m , že tok tohoto přebytku permeátu do zóny bioreaktoru je menší část objemu permeátu odvedeného jako výstup.
3. Postup podle nároku 1, v y z n a č u j í c í s e t í m , že jemně rozmělněné pevné látky jsou menší, než asi 106 μm v průměru.

4. Postup podle nároku 2, v y z n a č u j í c í s e t í m , že odpadní tekutiny obsahují organokovové sloučeniny, přírodní, na bázi olejové, syntetické a polosyntetické tuky, oleje a maziva, použitá při výrobních postupech v kovoobráběcích závodech.
5. Postup podle nároku 4, v y z n a č u j í c í s e t í m , že výstupní voda má alespoň následující vlastnosti:
Chemická potřeba kyslíku KOI < 450 mg/l
Biologická potřeba kyslíku BOI₅ < 25 mg/l
Suspendované pevné látky celkem TSS < 10 mg/l
OG celkem < 25 mg/l; a NH₃-N < 1,0 mg/l
kde FOG znamená tuky, oleje a maziva.
6. Postup podle nároku 5, v y z n a č u j í c í s e t í m , že zóna membránové filtrace je provozována při tlaku v rozmezí od 170 kPa do 1035 kPa, který není dostačující pro negativní ovlivnění funkce membrán v této zóně.
7. Postup podle nároku 6, v y z n a č u j í c í s e t í m , že HRT je v rozmezí od 1 do 5 dní, SRT je v rozmezí 50 až 125 dní a povrch zóny membránové filtrace alespoň 10 m².

8. Plynulý postup pro úpravu odpadní vody obsahující odpadní tekutiny z kovoobráběcích závodů v bioreakční zóně obsahující suspenzi biomasy včetně živých mikroorganismů uzpůsobených pro biologické odbourávání sloučenin těchto odpadních tekutin, v y z n a č u j í c í s e t í m , že zahrnuje: odstranění volných olejů a jemně rozmělněných pevných látek, poškozujících membránové prostředky, z dopravované odpadní vody pro získání přívodní odpadní vody zbavené pevných látek a v podstatě zbavené volných olejů; udržování v podstatě konstantního rozsahu průtokové rychlosti přívodní vody zbavené pevných látek do bioreakční zóny, přičemž bioreakční zóna obsahuje bakteriální buňky větší než $0,5 \mu\text{m}$ v průměru; čerpání vodní suspenze z bioreakční zóny do zóny membránové filtrace, z níž je permeát recirkulován při rychlosti větší než je rychlost přívodní vody zbavené pevných látek; projití této suspenze zónou membránové filtrace při rychlosti a tlaku, který postačí udržet membránový tok v zóně membránové filtrace, tok, při kterém se v podstatě žádné pevné látky neusazují na povrchu membrány ve filtrační zóně; oddělení permeátu z koncentrátu obsahujícího pevné látky, přičemž tento permeát je v podstatě bez molekul s účinným průměrem větším než $0,5 \mu\text{m}$; odvedení koncentrátu obsahujícího pevné látky jako recirkulačního koncentrátu ze zóny membránové filtrace do bioreakční zóny; vrácení do této biore-

akční zóny části objemu vyrobeného permeátu - od 0,1 objemu, ale méně než 0,5; recirkulování zbytku permeátu nenavráceného do bioreakční zóny jako upravené výstupní tekutiny a periodické odčerpávání malého množství objemu recirkulovaného koncentráту pro odstranění vzdorujících látek a biologických pevných látek ve formě koncentráту.

9. Postup podle nároku 8, v y z n a č u j í c í s e t í m , že zahrnuje udržování bioreakční zóny se zadržovací dobou pevných látek (SRT) v rozmezí od 30 do 150 dní a s hydraulickou zadržovací dobou (HRT) v rozmezí od 1 do 5 dní.

10. Postup podle nároku 9, v y z n a č u j í c í s e t í m , že tyto jemně rozmělněné pevné látky jsou rozměrově větší než asi 106 μm .

11. Postup podle nároku 10, v y z n a č u j í c í s e t í m , že odpadní tekutiny obsahují syntetické tekutiny, oleje, maziva a tuky použité při výrobních operacích v kovoobráběcích závodech; malá část recirkulovaného permeátu je v rozmezí od 0,1 % do 30 % objemu permeátu odčerpána a tento permeát, odčerpaný jako výstup, je v rozmezí od 0,5 % do 3 % objemu této suspenze biomasy odčerpán z bioreakční zóny.

12. Postup podle nároku 11, v y z n a č u j í c í s e t í m , že se odvede výstup, který má alespoň následující vlastnosti:

Chemická potřeba kyslíku KOI < 450 mg/l

Biologická potřeba kyslíku BOI₅ < 25 mg/l

Suspendované pevné látky celkem TSS < 10 mg/l

FOG celkem < 25 mg/l; a NH₃-N < 1,0 mg/l

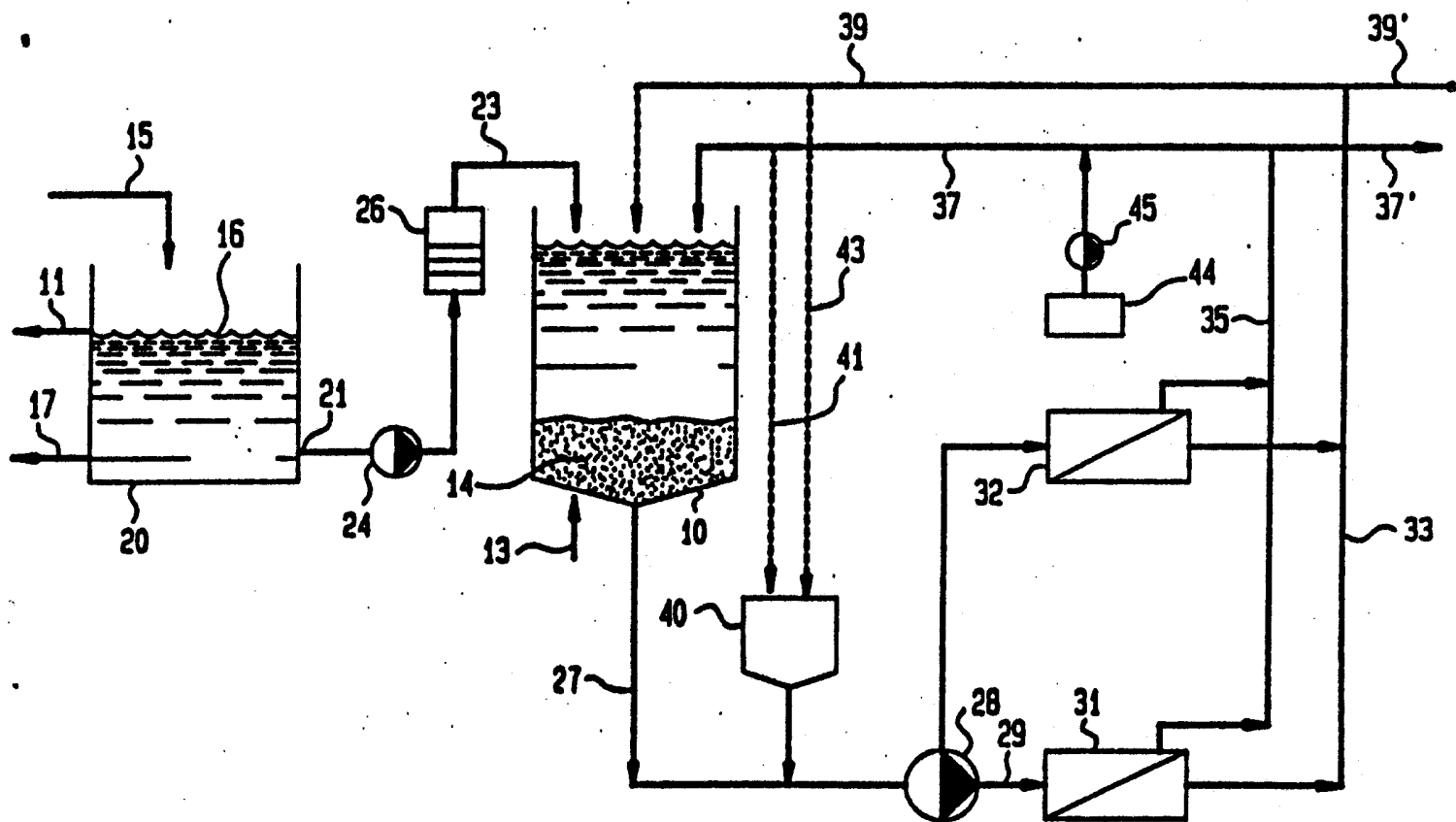
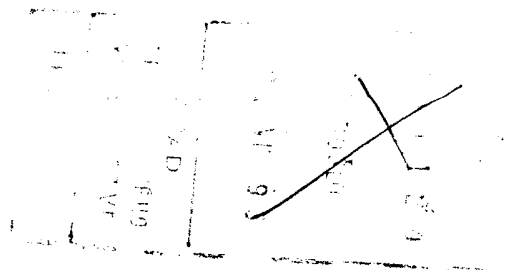
kde FOG znamená tuky, oleje a maziva.

13. Postup podle nároku 12, v y z n a č u j í c í s e t í m , že zóna membránové filtrace je provozována při tlaku v rozmezí od 170 kPa do 1035 kPa, které není postačující pro negativní ovlivnění membrány v této zóně.

14. Postup podle nároku 13, v y z n a č u j í c í s e t í m , že HRT je v rozsahu 1-5 dní, SRT je v rozmezí 50-125 dní a zóna membránové filtrace má povrch membrány alespoň 10 m².

15. Zařízení pro úpravu odpadní vody zapojené mezi zdroj odpadní vody obsahující odpadní tekutiny z kovoobráběcích závodů a výstup pro upravenou výstupní vodu, v y z n a č u j í c í s e t í m , že obsahuje nádobu dostatečně velkou, pro zadržení odpadní vody přiváděné při proměnné průtokové rychlosti a pro vyrovnání rychlosti toku na předem danou v podstatě konstantní rychlost toku odváděného z té-

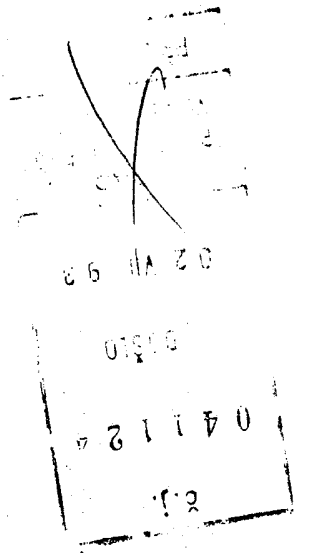
to nádoby; prostředky pro odstranění volného oleje z této odpadní vody pro získání sbírané odpadní vody; filtrační prostředky s rozměrem průduchů dostatečně malým, aby se odstranily jemně rozmělněné pevné látky nebezpečné pro poškození membrány a získala se vstupní kapalina zbavená pevných látek; bioreaktor, v němž je uzavřen v podstatě konstantní objem reaktivní masy, který je vybaven prostředky pro přívod vzduchu ke vstupní kapalině zbavené pevných látek a volných olejů a pro kontaktování této vstupní kapaliny s mikroorganismy odbourávajícími odpadní látky do ní vmíchané; čerpadlo pro odčerpání suspenze biomasy z tohoto reaktoru při v podstatě konstantní rychlosti toku a hnání suspenze při zvýšeném tlaku; přímé membránové filtrační prostředky, otevřené spojovací prostředky proudu tekutiny a čerpadla, membránové filtrační prostředky které obsahují určitý počet membránových elementů uzpůsobených pro oddělení suspendovaných pevných látek v proudu koncentráту od vodního permeátu, který je v podstatě zbaven pevných látek a prostředky pro odvedení permeátu ze systému; prostředky pro navrácení proudu koncentráту do bioreaktoru a prostředky pro vrácení malé části permeátu do bioreaktoru.



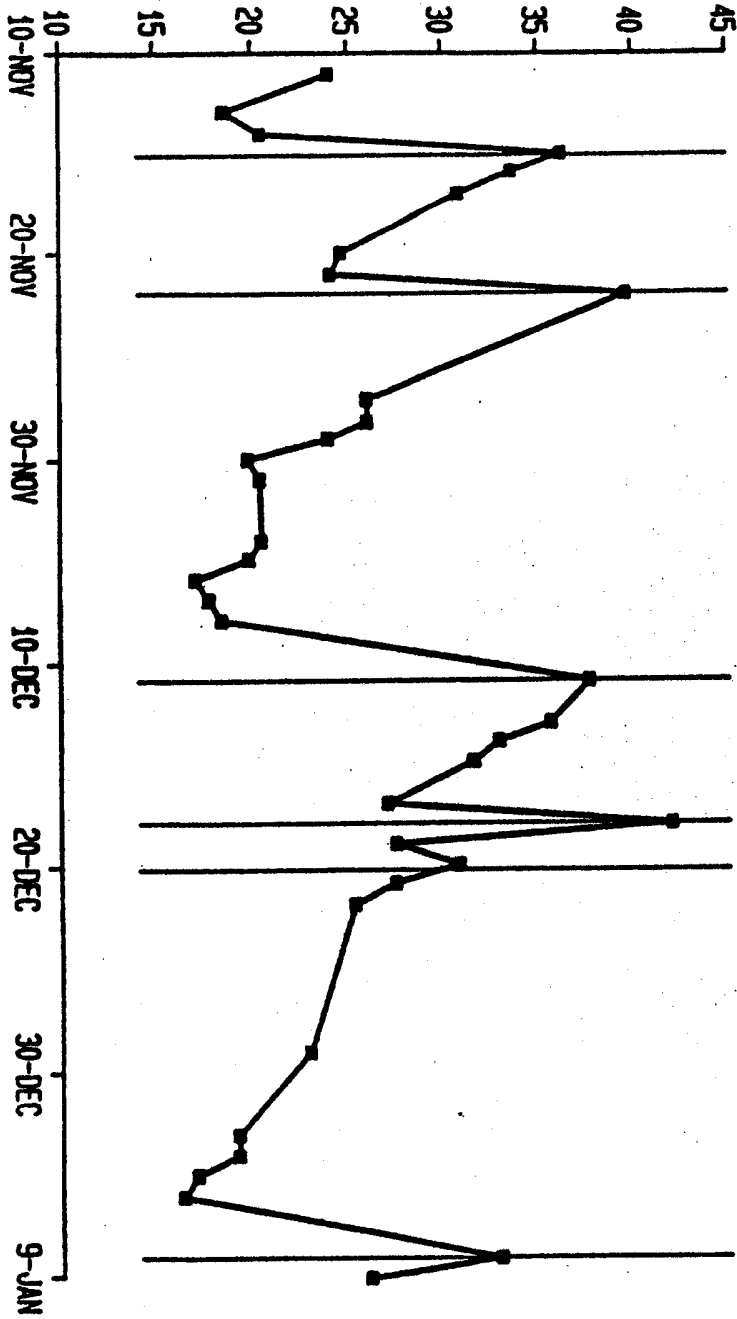
OBR. 1

hu

1124-93



TOK



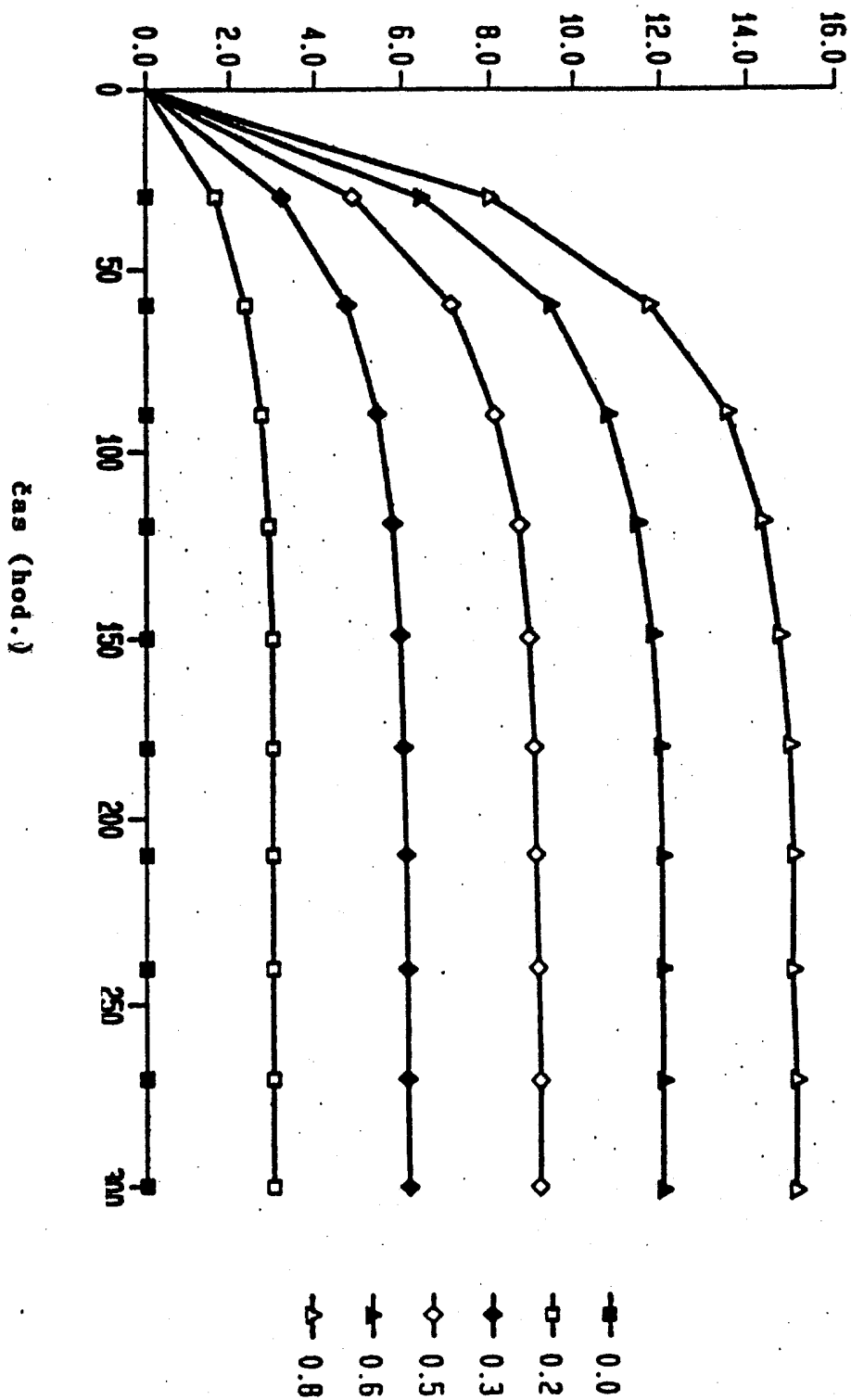
TOK
CISTENI

OBR. 2

1124

1124-93

INERTNÍ SUSPENDOVANÉ LÁTKY
V REAKTORU (g/l)



OBR. 3

PR. 1A	PR. 1A
VI. 1A	VI. 1A
0.2 VII 93	0.2 VII 93
0.4 11 24	0.4 11 24

1124