



شبیه سازی سیستم های تصفیه پساب کشتارگاه

سینا لبافی^۱، فاطمه رازی آستارایی^{۲*}، معین خالویی^۳

^۱ دانشجوی دکتری، مهندسی سیستم های انرژی- فناوری انرژی، دانشگاه تهران، تهران

^۲ دانشیار، مهندسی سیستم های انرژی- فناوری انرژی، دانشگاه تهران، تهران

^۳ دانشجوی کارشناسی، مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

* تهران، پست الکترونیکی: razias_m@ut.ac.ir

چکیده

کمبود آب و خشکسالی از یک سو و حفاظت از محیط زیست و عدم انتشار فاضلاب در محیط از سویی دیگر سبب اهمیت تصفیه فاضلاب شده است. در این بین فاضلاب ناشی از کشتارگاه ها به دلیل حجم بالای آلاینده یک چالش برای کارایی سیستم های متداول تصفیه فاضلاب محسوب میشوند. در این مقاله با شبیه سازی ۵ سیستم متداول تصفیه پساب کشتارگاه شامل راکتور بی هوازی لجن فعال (UASB)، راکتور ناپیوسته متوالی (SBR)، راکتور بی هوازی لجن فعال برگشتی پیوسته (CAS UASB)، راکتور بیوفیلیم غیرهوازی ناپیوسته (ASBBR) و راکتور غشایی (MBR) در نرم افزار GPS-X تحت شرایط کارکرد یکسان، کیفیت آب خروجی با استانداردهای محیط زیست سنجیده شد. طبق نتایج سیستم MBR به دلیل استفاده از فرایندهای هوازی و بی هوازی همراه با فیلتراسیون غشایی بالاترین کارایی حذف آلاینده های اکسیژن خواهی شیمیایی (COD)، اکسیژن خواهی بیولوژیکی (BOD)، حذف نیتروژن و مواد جامد معلق (TSS) را به ترتیب برابر با ۹۹،۶۷، ۹۹،۹۷، ۹۹،۱۱ و ۹۹،۹۹ درصد داشت.

واژگان کلیدی: تصفیه فاضلاب، پساب کشتارگاه، بیوراکتور غشایی



Simulation of slaughterhouse effluent treatment systems

Sina Labbafi¹, Fatemeh Razi Astaraei^{2*}, Moein Khaloi³

¹ PhD Candidate, Department of Renewable Energies, Faculty of New Sciences and Technologies, University of Tehran, Tehran, Iran

² Associate Professor, Department of Renewable Energies, Faculty of New Sciences and Technologies, University of Tehran, Tehran, Iran

³ Bachelor student, Environmental Health Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran

* Corresponding author's email address: razias_m@ut.ac.ir

Abstract

Lack of water and drought on the one hand and environmental protection and non-release of wastewater into the environment on the other hand has led to the importance of wastewater treatment. Meanwhile, the wastewater from slaughterhouses is a challenge for the efficiency of conventional wastewater treatment systems due to the high volume of pollutants. In this paper, by simulating 5 common slaughterhouses effluent treatment systems of up flow anaerobic sludge blanket (UASB), sequencing batch reactor (SBR), anaerobic sequencing batch biofilm reactor (ASBBR), conventional activated sludge (CAS) UASB and membrane bioreactor (MBR) in GPS-x software under the same operating conditions, the quality of the output water was measured according to environmental standards. According to the results of the MBR system, due to the use of aerobic and anaerobic processes with membrane filtration, the highest efficiency of chemical oxygen demand (COD), biological oxygen demand (BOD), total nitrogen and total suspended solids (TSS) removal are equal to 99.67, 99.97, 99.11, and 99.99 %.

Keywords: Wastewater treatment, slaughter house, membrane bio reactor.



اصطلاحات و مخفف ها

COD	Chemical oxygen demand	MBR	Membrane bio reactor
BOD	Biological Oxygen Demand	CAS	Conventional activated sludge
TOC	Total Organic Carbon	UASB	Upflow anaerobic sludge blanket
TSS	Total suspended solids	ASBBR	Anaerobic sequencing batch biofilm reactor
VSS	Volatile suspended solids	SBR	Sequencing batch reactor
TN	Total nitrogen		
TKN	Total Kjeldahl Nitrogen		
TP	Total phosphor		

۱- اینتروداکشن

مشکلات کم آبی و خشک سالی همواره زندگی شهری و کشاورزی را تحت تاثیر قرار داده است. از دیرباز روش های گوناگونی برای غلبه بر این مشکل توسط محققین ارائه شده است [۱]. بارور سازی ابرها [۲]، انتقال آب دریا [۳]، دستگاه های آب شیرین کن [۴]، [۵] و روش های پر هزینه دیگر، که در این میان تصفیه فاضلاب و استفاده دوباره از آب کاربردی ترین روش تا به امروز بوده است [۶]. تصفیه فاضلاب علاوه بر امکان استفاده مجدد از آب برای حفاظت از محیط زیست و گونه های گیاهی و جانوری لازم است. در کل فاضلاب بسته به شکل پیدایش و خصوصیات آن به سه گروه فاضلاب خانگی، فاضلاب صنعتی و فاضلاب سطحی یا آب خاکستری تقسیم میشود [۷].

در این بین تصفیه فاضلاب صنعت کشتارگاه به دلیل محتوای بسیار بالای الاینده ها یکی از چالشی ترین موارد در صنایع تصفیه ای محسوب میشود [۸]. مصرف آب کشتارگاه برای شستشو لاشه هر حیوان متفاوت بوده و دامنه آب مصرفی بین ۱ تا ۸٫۳ مترمکعب برای هر لاشه متغیر میباشد. لذا حجم انبوه آب به همراه چربی، خون و مواد معلق، پساب کشتارگاه را تشکیل میدهد. همچنین به دلیل عدم جداسازی اولیه، خون به شبکه فاضلاب وارد شده و سبب بالا رفتن بار مواد آلی و درجه آلودگی فاضلاب میشود که به تبع هزینه های جانبی تصفیه فاضلاب را افزایش میدهد [۹].

فرایندهای تصفیه پساب با توجه به میزان بازدهی و هزینه راه اندازی بسیار متنوع هستند. در این میان استفاده از فرایندهای ترکیبی برای افزایش کارایی سیستم بسیار متداول است. محسنی و همکاران [۱۰] از راکتور SBR برای تصفیه فاضلاب یک واحد کشتارگاه به بازده حذف COD ۹۶٫۵ درصد و بازده حذف NH_4^+ ۸۸٫۹ درصد رسیدند. نوروزی و همکاران [۱۱] نیز با شبیه سازی سیستم UASB CAS به بازده حذف COD ۹۰ درصد و بازده حذف TSS ۸۷ درصد دست یافتند. همچنین دلواری و همکاران [۱۲] با فرایند بی هوازی راکتور ASBBR بازده مناسب حذف COD و BOD به ترتیب ۹۳٫۹ و ۹۳٫۸ درصد دست یافتند. استفاده از سیستم های فیلتراسیون غشایی در تصفیه نیز مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است. یانسن و همکاران [۱۳] از راکتور غشایی صفحه ای هوازی برای تصفیه فاضلاب کشتارگاه استفاده کردند که بازده بالای حذف COD، TOC و TN (به ترتیب ۹۸، ۹۹ و ۸۸ درصد) رسیدند. نقاط قوت و ضعف این سیستم ها در جدول ۱ شرح داده شده است.



جدول ۱. مقایسه روش های متداول تصفیه پساب کشتارگاه

ردیف	روش	شرایط کارکرد (mg/L)	بازدهی (%)	نقاط قوت	نقاط ضعف
۱	راکتور SBR	COD = 2750 HRT/SRT = 10/3 NH ₄ = 262	COD = 96.5% NH ₄ = 88.9%	بازده خوب COD، قابلیت تبدیل NH ₄ مناسب و HRT پایین	عدم بررسی توانایی سیستم در حذف نیترات و فسفات
۲	سیستم CAS UASB	COD = 11947 BOD ₅ = 8233 NH ₄ -N = 70.3 NO ₃ -N = 65.2 TSS = 1400 TP = 261 pH = 6.7	Cod = 90 % TSS = 87 %	بازده خوب COD و TSS	عدم توانایی سیستم در حذف کامل نیترات و فسفات
۳	سیستم ASBBR	COD = 3200 BOD = 2700	BOD = 93.8% COD = 93.9%	بازده خوب COD و BOD	عدم بررسی توانایی سیستم در حذف نیترات و فسفات
۴	سیستم UASB	COD = 7000 BOD = 3000	COD = 98% BOD = 97%	بازده خوب COD و BOD	عدم بررسی توانایی سیستم در حذف نیترات و فسفات
۵	سیستم MBR	COD = 5670 TN = 78 TOC = 2370	COD = 98 % TN = 88 % TOC = 99 %	تاثیر بالای غشاء در حذف COD، TOC و TN	هزینه بالاتر نسبت به روش های بدون غشاء

مقایسه بازده حذف سیستم های تصفیه پساب با توجه به وجود تفاوت در مشخصات فاضلاب ورودی و همچنین عدم بررسی بعضی فاکتورهای مهم الاینده نظیر میزان نیتروژن و فسفر امکان پذیر نمی باشد. لذا هدف اصلی این مقاله مقایسه سیستم های متداول تصفیه پساب CAS UASB، SBR، ASBBR، UASB و MBR برای یک واحد کشتارگاه با دبی تولید فاضلاب ۴۰۰ متر مکعب در روز با شبیه سازی در نرم افزار GPS-X است.

۲- روش تحقیق

مشخصات پساب کشتارگاه همراه با استاندارد محیط زیست برای دفع آب در محیط در جدول ۲ آمده است. دبی جریان متوسط روزانه ۴۰۰ متر مکعب در نظر گرفته شد.



جدول ۲. مشخصات پساب

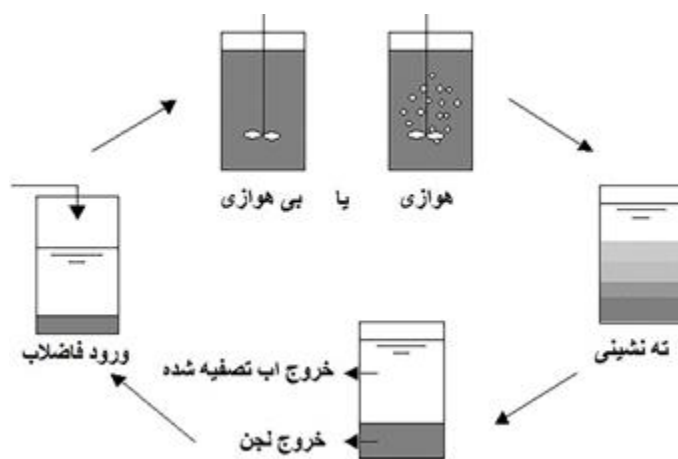
شاخص (mg/L)	پساب	استاندارد	شاخص (mg/L)	پساب	استاندارد
TN (mg/L)	۴۱۷	۱۰۰	COD (mg/L)	۱۰۰۰۰	۲۵۰
N-NH ₄ ⁺ (mg/L)	۲۵۰	۵	TOC (mg/L)	۳۲۰۰	۱۰۰
Nitrite (mg/L)	۱۰	۵	BOD ₅ (mg/L)	۵۸۰۰	۴۰
TP (mg/L)	۴۰	۵	TSS (mg/L)	۵۰۷۲	۱۰۰

نرم افزار GPX-x یکی از مناسب ترین نرم افزارهای شبیه سازی انواع سیستم های تصفیه فاضلاب به شمار می آید. لذا ۵ سیستم مورد نظر در این نرم افزار تحت شرایط یکسان برای مدت زمان کارکرد یکسال شبیه سازی شدند.

• SBR

شکل ۱ شماتیک راکتور SBR را نمایش میدهد. این سیستم را به دلیل ناپیوسته بودن جریان فاضلاب درون آن و نوبتی بودن مراحل تصفیه راکتور ناپیوسته متوالی می نامند. مراحل و تعداد تکرار فرایندهای تصفیه و ته نشینی به میزان زمان ماند هیدرولیکی و طراحی وابسته است. این سیستم میتواند شامل مراحل هوازی یا بی هوازی باشد.

شکل ۶ شماتیک سیستم تصفیه SBR شبیه سازی شده را نشان میدهد. فاضلاب در ابتدا وارد مخزن تثبیت شده و جریان بالا دستی ابتدا وارد مخزن جداساز و سپس به مخزن SBR منتقل میشود. همچنین ۵ متر مکعب روزانه نیز از انتهای مخزن تثبیت و جداساز و ۱۰ متر مکعب روزانه از مخزن SBR به مخزن نگهداری لجن منتقل میشود. فاضلاب و لجن سپس به مخزن جدا ساز منتقل شده و ۱۰ مترمکعب روزانه نیز برای تبخیر و امحا وارد واحد خشک کن لجن میشود و باقی به سیستم باز میگردد.



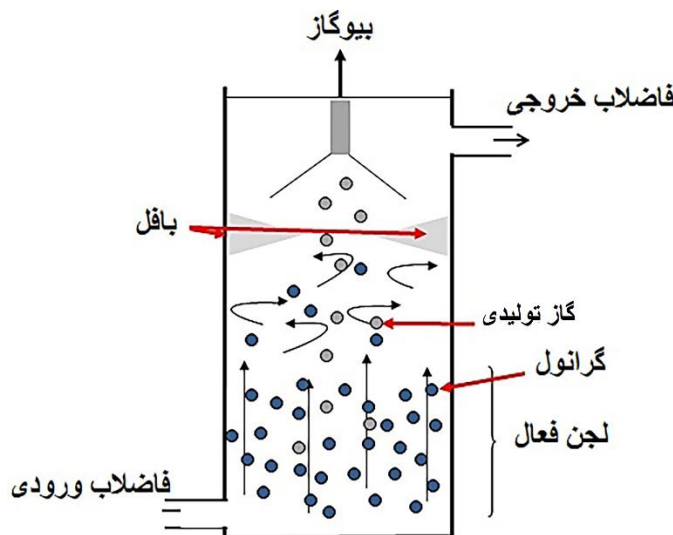
شکل (۱) شماتیک راکتور SBR [۱۴]



• UASB

شکل ۲ شماتیک راکتور UASB را نشان می‌دهد. در این مدل راکتور جریان فاضلاب از کف وارد شده و با لجن فعال مخلوط شده و طی واکنش های بیولوژیکی بیوگاز تولید می‌شود. سپس فاضلاب با عبور از صافی گرانولی از مخزن خارج می‌شود.

شکل ۷ شماتیک سیستم تصفیه UASB شبیه سازی شده را نشان می‌دهد. فاضلاب در ابتدا وارد مخزن تثبیت شده و جریان بالا دستی به مخزن های سری UASB - هوادهی و کلرزی منتقل می‌شود تا محتوای آلاینده های فاضلاب از راه بیولوژیکی و کلرزی کاهش بیابد. همچنین ۱۰ متر مکعب روزانه نیز از انتهای مخزن تثبیت، راکتور CAS UASB و مخزن کلرزی به مخزن نگهداری لجن منتقل می‌شود و ۱۰ مترمکعب روزانه نیز از مخزن کلرزی به واحد هوادهی برگشت داده می‌شود. فاضلاب و لجن سپس به مخزن جدا ساز منتقل شده و ۲۰ مترمکعب روزانه نیز برای امحا از سیستم خارج شده و باقی به سیستم باز میگردد.

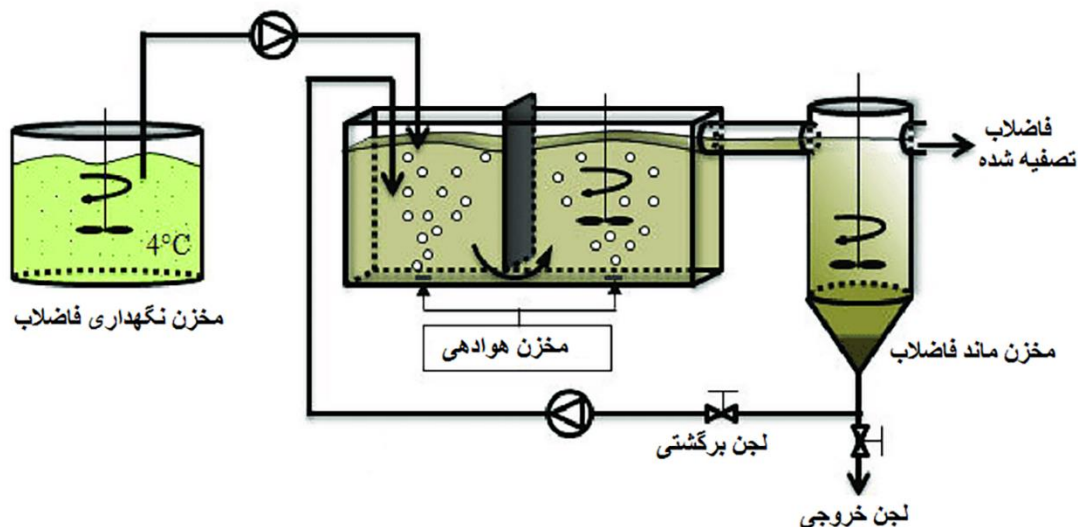


شکل ۲) شماتیک راکتور UASB [۱۵]

• CAS UASB

شکل ۳ شماتیک سیستم CAS UASB را نشان می‌دهد. این سیستم ترکیب استفاده از راکتور UASB همراه با لجن فعال برگشتی می باشد. در این سیستم قسمتی از لجن خروجی برای افزایش واکنش های بیولوژیکی به مخزن جداگانه همراه با هوادهی بالا قبل از راکتور UASB بازگشت داده می‌شود.

شکل ۸ شماتیک سیستم تصفیه بی هوازی- هوازی - راکتور CAS UASB شبیه سازی شده را نشان می‌دهد. فاضلاب در ابتدا وارد مخزن تثبیت شده و جریان بالا دستی وارد مخزن جداساز و سپس به مخزن های سری غیرهوازی - هوازی - CAS UASB منتقل می‌شود تا محتوای نیتروژن فاضلاب از راه بیولوژیکی کاهش بیابد. همچنین ۵ متر مکعب روزانه نیز از انتهای مخزن تثبیت و جداساز و ۱۰ متر مکعب روزانه از راکتورهای CAS UASB و هوازی به مخزن نگهداری لجن منتقل می‌شود. فاضلاب و لجن سپس به مخزن جدا ساز منتقل شده و ۱۰ مترمکعب روزانه نیز برای تبخیر و امحا وارد واحد خشک کن لجن می‌شود و باقی به سیستم باز میگردد.

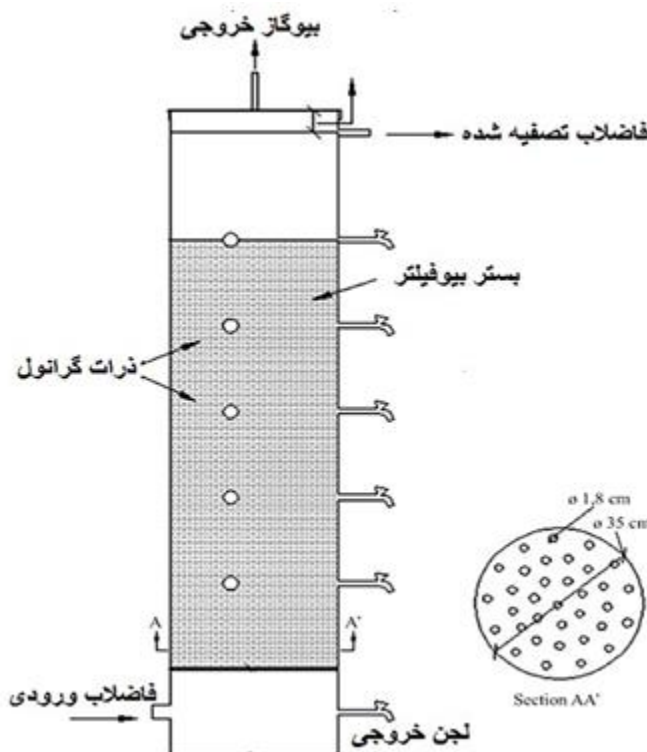


شکل ۳) شماتیک سیستم CAS UASB [۱۶]

• ASBBR

شکل ۴ شماتیک راکتور ASBBR را نشان می‌دهد. این سیستم را در حقیقت تکامل یافته سیستم UASB میتوان نامید. در این سیستم از فیلتراسیون با استفاده از بیوفیلیم در کنار گرانول استفاده میشود.

شکل ۹ شماتیک سیستم تصفیه بی هوازی-راکتور ASBBR شبیه سازی شده را نشان می‌دهد. فاضلاب در ابتدا وارد مخزن تثبیت شده و جریان بالا دستی وارد مخزن جداساز اولیه شده و سپس به مخزن های سری تصفیه بی هوازی-راکتور ASBBR منتقل میشود تا محتوای نیتروژن فاضلاب از راه بیولوژیکی و بیوفیلترها کاهش بیابد. همچنین ۵ متر مکعب روزانه نیز از انتهای مخزن تثبیت و جداساز و ۱۰ متر مکعب روزانه از راکتورهای CAS UASB و هوازی به مخزن نگهداری لجن منتقل میشود. فاضلاب و لجن سپس به مخزن جدا ساز منتقل شده و ۱۰ مترمکعب روزانه نیز برای تبخیر و امحا وارد واحد خشک کن لجن میشود و باقی به سیستم باز میگردد.

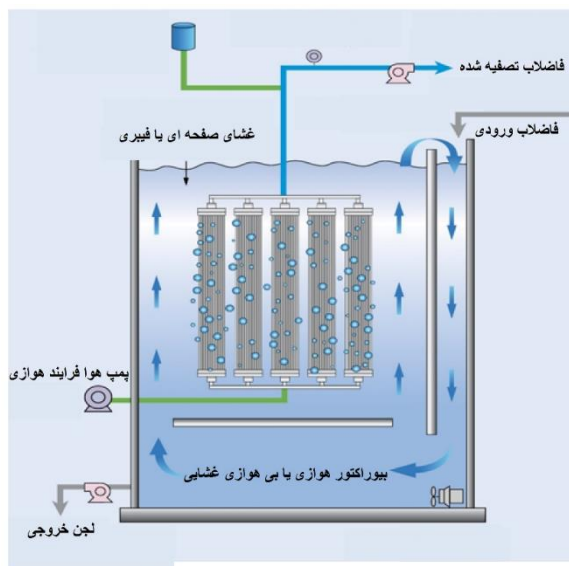


شکل (۴) شماتیک راکتور ASBBR [۱۷]

• MBR

شکل ۵ شماتیک سیستم غشایی را نشان می‌دهد. غشا مورد استفاده در این مدل سیستم ها دو مدل صفحه ای تخت یا هالو فیبر لوله ای می‌باشد. یکی از مزایای سیستم های فیلتراسیون غشایی عدم نیاز به راکتور جدا و توانایی استفاده در راکتورهای هوازی و بی هوازی است.

شکل ۱۰ شماتیک سیستم تصفیه MBR شبیه سازی شده را نشان می‌دهد. فاضلاب در ابتدا وارد مخزن تثبیت و جریان بالا دستی آن وارد مخزن جداساز اولیه می شود. سپس به مخزن های سری تصفیه بی هوازی - غشایی بی هوازی منتقل میشود تا محتوای NH_4^+ فاضلاب از راه بیولوژیکی و غشایی کاهش بیابد ولی این امر تاثیر موثری در کاهش سطح یون های نیترات و نیتريت ندارد. همچنین ۱۰ متر مکعب روزانه نیز از انتهای مخزن تثبیت و جداساز و ۲۰ متر مکعب روزانه از راکتور غیرهوازی MBR به مخزن نگهداری لجن و سپس به مخزن جدا ساز منتقل شد. برای کاهش سطح نیترات و نیتريت جریان برگشتی از راکتور هوازی غشایی استفاده شده است. درنهایت ۲۰ مترمکعب روزانه نیز برای تبخیر و امحا وارد واحد خشک کن لجن میشود و باقی به سیستم باز میگردد.



شکل ۵) شماتیک راکتور MBR [۱۸]

۳- یافته ها

پنج سیستم معرفی شده تحت شرایط عملیاتی یکسان برای اجرا به مدت یکسال شبیه سازی شدند. جدول ۳ کیفیت الاینده های خروجی حاصل از شبیه سازی را نشان می دهد. بین ۵ سیستم شبیه سازی شده دو سیستم ASBBR و MBR بهترین کیفیت خروجی را داشتند که دلیل آن استفاده همزمان از فرایندهای بیولوژیکی و فیلتراسیونی می باشد.

جدول ۳. نتایج حاصل از شبیه سازی سیستم های تصفیه

شاخص	واحد	فاضلاب ورودی	SBR	CAS UASB	ASBBR	UASB	MBR
Flow	m ³ /d	۴۰۰	۳۹۰	۳۹۰	۳۹۰	۳۸۰	۳۸۰
TSS	mg/L	۵۰۷۲٫۵	۲۸۹۶	۴۳۴۴	۳۲۰	۲۸۹۶	۰٫۲۹
VSS	mg/L	۳۸۰۴٫۴	۱۴۵۰	۲۱۷۴	۱۶۰٫۵	۱۴۵۰	۰٫۱۴
Soluble cBOD ₅	mgO ₂ /L	۲۰۷۴	۱٫۶۵	۱٫۶۵	۱٫۶۵	۱٫۶۵	۱٫۶۵
cBOD ₅	mgO ₂ /L	۵۸۰۰	۴۸۱	۷۲۱٫۴	۵۴٫۷۵	۵۴٫۷۵	۱٫۷۰
Soluble COD	mgCOD/L	۳۴۰۰	۳۲٫۳	۳۲٫۳	۳۲٫۳	۳۲٫۳	۳۲٫۳
COD	mgCOD/L	۱۰۰۰۰	۲۳۷۷	۳۵۴۹	۲۹۱٫۸	۲۹۱٫۸	۳۲٫۵۳
Ammonia Nitrogen	mgN/L	۲۵۰	۱	۱	۱	۱	۱
Nitrite	mgN/L	۱۰	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱
Nitrate	mgN/L	۷	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱
Soluble TKN	mgN/L	۲۷۷٫۷۸	۳٫۵	۳٫۵	۳٫۵	۳٫۵	۳٫۵



۳,۵۱	۱۳۷,۹	۱۸,۳۷	۲۰,۵,۱	۱۳۸	۴۰۰	mgN/L	TKN
۳,۷۱	۱۳۸,۲	۱۸,۵۷	۲۰,۵,۳	۱۳۸	۴۱۷	mgN/L	TN
۵	۵,۲	۵,۶۴	۵,۶۷	۶,۷۸	۸	mgP/L	Ortho-Phosphate
۵,۳	۳۸,۹	۳۶,۵	۳۶,۷	۳۷,۹	۴۰	mgP/L	TP
۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۵۹,۳	mgC/L	Total Soluble Inorganic Carbon
۱۰,۴۶	۸۱۷,۶	۹۹,۷۳	۱۲۲۱,۲	۸۱۷,۶	۳۲۰۰	mgC/L	TOC
۶۷,۱۵	۶۸,۷۵	۶۷,۱۵	۶۹,۲۶	۶۷,۱۵	۲۵۰	mgCaCO ₃ /L	Alkalinity
۷	۷	۷	۷	۷	۸,۶	-	pH

جدول ۴ درصد حذف المان های آلاینده اب را نشان میدهد. هر ۵ سیستم قابلیت خوبی در حذف COD داشتند ولی به جز دو سیستم ASBBR و MBR باقی سیستم ها در حد استاندارد محیط زیست نیستند و نیاز به فرایندهای اضافی برای تصفیه دارند. تمامی سیستم ها به دلیل استفاده از فرایندهای بی هوازی قابلیت حذف کامل NH_4^+ را دارا هستند ولی به جز سیستم MBR در حذف نیتروژن کل ناتوان هستند. نتایج حاکی از آن بود که برای تصفیه فاضلاب سنگین کشتارگاه، استفاده از فرایندهای هوازی و بی هوازی در کنار فیلتراسیون غشایی لازم است.

جدول ۴. درصد حذف آلاینده های فاضلاب

شخص	SBR	CAS UASB	ASBBR	UASB	MBR
TSS	۴۲,۹	۱۴,۳۵	۹۳,۶۸	۴۲,۹۰	۹۹,۹۹
VSS	۶۱,۹	۴۲,۸۴	۹۵,۷۸	۶۱,۸۹	۱۰۰,۰۰
Soluble cBOD ₅	۹۹,۹۲	۹۹,۹۲	۹۹,۹۲	۹۹,۹۲	۹۹,۹۲
cBOD ₅	۹۱,۷۰	۸۷,۵۶	۹۹,۰۶	۹۱,۷۰	۹۹,۹۷
Soluble COD	۹۹,۰۵	۹۹,۰۵	۹۹,۰۵	۹۹,۰۵	۹۹,۰۵
COD	۷۶,۲۳	۶۴,۵۰	۹۷,۰۸	۷۶,۲۳	۹۹,۶۷
Ammonia Nitrogen	۹۹,۶۰	۹۹,۶۰	۹۹,۶۰	۹۹,۶۰	۹۹,۶۰
Soluble TKN	۹۸,۷۴	۹۸,۷۴	۹۸,۷۴	۹۸,۷۴	۹۸,۷۴
TKN	۶۵,۵۲	۴۸,۷۲	۹۵,۴۱	۶۵,۵۲	۹۹,۱۲
TN	۶۶,۸۸	۵۰,۷۶	۹۵,۵۵	۶۶,۸۸	۹۹,۱۱
Ortho-Phosphate	۳۹,۰۶	۳۹,۰۶	۳۹,۰۶	۴۰,۶۳	۴۰,۶۳
TP	۵,۲۵	۸,۵	۸,۷۵	۲,۷۵	۸۶,۷۲
Total Soluble Inorganic Carbon	۶۶,۲۹	۶۶,۲۹	۶۶,۲۹	۶۶,۲۹	۶۶,۲۹
TOC	۷۴,۴۵	۶۱,۸۴	۹۶,۸۸	۷۴,۴۵	۹۹,۶۷
Alkalinity	۷۳,۱۴	۷۲,۳۰	۷۳,۱۴	۷۲,۵۰	۷۳,۱۴



جدول ۵ کیفیت آب خروجی هر سیستم را در مقایسه با استاندارد محیط زیست نشان می‌دهد. همان طور که ذکر شده بود سیستم MBR بالاترین کیفیت خروجی را در مقایسه با دیگر سیستم ها داشت که دلیل اصلی آن استفاده از سیستم غشایی و فرایندهای هوازی و بی هوازی بود.

جدول ۵. مقایسه کیفیت آب خروجی با استاندارد محیط زیست

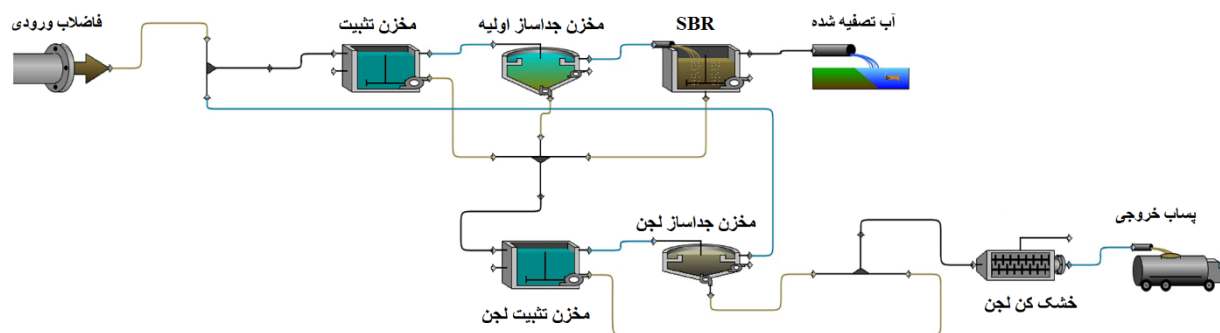
شاخص (mg/L)	استاندارد	SBR	CAS UASB	ASBBR	UASB	MBR
COD	۲۵۰	۲۳۷۷	۳۵۴۹	۲۹۱	۲۳۷۷	۳۲
BOD ₂₀	۵۰	۱,۶۵	۱,۶۵	۱,۶۵	۱,۶۵	۱,۶۵
BOD ₅	۴۰	۴۸۱	۷۲۱	۵۴,۷	۴۸۱	۱,۷۰
TOC	۱۰۰	۸۱۸	۱۲۲۱	۹۹,۷	۸۱۸	۱۰,۴
Alkalinity	۱۵۰	۶۷,۱	۶۹,۳	۶۷,۱	۶۹	۶۷,۱
TSS	۱۰۰	۲۸۹۶	۴۳۴۴	۳۲۰	۲۸۹۶	۰,۳۰
VSS	۵۰	۱۴۵۰	۲۱۷۴	۱۶۰	۱۴۵۰	۰,۱۴
TN	۱۰۰	۱۳۸	۲۰۵	۱۶	۱۳۸	۳,۷
TKN	۱۰۰	۱۳۸	۲۰۵	۱۸,۴	۱۳۸	۳,۷
N-NH ₄ ⁺	۵	۱	۱	۱	۱	۱
P-PO ₄ ³⁻	۵	۶,۷۸	۵,۶۷	۵,۶۴	۵,۲	۵

۴- بحث و نتیجه‌گیری

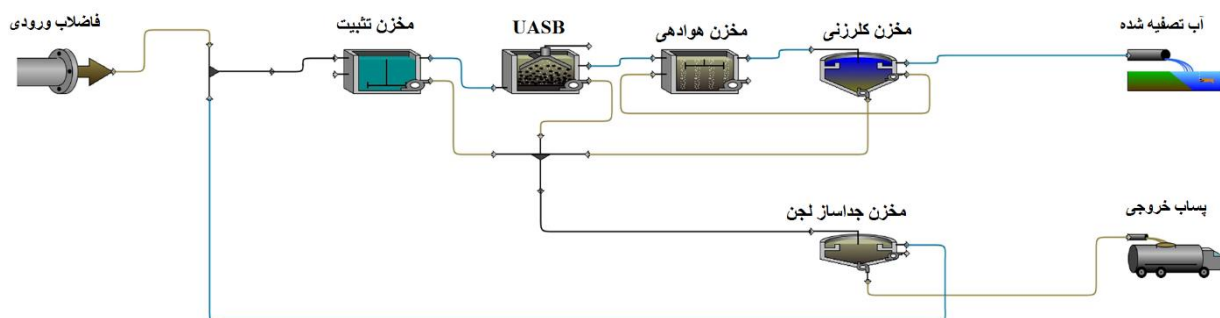
نتیجه شبیه سازی سیستم SBR برای حذف COD برابر با ۷۶ درصد به دست آمد در حالی که طبق گزارش محسنی همکاران [۱۰] بازده حذف COD این سیستم ۹۶ درصد گزارش شده بود که دلیل این کاهش بازدهی، محتوای COD پایین تر در فاضلاب ورودی سیستم در نظر گرفته شده توسط آنها بود. همچنین این سیستم توانایی خوبی در حذف یون NH_4^+ نشان داد. این اختلاف نتایج برای سیستم CAS UASB شبیه ساز با نوروزی و همکاران [۱۱] نیز مشاهده شد که علت همان تفاوت در محتوای فاضلاب ورودی بوده است. سیستم پرکاربرد UASB نیز قابلیت بالایی در حذف آلاینده ها طبق استاندارد محیط زیست نداشت و این سه سیستم فقط برای فاضلاب های دارای آلاینده کم و پایین مناسب هستند. سیستم معرفی شده توسط دلواری و همکاران [۱۲] نیز با اجرا در شبیه ساز همان طور که گزارش شده بود، قابلیت حذف COD و BOD مناسبی داشت اما در مقابل این سیستم در حذف TSS و VSS دارای ضعف بود. در نهایت سیستم MBR معرفی شده توسط یانسن و همکاران [۱۳] تنها سیستم قابل اتکا برای تصفیه آب طبق استانداردهای محیط زیست برای دفع در طبیعت بود. اما این سیستم نیز در حذف یون های P-PO_4^{3-} خیلی موثر نبود.

سیستم غشایی در کنار راکتورهای هوازی و بی هوازی در مقایسه با دیگر روش های تصفیه هزینه بالاتری دارد ولی این سیستم با کاهش مصرف آب و عدم نیاز به تصفیه ثانویه، توانایی تصفیه فاضلاب سنگین واحد های کشتارگاهی طبق استاندارد محیط زیست را دارد. لذا این سیستم میتواند طرح مناسبی برای تصفیه فاضلاب با بازدهی بالا باشد.

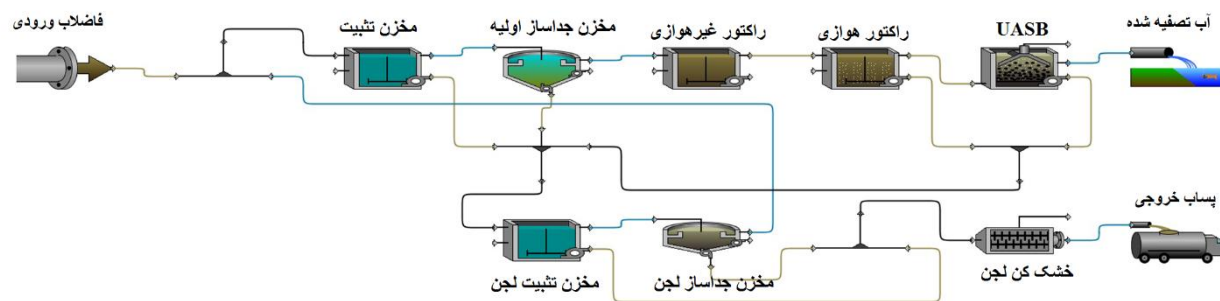
ضمایم:



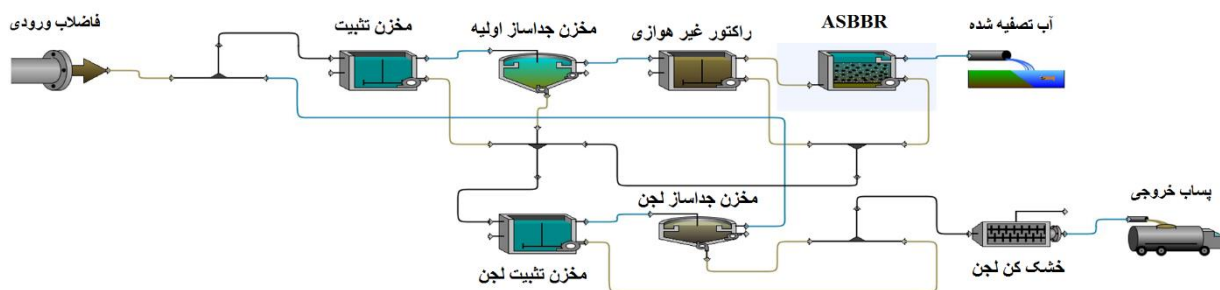
شکل ۶) شماتیک سیستم SBR



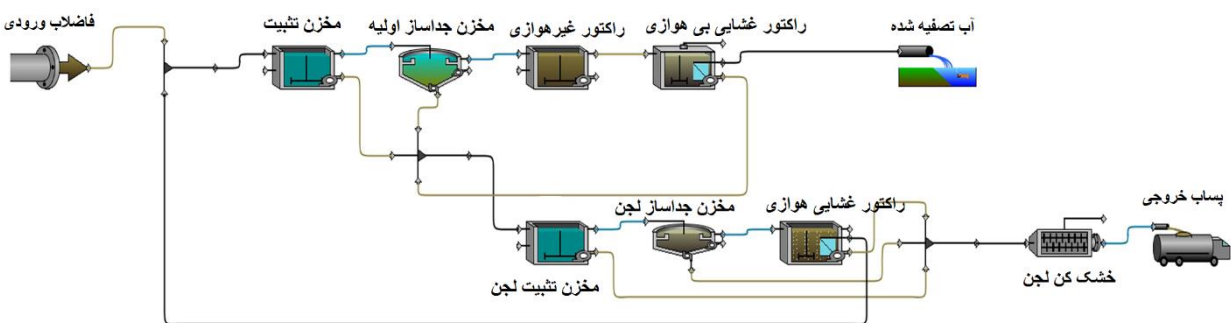
شکل ۷) شماتیک سیستم UASB



شکل ۸) شماتیک سیستم CAS UASB



شکل ۹) شماتیک سیستم ASBBR



شکل ۱۰) شماتیک سیستم MBR



۵- منابع

- [1] C. J. Vörösmarty, P. Green, J. Salisbury, and R. B. Lammers, "Global water resources: vulnerability from climate change and population growth," *science*, vol. 289, no. 5477, pp. 284-288, 2000.
- [2] R. T. Brintjes, "A review of cloud seeding experiments to enhance precipitation and some new prospects," *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 80, no. 5, pp. 805-820, 1999.
- [3] K. Fagerholt and B. Rygh, "Design of sea-borne system for fresh water transport," *JORBEL-Belgian Journal of Operations Research, Statistics, and Computer Science*, vol. 40, no. 3-4, pp. 137-146, 2000.
- [4] A. R. Zahedi, S. Labbafi, A. Ghaffarinezhad, and K. Habibi, "Design, construction and performance of a quintuple renewable hybrid system of wind/geothermal/biomass/solar/hydro plus fuel cell," *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 46, no. 9, pp. 6206-6224, 2021.
- [5] S. Labbafi and A. Zahedi, "The Determination of Optimum Conditions for Biodiesel-based Microalgae Growth Using Machine Vision," *Journal of Machine Vision and Image Processing*, vol. 7, no. 2, pp. 137-148, 2021.
- [6] Q. Wang and Z. Yang, "Industrial water pollution, water environment treatment, and health risks in China," *Environmental Pollution*, vol. 218, pp. 358-365, 2016.
- [7] S. Pollard, G. Fowler, C. Sollars, and R. Perry, "Low-cost adsorbents for waste and wastewater treatment: a review," *Science of the total environment*, vol. 116, no. 1-2, pp. 31-52, 1992.
- [8] I. Ruiz, M. C. Veiga, P. De Santiago, and R. Blazquez, "Treatment of slaughterhouse wastewater in a UASB reactor and an anaerobic filter," *Bioresource Technology*, vol. 60, no. 3, pp. 251-258, 1997.
- [9] C. E. Caixeta, M. C. Cammarota, and A. M. Xavier, "Slaughterhouse wastewater treatment: evaluation of a new three-phase separation system in a UASB reactor," *Bioresource technology*, vol. 81, no. 1, pp. 61-69, 2002.
- [10] در تصفیه فاضلاب کشتارگاه تحت SBR ع. صباغی، "بررسی عملکرد راکتور and ا. محسنی، ح. امینی راد. Available: <https://civilica.com/doc/76711>
- [11] م. طلائیان عراقی، "مقایسه اقتصادی دو طرح تصفیه خانه فاضلاب کشتارگاه بر پایه سیستم بی and ر. نوروزی چهارمین کنگره بین المللی توسعه"، presented at the "هوازی-هوازی و سیستم هوازی با استفاده از شبیه سازی منابع طبیعی، محیط زیست و گردشگری ایران، ۱۳۹۸. Available: <https://civilica.com/doc/973111>
- [12] بعنوان ورودی تصفیه فاضلاب ASBBR ر. جلیل زاده ینگجه، "بررسی کارایی فرایند بی هوازی and س. دلواری ملی آب و سازه های همایش"، presented at the "در صنایع کشتارگاه (مطالعه موردی کشتارگاه اهواز هیدرولیکی، ۱۳۹۵. Available: <https://civilica.com/doc/746367>



- [13] P. Jensen *et al.*, "Anaerobic membrane bioreactors enable high rate treatment of slaughterhouse wastewater," *Biochemical Engineering Journal*, vol. 97, pp. 132-141, 2015.
- [14] S. Mace and J. Mata-Alvarez, "Utilization of SBR technology for wastewater treatment: an overview," *Industrial & engineering chemistry research*, vol. 41, no. 23, pp. 5539-5553, 2002.
- [15] E. Behling *et al.*, "Domestic wastewater treatment using a UASB reactor," *Bioresource Technology*, vol. 61, no. 3, pp. 239-245, 1997.
- [16] T. Alvarino, S. Suarez, J. Lema, and F. Omil, "Understanding the removal mechanisms of PPCPs and the influence of main technological parameters in anaerobic UASB and aerobic CAS reactors," *Journal of Hazardous materials*, vol. 278, pp. 506-513, 2014.
- [17] R. R. Siman *et al.*, "Influence of organic loading on an anaerobic sequencing biofilm batch reactor (ASBBR) as a function of cycle period and wastewater concentration," *Journal of environmental management*, vol. 72, no. 4, pp. 241-247, 2004.
- [18] S. Fazal, B. Zhang, Z. Zhong, L. Gao, and X. Chen, "Industrial wastewater treatment by using MBR (membrane bioreactor) review study," *Journal of Environmental Protection*, vol. 6, no. 06, p. 584, 2015.