Journal of Industrial Innovations 1(2) (2023) 132 – 143

Industrial Innovations
https://jii.araku.ac.ir
ISSN: 2980-8847

The Technical and Economic Study Plan of Recycling the Effluent from the Treatment Plant of Dairy Products Manufacturing Companies to Reach the Grade of Clean Water

Ali Shahabi[a*], Reza Joulaee [b], Ali Habibi [c]

[a*] Department of Industrial Engineering, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
[b] Master of Environmental Civil Engineering, Non-profit Atiq University, Isfahan, Iran
[c] Master of Industrial Engineering, Yadegar-e-Imam Khomeini (RAH) Shahre Rey Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Original Article

Use your device to scan and read the article online

Citation: Shahabi A, Joulaee R, Habibi A. The technical and economic study plan of recycling the effluent from the treatment plant of dairy products manufacturing companies to reach the grade of clean water. Industrial Innovations. 2023;1(2):132-143.

https://doi.org/10.61186/jii.1.2.132

KEYWORDS

Effluent,
Comfar,
COD,
BOD.

ABSTRACT

Increasing world population, reduction of water per capita, industry development and reducing renewable water resources has caused human society to pay attention to the issue of water consumption management and its optimal use. According to the location of Iran, lack of atmospheric precipitation, lack of proper weighing of these rains and its temporal and spatial distribution have caused it to be included in the category of semi-arid and arid countries of the world. In this article, considering the water crisis and the social duty of environmental protection the technical and economic plan the recycling of the effluent from the treatment plant of a dairy product manufacturing company has been investigated, and due to the relatively large organic load of the effluents of dairy companies, biological methods are usually used for its treatment. In the end, wastewater with standard environmental conditions is obtained for discharge to surface water, and then advanced treatment is performed to obtain clean water. The output water resulting from the advanced treatment of dairy waste can be optimally used in all parts of the factory. According to the technical issues and taking into account factors such as fixed and variable costs, the capacity of the outgoing sewage, the cost of buying clean water, etc., the implementation of the plan is completely economical.

Extended Abstract

1. purpose

In this research, due to the limitation of fresh water in the world and the fact that sewage is one of the factors of environmental pollution, water treatment and recycling has a special economic value along with social and environmental effects. These resources have special economic value along with social, economic and environmental effects. Therefore, wastewater must be purified and recycled using special methods.

* Corresponding author.
E-mail address: Ali.shahabi@iau.ac.ir
DOI: https://doi.org/10.61186/jii.1.2.132
Received: March 12, 2023; Received in revised form: May 4, 2023; Accepted: August 10, 2023.
Article type: Research Paper
©Author

2. **Design/methodology/approach**

In this paper, by using biological treatment, we convert the effluent of the wastewater treatment plant into an environmental standard effluent and by using modern purification methods, we turn standard wastewater into clean water and the economic feasibility of the plan has been checked using computer software.

3. **Finding**

3.1 Industrial wastewater treatment steps:

- Garbage collection unit
- Lime injection tank
- Anaerobic unit
- Anoxic pond
- Aerobic unit
- Sludge concentration tank
- Sand filter
- Effluent storage lagoon
- The final pool

3.2 The stages of water recycling from the effluent of the treatment plant and reuse of water

- MBR unit
- Chlorine disinfection tank
- Ozone generator package and ozone injection tanks
- Chlorine absorbent injection tank
- Sand filter
- Carbon filter
- Microfilters
- Ultrafilter
- Reverse osmosis package
- EDR package
- Screw press machine (MDSP)

3.3 Using Comfar software, investing in this plan for the effluent of a dairy company's treatment plant with a capacity of 1200 cubic meters per day with an investment amount of 350 billion Rials and considering factors such as variable costs, the cost of buying clean water and so on. It has been completely economical and the internal rate of return on the project's investment from the company's equity is 81.7 percent.

نوآوری‌های صنعتی

شاپا: ۸۸۴۷-۲۹۸۰

طرح مطالعه فنی و اقتصادی بازچرخانی پساب خروجی تصفیه‌خانه شرکت‌های تولیدی محصولات لبنی برای رسیدن به گرید آب پاک

علی شهابی[الف*] ، رضا جولایی [ب]، علی حبیبی [پ]

[الف] استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکز، تهران، ایران، Ali.shahabi@iau.ac.ir

[ب] کارشناسی‌ارشد، گروه مهندسی عمران محیط‌زیست، دانشگاه غیرانتفاعی عقیق اصفهان، اصفهان، ایران، Reza.joolaei@gmail.com

[پ] کارشناسی‌ارشد، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد یادگار امام خمینی(ره) شهرری، تهران، ایران، Habibialii@yahoo.com

واژگان کلیدی

پساب،
COMFAR
COD
.BOD

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۲۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۲/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۱۹

چکیده

افزایش روزافزون جمعیت جهان و کاهش سرانه آب، توسعه صنعت و کاهش منابع تجدید پذیر آب موجب توجه جامعه بشری به موضوع مدیریت مصرف آب و استفاده بهینه از آن گردیده است و با توجه به قرارگیری کشور ایران در عرض جغرافیایی مشخص، کمبود ریزش‌های جوی، عدم توزین مناسب این بارش‌ها و پراکنش زمانی و مکانی آن باعث شده در زمره کشورهای نیمه‌خشک و خشک جهان قرارگیرد. در این مقاله با توجه به بحران آب و رسالت اجتماعی حفاظت از محیط‌زیست طرح فنی و اقتصادی بازچرخانی پساب خروجی تصفیه‌خانه یک شرکت تولید محصولات لبنی بررسی‌شده است که با توجه به بار آلی نسبتاً زیادی که فاضلاب خروجی شرکت‌های لبنی دارند ابتدا به‌صورت مرسوم از روش‌های بیولوژیکی جهت تصفیه آن استفاده می‌شود که درنهایت پسابی با شرایط استاندارد زیست‌محیطی برای تخلیه به آب‌های سطحی به دست می‌آید و سپس تصفیه پیشرفته جهت استحصال آب پاک انجام می‌شود که آب خروجی حاصل از تصفیه پیشرفته پساب صنایع لبنی قابل‌استفاده بهینه در تمامی بخش‌های کارخانه می‌باشد و با توجه به موارد فنی و با در نظر داشتن عواملی اعم از هزینه‌های ثابت و متغیر، ظرفیت فاضلاب خروجی، هزینه خرید آب پاک و... اجرای طرح کاملاً اقتصادی می‌باشد.

۱- مقدمه

با بزرگ‌شدن شهرها و افزایش جمعیت آن‌ها از یک‌سو و گسترش صنایع و کارخانه‌ها از سوی دیگر مسئله کاهش منابع آبی و آلودگی محیط‌زیست، روزبه‌روز اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. با گسترش زندگی ماشینی و به علت توجه نکردن افراد به منافع همگان هرروز شاهد تنش‌های آبی و بحران‌های ایجادشده در منابع آبی و تخریب محیط‌زیست با ورود فاضلاب‌ها هستیم که زندگی و ادامه نسل انسان‌ها، حیوان‌ها و گیاهان را در معرض خطر جدی قرار می‌دهد چراکه منابع آب شیرین در جهان محدود و آسیب‌پذیر بوده این منابع محدود دارای ارزش اقتصادی ویژه همراه با اثرات اجتماعی و اقتصادی و زیست‌محیطی است.

با توجه به اینکه فاضلاب‌ها یکی از عوامل آلودگی محیط‌زیست هستند، لذا بایستی آن‌ها را جمع‌آوری و از شهرها بیرون آورده، نخست آن‌ها را پالایش و تصفیه نموده و سپس به گردش آب در طبیعت برگردانید علاوه بر این موضوع کاربرد دوباره فاضلاب‌ها به علت نیاز روزافزون به آب روزبه‌روز بیشتر موردتوجه قرار می‌گیرد [۱]. کاربرد فاضلاب‌های تصفیه‌شده برای

* نویسنده مسئول

آدرس پست الکترونیک: Ali.shahabi@iau.ac.ir

مصرف‌های آشامیدنی به علت اقتصادی و روانی هنوز در جهان جنبه گسترده و عملی به خود نگرفته است درصورتی‌که استفاده دوباره از فاضلاب‌های تصفیه‌شده و فرستادن آن در شبکه شهری برای آبیاری فضاهای سبز و مصرف‌های صنعتی از سال ۱۹۲۸ در آریزونای امریکا شروع و روزبه‌روز در نقاط بیشتری از جهان مورداستفاده قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه فاضلاب‌ها دارای نمک‌های معدنی کمتر از آب دریاها می‌باشند و درواقع آب‌های شیرین آلوده می‌باشند، تصفیه آن‌ها جهت آبیاری کشاورزی و استفاده صنعتی و حتی استفاده آشامیدنی به‌مراتب ارزان‌تر از شیرین‌سازی آب دریاهای شور می‌باشند همچنین به‌علت وجود مواد کودی در فاضلاب تصفیه‌شده می‌تواند منبع غذایی خوبی برای گیاهان و تقویت زمین کشت‌زارها باشند [۲].

از آنجایی‌که اقتصاد جهانی به رشد خود ادامه می‌دهد و چالش‌های آب پیچیده‌تر و فوری‌تر می‌شوند، نقش کمک‌کننده تصفیه فاضلاب و استفاده مجدد آب در طراحی استراتژی برای پایداری آب بیش‌ازپیش حس می‌شود. در زمان مطالعه و پیاده‌سازی طرح‌های آبی و بازچرخانی علاوه بر توجه به موضوع بحران خشکسالی، کاهش منابع آبی و خطرات ورود فاضلاب به محیط‌زیست، مسائل اقتصادی و مالی خصوصا برای بخش خصوصی از توجه اهمیت ویژه‌ای برخوردار است لذا مطالعه طرحی که علاوه بر مسائل زیست‌محیطی و آبی خواسته‌های سرمایه‌گذاران را تأمین نماید مناسب و ایده‌آل بود که این نیاز مستلزم چارچوب‌های مدل‌سازی است که ما در این مقاله با ادغام این اهداف یک مدل فنی و اقتصادی را ارائه نموده‌ایم که قابل پیاده‌سازی در شرکت‌های لبنی، غذایی و حتی با تغییراتی در روش‌ها و مدل‌های فنی قابل پیاده‌سازی در سایر صنایع می‌باشد.

۲- پیشینه تحقیق

فراگا و همکاران [۳] اخیرا در یک تحقیق بر روی رودخانه سانتا لوسیا (SLRB) در اوروگوئه که منبع اصلی آب آشامیدنی برای حدود ۶۰٪ از جمعیت اوروگوئه بود با توجه به تخلیه فاضلاب صنایع متعدد به SLRB مشاهده گردید که این صنایع نیاز به ارتقاء سیستم‌های تصفیه فاضلاب فعلی خود برای انطباق با مقررات جدید دارند بنابراین یک MBR آزمایشی در سیستم تصفیه فاضلاب صنایع لبنی در دو مکان مختلف قرار داده شد. یک- دریافت فاضلاب از فرآیند صنعتی پس از عبور از یک حوضچه تخلیه چربی (جریان بار سنگین)؛ و دو- دریافت فاضلاب پس از عبور از حوضچه تخلیه چربی و یک حوضچه بی‌هوازی (جریان بار کم). میانگین بازده حذف گزارش‌شده در COD، BOD و آمونیوم (NH_4-N) به ترتیب ۹۴.۱، ۹۸.۱ و ۹۹.۶ بود. علاوه بر این، یک مطالعه امکان‌سنجی مالی برای اجرای یک MBR در مقیاس کامل در تاسیسات لبنی موجود انجام شد. نتایج مطالعه امکان‌سنجی پیشنهاد کرد که سرمایه‌گذاری برای پیاده‌سازی فن‌آوری MBR در صنعت لبنیات پذیرفته شود. نتایج تجزیه‌وتحلیل امکان‌سنجی تاثیر بالای مجازات‌ها و جریمه‌های اعمال‌شده توسط دولت محلی به این صنعت را در هنگام عدم مطابقت با استانداردهای تخلیه پساب، و همچنین تخلیه بحرانی در نظر گرفت. سوناوان و همکاران [۴] در کار تحقیقاتی، غشاهای PVDF با استفاده از چارچوب ایمیدازولات‌روی و مولیبدن‌دی‌سولفید تعبیه‌شده‌اند. تاثیر غشا با استفاده از نفوذپذیری، عملکرد جداسازی، عملکرد قابلیت استفاده مجدد و پایداری و مقاومت به گرفتگی بررسی می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که غشاهای نانوکامپوزیت PVDF مبتنی بر ZIF-8 و MoS_2 عملکرد شار خالص بهتری دارند. نسبت بازیابی شار و مطالعات زاویه تماس آب نشان می‌دهد که غشاهای آماده‌شده عملکرد ضد اشتعال بهتری نسبت به غشاهای PVDF دست‌نخورده دارند. عملکرد حذف آلاینده برای COD، BOD_5، TN، NH_4-N و TP به ترتیب ۹۴.۰۸ ٪، ۹۵.۳۱ ٪، ۹۴.۵۰ ٪، ۹۵.۵۶٪ و ۹۴.۶۴ ٪، از فاضلاب صنایع لبنی به دست می‌آید. همچنین، مطالعه رشد کشت میکروبی گزارش می‌دهد که غشاهای PVDF مبتنی بر ZIF-8 و MoS_2 حداکثر میکروب‌ها را از آب تصفیه‌شده رد می‌کنند. ازاین‌رو، نانو مواد ZIF-8 و MoS_2 به‌طور قابل‌توجهی ویژگی‌های غشای PVDF را بهبود بخشیدند و می‌توانند یک غشای نانوکامپوزیتی امیدوارکننده برای کاربرد عملی در تصفیه-های فاضلاب مختلف باشند. لوتزه و همکاران [۵] در مقاله‌ای با عنوان استفاده مجدد از آب در فرآوری لبنیات بیان داشتند آب فاضلاب یا آب فرآوری‌شده از صنعت فرآوری لبنیات یک منبع ارزشمند است که تنها حاوی مقادیر کمی از جامدات حل‌شده (< 0.5%) است اما این جامدات اغلب این منبع را بدون درمان‌های مداخله‌ای غیرقابل استفاده می‌کنند. این فاضلاب یا آب فرآیندی می‌تواند تا حدی که برای هر هدف استفاده مجدد موردنیاز است تصفیه شود و حتی می‌تواند از طریق تصفیه و گندزدایی مناسب به استاندارد آب آشامیدنی برسد. تکنولوژی‌های مدرن و ترکیبات فن‌آوری برای این منظور موجود می‌باشد.

دیپا و همکاران [۶] بیان داشتند صنعت لبنیات یکی از منابع اصلی صنایع فرآوری مواد غذایی است که مقدار زیادی فاضلاب تولید می‌کند که در صورت تصفیه نشدن ممکن است بر محیط‌زیست تأثیر منفی بگذارد. پساب‌های لبنیات به‌سرعت تجزیه می‌شوند، سطح اکسیژن محلول در جریان‌های دریافتی را کاهش می‌دهند و باعث شرایط بی‌هوازی می‌شوند. رنگ، PH، کدورت، کل جامدات، کل جامدات معلق، سولفات، کلرید، BOD، COD، و ویژگی‌های دیگر معمولا برای مشخص کردن چنین پساب‌هایی استفاده می‌شوند. انعقاد یکی از جنبه‌های مهم فرآیند تصفیه فاضلاب است زیرا اکثر مواد شیمیایی را که آب را ناپاک می‌کنند، از بین می‌برد. ترکیبات شیمیایی مانند آلومینا، فریک‌کلرید، فریک‌سولفات و غیره در گذشته به کار گرفته‌شده‌اند. تحقیقات اخیر نشان می‌دهد که این ترکیبات که به مقدار کمی حتی در آب تصفیه‌شده وجود دارند، هنگام استفاده مجدد از آب تصفیه‌شده بر محیط‌زیست تاثیر می‌گذارند. درنتیجه، ما در این مطالعه، ترکیب‌های طبیعی مبتنی بر گیاه را برای تصفیه فاضلاب لبنی انتخاب کردیم و کارایی آن‌ها را ارزیابی کردیم. در تحقیقات ما از ترکیبات طبیعی مانند سیسر آریتینوم، مورینگا اولیفرا و استریکنوس‌پتاسیم استفاده شد. استاسیناکیس و همکاران [۷] در مقاله‌ای بیان می‌دارند صنعت لبنیات مقادیر بالایی آب مصرف می‌کند و فاضلاب بسیار آلوده تولید می‌کند. EU-27 دومین تولیدکننده بزرگ شیر و صادرکننده اصلی پنیر در جهان است. هدف اصلی این مطالعه برآورد میزان پساب لبنی (DWW) است که سالانه در کشورهای مختلف اتحادیه اروپا تولید می‌شود و ارائه قوانین موجود اتحادیه اروپا است. بر اساس این نتایج درمجموع سالانه ۱۹۲.۵ * ۱۰۰۰۰۰۰ مترمکعب از DWW در کشورهای عضو اتحادیه اروپا تولید می‌شود که ٪۴۹ آن‌ها به دلیل تولید پنیر است، درحالی‌که ٪۱۹، ٪۱۸ و ٪۱۳ به ترتیب به دلیل تولید شیرخشک، شیر اسیدی و فراورده‌های چربی کره‌ای است. شش کشور (آلمان، فرانسه، ایتالیا، لهستان، اسپانیا و هلند) در تولید بیش از ٪۷۳ DWW مشارکت دارند، درحالی‌که سرانه تولید DWW سالانه بین ۳۶ لیتر (لوکزامبورگ) و ۱۴۴۱لیتر (ایرلند) است. از سال ۲۰۱۹، اتحادیه اروپا بهترین تکنیک‌های موجود را برای صنعت لبنیات به‌منظور دستیابی به نظارت کارآمد بر فاضلاب تولیدی، کاهش مصرف آب و افزایش بهره‌وری منابع ایجاد کرده است. فرایندهای اصلی تصفیه در محل که در حال حاضر به کار گرفته می‌شوند شامل پیش‌تصفیه فاضلاب برای حذف چربی و تنظیم PH، فرآیندهای بیولوژیکی بی‌هوازی برای کاهش بار آلی و مواد مغذی و استفاده از غشا برای مواردی است که آب بازیابی شده دوباره مورد استفاده قرار می‌گیرد. چالش اصلی آینده برای صنعت لبنیات و بخش تصفیه آب، اتخاذ فرایندهای جدید باهدف ظرفیت سنجی DWW تحت چارچوب اقتصاد چرخشی است.

۳- روش تحقیق

۳-۱- روش تحقیق مطالعات فنی:

فرآیند بازچرخانی آب شامل روش‌هایی است که به‌وسیله آن‌ها می‌توانیم پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب را با عبور از مراحل تصفیه پیشرفته به آب پاک با هر درجه از خلوص که موردنیاز است تبدیل نماییم. مراحل تصفیه بیولوژیکی فاضلاب شامل آشغال‌گیر، دانه‌گیر، ته‌نشینی اولیه، حوض متعادل‌سازی، فرآیند بی‌هوازی، حوضچه آنوکسیک، فرآیند هوازی، ته‌نشینی ثانویه و حوضچه گندزدائی می‌باشد که فاضلاب صنعتی با عبور از مراحل مذکور، طی زمان ماند یک هفته تا ده روز تصفیه‌شده و به پساب استاندارد زیست‌محیطی برای مصرف در کشاورزی و... می‌رسد و حال می‌توان با روش‌های نوین تصفیه که در این مقاله به بیان کلیات آن پرداخته‌شده است، پساب حاصل از مراحل فوق به آب پاک تبدیل گردد.

۳-۲- روش تحقیق مطالعات اقتصادی:

زمانی که ایده‌ای جهت سرمایه‌گذاری و انتخاب مطرح گردد، سرمایه‌گذاران به دنبال راه‌حل‌های مختلفی هستند تا بتوانند بهترین تصمیم را بگیرند. اما وجود پارامترهای فراوان، محاسبات را گاهی آن‌قدر پیچیده می‌کند که تصمیم‌گیرندگان از نتایج آن‌ها اطمینان لازم را ندارند. از طرف دیگر نگرش‌های متفاوت به یک موضوع خاص، باعث می‌شود تا نتایج یکسان حاصل نشود. به‌عبارت دیگر در مورد یک طرح، برخی از محاسبات، طرح را اقتصادی جلوه می‌دهد و بعضی دیگر کاملاً آن را رد می‌کند. این موضوع سبب شد تا دست‌اندرکاران به فکر استاندارد نمودن تعاریف و محاسبات افتادند. اما مشکل اصلی، یعنی پیچیدگی عملیات محاسباتی هنوز باقی‌ماند. برای حل این مشکل، کمیته‌ای در UNIDO برای استانداردسازی و کامپیوتری کردن

هم‌زمان ارزیابی اقتصادی طرح‌ها تشکیل شد و نهایتاً برنامه کامفار تهیه و به بازار عرضه گردید. نرم‌افزار تخصصی COMFAR[1] یک برنامه کامپیوتری است که از طرح تحقیقات قبل از بهره‌برداری حمایت می‌کند و استفاده از آن، سازماندهی و محاسبه گزارشات مالی و اقتصادی را آسان می‌سازد [۸].

گزارش توجیهی که یکی از خروجی‌های کامفار است، دارای سه بخش اصلی مطالعات بازار، بررسی‌های فنی و هم‌چنین تجزیه‌وتحلیل مالی است. درواقع نرم‌افزار کامفار با داشتن اطلاعاتی از قبیل هزینه‌های سرمایه‌گذاری، هزینه‌های ثابت و متغیر، سرمایه در گردش، ظرفیت تولید محصول یا خدمات، نرخ فروش محصول و... مدل مالی طرح را ارائه می‌دهد که در آن جریان نقدی پروژه به‌طور کامل داده‌شده است [۹].

۴- نتایج

۴-۱- بخش فنی مقاله

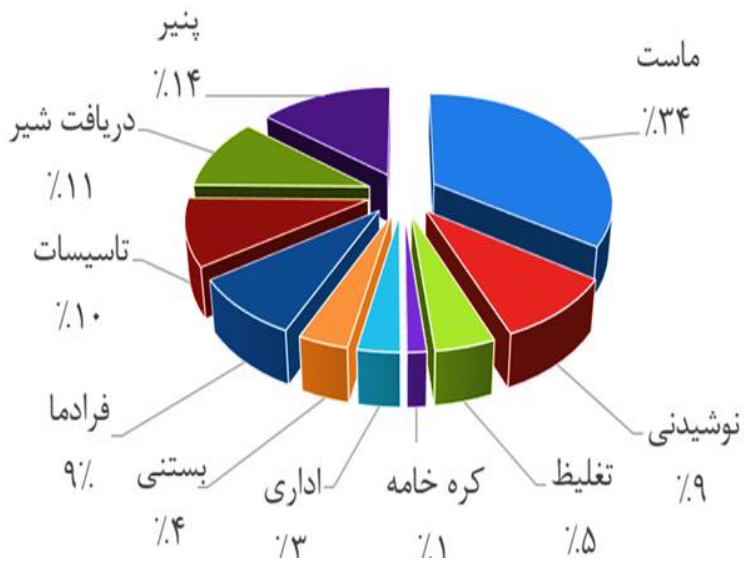
افزایش روزافزون فعالیت‌های صنعتی، حضور مولکول‌های مقاوم و ترکیبات مختلف شیمیایی را در پساب صنایع گوناگون به دنبال داشته است. تمرکز بر کاهش ضایعات و کاهش مصرف آب در سال‌های اخیر، موجب تولید پساب‌های غلیظ‌تر با بار آلایندگی بیشتر شده است. ازاین‌رو دفع مناسب ضایعات و پساب‌های صنعتی و کاهش آلاینده‌ها به‌منظور دستیابی به استانداردهای زیست‌محیطی روزبه‌روز اهمیت بیشتری می‌یابد. در میان صنایع گوناگون، صنایع‌غذایی می‌تواند با تولید فاضلاب‌های تصفیه نشده‌ی با حجم بالا و نیز مقادیر بالای BOD[2] و COD[3]، مشکلاتی را برای منابع مختلف محیط‌زیست بوجود آورد. در میان صنایع غذایی، صنایع لبنی یکی از آلاینده‌ترین فاضلاب‌ها را دارد که اغلب COD های تا چندین هزار میلی‌گرم بر لیتر را نیز شامل می‌شوند [۱۰].

این موضوع زمانی اهمیت بالاتری می‌یابد که به حجم بالای آب مصرفی در صنایع لبنی و خصوصاً تولید شیر توجه شود و این میزان ۰/۲تا ۱۰ لیتر فاضلاب به ازای فرآوری هر لیتر شیر می‌باشد [۱۱].

فاضلاب صنایع لبنی با روش‌های شیمیایی، بیولوژیکی و فیزیکی قابل تصفیه بوده، اما از دیرباز بیشتر روش بیولوژیکی برای تصفیه این فاضلاب مورداستفاده قرارگرفته است. این موضوع زمانی اهمیت بالاتری پیدا می‌کند که بدانیم پساب خروجی حاصل از تصفیه ثانویه فاضلاب می‌تواند با روش‌های نوین به‌آسانی به آب پاک تبدیل‌شده و مجددا در صنعت مورد استفاده قرار گیرد.

ارتباط تنگاتنگی بین صنعت لبنیات و چرخه آب وجود دارد. آب به‌عنوان یک منبع طبیعی عنصری حیاتی و ضروری در شستشو و تولید نیرو در تأسیسات تولید بخار این صنعت می‌باشد. عمده‌ترین محل مصرف آب در صنایع لبنی شامل شست و شوی ماشین‌آلات، تجهیزات، دستگاه‌ها و سالن‌های تولید است. همچنین آب در بعضی از محصولات تولیدی همانند دوغ نیز مورداستفاده قرار می‌گیرد. در شکل ۱ درصد میزان مصرف آب در واحدهای مختلف یک کارخانه لبنی آورده شده است.

[1] Computer Model for Feasibility Analysis and Reporting
[2] Biological Oxygen Demand
[3] Chemical Oxygen Demand



شکل ۱ درصد بندی آب‌های مصرف‌شده در واحدهای یک شرکت لبنی [۱۲]

در کارخانه‌های تولید محصولات لبنی حجم آب مصرفی عمدتاً به عوامل زیر بستگی دارد:

حجم شیر ورودی به کارخانه: هرچه حجم شیر دریافتی کارخانه بیشتر باشد حاکی از تولید بیشتر محصولات و درنتیجه موجب افزایش مصرف آب می‌گردد. از طرفی با افزایش میزان تولید در یک کارخانه مشخص به‌طورمعمول درصد میزان آب مصرف‌شده به شیر ورودی کاهش می‌یابد.

نوع محصول: بدیهی است به سبب تفاوت در فرآیند تولید محصولات مختلف لبنی حجم و کیفیت آب مصرفی متفاوت خواهد بود.

تکنولوژی تولید: پیشرفت تکنولوژی معمولاً در جهت مصرف آب کمتر حرکت نموده است. بنابراین هرچه تکنولوژی تولید جدیدتر باشد معمولاً آب مصرفی خطوط تولید کاهش می‌یابد.

مراحل تصفیه فاضلاب صنعتی: در جدول ۱ مراحل تصفیه فاضلاب صنعتی یک کارخانه تولیدات محصولات لبنی نشان داده‌شده است.

جدول ۱ مراحل تصفیه پساب فاضلاب صنعتی

مرحله	نام واحد عملیاتی	تعداد	نوع کارکرد
۱	آشغالگیر برقی	۱	در حوضچه ورودی فاضلاب خام تصفیه‌خانه نصب‌شده و به‌وسیله تیغه‌ها آشغال‌های درشت را جدا می‌کند.
۲	مخزن تزریق آهک	۱	با ورود یک ماده اسیدی و شوک‌زا مانند اسید و یا پرمیت آب پنیر، جهت تثبیت و انعقاد فاضلاب و جلوگیری از شوک در واحد بی‌هوازی، پودر آهک در مخزن با آب‌وهوا محلول شده و به فاضلاب تزریق می‌گردد.
۳	واحد بی‌هوازی	۴	واحد بی‌هوازی این کارخانه از نوع لاگون بی‌هوازی بوده و زمان‌ماند حدود ۱۰ روز دارد که باکیفیت بسیار مطلوب و راندمان بالای ۹۰ درصد کار می‌کند. نقش این واحد شکستن PH و اسیدهای چرب و... بوده و با ایجاد پدیده دنیتریفیکاسیون باعث حذف نیترات و تبدیل آن به گاز ازت می‌شود.
۴	حوضچه آنوکسیک	۱	پساب خروجی واحد بی‌هوازی در این حوضچه ذخیره تا لجن فعال برگشتی نیز از کلاریفایر به آن اضافه شود و با زمان‌ماند حدود یک ساعت و ایجاد پدیده دنیتریفیکاسیون

مرحله	نام واحد عملیاتی	تعداد	نوع کارکرد
			روی آن مجددا جهت تغذیه راکتورهای هوازی پمپاژ گردد. این عمل باعث حذف ترکیبات اکسیژن‌دار و درنهایت حذف جلبک در پساب خروجی می‌گردد.
۵	واحد هوازی	۳	از دو راکتور مستطیل شکل و یک راکتور مدور تشکیل‌شده و از نوع هوازی رشد معلق می‌باشد. پساب خروجی از حوضچه آنوکسیک جهت تغذیه لجن فعال وارد این راکتورها شده و پس از ایجاد پدیده نیتریفیکاسیون، مجددا ازت موجود در راکتور به نیترات تبدیل می‌گردد. زمان‌ماند پساب در این راکتور حدود ۳۰ساعت می‌باشد.
۶	تانک تغلیظ لجن	۱	لجن مازاد در واحد هوازی به این مخزن منتقل‌شده تا آبگیری شود و سپس لجن تغلیظ شده به واحد بی‌هوازی پمپاژ می‌گردد.
۷	حوضچه ضدعفونی پساب	۱	پساب خروجی از واحد زلال‌ساز راکتور هوادهی به این حوضچه منتقل‌شده تا عملیات ضدعفونی با کلر بر روی آن انجام گردد.
۸	بستر شنی	۲	پساب گندزدایی‌شده به این بستر منتقل تا تحت فیلتراسیون طبیعی از میزان کدورت و مواد معلق آن کاسته شود.
۹	لاگون خاکی ذخیره پساب	۱	پساب خروجی از مرحله ۸ به این لاگون ریخته تا با جذب طبیعی به سفره آب زیرزمینی کمک کند و هم‌جهت مصارف متفاوت استفاده گردد.
۱۰	حوضچه فضای سبز	۱	پساب تصفیه‌شده نهایی از لاگون خاکی به این حوضچه ریخته شده و برای مصارف فضای سبز کارخانه، کشاورزی زمین‌های اطراف کارخانه و بارگیری کامیون‌ها جهت راه‌سازی مصرف می‌شود.

مراحل طرح بازچرخانی آب: حال می‌توان با روش‌های نوین تصفیه، پساب حاصل از مراحل جدول ۱ را به آب پاک تبدیل نمود و با انجام مراحل مندرج در جدول ۲ بازچرخانی پساب را انجام داد.

جدول ۲ مراحل بازچرخانی آب از پساب خروجی تصفیه‌خانه و استفاده مجدد از آب

مرحله	نام واحد عملیاتی	تعداد	نوع کارکرد
۱	MBR	۱	در اولین مرحله، پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب، وارد این مخزن شده و با تصفیه بیولوژیکی هوازی و عبور از ممبران، کدورت آن به‌شدت کاهش می‌یابد.
۲	مخزن ضدعفونی با کلر	۱	پساب عبوری از ممبران‌های فوق با تزریق کلر گندزدایی می‌گردد.
۳	پکیج ازن ژنراتور و مخازن تزریق ازن	۱	آب خروجی از مخازن تزریق مواد شیمیایی، وارد پکیج ازن ژنراتور شده و با تزریق ازن در آب موجب رفع بوی بد احتمالی و حذف بار میکروبی آن می‌شود.
۴	مخزن تزریق جاذب کلر	۱	در این مخزن با تزریق ماده جاذب کلر، آب فاقد کلر محلول آزاد و باقیمانده می‌گردد.
۵	فیلتر شنی	۳	آب خروجی از ردیف ۴ وارد مخازن فلزی صافی شنی شده و مواد معلق درشت باقیمانده در آن جدا می‌گردد.
۶	فیلتر کربنی	۴	پس‌ازآن آب وارد فیلترهای کربن فعال شده و مواد ریز امولسیونی موجود در آب در سطح کربن جای می‌گیرد.
۷	میکرو فیلترها	۴	آب خروجی از فیلتر کربنی به جهت اطمینان بیشتر وارد میکرو فیلترها شده تا مواد معلق و باکتری‌های موجود در آن جدا گردد.
۸	اولترا فیلتر	۱	به جهت حذف باکتری‌های ریز و ویروس‌ها از این فرآیند استفاده می‌گردد.
۹	پکیج اسمز معکوس	۲	در آخر برای حذف مواد محلول، آب وارد پکیج RO شده و تبدیل به آب نرم با TDS مطلوب می‌شود که برای مصارف CIP سالن تولید قابل‌استفاده است.

مرحله	نام واحد عملیاتی	تعداد	نوع کارکرد
۱۰	پکیج EDR	۲	شورابه حاصل از دستگاه اسمز معکوس وارد این پکیج شده و مجددا تغلیظ می‌گردد تا آب پاک بیشتری حاصل شود.
۱۱	دستگاه اسکروپرس (MDSP)	۱	جهت آبگیری لجن‌های تولیدشده و تبدیل آن‌ها به کیک لجن استفاده می‌شود.

۴-۲- بخش مطالعه اقتصادی مقاله

با بررسی و ورود اطلاعات میزان ثابت سرمایه‌گذاری، هزینه‌های متغیر، حجم پساب خروجی تصفیه‌خانه و... به نرم‌افزار کامفار، مطالعات اقتصادی کامپیوتری محاسبه گردیده و نتایج اقتصادی و سرمایه‌گذاری طرح حاصل می‌گردد و مطلوبیت نرخ سرمایه‌گذاری در اطلاعات شکل ۲ قابل‌مشاهده می‌باشد.

COMFAR III Expert kdicoster@gmail.com

جدول خلاصه عملکرد پروژه

عنوان پروژه:	بازچرخاني پساب خروجي تصفيه خانه فاضلاب لبني
زمان ورود داده ها:	
طبقه بندي پروژه:	پروژه جديد
فاز ساخت:	01/1402 - 12/1402
مدت:	1 سال
فاز بهره برداري:	01/1403 - 12/1412
مدت:	10 سال
واحدپولي حسابداري:	(LC) Local currency
واحد شمارش:	مطلق
واحد پولي داخلي:	(LC) Local currency

هزينه هاي سرمايه گذاري

	کل فاز ساخت	کل فاز توليد	کل سرمايه گذاري
کل هزينه هاي ثابت سرمايه گذاري	350,000,000,000.00	0.00	350,000,000,000.00
کل مخارج پيش از توليد	0.00	0.00	0.00
مخارج پيش از توليد(خالص از بهره)	0.00	0.00	0.00
بهره	0.00	0.00	0.00
افزايش در سرمايه در گردش خالص	0.00	1,686,426,216.83	1,686,426,216.83
کل هزينه هاي سرمايه گذاري	350,000,000,000.00	1,686,426,216.83	351,686,426,216.83

منابع تامين مالي

	کل فاز ساخت	کل فاز توليد	کل جريانات نقدي ورودي
کل حقوق صاحبان سهام	350,000,000,000.00	0.00	350,000,000,000.00
خارجي	0.00	0.00	0.00
داخلي	350,000,000,000.00	0.00	350,000,000,000.00
کل وامهاي بلند مدت	0.00	0.00	0.00
خارجي	0.00	0.00	0.00
داخلي	0.00	0.00	0.00
کل وامهاي کوتاه مدت	0.00	0.00	0.00
خارجي	0.00	0.00	0.00
داخلي	0.00	0.00	0.00
حسابهاي پرداختني	0.00	562,226,140.03	562,226,140.03
کل منابع تامين مالي	350,000,000,000.00	562,226,140.03	350,562,226,140.03

درآمد وهزينه هاي عملياتي

	سال اول 1403	سال مرجع 1403	سال آخر 1412
درآمد فروش	91,980,000,000.00	91,980,000,000.00	9,805,661,820,594.06
هزينه هاي توليد(کارخانه)	6,219,900,000.00	6,219,900,000.00	202,378,712,117.39
هزينه هاي سربار اداري	0.00	0.00	0.00
هزينه هاي عملياتي	6,219,900,000.00	6,219,900,000.00	202,378,712,117.39
استهلاک	0.00	0.00	0.00
هزينه هاي تامين مالي	0.00	0.00	0.00
کل هزينه هاي توليد	6,219,900,000.00	6,219,900,000.00	202,378,712,117.39
هزينه هاي بازاريابي	0.00	0.00	0.00
بهاي تمام شده محصولات	6,219,900,000.00	6,219,900,000.00	202,378,712,117.39
بهره سپرده هاي کوتاه مدت	0.00	0.00	0.00
سود ناخالص عملياتي	85,760,100,000.00	85,760,100,000.00	9,603,283,108,476.67
درآمد غير مترقبه	0.00	0.00	0.00

COMFAR III Expert kdicoster@gmail.com

جدول خلاصه عملکرد پروژه

سودناخالص	85,760,100,000.00	85,760,100,000.00	9,603,283,108,476.67
ذخایر سرمایه گذاری	0.00	0.00	0.00
سود مشمول مالیات	85,760,100,000.00	85,760,100,000.00	9,603,283,108,476.67
مالیات بر درآمد(شرکت)	0.00	0.00	0.00
سود خالص	85,760,100,000.00	85,760,100,000.00	9,603,283,108,476.67

نسبتها

خالص ارزش فعلي كل سرمايه	در 20.00%	4,906,219,685,139.00
نرخ بازده داخلي سرمايه گذاري (IRR)	81.70%	
IRR تعديل شده سرمايه گذاري	81.70%	
خالص ارزش فعلي كل حقوق صاحبان سهام	در 20.00%	4,906,219,685,139.00
نرخ بازده داخلي حقوق صاحبان سرمايه (IRRE)	81.70%	
IRR تعديل شده حقوق صاحبان سرمايه	81.70%	
خالص ارزش فعلي محاسبه ميشود براي	12/1402	

شکل ۲ جدول خلاصه عملکرد مطالعات اقتصادی نرم‌افزار کامفار طرح بازچرخانی پساب

۵- نتیجه‌گیری

فاضلاب خام یک شرکت تولید محصولات لبنی با بار آلی زیاد (PH، COD، BOD5، TSS، TDS، کدورت و...) در فاز اول وارد تصفیه‌خانه فاضلاب صنعتی شده و پس از طی مراحل مختلف تصفیه، پارامترها در حد استانداردهای زیست‌محیطی برای جاری شدن در بستر رواناب‌های سطحی یا رودخانه‌ها کاهش می‌یابد و در مرحله بعدی وارد فاز بازچرخانی پساب شده و نهایتا آب پاک حاصل‌شده با داده‌های خروجی دلخواه که قابلیت استفاده در بخش‌های شستشوی تجهیزات، مسیرهای محصول، استفاده در تأسیسات و... باشد استحصال می‌گردد. با توجه به موارد فنی و نتایج حاصله، سرمایه‌گذاری در این طرح برای پساب خروجی یک تصفیه‌خانه شرکت لبنی با ظرفیت ۱۲۰۰ مترمکعب بر روز با میزان سرمایه‌گذاری ۳۵۰ میلیارد ریال و با در نظر داشتن عواملی اعم از هزینه‌های متغیر، هزینه خرید آب پاک و... کاملاً اقتصادی بوده و نرخ بازده داخلی سرمایه‌گذاری طرح از محل حقوق صاحبان سهام شرکت و بدون اخذ تسهیلات ۸۱.۷ درصد می‌باشد. شایان‌ذکر است با تدابیر اتخاذشده حجم تولید شورابه نهایی حاصل‌شده از این طرح تا حد ممکن کاهش‌یافته است تا ملزم به استفاده از روش پرهزینه ZLD (zero liquid discharge) نباشند و شورابه مذکور را در یک حوضچه تبخیری دفع نمایند.

۶- مراجع

[1] Alafsalehi A SR. Sewage treatment handbook (basics, design and operation)2018.

[2] López-Morales CA, Rodríguez-Tapia L. On the economic analysis of wastewater treatment and reuse for designing strategies for water sustainability: Lessons from the Mexico Valley Basin. Resources, Conservation and Recycling. 2019;140:1-12.

[3] Fraga FA, García HA, Hooijmans CM, Míguez D, Brdjanovic D. Evaluation of a membrane bioreactor on dairy wastewater treatment and reuse in Uruguay. International Biodeterioration & Biodegradation. 2017;119:552-64.

[4] Sonawane AV, Murthy Z. Dairy industry wastewater treatment by MOF and 2D nanomaterial engineered PVDF membranes based aerobic MBR: Membrane fouling mitigation and stability study. Process Safety and Environmental Protection. 2023;171:680-93.

[5] Lutze R, Weisser T, Poertner N, Kieferle J. Sustainable Processing: Water Reuse in Dairy Processing. 2022.

[6] Deepa D, Keerthana R, Kumar RP, Suryaprakash R. Primary treatment of dairy wastewater using bio based natural coagualnts. Materials Today: Proceedings. 2022;60:616-21.

[7] Stasinakis AS, Charalambous P, Vyrides I. Dairy wastewater management in EU: Produced amounts, existing legislation, applied treatment processes and future challenges. Journal of Environmental Management. 2022;303:114152.

[8] Azizi A RA. The study book and the feasibility of producing air conditioning systems with the help of Comfar software. 2022.

[9] A S. The book of preparation of investment justification plans. 2017.

[10] Gavala HN, Kopsinis H, Skiadas I, Stamatelatou K, Lyberatos G. Treatment of dairy wastewater using an upflow anaerobic sludge blanket reactor. Journal of agricultural engineering research. 1999;73:59-63.

[11] Loloei M, Alidadi H, Nekonam G, Kor Y. Study of the coagulation process in wastewater treatment of dairy industries. International Journal of Environmental Health Engineering. 2014;3:12.

[12] Wojdalski J, Dróżdż B, Piechocki J, Gaworski M, Zander Z, Marjanowski J. Determinants of water consumption in the dairy industry. Polish Journal of Chemical Technology. 2013;15:61-72.