

# ممیزی و کاهش مصرف آب در کارخانه قند اصفهان

(دریافت ۸۰/۱۰/۲۶ پذیرش ۸۱/۸/۲)

احمد ابریشم چی \*\*\*

مسعود تجربی \*\*

سید مهدی بابایی نژاد پیروز \*

## چکیده

ممیزی آب، روشی منطقی برای بررسی وضعیت مصرف آب و پیشنهاد روش‌های مناسب و اقتصادی برای کاهش مصرف آب در صنعت است. در این مقاله با انجام ممیزی آب در سه مرحله ارزیابی مقدماتی، موازنه جرمی و تلفیق (تجزیه و تحلیل)، ضمن ارائه روشی برای ممیزی و کاهش مصرف آب در صنعت قند، وضعیت موجود مصرف آب در کارخانه قند اصفهان مورد بررسی قرار گرفته، خط حرکت جدیدی از آب و پساب‌ها برای این کارخانه پیشنهاد می‌گردد که مطابق آن میزان مصرف آب می‌تواند بیش از ۸۰ درصد کاهش یابد. کلمات کلیدی: ممیزی آب، کاهش مصرف آب، صنعت قند، کارخانه قند اصفهان، پساب.

## مقدمه

پساب در آن‌ها، مناسب‌ترین و اقتصادی‌ترین روش کاهش مصرف آب را در کل فرایند ارائه می‌دهد.

بالا بودن میزان آب مصرفی (جدول ۲) و بار آلودگی پساب تولیدی کارخانجات تولید قند و شکر کشور و اهمیتی که وزارت صنایع، سازمان حفاظت محیط زیست [۶] و مرکز بررسی و تحقیق و آموزش صنایع قند ایران [۷] برای کاهش مصرف آب و بار آلودگی پساب تولیدی در صنعت قند قائل است، بعلاوه حجم بالا و گستردگی واحدهای صنایع غذایی در سطح کشور نسبت به سایر صنایع، [۸] و نیاز به ایجاد یک الگوی مناسب برای کاهش مصرف آب در بین صنایع غذایی کشور، اهمیت صنعت قند را در مورد ممیزی و کاهش مصرف آب نشان می‌دهد. در سطح جهانی، ملموس‌تر شدن کمبود آب و تشدید مقررات زیست محیطی در دو دهه‌ی اخیر و نیز توسعه سیستم‌های مدیریت زیست محیطی ایزو ۱۴۰۰۰ و ایجاد انگیزه اقتصادی دریافت گواهینامه‌های مربوطه باعث شده است تا ممیزی آب از محیط پژوهشی به محیط صنعتی وارد شود [۱۰].

در کارخانجات قند نیشکری ماریتوس نشان داده‌اند که می‌توان با بازگردش جزئی آب، مصرف آب را از ۲ تا ۱۰ مترمکعب به ازای هر تن نیشکر به حدود ۱/۵ مترمکعب رساند که در صورت استفاده از تمام قابلیت‌های بازگردش

بررسی وضعیت مصرف آب و روند تخصیص منابع آب کشور به بخش‌های مختلف مصرف آب (جدول ۱) نشان می‌دهد که آب عمل محدود کننده در توسعه صنعتی و کشاورزی است. برای رفع این محدودیت باید مصرف آب کاهش یابد تا امکان حداکثر توسعه با مقدار محدود آب فراهم شود. در بخش کشاورزی، بهبود روش‌های آبیاری و استفاده از پساب تصفیه شده‌ی فاضلاب‌های شهری و صنعتی و در بخش آب شهری، ارتقای فرهنگ صرفه‌جویی و استفاده از تجهیزات صرف‌جویی آب باعث کاهش مصرف می‌گردند. در بخش صنعت، به علت تنوع مصرف آب در فرایندهای گوناگون (و حتی فرایندهای مشابه) و تفاوت خصوصیات پساب‌های تولیدی، ارائه روش کاهش مصرف آب از پیچیدگی خاصی برخوردار بوده و بستگی به نوع صنعت دارد. بدین منظور باید شناخت دقیقی از فرایند صنعتی و مصرف آب و پساب تولیدی هر یک از واحدهای فرایند مربوطه از طریق ممیزی آب وجود داشته باشد. ممیزی آب، فرایندی است که ضمن شناسایی واحدهای مصرف کننده‌ی آب و ارتباط آن‌ها با یکدیگر و روش‌های صرفه‌جویی آب در هر کدام از واحدها و امکان استفاده مجدد و بازگردش آب و

\* دانشجوی کارشناسی ارشد عمران- محیط زیست دانشگاه صنعتی شریف

\*\* استادیار دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شریف.

\*\*\* دانشیار دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شریف.

جدول ۱- توزیع آب بین بخش‌های مختلف مصرف در کشور در سال ۱۳۷۶ و پیشینی آن در سال‌های آتی [۹]  
(بر حسب میلیارد مترمکعب در سال).

سال		۱۳۷۶		۱۴۰۰		۱۴۲۵		۱۴۵۰	
بخش	مقدار	درصد	مقدار	درصد	مقدار	درصد	مقدار	درصد	مقدار
صنعتی	۱	۱	۶	۶	۹	۸	۱۰	۹	
کشاورزی	۸۱/۵	۹۴	۸۹	۸۷	۹۲	۸۴	۹۰	۸۲	
جمع کل	۸۷	۱۰۰	۱۰۲	۱۰۰	*۱۱۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۰۰	

\* با فرض افزایش تدریجی میزان استحصال آب تا سقف ۱۱۰ میلیارد مترمکعب در سال.

جدول ۲- بالاترین مصرف کنندگان آب در بین صنایع کشور [۸].

ردیف	نام صنعت	میزان آب خریداری شده (هزار مترمکعب)	درصد نسبت به کل آب خریداری شده توسط کارگاه‌های بالای ۵۰ نفر
۱	تولید محصولات اولیه آهن و فولاد	۸۵۳۶۳	۱۸/۶
۲	تولید خمیر کاغذ و کاغذ و مقوا	۷۹۷۹۹	۱۷/۴
۳	تولید قند و شکر	*۷۶۱۴۳	۱۶/۶
۴	تولید فرآورده‌های نفتی تصفیه شده	۳۵۲۰۲	۷/۷
۵	تولید مواد پلاستیکی به شکل اولیه	۲۸۲۸۱	۶/۲
۶	تولید کود شیمیایی و ترکیبات ازت	۲۰۶۰۷	۴/۵
۷	آماده سازی و ریسنجی الیاف منسوج	۱۲۶۵۱	۲/۸
۸	تولید سیمان و آهک و گچ	۱۱۸۹۲	۲/۶
۹	تولید وسایل نقلیه موتوری	۷۰۶۶	۱/۵
۱۰	تولید مواد شیمیایی اساسی به جز کود و ترکیبات ازت	۵۴۹۴	۱/۲
۱۱	تولید محصولات سرامیکی نسوز-عایق حرارت	۵۰۰۱	۱/۱
۱۲	تولید فرآورده‌های لبنی	۴۹۳۴	۱/۱
۱۳	تولید الیاف مصنوعی	۳۸۳۲	۰/۸
۱۴	تولید کالاهای سرامیکی غیر نسوز غیر ساختمانی	۳۲۶۷	۰/۷
۱۵	تولید انواع موتور سیکلت	۳۲۰۵	۰/۷
۱۶	کل صنایع و کارگاه‌های بالاتر از ۵۰ نفر کارکن	۴۵۸۳۲۴	۱۰۰

\* باید توجه شود که بالا بودن آب خریداری شده توسط کارخانجات قند و شکر کشور، دلیل بر مصرف این حجم آب در فرایند کارخانه‌های قند نمی‌باشد چرا که اغلب کارخانجات آب خریداری شده را برای تأمین آب شرب منازل و آبیاری زمین‌های کشاورزی اطراف کارخانه نیز مصرف می‌نمایند.

آب، این میزان حتی به کمتر از ۱ مترمکعب نیز می‌رسد. در صورتی که بازگردش آب با "اصول تولید پاک" توأم گردد، میزان تولید فاضلابی که نیاز به تصفیه داشته به ۰/۵ مترمکعب به ازای هر تن نیشکر تنزل خواهد یافت [۱۲]. هم‌چنین در کارخانجات قند نیشگری تایوان، تمامی سیستم‌های مرتبط با مصرف آب بر اساس موازنه‌ی جرم و موازنه‌ی آب بررسی شده‌اند و طراحی برای رسیدن به فاضلاب صفر پیشنهاد شده است که در آن فقط بخش کوچکی از نیاز آبی کارخانه، با آب تازه تأمین می‌شود [۳]. طی سال‌های اخیر، در کارخانجات قند ایران (به خصوص کارخانه‌های قند خراسان) اقداماتی در جهت کاهش مصرف آب صورت گرفته است؛ به طوری که ادعا می‌شود در کارخانه‌های قند خراسان، میزان مصرف آب به طور متوسط ۳۰-۴۵ درصد کاهش یافته است [۱]. در کارخانه قند نقش جهان اصفهان توانسته‌اند با استفاده از بازیافت و استفاده مجدد از پساب‌ها، میزان فاضلاب خروجی را ۵۰-۷۰ درصد کاهش دهند [۵] و یا در کارخانه قند شیروان با جداسازی گل صافی و گل خروجی از کلاریفایر، ضمن کاهش میزان مصرف آب و حجم فاضلاب تولیدی، راندمان تصفیه فاضلاب را افزایش داده‌اند [۴]. در برخی کارخانجات دیگر نیز اقدامات مشابهی در جهت کاهش مصرف آب صورت گرفته و یا در دست اقدام است.

## روش کار

برای ارائه یک برنامه مناسب و اقتصادی جهت کاهش مصرف آب، نیاز به فراهم آوردن اطلاعات کافی در مورد مکان‌های مصرف آب، میزان مصرف آب، کیفیت مورد نیاز آب مصرفی و خصوصیات پساب خروجی از واحدها و نیز امکانات لازم برای بازیافت و استفاده‌ی مجدد از آب می‌باشد. به کارگیری یک برنامه مناسب ممیزی آب دستیابی به چنین اطلاعاتی را آسان و نتایج حاصله را دقیق‌تر می‌نماید. با ممیزی آب، ضمن بررسی تفصیلی فرایند و کسب آگاهی بیشتر از جریان مواد و تمرکز بر امکانات کاهش مصرف آب، برنامه‌ای مناسب و اقتصادی جهت کاهش مصرف آب می‌توان تهیه و ارائه نمود.

برای ممیزی آب در کارخانه قند اصفهان از دستورالعمل بین‌المللی ممیزی و کاهش آلاینده‌ها و پسماندهای صنعتی که توسط دفتر صنعت و محیط زیست برنامه محیط زیست ملل متحد (UNEP/IEO)<sup>۲</sup> و سازمان توسعه ملل متحد (UNIDO)<sup>۳</sup> تدوین شده است، استفاده گردید [۱۱]. هر چند این دستورالعمل برای ممیزی پسماندهای صنعتی تدوین گردیده است، لکن با تغییراتی که در مراحل پیشنهادی آن داده شد، جهت استفاده در ممیزی آب مناسب گردید (شکل ۱).

## مراحل انجام ممیزی

### فاز اول: ارزیابی مقدماتی

در این مرحله ضمن شناسایی واحدهای مختلف کارخانه قند اصفهان و عملکرد آن‌ها، فلودیگرامی از فرایند کارخانه تهیه شد که در آن، ارتباط واحدهای مختلف مشخص گردیده است (شکل ۲).

کارخانه قند اصفهان بیش از ۳۰ سال پیش توسط یک شرکت فرانسوی در منطقه خوراسگان شهر اصفهان با ظرفیت اسمی ۴۰۰۰ تن چغندر قند در روز احداث گردیده است. ظرفیت عملی کارخانه با توجه به شرایط کار کارخانه و مقدار چغندر خریداری شده در سال تغییر می‌کند. در این بررسی ظرفیت عملی کارخانه ۲۹۸۰ تن در روز (متوسط مصرف چغندر از تاریخ ۷۸/۷/۵ لغایت ۷۸/۱۰/۱۰ که هر دو عصاره‌گیر کارخانه مشغول کار بوده‌اند) در نظر گرفته شده است.

### فاز دوم: موازنه‌ی جرمی و آب

در فاز دوم با جمع‌آوری اطلاعاتی پیرامون مواد اولیه، محصولات و فرآورده‌های تولیدی کارخانه و تعیین میزان مصرف آب و حجم پسماندهای خروجی از فرآیند، موازنه‌ی جرمی (شکل ۳) و موازنه‌ی آب (شکل ۲) برای کارخانه قند اصفهان برقرار گردید. مطابق این موازنه مقدار آب تازه مصرفی کارخانه در حدود ۳۳۸ مترمکعب به ازای صد تن چغندر برآورد گردیده است [۲].

<sup>۲</sup> United Nations Environment Programme/Industry and Environment Office  
<sup>۳</sup> United Nations Industrial Development Organization

<sup>۱</sup> Clean Production Principles

## راهنمای کلی ممیزی

فاز اول  
ارزیابی مقدماتی

آمادگی برای انجام بررسی  
مرحله ۱- سازماندهی تیم بررسی کننده و تأمین امکانات لازم  
مرحله ۲- تقسیم فرایند تحت بررسی به اپراسیون‌های واحد  
مرحله ۳- تنظیم فلودیاگرام ارتباط اپراسیونای واحد با یکدیگر

فاز دوم

موازنه جرمی

آنچه به فرایند وارد می‌شود  
مرحله ۴- تعیین واردات فرایند  
مرحله ۵- ثبت مصارف آب  
مرحله ۶- تعیین میزان کنونی بازیافت یا استفاده مجدد از پسماندها

تدوین موازنه جرمی  
مرحله ۱۱- تلفیق اطلاعات مربوط به واردات و صادرات فرایند  
مرحله ۱۲- تدوین موازنه جرمی مقدماتی  
مرحله ۱۳ و ۱۴- ارزیابی و تلفیق موازنه جرمی

آنچه از فرایند خارج می‌شود  
مرحله ۷- تعیین مقدار فرآورده‌ها و محصولات فرعی  
مرحله ۸- بررسی فاضلاب  
مرحله ۹- بررسی گازهای منتشره  
مرحله ۱۰- بررسی پسماندهایی که به خارج از کارخانه حمل می‌شوند.

فاز سوم

تلفیق

شناسایی امکان‌های کاهش پسماندها  
مرحله ۱۵- مشخص کردن اقدامات بدیهی به منظور کاهش پسماندها  
مرحله ۱۶- شناسایی و تعیین خصوصیات پسماندهای مساله ساز  
مرحله ۱۷- بررسی امکان جداسازی پسماندها از یکدیگر  
مرحله ۱۸- مشخص کردن اقدامات درازمدت کاهش پسماندها

ارزیابی طرح کار کاهش پسماندها  
مرحله ۱۹- انجام ارزیابی زیست محیطی و اقتصادی در مورد هر یک از امکان‌های موجود برای کاهش پسماندها و فهرست کردن فایده‌های قابل اجرا

تدوین طرح کار کاهش پسماندها  
مرحله ۲۰- طراحی و اجرای طرح کار کاهش پسماندها به منظور اصلاح بازده فرایند

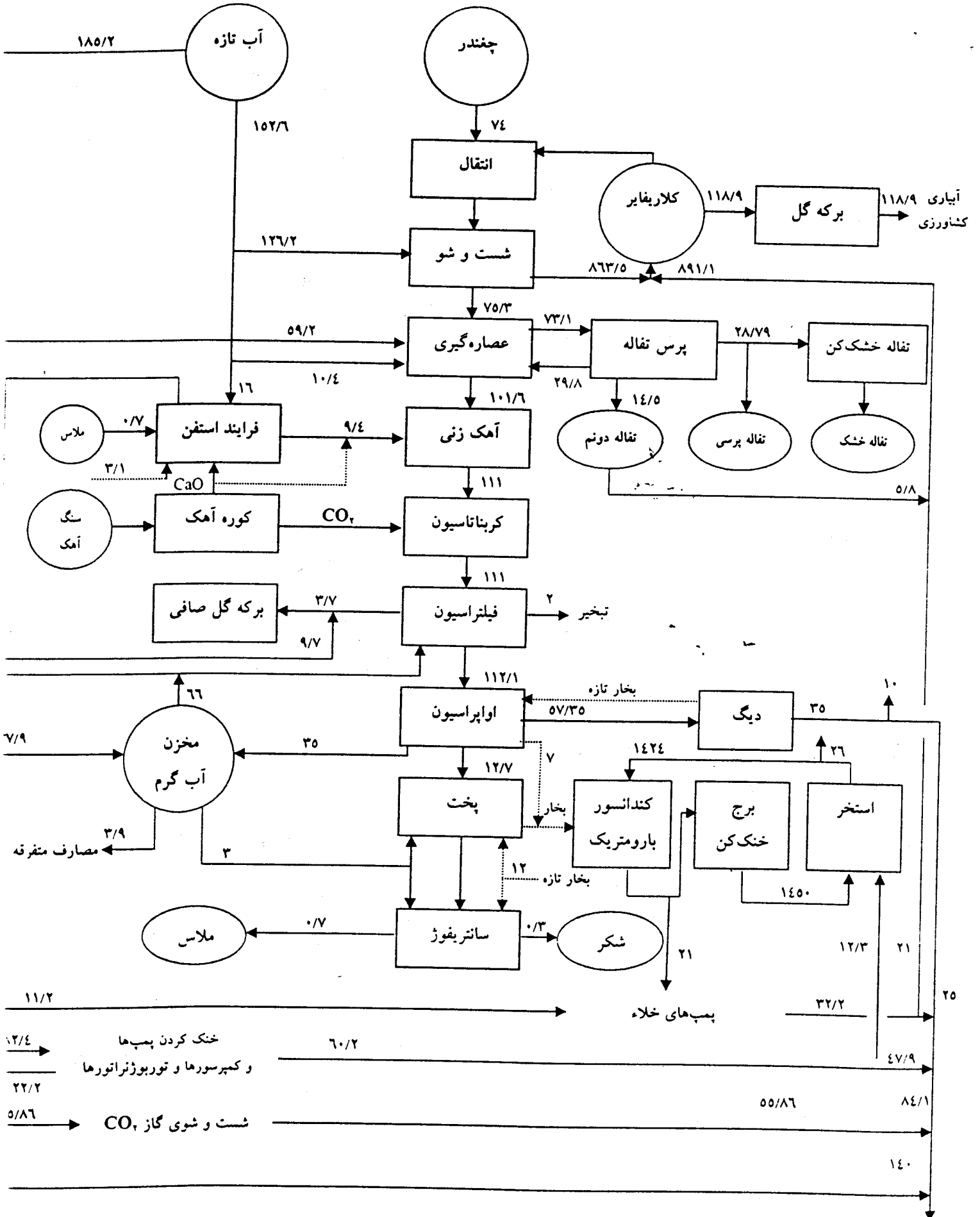
شکل ۱- راهنمای کل ممیزی و کاهش آلاینده‌ها و پسماندهای صنعتی [۱۱].

فاز سوم : تلفیق (تجزیه و تحلیل)

در فاز سوم با بررسی اقتصادی و زیست محیطی روش‌های مختلف کاهش مصرف آب در هر کدام از واحدهای کارخانه قند و نیز امکان استفاده مجدد از پساب واحدهای مختلف در سایر واحدها، خط جدیدی از حرکت آب و پسماندها برای کارخانه قند اصفهان پیشنهاد شد.

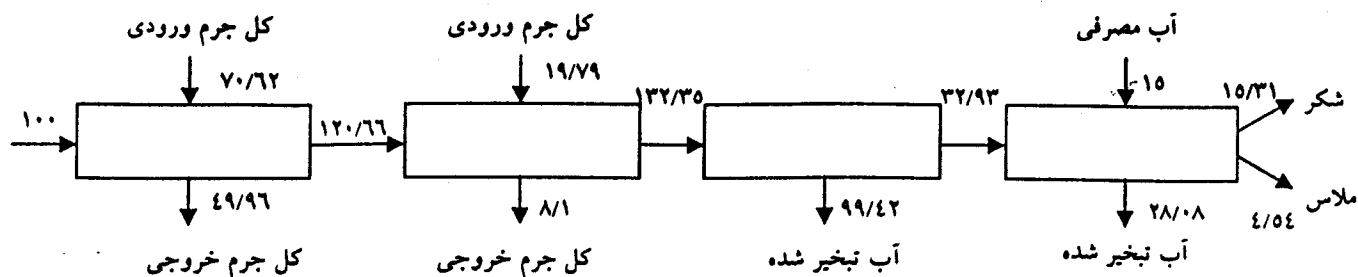
### نتایج و مشاهدات

وضعیت مصرف آب در کارخانه قند اصفهان با توجه به موازنه آب برقرار شده در شکل ۲، وضعیت مصرف آب در مدارهای آب و واحدهای مختلف کارخانه در زیر مورد بررسی قرار می‌گیرد [۲].



تصفیه فاضلاب

شکل ۲- موازنه آب فرآیند کارخانه قند اصفهان (تن به ازای صد تن چغندر) [۲].



شکل ۳- موازنه جرم فرآیند کارخانه قند اصفهان (تن به ازای صد تن چغندر) [۲].

باز گردانید و ۲۰ درصد بقیه را نیز به واحد تصفیه بیولوژیکی منتقل کرد، تمام این آب از دسترس خارج می‌شود.

تمام آب مورد نیاز برای شست و شوی چغندر از آب تازه تأمین می‌شود، در حالی که می‌توان از آب مدار انتقال و شست و شو استفاده کرد. برای آبکشی نهایی چغندر، می‌توان از آب تازه، آب کندانس، آب کندانسور پارومتریکی یا آب خنک کننده پمپ‌ها (معادل میزان آب منتقل شده به واحد تصفیه بیولوژیکی) استفاده کرد.

ب- مدار آب فرایندی  
واحد عصاره‌گیری

به علت پائین بودن ظرفیت پرس‌های تفاله و کارایی نامناسب خرده تفاله‌گیر از آب تفاله، مقدار قابل توجهی تفاله دوم تولید می‌گردد که بخش عمده‌ای از آن را آب تفاله تشکیل می‌دهد. از این رو، بلا افزودن دستگاه پرس و افزایش کارایی خرده تفاله‌گیر، می‌توان در حدود ۱۰ تن به میزان آب تفاله افزود و ضمن کاهش میزان مصرف آب، ضایعات قندی دیفوزیون را نیز کاهش داد. در صورتی که از دستگاه پرس فشار قوی به صورت سری یا سایر دستگاه‌های پرس موجود استفاده شود، میزان ماده خشک تفاله پرس شده و در نتیجه مقدار آب تفاله افزایش می‌یابد. علاوه بر ظرفیت پایین دستگاه‌های پرس، توان آن‌ها در پرس کردن تفاله نیز مطلوب نیست؛ به طوری که میزان ماده خشک تفاله پرس شده در هنگام پایین بودن مصرف چغندر نیز از حدود ۱۷ درصد تجاوز نمی‌نماید. از این رو می‌توان با بهینه‌سازی شرایط استخراج شربت از خلال و کاربرد کمک پرس کننده، میزان ماده خشک تفاله پرس شده را افزایش داد.

میزان کشش شربت خام (۱۲۰ درصد وزنی چغندر) در مقایسه با میزان کشش شربت خام در عصاره‌گیرهای RT

الف- مدار آب انتقال و شست و شو

نبود سیستم مناسبی جهت گرفتن آشغال‌ها، دمبرگ‌ها و قطعات ریز چغندر و ... علاوه بر این که باعث افزایش آلودگی آب و در نتیجه بالا رفتن فعالیت میکروارگانیسم‌ها می‌شود که نه تنها تأثیر سوئی بر میزان افت قند چغندر در جریان انتقال و شست و شو دارد، بلکه باعث افزایش دفع گل از استخر، بروز اشکال در تخلیه گل استخر و استفاده از نیروی انسانی بیشتر برای تمیز کردن آشغال‌های همراه گل نیز می‌شود.

با وجود این که میزان ناخالصی همراه چغندر در حدود ۳-۵ درصد چغندر است، لکن مشاهده می‌شود که میزان مصرف آب برای انتقال چغندر در حد بالاترین میزان مصرف آب برای انتقال چغندر در کشورهای اروپایی با ناخالصی زیاد چغندر (در حدود ۲۰-۱۲ درصد) می‌باشد. شاید به نظر برسد که به علت بازگردش آب، کاهش مصرف زیاد آب مصرفی برای انتقال چغندر کم اهمیت باشد، لکن مصرف زیاد آب باعث پایین آمدن مدت زمان ماند آب گل آلود در کلاریفایر شده و از ترسیب مؤثر ذرات معلق و در نتیجه از تغلیظ مناسب گل ته‌نشین شده جلوگیری به عمل می‌آورد. این مسئله همراه با مشکل ذکر شده در قسمت ۱، باعث می‌شود که میزان خاک گل در حد ۲۵-۴۲ گرم در لیتر (به جای ۳۰۰ گرم در لیتر) شود.

آب ترشح شده از تفاله‌های پرس شده و دوم که به طور موقت در محوطه تخلیه می‌گردند و نیز فاضلاب‌های متفرقه از قبیل فاضلاب شست و شوی صافی‌های استوانه‌ای گردان و شست و شوی کف کارخانه و ... که دارای بار آلودگی بالایی نیز می‌باشند، وارد مدار آب انتقال و شست و شو شده و باعث افزایش آلودگی آن می‌گردند. در حالی که می‌توان ۸۰ درصد از آب گل خارج شده از استخر گل را دو باره به مدار آب انتقال و شست و شو

بالا می‌باشد. سعی در کاهش کشش شربت خام ضمن کاهش نیاز به مصرف آب تازه، از افزایش میزان آب شربت که بایستی در واحد اوپراسیون بخار شود جلوگیری می‌نماید.

واحد تصفیه

آبی که برای شربت شویی گل کربناتاسیون به کار می‌رود وارد شربت شده و باعث افزایش حجم آب آن می‌گردد؛ در حالی که می‌توان با استفاده از آب شیرین حاصل در تهیه شیر آهک یا حل کردن کیک ساکارات کلسیم در واحد قندگیری از ملاس، نیاز آبی آن واحدها را نیز برآورده نمود.

گل کربناتاسیون با پساب فرایند استفن رقیق شده به صورت مایع به برکه گل کربناتاسیون هدایت می‌شود. این امر ضمن افزایش مشکلات زیست محیطی گل کربناتاسیون، باعث افزایش آلودگی گل کربناتاسیون می‌شود. از طرفی نیز ذرات گل باقی مانده در پساب استفن باعث افزایش رسوبات در سیستم تصفیه بیولوژیکی می‌شود.

واحد اوپراسیون

حجم بخار تازه مصرفی در واحد اوپراسیون (۷۵-۷۰ تن بخار به ازای صد تن چغندر) در مقایسه با میزان بخار مصرفی که امروزه در کشورهای اروپایی پیشنهاد می‌شود (حدود ۲۰ تن بخار به ازای صد تن چغندر قند) بالاست که علت این امر می‌تواند در موارد زیر خلاصه شود:

استفاده از سیستم تبخیر تحت خلا با دمای پایین بخار ورودی (حدود  $130^{\circ}\text{C}$ )

استفاده بیشتر از دم بدنه‌های اول اوپراسیون به جای بدنه‌های آخر اوپراسیون

عدم استفاده بهینه از حرارت موجود در دم‌ها

بالا بودن مصرف بخار تازه باعث می‌شود که از میزان آب کندانس اضافی کاسته شود، چرا که قسمت عمده‌ای از آب‌های کندانسی برای تأمین آب دیگ‌های بخار مصرف می‌گردد.

واحد کریستالیزاسیون و سانتریفوژ

غلظت شربت غلیظ ورودی (بریکس ۶۱/۵) در مقایسه با غلظت‌هایی که امروزه برای شربت غلیظ در نظر گرفته می‌شود (بریکس ۷۵-۷۰) پایین است که این امر باعث افزایش ضایعات آب در کندانسور بارومتريک می‌شود.

آپارات‌های پخت از نوع غیر مداوم می‌باشند که مصرف بخار آب آن‌ها نسبت به آپارات‌های پخت مداوم بیشتر است.

در آپارات‌های پخت به علت عدم وجود همزن مکانیکی، از دم بدنه‌ی اول استفاده می‌شود؛ لذا در صورت نصب همزن، می‌توان از دم بدنه‌های بعدی اوپراسیون استفاده نموده مقدار بخار تازه مصرفی در اوپراسیون را کاهش داد.

به داخل آپارات‌های پخت، به منظور جلوگیری از تشکیل دانه‌های کاذب در لحظه تخلیه، مقداری آب پاشیده می‌شود که باید از این عمل و هرگونه فعالیتی که موجب رقیق شدن پخش شود، خودداری نمود.

واحد قندگیری از ملاس (استفن)

در واحد قندگیری از ملاس، از آب تازه برای رقیق کردن ملاس و شست و شوی کیک اضافی استفاده می‌شود و برای حل کردن کیک ساکارات کلسیم از آب کندانس استفاده می‌شود. پساب قندگیری از ملاس نیز برای رقیق‌سازی گل کربناتاسیون به کار می‌رود و پس از ترسیب، گل آن در برکه‌ی گل کربناتاسیون به واحد تصفیه بیولوژیکی منتقل می‌گردد.

ج- مصارف آب خارجی

آب‌های خنک کننده

آب خنک کن کلیه پمپ‌ها از آب تازه تأمین می‌شود و سپس به سیستم فاضلاب کارخانه دفع می‌شود. آب خنک کن یاتاقان‌های دو واحد از آسیاب‌ها به استخر آب تازه برگشت داده می‌شود و آب خنک کننده‌ی یکی دیگر از آسیاب‌ها به فاضلاب تخلیه می‌گردد.

آب خنک کننده کمپرسور به استخر آب تازه برگشت داده می‌شود. قسمتی از آب خنک کننده توربوژنراتورها به مقدار آب کندانسور بارومتريک (۱۲/۳ مترمکعب به ازای صد تن چغندر) اضافه می‌شود، قسمتی به فاضلاب (۷/۶ مترمکعب به ازای صد تن چغندر) تخلیه می‌شود و بقیه (۶/۳ مترمکعب به ازای صد تن چغندر) به استخر آب تازه برگشت داده می‌شود.

بقیه مصارف آب

آب مورد نیاز برای پمپ‌های خلا، شست و شوی گاز  $\text{CO}_2$ ، شست و شوی تجهیزات، شست و شوی کف

کارخانه، مصارف آزمایشگاه و مصارف بهداشتی و ... بقیه مصارف آب را تشکیل می‌دهند که وضعیت تأمین این آب‌ها در شکل ۲ مشخص شده است.

### برنامه پیشنهادی برای کاهش مصرف آب کارخانه

با توجه به وضعیت مصرف آب در کارخانه قند اصفهان، برنامه‌ای در سه مرحله بر اساس هزینه‌های مورد نیاز برای اعمال روش‌های کاهش مصرف آب پیشنهاد می‌گردد:

مرحله اول: استفاده مجدد از آب

تمرکز برنامه در این مرحله، بیشتر بر روی استفاده مجدد از آن دسته پساب‌هایی است که بدون داشتن نیاز به تصفیه‌ای خاص، قابل استفاده در واحدهای واحدهای دیگری باشند. هزینه‌های مربوط به این مرحله بیشتر مربوط به لوله‌کشی، ایستگاه پمپاژ و جداسازی پساب‌ها از همدیگر می‌شود که با کاهش دادن هزینه‌های مربوط به تصفیه فاضلاب کارخانه از طریق تقلیل میزان پسماندهای تولیدی، قابل توجیه است.

اقداماتی که در این مرحله پیشنهاد می‌گردد عبارتند از: از آنجایی که پساب خروجی از برکه‌ی گل بدون استفاده مجدد به بیرون از کارخانه هدایت می‌شود، توصیه می‌گردد که این پساب‌ها جمع‌آوری شده، ۸۰ درصد آن در مدار انتقال و شست و شو و ۲۰ درصد در شست و شوی گاز CO<sub>2</sub> مورد استفاده مجدد قرار گیرد. در این صورت فقط معادل ۲۰ درصد پساب خروجی از برکه گل، آب تازه در آب کشیدن چغندرها در واحد شست و شو به مصرف می‌رسد.

برای شست و شوی کف کارخانه از پساب پمپ‌های خلاء استفاده شود.

برای تأمین آب مورد نیاز برای شست و شوی چغندر، خنک کردن پمپ‌ها و قسمتی از آب مورد نیاز واحد عصاره‌گیری، از پساب خنک کننده توربوژنراتور و کمپرسورها استفاده شود.

برای رقیق کردن ملاس در واحد قندگیری از ملاس و تأمین آب جیرانی کندانسور بارومتریک از پساب خنک کننده پمپ‌ها استفاده گردد.

برای جبران مابقی آب مورد نیاز برای شست و شوی گاز CO<sub>2</sub>، از زیر آب دیگ بخار استفاده گردد.

آب شیرین حاصل از شست و شوی گل صافی در تهیه شیر آهک به مصرف برسد.

از نشتی آب و بازماندن بی‌مورد شیرها، آب خنک کننده پمپ‌ها و کمپرسورها هنگامی که پمپ خاموش است و همچنین از به هدر رفتن آب‌های کندانسه در کوره بخار و سایر قسمت‌ها جلوگیری به عمل آید.

با ایجاد کانال‌های مجزا برای بازگرداندن نشتی‌های مختلف به جریان‌های مربوطه، از افزایش ضایعات قندی و بالا رفتن بار آلودگی فاضلاب کارخانه جلوگیری شود.

با استفاده مجدد از پساب واحد قندگیری از ملاس در ترفیق ملاس در دوره‌های ۶ ساعته و سپس تخلیه آن به فاضلاب، حجم آب مصرفی برای ترفیق ملاس کاهش یابد.

مرحله دوم: کاهش از طریق کنترل مصرف آب در این مرحله پس از مطالعه جریان مواد (آب، بخار، مواد اولیه و محصولات مختلف) و تعیین مقدار بهینه مصرف آب برای قسمت‌ها و واحدهای مختلف، با نصب دبی متر در مسیرهای جریان، مقدار مصرف آب در هر کدام از واحدها کنترل می‌گردد.

با توجه به زمان بر بودن مطالعه و هزینه‌های نصب دبی متر و کاهش نامحسوس تر آب نسبت به مرحله اول، اقدامات مربوط به کاهش مصرف آب از طریق کنترل جریان، در مرحله‌ی بعدی اهمیت قرار دارند. از جمله کنترل‌هایی که منجر به کاهش مصرف آب می‌شوند می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

کنترل آب ورودی به عصاره‌گیر و پایین آوردن کشش شربت خام

کنترل شیر آهک مصرفی در آهک زنی

کنترل آب مصرفی در شربت شویی گل صافی

کنترل آب مصرفی در آپارات‌های پخت و

کریستالیزاسیون

کنترل جریان بخار در تجهیزات و مبدل‌های حرارتی

مختلف

کنترل زیر آب دیگ‌های بخار [۹].

مرحله سوم: کاهش مصرف آب از طریق تغییر فرایند با استفاده از تجهیزات و فرایندهایی که به آب کمتری نیاز دارند، می‌توان مقدار مصرف آب را کاهش داد. تحلیل اقتصادی این تغییرات با توجه به هزینه‌ها و منافع حاصل از



تغییر فرایند و استفاده از تجهیزات و دستگاه‌های جدید، از اهمیت خاصی برخوردار است. با توجه به شرایط کارخانه قند اصفهان، اقدامات زیر برای کاهش مصرف آب پیشنهاد می‌گردد:

#### افزایش کارایی پرس‌های تفاله کارخانه

با توجه به این که کارایی پرس‌های موجود مخصوصاً به هنگام بالا رفتن میزان مصرف چغندر کارخانه، به طور محسوسی کاهش می‌یابد، توصیه می‌شود با افزودن یک دستگاه پرس فشار قوی به طور متوالی و یا یک دستگاه پرس افقی به صورت سری در کنار پرس‌های موجود و یا با استفاده از کمک پرس کننده، کارایی قسمت پرس کردن تفاله افزایش داده شود. این اقدام ضمن کاهش دادن میزان سوخت مصرفی در تفاله خشک کن، موجب افزایش آب تفاله برگشتی به عصاره‌گیر شده و میزان مصرف آب تازه در واحد عصاره‌گیری را نیز کاهش می‌دهد. در ضمن از نشستی آب تفاله‌های تر و دونم و راه‌یابی آن‌ها به جریان فاضلاب و در نتیجه افزایش بار آلودگی فاضلاب کارخانه هم جلوگیری به عمل می‌آورد [۹].

#### تبدیل اوپراسیون تحت خلاء به تحت فشار

با مطالعه میزان مقاومت شربت در مقابل حرارت‌های بالاتر، امکان تبدیل اوپراسیون تحت خلاء به تحت فشار مورد بررسی قرار گیرد. این اقدام باعث جلوگیری از به هدر رفتن آب‌های کندانه بدنه آخر شده و نیز باعث افزایش غلظت شربت غلیظ و در نتیجه کاهش نیاز واحد پخت به بخار می‌گردد [۱۴].

تبدیل سیستم قندگیری از ملاس به روش کروماتوگرافی تصفیه پساب واحد قندگیری از ملاس به روش استفن با مشکلاتی همراه است که استفاده از روش کروماتوگرافی در قندگیری از ملاس ضمن بزطرف کردن نیاز به آب

رقیق‌سازی، باعث رفع مشکلات تصفیه پساب واحد قندگیری نیز می‌شود [۱۴].

تغییر روش انتقال گل صافی به صورت نیمه مایع یا خشک با توجه به این که رقیق‌سازی گل صافی با استفاده از پساب واحد استفن و انتقال آن به برکه گل صافی، باعث افزایش بار آلودگی فاضلاب و بروز مشکل در امر تصفیه آن و نیز موجب ایجاد مشکلات زیست محیطی هنگام انتقال گل خشک شده می‌گردد، توصیه می‌شود که گل به صورت نیمه مایع و یا خشک انتقال داده می‌شود [۱۳].

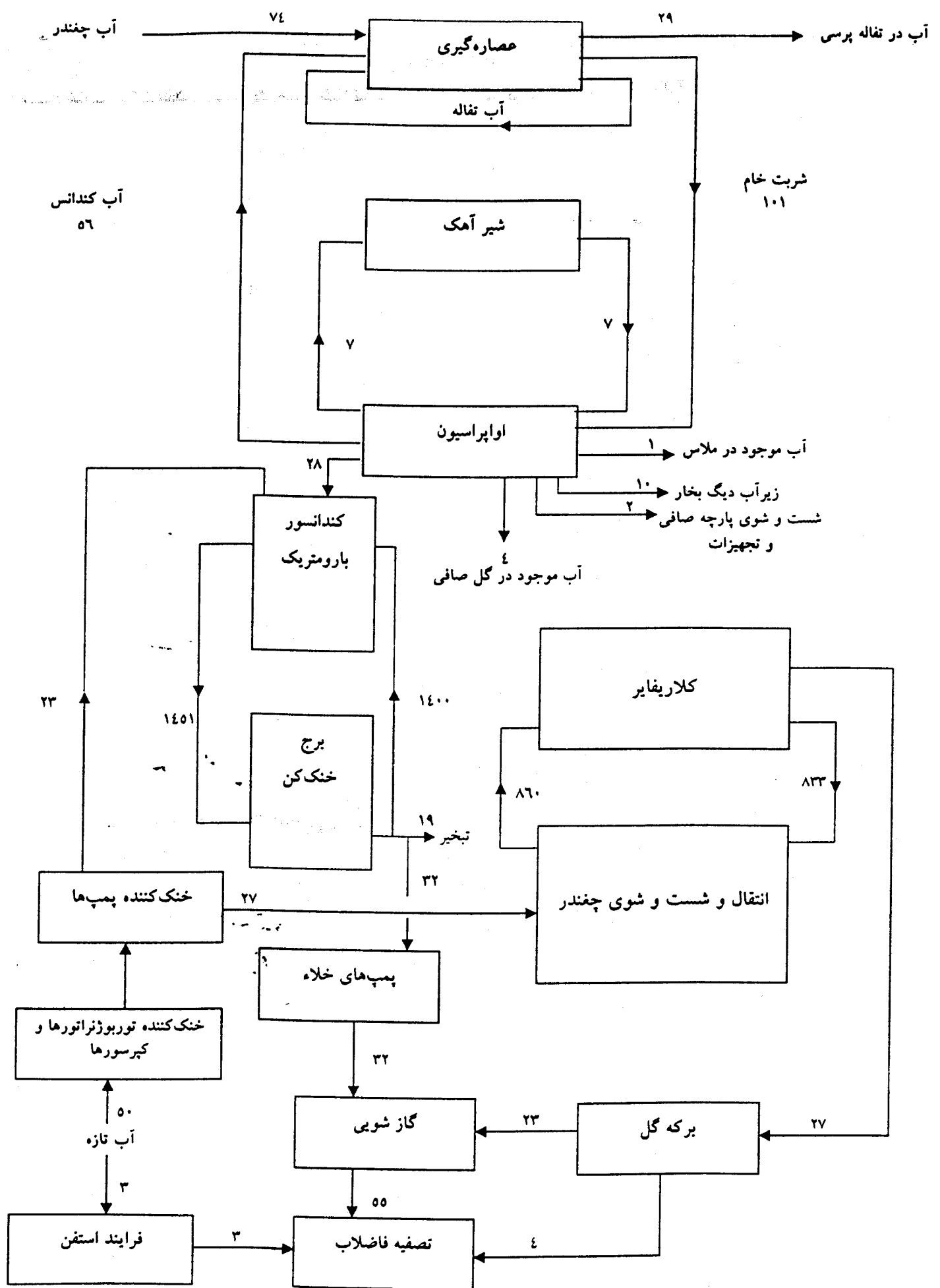
#### افزودن بدنه پیش تبخیر قبل از واحد اوپراسیون

این اقدام ضمن افزایش کارایی واحد اوپراسیون و افزایش غلظت شربت غلیظ، باعث کاهش آلودگی آب‌های کندانه بدنه‌های اول و دوم به مواد قندی شده، از بروز مشکل در تأمین آب مورد نیاز دیگ‌های بخار جلوگیری به عمل می‌آورد [۱۴].

علاوه بر روش‌های فوق، روش‌های دیگری نیز برای کاهش مصرف آب در کارخانجات قند وجود دارد که برای مطالعه آن‌ها می‌توان به مرجع [۲] مراجعه نمود.

#### نتیجه‌گیری

با اعمال روش‌های پیشنهادی کاهش مصرف آب در مرحله اول، میزان مصرف آب تازه کارخانه از ۳۳۸ مترمکعب به کمتر از ۱۵۰ مترمکعب به ازای هر صد تن چغندر کاهش می‌یابد. در صورت انجام مراحل بعدی برنامه‌ی کاهش مصرف آب، می‌توان میزان مصرف آب تازه کارخانه را تا میزان ۵۰ مترمکعب به ازای صد تن چغندر نیز کاهش داد (شکل ۴) [۲].



شکل ۴- خط جدید پیشنهادی حرکت آب و پسابها در کارخانه قند اصفهان [۲].

## منابع و مراجع

- ۱- آقا میری، (۱۳۷۵). "محیط زیست و کارخانه‌های قند". مجموعه مقالات هجدهمین دوره سمینار کارخانه‌های قند و شکر در استان خراسان، ص ۳۱-۳۳.
- ۲- بابایی‌نژاد پیروز، م. (۱۳۷۹). "ممیزی و کاهش مصرف آب در صنعت قند با نگرشی به کارخانه قند اصفهان". پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران، گرایش محیط زیست، دانشگاه صنعتی شریف.
- ۳- پورسید، م. ب. (۱۳۷۶). "روش دستیابی به فاضلاب صفر در کارخانه‌های نیشکری". مجله صنایع قند ایران، شماره ۱۱۴، ص ۳۰۶-۳۱۶.
- ۴- شاملو، (۱۳۷۵). "فعالیت‌های کارخانه قند شیروان در رابطه با مسائل تصفیه فاضلاب". مجموعه مقالات هجدهمین دوره سمینار کارخانه‌های قند و شکر در استان خراسان، ص ۳۴-۳۵.
- ۵- شعبان‌پور، م. (شهریور ۱۳۷۶). "فاضلاب در اصفهان". نوزدهمین دوره سمینار کارخانه‌های قند و شکر در استان خراسان، ص ۸۳-۹۸.
- ۶- محرم‌نژاد، ن. (۱۳۷۷). "محیط زیست و صنعت قند". مجموعه مقالات بیستمین دوره سمینار کارخانه‌های قند و شکر در استان خراسان، ص ۱۶۴-۱۶۰.
- ۷- عمادزاده، م. ح. (۱۳۷۸). "مقاله اثرات زیست محیطی کارخانه‌های قند". مجموعه مقالات بیست و یکمین دوره سمینار کارخانه‌های قند در استان خراسان، ص ۲۷۱-۲۸۰.
- ۸- مرکز آمار ایران، (۱۳۷۹). "نتایج آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی ۵۰ نفر کارکن و بیشتر کشور در سال ۱۳۷۷". طرح آمارگیری از کارگاه‌های صنعتی کشور، تهران.
- ۹- نوری‌ریزی، س. (۱۳۷۸). "استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده، راهکار تأمین منابع آب". نشریه آب و محیط زیست، شماره ۳۴، ص ۱۲-۴.
- ۱۰- وحدتی‌نیک‌زاد، آ. (۱۳۷۹). "پژوهشی در جنبه‌های مهندسی سیستم‌های مدیریت زیست محیطی ایزو ۱۴۰۰۱". پایان نامه کارشناسی ارشد عمران-محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، شماره (ف.م/۱۱۳۳).
- 11- UNIDO-UNEP/IEO, (1991). "Audit and Reduction Manual for Industrial Emissions and Wastes", First Edition.
- 12- Baguant, J., Ramjeawon, T. (1996). "Water Management in Mauritius", International Sugar Journal, Vol:98, No: 1171, pp. 351-358.
- 13- McGinnis, R.A. (1984). "Beet-Sugar Technology", 3<sup>rd</sup> Edition, Colorado, Robinson-Warfield Company.
- 14- Van der Poel, P. W., Schiweck, H., Schwartz, T. (1998). "Sugar Technology, Berlin". Verlag, Dr. Albert Bartens.