فصلنامه علوم محیطی، دوره چهاردهم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۵

۶۱-۶۸

مدل پینچ آبی(Water Pinch) برای استفاده مجدد پساب فرآوری مس با به‌کارگیری دو آلاینده به‌صورت همزمان

ناصر مهردادی[۱]، علی ترابیان[۱]، امیر خاکپور[۲*]، مژده سروش[۳]

[۱] استاد گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

[۲] دانش‌آموخته دکترای مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

[۳] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۷/۰۹ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۲/۲۲

چکیده

امروزه کاهش پساب یکی از بزرگترین مسائلی است که در صنایع فرآیندی با آن مواجه هستیم و از آنجاکه پساب، یکی از آلاینده‌های تولیدی مهم در فرآیندها است، توانایی احیا پساب برای مصرف مجدد آب و کاهش مصرف آب تازه، گام مهمی است که به‌سوی کاهش کلی پساب برداشته می‌شود. این مقاله کمینه‌سازی مصرف آب و تولید پساب در صنایع مس و در سه واحد مجتمع مس خاتون‌آباد را بررسی می کند برای این منظور. روش مرسوم کاهش آب و روشی نوین با نام تکنولوژی پینچ آبی توضیح داده شده‌اند. در این مقاله سه پارامتر TSS، TDS و کدورت به صورت دو پارامتر همزمان بررسی شده است. در حالت اول، دوم و سوم، به ترتیب پارامترهای TDS،TDS-TSS - کدورت و کدورت-TSS در مدل پینچ آبی در نظر گرفته شد. نتایج این تحقیقات و به‌کارگیری روش پینچ نشان می‌دهد که به ترتیب می‌توان ۳۷۹، ۲۲ و ۴۰۱ مترمکعب در روز در مصرف آب خام معادل ۲۵، ۱/۴۶ و ۲۶ درصد صرفه‌جویی کرد. بیشترین میزان کاهش مصرف آب با در نظر گرفتن دو شاخص کدورت-TSS به‌طور هم‌زمان رخ خواهد داد.

کلمات کلیدی: کمینه‌سازی، مدل پینچ آبی، مجتمع مس خاتون‌آباد، دو آلاینده.

The Water Pinch Model for Reusing Copper Processing Waste Water using Two Pollutants Simultaneously

Naser Mehrdadi[1], Ali Torabian[1], Amir Khakpour[2] & Mojdeh Soroush[3*]

[1] *Prof., Department of Environmental Engineering, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran*

[2] *Ph.D.., Department of Environmental Engineering, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran*

[3] *MSc., Assessment and Land Use, Department of Environment and Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran*

Abstract

Today, reducing waste water as one of the greatest challenges we face in the industrial process and, since the wastewater is one of the major pollutants produced in that process, the ability to restore and reuse water and to reduce water consumption represents an important step towards overall waste water reduction. This article investigates the minimization of water consumption and wastewater in the copper industry and, specifically, in Unit Three of the Khatoon Abad copper complex. One conventional method and one new method named Water Pinch are described for this purpose. In the first, second and third modes, respectively, the TSS-TDS, Turbidity-TDS and TSS-Turbidity parameters were considered as the indicators. The results showed a saving in raw water consumption of 379, 22 and 401 m^3/day (equal to 25, 1.46 and 26 %), respectively, which is a significant amount.

Keywords: Minimization, Water Pinch model, Khatoon Abad copper complex, Pollutant.

* Corresponding Author. *E-mail Address*: Khakpour@celco.ir

۱- مقدمه

با افزایش آگاهی عمومی در مورد خطراتی که با مصرف بیش از حد آب، محیط زیست را تهدید می‌کند و افزایش قیمت آب مصرفی فرآیندهای صنعتی، همچنین به‌دلیل اعمال استانداردهای محیط زیستی در مورد غلظت مجاز آلاینده‌ها در جریان‌های خروجی قابل‌تخلیه به محیط پیرامون که طبیعتاً باعث افزایش هزینه‌های تصفیه نیز می‌شود[۱]، لزوم کاهش مصرف آب و در نتیجه کاهش تولید فاضلاب به‌طور جدی احساس می‌شود[۲]. در بیشتر صنایع فرآیندی شیمیایی که مصرف‌کننده آب به مقدار زیاد هستند، پساب نیز در حجم وسیعی تولید می‌شود و این مسئله فقط به این دلیل است که در طراحی این صنایع، جایی برای مصرف مجدد آب وجود ندارد[۳]. با افزایش فشارهای خارجی برای کاهش مصرف آب، توجه صاحبان صنایع به این مسئله جلب شد که مصرف مجدد آب از جهاتی می‌تواند حتی از نظر اقتصادی به‌صرفه باشد و حتی در مواردی کیفیت محصول واحد را بالاتر ببرد و همچنین گاهی تصفیه جزئی و مصرف مجدد پساب یک واحد آسان‌تر و اقتصادی‌تر از حالتی است که پساب برای تخلیه به محیط زیست با رعایت استانداردهای زیست‌محیطی تصفیه شود[۴]. صنعت فرآوری و تولید مس از جمله صنایع معدنی با ارزش افزوده بسیار بالا است که در کشور ما با توجه به معادن بسیار غنی مس در زمره صنایع استراتژیک نیز هست[۵]. در کنار مزیت مطرح‌شده این صنعت در ردیف صنایع بسیار آب‌بر نیز هست که اهمیت توجه بیش از پیش به حفظ منابع زیستی و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی در کنار بهره‌مندی از مزایای اقتصادی و استراتژیک مذکور را نمایان می‌سازد[۶]. از شیوه‌های نوین کاهش مصرف آب و بهینه‌سازی سیستم‌های مصرف‌کننده آب و تصفیه پساب تکنولوژی پینچ آبی است[۷].

در روش بهینه‌سازی ریاضیاتی نیز همانند تکنولوژی پینچ از جمله اقداماتی که باید انجام شود تعیین فرآیندهای استفاده‌کننده از آب، آلاینده‌های موجود در آب و مهم‌تر از همه مقادیر حدی جریان‌ها (حداکثر غلظت مجاز آلاینده در ورودی و خروجی) است. سپس با به‌دست آوردن قیود و محدودیت‌های مورد نیاز برای بهینه‌سازی، مدلی برای سیستم فرموله می شود و با استفاده از نرم‌افزارهای بهینه‌سازی، مقدار بهینه و پارامترهای لازم برای طراحی شبکه به‌دست می آید و در نهایت شبکه مورد نظر با استفاده از این پارامترها طراحی می‌شود[۸].

به هنگام استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی ریاضی برای طراحی فرآیندها، لازم است تا ساختاری از تمام حالت‌های ممکن مصرف آب در فرآیندها بررسی شود[۹]. اگر مسأله فقط شامل یک فرآیند استفاده‌کننده از آب باشد با استفاده از آب تازه و رساندن غلظت آن در خروجی به مقدار ماکزیمم حدی مصرف آب در فرآیند کمینه می‌شود اما در صورت وجود چندین فرآیند مصرف‌کننده آب، برای تنظیم مدل بهینه‌سازی باید ارتباط هر فرآیند با سایر فرآیندها در نظر گرفته شود[۱۰].

هدف این مقاله، تشریح پینچ آبی برای ترکیب و آنالیز شبکه‌های مصرف‌کننده آب در سیستم‌های دو (یا چند) آلاینده است. بررسی امکان استفاده مجدد از آب خروجی از یک عملیات مصرف‌کننده آب در یک عملیات دیگر، با درنظر گرفتن آلاینده(های) ثانویه ضروری است. بدین منظور آلاینده های شاخص به صورت دو به دو مورد بررسی و محاسبه قرار گرفته و در محاسبات طراحی حالتهای استفاده مجدد بدون احیاء، باز چرخش و استفاده مجدد در نظر گرفته شده است. نتایج به دست آمده همراه با تحلیل‌های مورد نیاز و بررسی آلاینده‌های محدودکننده کمینه‌سازی ارائه شده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- محدوده مورد بررسی

کارخانه ذوب مس خاتون‌آباد در ۳۰ کیلومتری شرق شهرستان شهربابک، ۸۰ کیلومتری معدن مس میدوک و در فاصله ۲۰۰ کیلومتری غرب استان کرمان با زیربنای ۶۰۵۱۷ متر مربع (و مساحت کلی ۱۰۰ هکتار) احداث شده است. عملیات اجرایی این کارخانه در سه ماهه اول سال ۱۳۷۸ به‌منظور بهره‌گیری از تکنولوژی ذوب فلش و با هدف تولید سالیانه ۸۰ هزار تن مس آندی با خلوص ۴/۹۹ درصد از کنسانتره مس، آغاز شد و در سه ماهه دوم سال ۱۳۸۳ به بهره‌برداری رسید. این مجتمع شامل سه بخش زیر است:

۱-معدن مس میدوک: با ظرفیت برداشت سالانه ۲۰ میلیون تن ماده معدنی

۲-کارخانه تغلیظ میدوک: با ظرفیت فرآوری ۵ میلیون تن سنگ سولفوره برای تولید ۱۵۰ هزار تن کنسانتره با عیار ۳۰ درصد در سال

۳-کارخانه ذوب خاتون‌آباد: با ظرفیت طراحی تولید سالانه ۸۰ هزار تن مس آندی

۴-کارخانه لچینگ: با ظرفیت تولید سالانه ۵۰۰۰ تن مس کاتدی

۲-۲- روش

روش مناسب عملیات مصرف آب صنعتی، نمایش عملیات به عنوان انتقال‌دهنده جرم از جریان فرآیند آلوده به جریان آب است. آلاینده‌ها ممکن است از نوع جامدات معلق، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی و یا کمیت‌های مشابه باشند که میزان غلظت آنها استفاده مجدد از آب خروجی در عملیات‌ها را با محدودیت روبه‌رو می‌کند[۵]. بدین منظور برای کمینه‌سازی مصرف آب با روش پینچ آبی پارامترهای شاخص انتخاب و به صورت چندآلاینده بررسی می شوند. برای نمونه‌برداری نیز از استانداردهای موجود در موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران استفاده شده است.

در مجتمع ذوب خاتون‌آباد منابع تولید پساب عبارتند از:

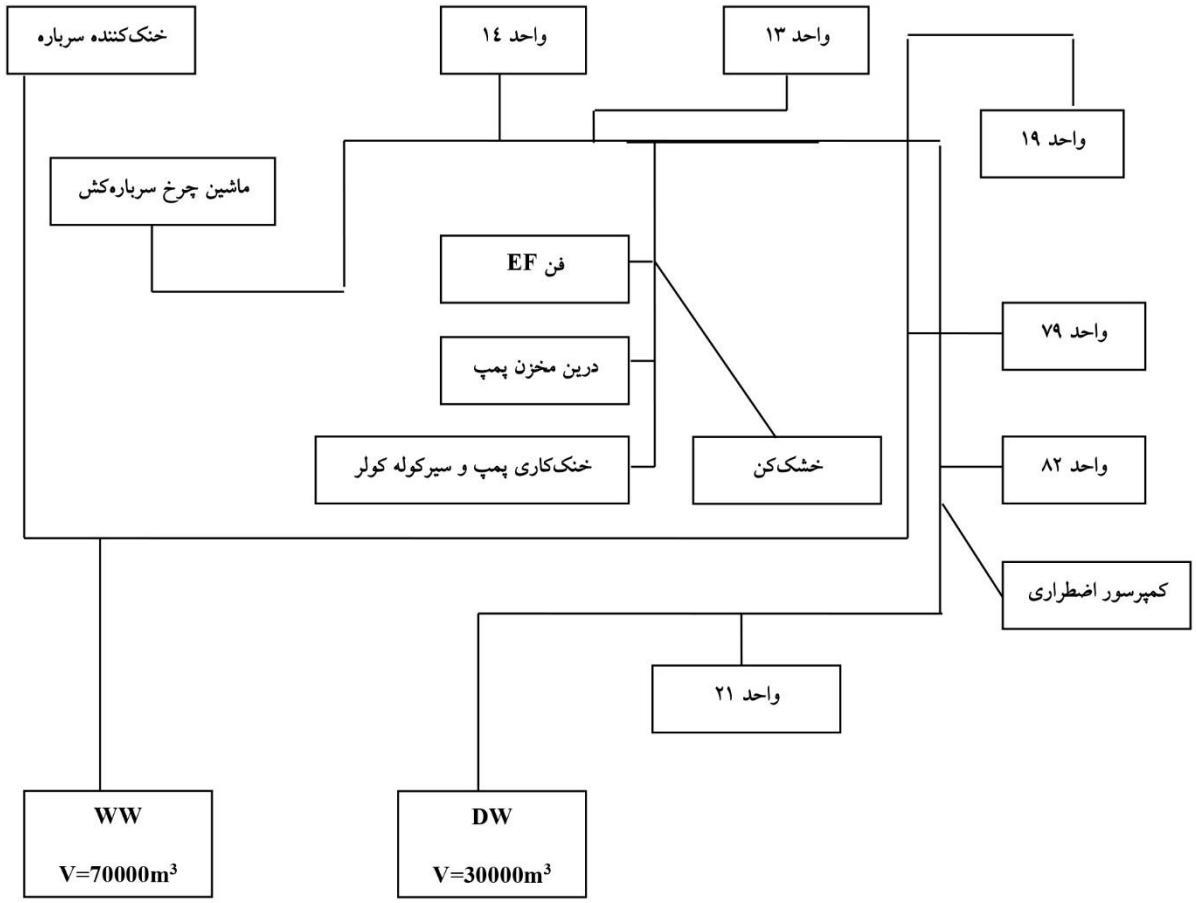
- واحد ۱۴ (فیلتر زیر دودکش)
- واحد ۱۳ (خنک‌کاری دودکش)
- واحد ۸۲ (برج خنک‌کننده)
- واحد ۹۵ (بویلر کمکی)
- واحد ۲۱ (خنک کاری کوره فلش)
- واحد سوخت (شست‌وشوی انبار سوخت و گردش آب گرم در اطراف مخازن مازوت)
- واحد ۱۹ (خنک‌کاری سرباره کوره الکتریکی)
- واحد ۷۹ (مبدل‌ها)

استخرهای DW و WW پساب مجتمع ذوب خاتون‌آباد را جمع آوری کنند. هدف از احداث استخر WW جمع‌آوری فاضلاب مجتمع است که به‌صورت تبخیری بوده و از آب آن به‌هیچ عنوان استفاده نمی‌شود. استخر DW (زهاب و آب شستشو) را جمع آوری می کند و از خروجی آن برای آبیاری فضای سبز مجتمع استفاده می‌شود.

واحد ۸۲ که مربوط به خنک کاری است یکی از واحدهایی است که بیشترین حجم پساب را تولید می‌کند و پساب آن دو بخش اصلی دارد که پساب سختی‌گیرها از طریق منهول[1] شماره ۳۲ وارد استخر WW می‌شود و درین[2] خنک‌کننده وارد استخر DW می‌شود.

واحد ۲۱ که یکی از واحدهایی است که بیشترین حجم پساب را تولید می‌کند مربوط به خنک کاری کوره فلش است که وارد استخر DW می‌شود.

در شکل (۱) نمای کلی واحدهای تولیدی مسیرهای تولید پساب و نحوه انتقال آورده شده است.



شکل ۱- دیاگرام محاسبات کمینه‌سازی مصرف آب بر اساس دو آلاینده TDS-TSS

۳- نتایج و بحث

۳-۱- شاخص TSS-TDS

در جدول زیر نتایج حاصل از مدل‌سازی پینچ آبی بر اساس دو آلاینده TSS-TDS آورده شده است.

جدول۱- خلاصه داده‌های محدودکننده برای محاسبات پارامتر TSS-TDS

f_i^{lim}	$C_{i,j,out}^{lim}$	$C_{i,j,in}^{lim}$	آلاینده j	عملیات i
۳۹۵	۲۴	۲۰	TSS	21a
	۴۴۷	۳۵۰	TDS	
۲۱۶	-	۲۰	TSS	21b
	-	۳۵۰	TDS	
۷۵۸	۲۵	۲۰	TSS	82
	۷۳۱	۶۰۰	TDS	
۱۳۰	۸	۳	TSS	CWP
	۴۰۰	۳۰۰	TDS	

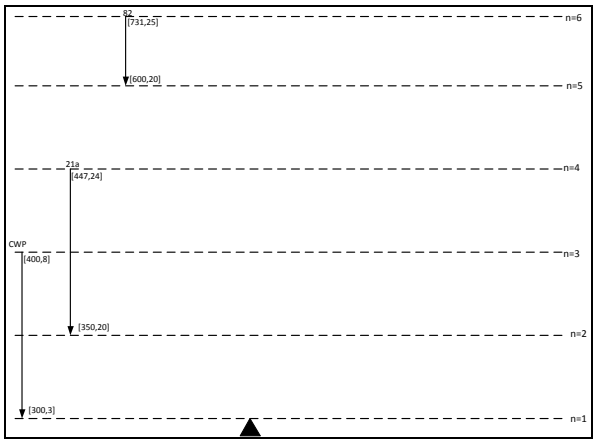
الف) محاسبه غلظت‌ها

$$\frac{C_{i,TDS,n}^{lim}-C_{i,TDS,in}^{lim}}{C_{i,TDS,out}^{lim}-C_{i,\mathrm{TDS},in}^{lim}}=\frac{C_{i,TSS,n}^{lim}-C_{i,TSS,in}^{lim}}{C_{i,TSS,out}^{lim}-C_{i,TSS,i}^{lim}} \quad (۱)$$

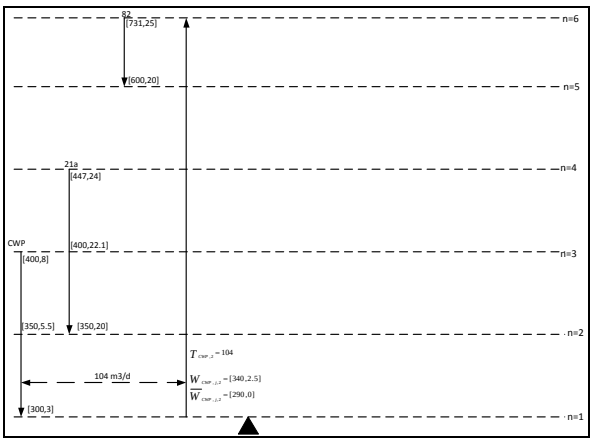
ب) محاسبات مربوط به مقدار آب مورد نیاز واحدها

$$W_{CWP,Tur,1}=\frac{T_{CWP,1}\times W_{CWP,Tur,1}+F_{CWP,2}\times W_{CWP}^{w}}{F_{CWP,2}+T_{CWP,1}}=? \quad (۲)$$

بر اساس فرمول‌های فوق میزان غلظت آبی که وارد عملیات می‌شود و دبی مورد نیاز محاسبه می‌شود که در شکل (۲) نمودار اولیه و در شکل (۳) نمودار میانی و در شکل (۴) نمودار نهایی کمینه‌سازی بر اساس دو آلاینده TSS-TDS آورده شده است.



شکل۲- دیاگرام اولیه محاسبات کمینه‌سازی مصرف آب بر اساس دو آلاینده TDS-TSS



شکل۳- دیاگرام میانی محاسبات کمینه‌سازی مصرف آب بر اساس دو آلاینده TDS-TSS

کل آب مصرفی:

$130+379+611=1120\ m^3/d$

درصد کاهش مصرف:

$$\frac{1499-1120}{1499}\times 100=25\%$$

۳-۲- شاخص TDS- کدورت

در جدول زیر نتایج حاصل از مدل‌سازی پینچ آبی بر اساس دو آلاینده TDS- کدورت آورده شده است.

جدول۲- خلاصه داده‌های محدودکننده برای محاسبات پارامتر کدورت- TDS

f_i^{lim}	$C_{i,j,out}^{lim}$	$C_{i,j,in}^{lim}$	آلاینده j	عملیات i
۳۹۵	۳	۱	Tur	**21a**
	۴۴۷	۳۵۰	TDS	
۲۱۶	-	۱	Tur	**21b**
	-	۳۵۰	TDS	
۷۵۸	۴	۲	Tur	**82**
	۷۳۱	۶۰۰	TDS	
۱۳۰	۵	۳	Tur	**CWP**
	۴۰۰	۳۰۰	TDS	

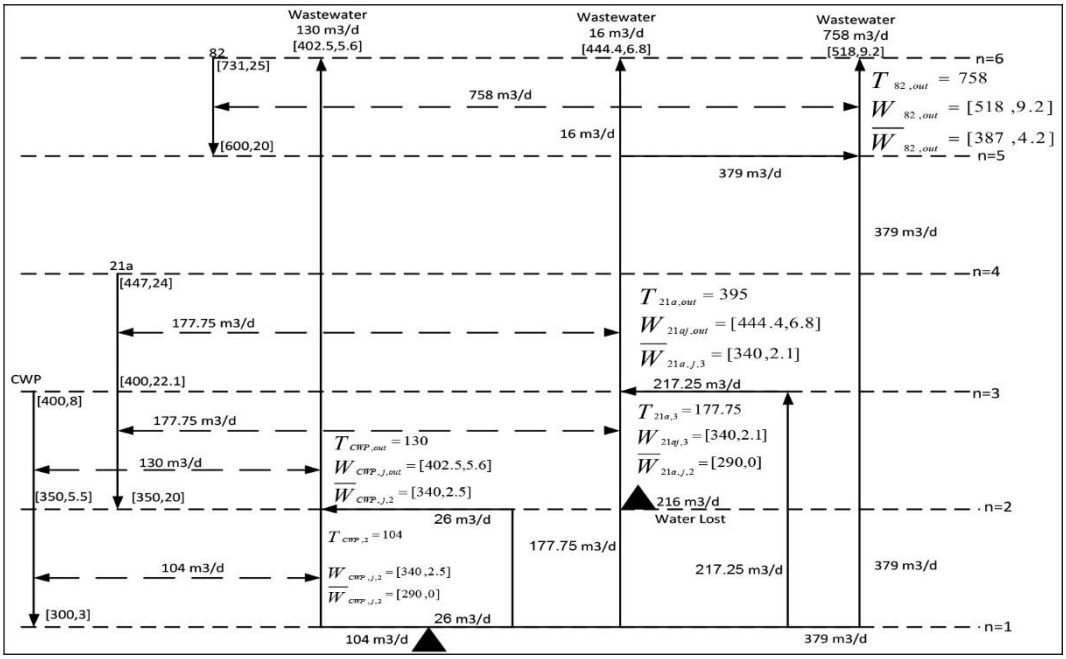
الف) محاسبه غلظت‌ها

$$\frac{C_{i,TDS,n}^{lim}-C_{i,TDS,in}^{lim}}{C_{i,TDS,out}^{lim}-C_{i,\mathrm{Tur},in}^{lim}}=\frac{C_{i,Tur,n}^{lim}-C_{i,Tur,in}^{lim}}{C_{i,Tur,out}^{lim}-C_{i,Tur,in}^{lim}} \quad (۳)$$

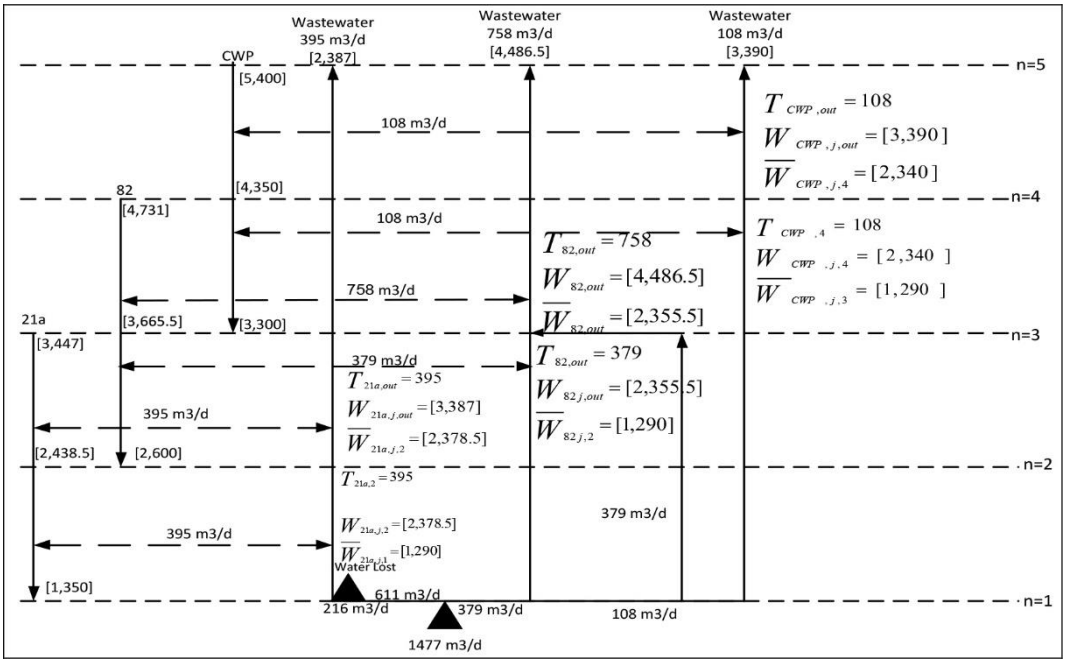
ب) محاسبات مربوط به مقدار آب مورد نیاز واحدها

$$W_{CWP,Tur,1}=\frac{T_{CWP,1}\times W_{CWP,Tur,1}+F_{CWP,2}\times W_{CWP}^{w}}{F_{CWP,2}+T_{CWP,1}}=? \quad (۴)$$

بر اساس فرمول‌های فوق میزان غلظت آبی که وارد عملیات می‌شود و دبی مورد نیاز محاسبه می‌شود که در شکل (۵) دیاگرام کمینه‌سازی بر اساس دو آلاینده TDS- کدورت آورده شده است.



شکل ۴- دیاگرام محاسبات کمینه‌سازی مصرف آب بر اساس دو آلاینده TDS-TSS



شکل ۵- دیاگرام محاسبات کمینه‌سازی مصرف آب بر اساس دو آلاینده کدورت- TDS

کل آب مصرفی:

758+611+108=1477m3/d

درصد کاهش مصرف:

$$\frac{1499-1477}{1499}\times 100 = 1.46\%$$

۳-۳- شاخص کدورت- TSS

در جدول زیر نتایج حاصل از مدل‌سازی پینچ آبی بر اساس دو آلاینده TSS- کدورت آورده شده است.

جدول ۳- خلاصه داده‌های محدودکننده برای محاسبات پارامتر کدورت- TSS

f_i^{lim}	$C_{i,j,out}^{lim}$	$C_{i,j,in}^{lim}$	jآلاینده	iعملیات
۳۵	۲۴	۲۰	TSS	**21a**
	۳	۱	Tur*	
۲۱۶	-	۲۰	TSS	**21b**
	-	۱	Tur	
۷۵۸	۲۵	۲۰	TSS	**82**
	۴	۲	Tur	
۱۳۰	۸	۳	TSS	**CWP**
	۵	۳	Tur	

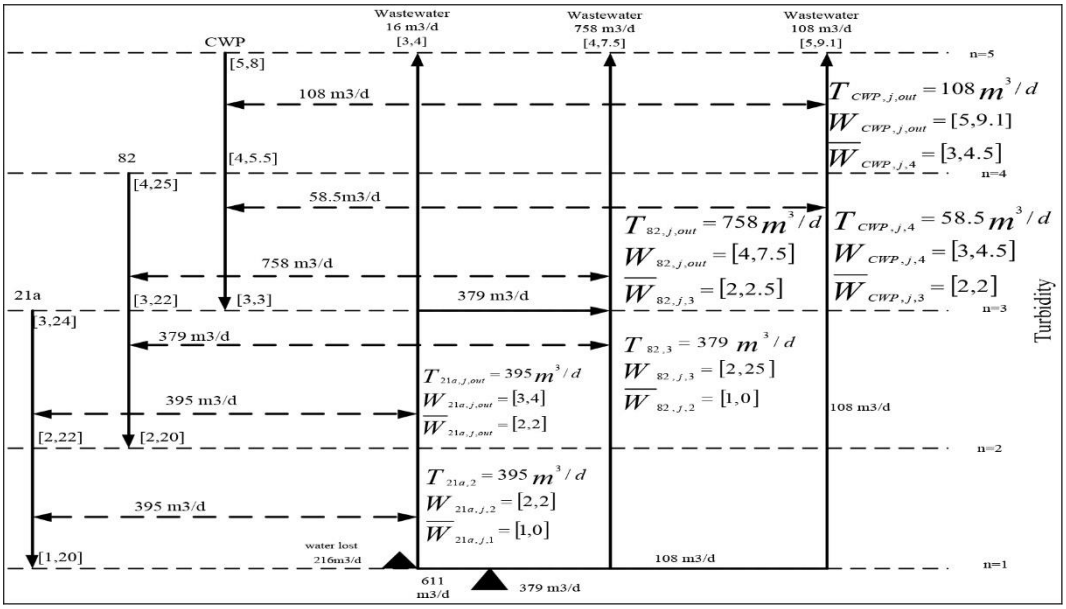
الف) محاسبه غلظت‌ها

$$\frac{C_{i,TDS,n}^{lim}-C_{i,TDS,in}^{lim}}{C_{i,TDS,out}^{lim}-C_{i,\mathrm{Tur},in}^{lim}}=\frac{C_{i,Tur,n}^{lim}-C_{i,Tur,in}^{lim}}{C_{i,Tur,out}^{lim}-C_{i,Tur,in}^{lim}} \quad (۵)$$

ب) محاسبات مربوط به مقدار آب مورد نیاز واحدها

$$W_{CWP,Tur,1}=\frac{T_{CWP,1}\times W_{CWP,Tur,1}+F_{CWP,2}\times W_{CWP}^{w}}{F_{CWP,2}+T_{CWP,1}}=? \quad (۶)$$

بر اساس فرمول‌های فوق میزان غلظت آبی که وارد عملیات می‌شود و دبی مورد نیاز محاسبه می‌شود که در شکل (۶) دیاگرام کمینه‌سازی بر اساس دو آلاینده TSS-کدورت آورده شده است.



شکل ۶- دیاگرام محاسبات کمینه‌سازی مصرف آب بر اساس دو آلاینده کدورت- TSS

کل آب مصرفی:

611+379+108=1098 m3/d

درصد کاهش مصرف:

$$\frac{1499-1098}{1499}\times 100=26\%$$

شهرکی و همکاران برای کمینه‌سازی پساب شبکه آبی با چندین آلاینده، یک شبکه آبی پالایشگاهی را بررسی کردند و نتایج حاکی از کاهش مصرف آب تازه ورودی، از ۳۷/۶ به ۲۱/۹۳ تن در ساعت (کاهش ۴۱/۷درصد) بود، که این میزان کاهش موجب صرفه‌جویی حدود ۱۱۲/۸۲۴ تن در سال در مصرف آب تازه پالایشگاه شیراز می‌شود[۷].

همچنین بررسی تصفیه فاضلاب‌های حاوی فلزات سنگین با استفاده از راکتورهای گردان تماسی بیوفیلمی چندطبقه (RBC) توسط C. S. Costley و F. M. Wallis در سال ۲۰۰۱ نشان داد که این سیستم به‌خوبی توانسته است فلزات مس، روی و کادمیوم را به ترتیب ۷۳٪ ، ۴۲٪ و ۳۳٪ حذف کند [۱۱،۱۸]. تحقیقات آدامز با کاربرد فرآیند PACT (فرایند ترکیبی پودر کربن فعال-لجن فعال) در تصفیه فاضلاب مخلوط صنعتی و شهری با BOD و COD معادل ۱۷۰۰ تا ۳۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و مقایسه نتایج به‌دست‌آمده با فرآیند لجن فعال نشان داد که میزان حذف بار آلی در حدود ۲۵ درصد خواهد شد. وی این فرآیند را در تصفیه فاضلاب صنایع نساجی، رنگ و تکمیل پارچه به‌کاربرده و بهبود حذف بار آلی را با افزایش حدود ۲۰ درصد مشاهده کرد [۱۲]. مهمت در سال ۲۰۰۴ در ترکیه پساب صنایع کاغذسازی را با به‌کارگیری الکترودهای آهن و آلومینیوم در فرآیند الکترولیز توانست ۸۰٪ ازت آمونیاکی پساب را طی زمان ماند ۷/۵ دقیقه در راکتور ناپیوسته حذف کند که اختلاف آن با راندمان حذف ازت آمونیاکی۵۸/۹٪ به دست آمد[۱۴]. هالا، کاسترو و جک به ترتیب در سالهای ۲۰۰۹ و ۲۰۱۲ به منظور کاهش مصرف آب (از طریق اصلاح فرآیند و بازگردانی) از روشهای گرافیکی استفاده نموده است. [۱۶،۱۷،۲۰]. در یک کارخانه پلی وینیل الکل به منظور کاهش مصرف آب فرآیندی از روش طراحی پینچ آبی استفاده شده است که با استفاده از مدل یاد شده به

میزان ۳۶/۵٪ در مصرف آب خام کارخانه پلی وینیل الکل صرفه جویی شده است [۱۹].

۴- نتیجه‌گیری

این مقاله با توجه به کمبود جدی منابع آب در کشور، به دنبال یافتن روش مناسب برای کمینه سازی مصرف آب و تولید پساب است تا بتوان نتایج تحقیق را به عنوان الگو در اختیار واحدهای صنعتی آب بر قرار داد. با مروری بر روش های کمینه سازی مصرف آب، روش مفهومی- ترسیمی به دلایل متعدد، به ویژه انعطاف پذیری مناسب در طراحی، امکان اعمال نظرات واقع بینانه تیم مهندسی کارخانه بر اساس اطلاعات واقعی حاصل از امتیازات و محدودیت های راهبردی و اجرایی موجود در واحد صنعتی و همچنین امکان درک روند محاسبات و بیان دلایل منطقی برای پیشنهادات فنی کمینه سازی توسط طراح، انتخاب شد[۴].

این الگو طوری تهیه شده که در تمام صنایع آب‌بر قابل استفاده باشد و حتی مهندسانی که آشنایی چندانی با روش مفهومی– ترسیمی کمینه‌سازی مصرف آب ندارند، بتوانند به‌راحتی مسائل پیچیده کمینه‌سازی مصرف آب واحد صنعتی خود را حل کنند. الگوی پیشنهادی دو آلاینده به‌عنوان راهنما در اختیار متخصصان بخش صنعت قرار می‌گیرد. اهمیت این بررسی موردی در پیچیده بودن آن است و زیرا بیشتر صنایع دارای اجزاء بسیار کمتر و مشکلات اجرایی محدودتری نسبت به بررسی موردی هستند.

در گام بعدی، مجتمع ذوب مس خاتون‌آباد، به‌عنوان یکی از واحدهای بزرگ مصرف‌کننده آب در کشور و سه عملیات دارای اولویت کمینه‌سازی مصرف انتخاب شدند. پس از انتخاب سه آلاینده برای تعیین بهترین گزینه در دو حالت دو آلاینده کمینه‌سازی و با بررسی آلاینده‌های حدی، اولین غربال طراحی‌ها انجام شد.

نتایج حاصل از مدل پینچ در این پژوهش عبارت است از کاهش مصرف آب به میزان ۲۵، ۱/۴۶ و ۲۶ برای کمینه‌سازی مصرف آب برای پارامترهای TDS-TSS، کدورت -TDSو کدورت- TSS.

در این تحقیق، تکنولوژی پینچ در سه واحد پرمصرف در صنعت مس خاتون‌آباد برای سه شاخص آلایندگی به صورت دو پارامتر همزمان بررسی شدند. در حالت اول، آلاینده TDS-TSS در نظر گرفته شد و در این حالت می‌توان در مصرف آب خام در مجموع ۱۱۲۰ مترمکعب در روز، و معادل ۲۵٪ و در حالت دوم و آلاینده کدورت- TDS، می‌توان در مصرف آب خام در مجموع ۱۴۷۷ مترمکعب در روز، و معادل ۱/۴۶٪ صرفه‌جویی کرد. در حالت سوم، آلاینده کدورت-TSS در نظر گرفته شد و در این حالت می‌توان در مصرف آب خام در مجموع ۱۰۹۸ مترمکعب در روز، در مصرف آب خام و معادل ۲۶٪ صرفه‌جویی کرد.

پی‌نوشت‌ها

[1]DW :Drain Water
[2]WW: Waste Water

منابع

[1] Savelski M, Bagajewicz M. On the necessary conditions of optimality of water utilization systems in process plants with multiple contaminants. chemical engineering**; 2003; 58:** 5349 – 5362.

[2] Mann J.G, Liu Y.A. Industrial water reuse and wastewater minimization,McGraw Hill, New York. J. Int. Environmental Application & Science**; 2010; 3**(1): 43-50.

[3] Panjeshahi M.H, Mihandoost Sh. Optimizing water use and wastewater in petrochemical processes. Journal of Iran Energy**; 2008;11**: 18 – 35. **[In Persian]**

[4] Prakotpol D, Srinophakun T. GA pinch: genetic algorithm toolbox for water pinch technology. Chemical engineering and processing**; 2009; 31:** 203-217.

[5] Bagajewicz M. A Review of recent design procedure for water networks in refineries and process plants, Chem. Eng**; 2009; 24:** 2093 – 2113.

[6] Mughees W, Al-Ahmad M, Naeem M, Minimizing fresh and wastewater using water pinch technique in petrochemical industries. International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering**; 2013; 7:** 917-923.

[7] Shahraki F, and et all. The development of linear models to minimize water consumption and wastewater water systems in the process industries. along with several pollutants, Monthly of scientific expertise and extension**; 2008; 15:** 2 – 11. **[In Persian]**

[8] Khezri S.M, Lotfi F, Tabibian S. Water pinch analysis for water and wastewater minimization in Tehran oil refinery considering three contaminants. Journal of Environmental Science**; 2010; 7:** 281-290.

[9] Khezri S.M, Lotfi F, Tbibian S, Erfani Z. Application of water pinch technology for water and wastewater minimization in aluminum anodizing industries. Int. J. Environ. Sci. Tech**; 2010; 12:** 281-290.

[10] Tatiana B, Jan B, Marek K. On the effect of heat integration in the design of water utilization systems in refineries and process plants. journal of metallurgy**; 2009; 6:** 68-80.

[11] Costley C.S, Wallis F.M. World journal of microbiology and biotechnology**; 2010; 1:** 71-78.

[12] Adams A.D. PACT is it really that good, j.water and waste engineering**; 2008; 11:** 8-11.

[13] Park j, Jung Y, Han M, Lee S. Simultaneous removal of cadmium and turbidity in contaminated soil –washing water by DAF And electroflotaion. Water sci technol**; 2009; 10:** 225-235.

[14] Mahmat ch. Electrochemical technologies in wastewater treatment. Separation and Purification Technology**; 2004; 38:** 11–41.

[15] Castro P, Matos H, Fernandes M.C, Nunes C.P. Improvements for mass exchange networks design. Chemical Engineering**; 2008; 54**(11): 1649–1665.

[16] Hallale N. A new graphical targeting method for water minimization. Advances in Environmental Research**; 2009; 6** (3): 377-390.

[17] Castro P, Matos H, Fernandes M.C, Nunes. C.P. Improvements for mass exchange networks design. Chemical Engineering**; 2009; 54:** 1649–1665.

[18] Wang Fu. wastewater minimization with flowchart constraints. Journal of Environmental Management**; 2011; 21:** 407-418.

[19] Lin Y, Chen J, Cheng J., Huang H, Yu C. Process alternative for methyl acetate conversion using reactive distillation. 1. Hydrolysis; Chemical Engineering**; 2010; 63:** 1668-1682.

[20] Jack J. Review and analysis off approaches for designing optimum industrial water networks. Chemical and Process Engineering**; 2012; 29:** 663-681.