تقويم محطة معالجة الصرف الصحي بأمانة صنعاء – تحليل المشاكل واقتراح الحلول

رياض عبدالله محرم* فضل علي النزيلي* عبداللطيف احمد المنيفي**
عبدالوهاب إسماعيل صلاح*** فاروق علي القدسي***

الملخص

صممت محطة معالجة مدينة صنعاء بنظام الحمأة المنشطة ذي التهوية المطولة وتواجه هذه المحطة العديد من المشاكل منذ انشائها في سنة 2000م منها الفنية، والتصميمية والتشغيلية، وكذا الإدارية والمالية. تستهدف هذه الورقة دراسة وتحليل المشاكل التي تعاني منها محطة معالجة مياه الصرف الصحي بمدينة صنعاء من النواحي الفنية والمالية والإدارية والقانونية ووضع مقترحات للحلول على المدى القريب والبعيد. تم تنفيذ هذا البحث بناء على الجهود التكاملية التي قام بها الباحثون ميدانيا ومكتبيا من خلال العمل مع الخبراء والشركات الاستشارية خلال الخمس عشرة سنة الماضية منذ بداية تشغيل المحطة، وذلك لدعم المؤسسة المحلية في تشغيل وتطوير ورفع كفاية الكادر في تشغيل وصيانة المحطة. نظرا لما تتصف به المحطة من التكنولوجيا الكهروميكانيكية المعقدة التي تحتاج إلى مختلف التخصصات. تم العمل موقعيا بتشغيل المحطة ومراقبة نوعية المياه الداخلة والخارجة والأجهزة العاملة فيها ومن ذلك تم التعرف على مشاكل المحطة المختلفة واقتراح الحلول الممكنة للتخفيف منها. دراسة عدد ونوعية الكادر المتوفر و المطلوب. من خلال البحث تم استخلاص الأسباب الرئيسية للمشاكل والاختلالات التي تعاني منها المحطة كما يلي: الاختيار غير الموفق لنوع تكنولوجيا المعالجة طبقا للإمكانيات المادية والبشرية التي تفتقر إليها بلادنا بما فيها العمالة وقطع الغيار، المشاكل التشغيلية التي تعاني منها المحطة مثل زيادة الأحمال العضوية (BOD_{in}=1160mg/l، BOD_{out}=291mg/l) مقارنة بالحمل التصميمي(BOD_{out}=30mg/l، BODin=500mg/l) والذي أدى إلى وصول المحطة إلى ما فوق طاقتها التصميمة وهذا بتأثيره أدى إلى تدني كفاية المحطة(65–70%) ونتيجة لذلك عدم التمكن من بيع المياه المعالجة والحمأة الخارجة من المحطة الذي يفترض أن يدعم جزءا من الميزانية التشغيلية للمحطة، سوء استخدام الشبكة من خلال رمي المخلفات الصلبة والذي أسهم في أعطال الوحدات الميكانيكية المختلفة، الاستمرار في ربط مناطق جديدة إلى الشبكة وعدم التمكن في حيازة الأرض لتنفيذ محطه جديدة باعتبار المحطة الحالية تعمل فوق طاقتها، عدم تفعيل الهيكلية المقترحة من قبل الخبراء والتي في غيابها أدى إلى تداخل المهام والتواكل في الأعمال مما انعكس سلبا على الجانب التشغيلي ، عدم تشجيع و استقطاب الكفايات وتحفيزهم في البقاء في المحطة وتوفير المرتبات المجزية وأدوات السلامة، تعثر استكمال تنفيذ وحدات رفع الكفاية ،كما تم التطرق إلى المشاكل التي تعاني منها المحطة نتيجة المشاكل السياسية التي تمر فيها اليمن منذ العام 2011م.

الكلمات المفتاحية: معالجة الصرف الصحي، صنعاء، الحمأة المنشطة، كادر، سلامة بيئية ومهنية، تدريب

مقدمة عن تاريخ الصرف الصحي في اليمن:

بالرغم من النقلة التكنولوجية في نظام الصرف الصحي في اليمن عامة وفي صنعاء خاصة إلا أن هذه النقلة لم يكن لها أساس في الثقافة والمعارف التقليدية اليمنية، فقد ترك الإنسان اليمني الطريقة القديمة التي تكيف معها وهي نظام الحمامات الجافة ذو الخزانة التي يفرغها كل سنة كسماد إلى الأراضي الزراعية واعتبرت هذه الطريقة بسيطة ومفيدة ومثالية للحفاظ على البيئة وتكاملية العملية الطبيعية. ويرجع عزوف معظم خريجي الجامعات عن مجال علوم الصرف الصحي كأحد اسباب عدم التمكن من تحسين واستمرار توطين هذه التكنولوجيا لمعالجة مياه الصرف الصحي باعتبار المجتمع المحلي متكيفاً معها. ظهر بعد ذلك استخدام البيارات والتي لم تؤثر ثقافيا في المجتمع ولم تترك أي بصمة غير أنها غيبت التعامل مع الصرف الصحي لمدة من الزمن تقدر بثلاثة عقود تقريبا بعدها ظهرت حالات هبوط

* جامعة صنعاء.
** جامعة تعز.
*** المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي بأمانة صنعاء. تاريخ استلام البحث 2018/12/3 وتاريخ قبوله 2019/7/9

التربة بصنعاء القديمة التي هددت المباني التاريخية وهنا تنبهت الدولة في بداية الثمانينيات إلى ضرورة إيجاد حل لهذه المشكلة مما جعل الحكومة تستعين بالخبرات الأجنبية في حل مشكلة الصرف الصحي. [7] قامت حينها الدولة بتنفيذ محطة مؤقتة علي شكل أحواض أكسدة في منطقه الروضة لبعض أحياء أمانة العاصمة وخاصة المتضررة ومنها صنعاء القديمة إلا أنها لم تعد تكفي آنذاك نتيجة للتوسع العمراني لأمانة العاصمة وأصبحت مصدراً للتلوث في منطقة الروضة والمناطق المجاورة، مما أدى إلى خروج المياه من هذه المحطة بدون معالجة كافية ورافق ذلك ظهور مشاكل طفح البيارات على الشوارع وتلوث صحي وبيئي، بالإضافة إلى تلوث المياه الجوفية [4] ونظرا لعدم التمكن من الحصول على الأرض لعمل محطة جديدة. بدأت الدولة بالتفكير بحل هذه المشكلة جذريا وذلك بالاستعانة بشركات أجنبيه لتصميم محطة صرف صحي مركزية حديثة لمدينة صنعاء. عندها اقترح الخبراء الأجانب بدائل تكنولوجية لمعالجة مياه الصرف الصحي لأمانة العاصمة وتم تصميم شبكة ومحطة للصرف الصحي للعاصمة من قبل شركة بريطانية في بداية الثمانينيات كما تم طرح بدائل عديدة لمعالجة مياه الصرف الصحي منها أحواض الأكسدة [25,24] التي تتناسب مع وضع بلادنا الاقتصادي والاجتماعي وللاحتياج إلى مياه الصرف المعالجة كمصدر مائي نظرا للفقر المائي الذي تعاني منه اليمن إضافة إلى استخدام الحمأة الخارجة من المحطة كسماد طبيعي بحسب الدراسات المقدمة من قبل الخبراء الأجانب [26] إلا أن هذا النوع من التكنولوجيا يحتاج إلى ارض بمساحات واسعة (أكبر من 6 م^2 لكل شخص) [20] وبعد توفر الأرض عام 1994م تم اختيار البديل التكنولوجي المناسب للمحطة الحالية بأسلوب الحمأة المنشطة المعتمد على فتره تهوية أطول (Extended Aeration) مع تثبيت جزئي للحمأة الناتجة (صورة 1)[5] ، وقد صممت لمعالجه 50.000م^3 من مياه الصرف الصحي المنزلي لتخدم حوالى 450000 نسمة والذي يمثل حينها عدد سكان مدينة صنعاء 1985م آخذا في الاعتبار معدل استهلاك الفرد للمياه في صنعاء ب 120 لتر/ فرد / يوم وبتركيز مادة عضوية (BOD_5) قدرها 500 مجم/ لتر [25]. كما صممت المحطة لغرض تحقيق المتطلبات البيئية والصحية الآتية: استيعاب التوسع المتزايد في التوصيلات إلى الشبكة داخل أمانه العاصمة، إعادة استخدام مياه الصرف المعالجة للزراعة للتقليل من استخدام المياه الجوفية في ري المزروعات، حماية المصادر المائية الجوفية والسطحية من تدهور نوعيتها [30,6]، منع انتشار الأمراض المعدية والحد من انتشار الروائح الكريهة في المناطق المحيطة بمحطة المعالجة [7].

تعمل محطة معالجة مدينة صنعاء بنظام الحمأة المنشطة ذي التهوية المطولة وهي تكنولوجيا من النوع الكهروميكانيكي وبكلفة تشغيل وصيانه عالية، إلا أن هذه المحطة تواجه العديد من المشاكل منذ إنشائها منها: الفنية (تصميميا وتشغيليا) حيث إنها تعمل بقيم مختلفة عن القيم التصميمية بسب ظهور وتفاقم شحة المياه في أمانة العاصمة ، مما أدى إلى وصول المحطة إلى طاقتها الاستيعابية من الأحمال العضوية في خلال السنوات الخمس الأولى (2000-2005) من التشغيل مقارنة بالمدة المتوقعة للوصول إلى الطاقة القصوى أي بعد 15- 20 سنة من العمر التصميمي للمحطة، كما أن الانفاق الكبير علي العملية التشغيلية للمحطة وعدم وجود عائد مادي للمؤسسة من مخرجات المحطة مقارنة بقطاع مياه

الشرب التي يلاحظ الفائدة منه من خلال وصول المياه إلى المنازل ودفع فاتورة المياه من قبل المواطنين قد أوصل المؤسسة إلى عدم التمكن من حل كثير من المشاكل التي تعانيها المحطة على كافه الصعد التشغيلية والفنية وعدم توفر بعض التخصصات النوعية الأمر الذي أدى إلى وصولها إلى الوضع الكارثي الحالي وقد انعكست هذه المشاكل علي عمل المحطة والهدف الذي انشئت من أجله، كما أن الجهات الأخرى مثل وزارة الزراعة وهيئة حماية البيئة لم تضطلع بمهامها المنوطة بها من حيث مراقبة مخرجات المحطة والتعاون مع المؤسسة في توعية وتوجيه المستفيدين من مخرجات المحطة الذي أدى إلى تذمر المزارعين والمجتمع المحلي من عمل المحطة و رداءة نوعية المياه الخارجة بالرغم من أنهم يستفيدون منها ولم يبادروا في الإسهام في رفع نوعيتها. وبناء على هذا التعامل والحكم القاصر للصرف الصحي أعتبره المجتمع فاشلا في اليمن لأنه كما يقال "الإنسان عدو ما يجهل"، كما أنه لم يرمنه إلا العيوب ولم يعترف بالمميزات بالرغم من أنه يمارسها، بالإضافة إلى ذلك هناك إشكاليات أخرى إدارية ومالية وندرة المتخصصين في هذا المجال اثرت سلبا علي عمل المحطة، ناهيك عن المشاكل السياسية التي مرت وتمر بها البلاد في السنوات الأخيرة والحصار وظروف الحرب في الوقت الراهن.

صوره (1) محطة معالجة الصرف الصحي بصنعاء والمناطق الزراعية المروية [5]

تستهدف هذه الورقة دراسة وتحليل المشاكل التي تعاني منها محطة معالجة مياه الصرف الصحي بمدينة صنعاء من النواحي الفنية والمالية والإدارية ووضع مقترحات للحلول علي المدى القريب والبعيد.

منهجية البحث:

تم تنفيذ هذا البحث بناء على الجهود التكاملية التي قام بها الباحثون ميدانيا ومكتبيا من خلال العمل جنبا إلى جنب مع الخبراء والشركات الاستشارية الذين

توافدوا تباعا للعمل في تشغيل وتطوير ورفع كفاية محطة المعالجة نظرا لما تتصف به المحطة من التكنولوجيا المعقدة التي تعتمد على مختلف التخصصات سواء الميكانيكية والكهربائية والكيميائية والمدنية والبيئية والبيولوجية [28,21] . تم العمل موقعياً بتشغيل المحطة ومراقبة نوعية المياه الداخلة والخارجة والأجهزة العاملة في المحطة ومنها تم التعرف على مشاكل المحطة فنيا وإداريا واقتراح الحلول الممكنة للتخفيف منها. تم الاشتراك في النقاش مع الشركات الاستشارية المختلفة ابتداء من التشغيل والاشراف ورفع الكفاية، وتضم تلك الخلفية مدة خمس عشرة سنة ابتداء من تاريخ تشغيل المحطة سنة 2000م.

النتائج:

المشاكل الفنية والمالية والإدارية التي واجهتها محطة المعالجة منذ بداية تشغيلها:

المشاكل الفنية:

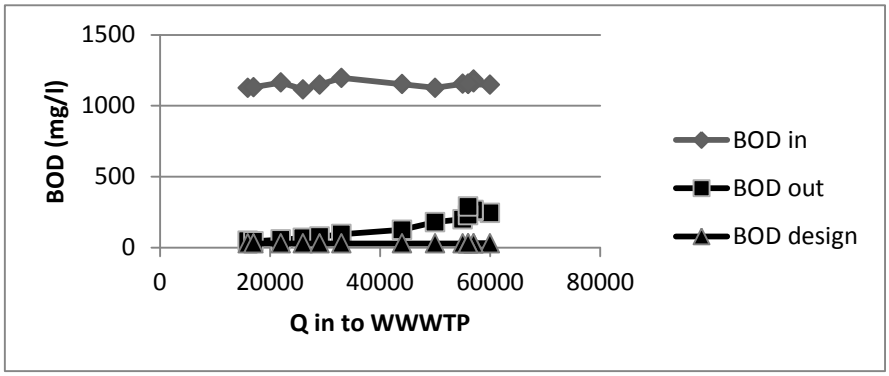
تواجه محطات معالجة مياه الصرف الصحي في اليمن صعوبات تشغيلية منذ البدء في إنشاء هذه المحطات إلى الآن وتعد محطة معالجة مياه الصرف الصحي في أمانة العاصمة أكبر وأعقد هذه المحطات و من الضروري جدا العمل على استمراريه تشغيل هذه المحطة بالأسلوب العلمي الصحيح لتفادي المشاكل الصحية والبيئية، حيث اضطرت المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي بأمانة العاصمة إلى استخدام التكنولوجيا العالية مقارنة بالتكنولوجيا البسيطة مثل أحواض الأكسدة وغيرها ويمكن سرد أهم المشاكل والمعضلات التي واجهت محطه المعالجة منذ إنشائها كما يلي:

- زياده تركيز مياه الصرف الصحي مما أدى إلى زيادة الحماءة والاحتياج إلى أحواض تجفيف كثيرة ، حيث زاد تركيز المادة العضوية (BOD_5) في مياه الصرف الصحي الواصلة إلى المحطة من 500مجم/ لتر بحسب تصميم المحطة إلى 1025 مجم / لتر [8] عند تشغيل المحطة، مما زاد الحمل العضوي إلى أكثر من الضعف كما زادت الحمأة المنتجة من 20,000 كجم/ يوم إلى 46,000 كجم / يوم [14]. نتج عن ذلك نقص تركيز الأكسيجين المذاب في أحواض التهوية نتيجة للتركيز العالي للمادة العضوية في مياه الصرف الصحي (BOD_5)، مما زاد الاحتياج للتوسع في وحدات معالجة الحماءة. ويوضح جدول (1) مقارنه بين مؤشرات الأداء والقيم التصميمية[8]

جدول (1) مقارنة بين مؤشرات الأداء والقيم التصميمية

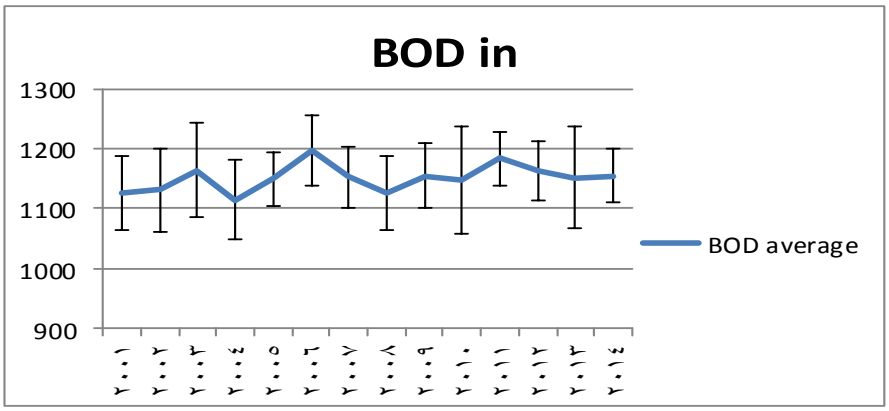
	المؤشرات	Unit	القيم التصميمية	القيم التشغيلية		
				2000م	2011	2014
مواصفات المياه الداخلة إلى المحطة	كمية المياه الواصلة إلى المحطة	m^3/day	50000	19000	50000	55000
	المواد الصلبة الكلية(TSS)	mg/l	750	1025	1025	1084
	تركيز المادة العضوية(BOD_5)	mg/l	500	1000	1100	1180
مواصفات المياه الخارجة من المحطة	المواد الصلبة الكلية (TSS)	mg/l	30	62	300	320
	تركيز المادة العضوية(BOD_5)	mg/l	30	50	217	312
الحمأة الناتجة عن المعالجة	كمية الحمأة المنتجة	kg/d	20000	25600	45000	00046

- تـدني كفايـة المعالجـة للميـاه وخـروج كميـات مـن الحمأة مصاحبة مع المياه المعالجة خاصة في أوقات الذروة نظرا لعدم اكتمال معالجه الحمأة (تثبيت الحمأة) في أحواض التهوية ونقلها إلى أحواض التجفيف مما أدى إلى انتشار الروائح في المحطة والمناطق المجاورة ومنها مطار صنعاء الدولي. (صوره رقم 2 ،3)
- تزايد كمية الحمأة الناتجة قد أدى إلى عدم كفاية أحواض التجفيف واضطرار المشغل إلى رفع الحمأة من الأحواض بنسبة جفاف في حدود 60% مما أدى إلى رفع الحمأة مع التصاقها بالوسط الترشيحي (الرمال) وهذا أدى إلى صعوبة استخدام الحمأة كأسمدة للمزارعين .
- عدم فعالية أحواض التجفيف نتيجة لعدم هضم الحمأة بشكل كافٍ في أحواض التهوية ناهيك عن صعوبة الجفاف في أثناء مواسم الأمطار مما زاد فترة التجفيف وتراكم الحمأة في جميع وحدات المحطة.



شكل(1) متوسط كمية التدفق والحمل العضوي للمياه الداخلة والخارجة خلال السنوات (2000-2014م) وكذلك للحمل العضوي التصميمي لمحطة المعالجة

من الشكل 2،1 يتضح أن محطة المعالجة تستقبل حملاً عضوياً BOD_5 بمعدل 1160 mg/l وهذا يفوق القيمة التصميمية(BOD_{in}=500mg/l) بمقدار 2.5 مرة وهذا انعكس سلبا على نوعية المياه الخارجة (290 mg/l) حيث زادت بمقدار 9.5 مرة عن القيمة التصميمية(BOD_{out}= 30 mg/ l) مما أدى إلى انخفاض كفاية المعالجة إلى 65 – 70% في أحسن الظروف.



شكل (2) متوسط الأحمال العضوية للمياه الداخلة لمحطة المعالجة منذ السنة الأولى للتشغيل

ومما تجدر الإشارة إليه أن كفاية معالجة مياه الصرف الصحي بهذا النوع من المحطات (الحمأة المنشطة) تصل إلى 90 – 95 % والجدول (2) يوضح كفاية المعالجة في بعض الدول العربية التي تستخدم طريقة الحماءة المنشطة لما لهذه الطريقة من كفاية عالية في المعالجة (تصل إلى 94%) في إزالة BOD_5 COD,TSS, [27,11] أما في مصر فتوجد هناك حوالي 97 محطة تعمل بطريقة الحماءة المنشطة [31] وهي الطريقة الأكثر استخداما في معالجة مياه الصرف الصحي بإجمالي الأحمال الهيدروليكي 6.703.000 m^3/day حيث تصل كفاية المعالجة إلى 85–90% [1] وفي تونس نسبة المحطات التي تعمل بنظام الحماءة المنشطة 53% وكفاية المعالجة تصل إلى 90% [27,11] أما في محطه مجاري أمانة العاصمة صنعاء فإن كفاية المعالجة لا يتعدى 70% [7] وهذا يدل على وجود خلل كبير في العملية التشغيلية في هذه المحطة .

أما بالنسبة للاحتياج من الكادر التشغيلي لمثل هذا النظام من المعالجة في الدول المجاورة حيث يتواجد عدد 2 إلى 3 موظفين في المحطات الصغيرة وقد يصل العدد من 8 إلى 10 موظفين في المحطات الكبرى حيث يتم استدعاء الفرق الفنية وقت اللزوم من قبل إدارة المؤسسة وكذلك يتم التعاقد مع عمالة مؤقتة عند الحاجة [27,23].

جدول (2) مقارنه لبعض الدول العربية التي تستخدم طريقه الحماءه المنشطة في معالجه مياه الصرف الصحي[29,22,18,16,10]

م	الدولة	طريقة المعالجة	كمية المياه الداخلة	BOD5 in	BOD5 out	كفاية المعالجة	تكلفة المعالجة $/m3
1	الأردن–محطه السمراء الأردن–محطة الرمثا الأردن– محطة مادبا	الحماءة المنشطة	267.000 5400 7600	705 915 1045	140 13 154	81 98 85.3	0.37 0.25 0.29
2	سوريا–محطة دمشق الكبرى	الحماءة المنشطة	485.000	865	170	80.3	0.19
3	تونس–محطة الشرقيه	الحماءة المنشطة	00 60.0	416	24	94.5	0.18
4	عمان–محطة دار سعيد مسقط	الحماءة المنشطة	50.000	515	32	93.7	0.2
6	اليمن محطة صنعاء اليمن –محطه اب	الحماءة المنشطة الحماءة المنشطة	50.000 7.000	1150 1316	278 248	70 75	0.13 0.20

من الجدول في أعلاه يتضح أن كفاية المعالجة في البلدان المجاورة لليمن مرتفع ويحقق الغرض من إنشاء تلك المحطات وبالنظر إلى وضع المحطات في اليمن فإن كفاية المعالجة تقل بشكل كبير وخاصة في محطة أمانه العاصمة صنعاء حيث لا يتعدى 70-76% بالرغم من نجاح طريقة المعالجة في المحطات المماثلة في بعض الدول المجاورة. كما يلاحظ من الجدول أن كلفة المعالجه للمتر المكعب تتراوح بين 0.18 - 0.37 $ بينما في محطة صنعاء 0.13 $ وهي الأقل كلفة بين الدول المجاورة نظرا لرخص الأيدي العاملة ورداءة المعالجة[8].

صوره (2) انتشار الذباب في المحطة

صوره(3) مكافحه الذباب في محطه المعالجة بالمبيدات

- ظهور مشاكل تشغيلية نتيجة الاستخدام الخاطئ لشبكات الصرف الصحي وذلك برمي المخلفات الصلبة فيها مثل أغطية المعلبات والأكياس البلاستيكية والقداحات والأقلام ووصولها إلى داخل وحدات المحطة مما سبب انسدادات في بوابات الأحواض وأعطالاً مستمرة لمضخات الحمأة وأجهزة القياس المختلفة، إضافة إلى أن دخول الرمال والأحجار إلى شبكة الصرف الصحي في أثناء الأمطار قد سبب حدوث أعطال في المضخات الحلزونية والمصافي [صورة (5,4)].
- اللجوء إلى تشغيل يدوي للمصافي بدلا عن التشغيل الأوتوماتيكي وهذا أدى إلى زيادة عدد العاملين وإضافة عبء مالي إلى ميزانية المحطة، وتعرض العاملين لمخاطر بيئية وصحية كبيرة.
- الانقطاعات المتكررة والعشوائية للتيار الكهربائي وعدم تمكن المؤسسة من الإيفاء بالمتطلبات الكبيرة لهذه التكنولوجيا من الطاقة الكهربائية ومستلزمات الصيانة وقطع الغيار.
- تصاعد غاز كبريتيد الهيدروجين من شبكة الصرف الصحي على طريق المطار وذلك بسبب التركيز العالي لمياه الصرف الصحي والمدة الزمنية الطويلة التي تبقى فيها مياه الصرف الصحي في الشبكة إضافة إلى تفريغ مياه البيارات الطافحة من المنازل إلى الشبكة العامة، مما أدى إلى انزعاج المارين والساكنين على هذا الخط.
- تذمر المزارعين من نوعية المياه الخارجة وعدم اضطلاع الجهات المعنية بوظيفتها في توعية المجتمع المحلي ورفع نوعية المياه المعالجة لتصبح صالحه لإعادة الاستخدام الآمن.

• قصور في نظرة المسؤولين المعنيين إلى أن الاستثمار في المحطة مشروع غير مفيد من وجهة نظر استثمارية وفي الوقت نفسه ينظر المجتمع المحلي إلى المحطة أنها أثرت سلبا في سعر الأرض ومن ثم فمن المتوقع أن تكون قرارات وزارة التخطيط والمجتمع المحلي دائما سلبية مما يؤثر في مشاريع الصرف الصحي تخطيطا وتنفيذا. كما أن المؤسسة أيضا تنظر إلى أن الصرف الصحي يعد عبئا عليها ولا يعود عليها بالفائدة وأكثر اهتماماتها في قطاع المياه بسبب العائدات من هذا القطاع.

صورة (4) ازالة المخلفات الصلبة من أحواض التهوية

صورة (5) كميات المخلفات الصلبة في أحواض التهوية

• هنالك العديد من الأضرار الفنية الأخرى نتجت عن مشاكل مالية وإدارية والتي أسهمت بتفاقم المشكلة وانعكاسها على المخرجات ومن هذه الاضرار التأخير في توفير متطلبات الصيانة للمعدات.

• عدم قيام المؤسسة بحساب الكلفة الحقيقية لمعالجة مياه الصرف الصحي واحتسابها نسبة من استهلاك المياه وهو أقل من الكلفة الحقيقية كما أن هذه النسبة لا تذهب إلى حساب خاص بالمحطة مما جعل المؤسسة تستهلك جل الميزانية في مشاريع المياه والنظر إلى الصرف الصحي بأنه ليس موضوعا ملحا.

بالإضافة إلى المشاكل السابقة، ومع نهاية سنة التشغيل من جانب الشركة المشغلة بحسب العقد تم استلام المحطة من قبل المؤسسة، وظهرت المشاكل المالية والإدارية التالية:

– عدم توفر نفقات التشغيل والصيانة،

– عدم توفر الكادر الفني الكافي

– عدم توفر متطلبات الكادر العامل بالمحطة (المكافآت والحوافز ،أدوات السلامة ،التأمين الصحي وتدريب الكادر الفني وغيرها).

– تدهور الوضع الفني للمعدات وعدم توفر قطع الغيار.

– غياب التشريعات المتعلقة بخصوصية المحطة والتي لم تراع خصوصية العمل في معالجة مياه الصرف الصحي والذي يتطلب منح علاوات للعاملين في المحطة في ظل عدم تحمس متخذي القرار لتلبيه احتياجات المحطة.

وبناء عليه طلبت المؤسسة من الشركة المنفذة بعد انتهاء السنه التشغيلية [8]عرضاً مالياً وفنياً للاستمرار في التشغيل والصيانة نظرا لعدم استطاعة المؤسسة الايفاء بالعرض المالي المقدم فقد تحملت المؤسسة كافه نفقات المحطة مما أدى إلى عجز دائم في توفير متطلبات التشغيل والصيانة.

المشاكل المالية والإدارية:

المشاكل الإدارية لكادر المحطة:

عند استلام المحطة والتي تعد الأولى من نوعها في

اليمن والتي تتطلب توفير الكادر بالتخصصات المختلفة، تم إنزال إعلان تنافسي وتم اختيار المؤهلين منهم عن طريق الخبراء بحسب الهيكل الموصى به من قبل الشركة الاستشارية المشرفة على تنفيذ المشروع [24,13] وخلال العامين 2002 – 2003 تم تنفيذ برامج تدريبية للكادر داخليا (على رأس العمل في المحطة) وخارجيا (في الأردن، مصر، ألمانيا) [8,7]، وعند عودة الكادر المحلي تحمل المسئولية كاملة لتشغيل المحطة، إلا أنه نظرا لعدم توفر الحافز الكافي لاستمرارهم بالعمل في المحطة، تحول الكثير منهم للعمل في إدارة المؤسسة ومن ثم خسرت المحطة جزءاً من كادرها المؤهل وبقي الفنيون والعمال ولم يعد ذلك كافيا لتشغيل وصيانة أجهزة المحطة بالشكل المطلوب. ونظرا لعدم توفر المهندسين، لم يتم تنفيذ الصيانة الدورية في وقتها المطلوب مما تسبب في الإسراع في تهالك المعدات وتوقف البعض منها نهائيا، الأمر الذي تطلب انشغال الفنيين بالصيانة الإصلاحية المستمرة والحاجة إلى قطع الغيار بشكل مستمر مما أرهق ميزانية المحطة وأفقد الثقة بين المؤسسة والمحطة وأدى إلى عدم تجاوب المؤسسة مع المحطة بسبب المتطلبات المتزايدة للمحطة والذي انعكس على تأخر توفير متطلبات المحطة من قطع غيار ومواد صيانة مما سبب في سوء تشغيل المحطة متمثلا في الآتي:

- العجز الكبير والواضح بقطع الغيار مما أدى إلى التأخر بأعمال الصيانة الوقائية ومن ثم كثرة الأعطال الطارئة.
- التباطؤ بتوفير المواد الأساسية ومستلزمات التشغيل مثل الزيوت والشحوم وغيرها
- تقادم العمر الافتراضي للمعدات خلال سنوات التشغيل الماضية وبفعل الإهلاك الذي يظهر على المعدات وازدياد متطلبات تشغيلها وصيانتها بشكل مطّرد.
- تداخل المهام والتواكل في الأعمال مما أدى إلى تركيز أعمال بأقسام معينه مقابل أخرى ونتج عنه قصور في الجانب التشغيلي وظهور أعطال تزيد من أعمال الصيانة.
- عدم توفر مهندسين ميكانيكيين في ضمن الكادر

جدول (3) يوضح القوى العاملة في محطة المعالجة حتي نهاية العام 2015م[9]

الإدارة/المؤهل	دراسات عليا	جامعي	دبلوم	ثانوي	إعدادي	ابتدائي	يقرأ ويكتب	أمي	الإجمالي
محطه المعالجة	2	19	13	44	11	2	30	4	125

والواضح من "الجدول 3" أن إجمالي كادر المحطة يصل إلى 125 موظفاً وهذا يعد عدداً كبيراً بالمقارنة مع محطات الدول المجاورة التي تعمل بنفس نظام المعالجة والأحمال الهيدروليكية يفوق الكمية التي تصل إلى محطة أمانة العاصمة.

المشاكل المالية للمحطة:

يعد نظام المعالجة وطريقة تشغيل محطة المعالجة عاملاً اساسياً في تحديد الكلفة التشغيلية لمحطات الصرف الصحي وكون نظام المعالجة في محطة صنعاء هو نظام الحمأة المنشطة بالتهوية المطولة

وهو عالي الكلفة وبالرجوع إلى الوضع التشغيلي في المحطة لعامي 2010-2011م [8] يبين أن كلفة معالجة مياه الصرف الصحي في المحطة بلغت 30- 35 ريالاً للمتر المكعب أي ما يعادل 0.13$ وهذه الكلفة مانزال متدنية جدا بسبب تدني أجور العمالة المحلية إذا ما تم مقارنتها مع الدول الإقليمية أو الأوربية التي تتراوح بين 15-14% من الكلفة التشغيلية في أوروبا [19,17,15] وما يعادل 193 ريالاً يمنياً (0.772$) في السعودية و360 ريالاً يمنياً (1.44$) في الأردن [10].

وفي محطه صنعاء قدر الخبراء خلال 2001 - 2002م أن كلفه المعالجة 65-75 ريالاً وقد تحملت المؤسسة كافة النفقات التشغيلية للمحطة (جداول ميزانية المحطة للأعوام ، 2008م - 2010م) [8] وأدى ذلك إلى عجز في الموازنة انعكس سلبا على ميزانية المحطة وعدم قدرة المؤسسة على الايفاء بكافة نفقات المحطة وبناء عليه اعتبرت المؤسسة أن الصرف الصحي عبء عليها.

ويوضح الجدول (4) تعرفة المياه والصرف الصحي (بحسب الشرائح) في أمانة العاصمة ويظهر أن تعرفة الصرف الصحي تمثل 80% من قيمة المياه المستهلكة والتي تتعامل مع الشرائح وليس لها علاقة بتحديد الكلفة الحقيقية.

جدول (4) تعرفة المياه والصرف الصحي (بحسب الشرائح) في أمانة العاصمة [9]

نوع الاستخدام	الرمز	الشريحة م3	رسوم المياه ريال	رسوم الصرف الصحي (80%) من قيمه المياه ريال	الإجمالي ريال
منزلي + مساجد	1	10 - 0	72	58	130
		20 -11	104	83	187
	3	30 -21	172	138	310
		ما زاد عن 30م3	208	166	374
القطاع الحكومي	4 -2	20 -0	480	384	864
		ما زاد عن 20م3	480	384	864
القطاع التجاري	9 -7	20 - 0	360	288	648
		ما زاد عن 20م3	360	288	648

يتضح من الجدول أعلاه بأن متوسط تعرفة المتر المكعب من الصرف الصحي للشريحة من (20-0م^3) يعادل 70 ريالاً وذلك للفئة الأولى (منزلي + مساجد) الأكثر استهلاكا وهذا المبلغ يعادل تقريبا ما يتم انفاقه لمعالجة المتر المكعب من مياه الصرف الصحي مع العلم أن تعرفة الصرف الصحي لا تضاف في حساب محطة المعالجة.

المخاطر الصحية والبيئية لكادر المحطة:

لعل طبيعة العمل في المحطة يعرض العاملين لمخاطر بيئية وصحية مختلفة أهمها [3] :

- تعرض العمال للغازات المصاحبة للمياه الخام بوحدة المدخل وخاصه غازات H_2S, CH_4.

- تعرض العمال لمخاطر الملامسة لمخلفات مياه الصرف الصحي في أثناء التشغيل اليدوي للمصافي (الوخز بقطع مدببة أو حادة، المخلفات الكيميائية المصاحبة للمياه، كتل صلبة ومترابطة من شعر وخلافه، المخلفات الصناعية ومخرجات بعض المستشفيات ، وغيرها).
- خطر السقوط من أعالي الجسور وممرات الأحواض العميقة.
- مخاطر التعرض لمعدات الجهد المتوسط والمنخفض الكهروميكانيكية.
- الضوضاء الناتجة عن التشغيل المتواصل للمحركات الكهربائية بالموقع وكذا مولدات الطاقة SKL والضوضاء الناتجة عن الطائرات كون الموقع مجاور لمدرج المطار المدني والعسكري.
- الرذاذ والمواد المتطايرة من محركات التهوية وأعمال الرش والتنظيف لوحدات المحطة.
- الغبار المتطاير من الحمأة في أثناء رفعها بعد تجفيفها والذي يصيب الجهاز التنفسي.
- المخاطر الكيميائية في أثناء تشغيل وحدة الكلور أو في حالة حصول تسرب والعمل في مختبر المحطة عدم كفاية متطلبات الأمن والسلامة المهنية للعاملين وعدم الالتزام باستخدامها من قبل العاملين في المحطة وذلك بحسب قانون العمل اليمني رقم (5) لسنة 1995م وتعديلاته [2]

عدم انتظام الرقابة على صحة العاملين (فحوصات دورية – لقاحات – إسعافات أولية – العلاجات الضرورية) كما أن المخاطر الوارد ذكرها لا تنحصر على العاملين بالموقع فقط بل التلوث الذي يلحق بجسم أو ثياب وأدوات العاملين تنتقل إلى أهليهم وأسرهم تطبيقا لقانون التأمينات الاجتماعية رقم (26) لسنة 1991م[3].

المعالجات التي نفذتها المؤسسة المحلية للمياه والصرف الصحي بأمانة صنعاء:

المعالجات الفنية:

المعالجات الفنية التي تمت خلال الفترة 2002-2006:

نظرا لعدم تمكن المؤسسة من دفع المبلغ الذي تقدمت به الشركة المشغلة للمحطة في السنة الأولى، قررت المؤسسة القيام بالتشغيل والصيانة بنفسها واتخذت الخطوات التالية:

- تدريب الكادر المحلي على تشغيل وصيانة المحطة عن طريق الاستعانة بخبراء عرب بتخصصات مختلفة.
- تخصيص ميزانية تشغيلية مستقلة للمحطة إضافة إلى متابعة وزارة المالية حتى تم الحصول على دعم بمبلغ 600 مليون ريال سنويا لتغطيه نفقات الطاقة [8,7].
- دراسة المشاكل التي ظهرت خلال سنة التشغيل وإيلائها أهمية بالغه في البحث عن حلول لها، وبدأت بتنفيذ الإجراءات كما يلي:

– تنفيذ بلوكات إسمنتية داخل أحواض التجفيف لتسهيل مرور المعدات الميكانيكية (البوبكات) عند رفع الحمأة من الأحواض

– إضافة وحدة البوليمر لتحسين كفاية أحواض التجفيف.

– تنفيذ أحواض تجفيف إضافية عدد 36 حوضاً [32,17].

– إعداد قوائم لتوفير قطع الغيار والمعدات اللازمة للتشغيل.

ونظرا لاستمرار وزيادة مشكلة الحمل العضوي، والتي كان من أسبابها طفح البيارات في شوارع العاصمة صنعاء والاضطرار إلى ضخها إلى الشبكة بالإضافة إلى استمرار التوسع في شبكة الصرف الصحي وربط أحياء جديدة داخل أمانة صنعاء، قامت المؤسسة بالإجراءات التالية خلال الفترة 2006- 2010:

المعالجات الفنية قصيرة المدى التي تمت خلال 2006-2010:

1- الحد من آثار الاستخدام السيئ للشبكة بالإجراءات التالية:

- تجميع الزيوت المعدنية وذلك بالتعاقد مع شركة استثمارية حتى يتم الاستفادة منها.
- تنفيذ مجرى السيول لتجميع مياه الأمطار وتصريفها إلى الوادي (السائلة) بدلا من مرور هذه المياه في الشبكة
- تنفيذ توعية صحية وبيئية بأهمية الحفاظ على الشبكة ومساوئ رمي المخلفات الصلبة إليها والأثر السلبي في محطة المعالجة.

2- الحد من الانقطاعات المتكررة للتيار الكهربائي :تم إضافة وحده توليد للكهرباء تعمل بالديزل منذ عام 2004 م بقدرة 4 MVA.

3- إدخال تعديلات في أحواض التجفيف وإضافة أحواض جديدة: في عام 2003 م تم بواسطة الخبراء العرب الذين استعانت بهم المؤسسة في تشغيل المحطة إدخال تعديلات على الوسط الترشيحي لأحواض التجفيف لغرض التخفيف من الحمل العضوي العالي[24] وقد أدى ذلك إلى رفع كفاية الأحواض وتحسين جودة الحمأة الناتجة وتم الاستغناء عن العمال من خارج المحطة في رفع الحمأة من الأحواض حيث يتم تنظيف الأحواض ميكانيكيا (البويكات) وتم إضافة وحدة حقن البوليمر مما ساعد في تقليل فترة الجفاف للحمأة من 28 يوماً إلى 17 يوماً كما تم إضافة 36 حوض تجفيف للفترة من 2006- 2009م.(التقرير السنوي لمحطة المعالجة للأعوام 2006-2008م)

4- مشروع إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة: نظرا للمعاناة التي يشكو منها المزارعون والساكنون بجوار القناة التي تمر منها المياه المعالجة وجزء من الترسبات، وكذا طلب أمانة العاصمة لجزء من المياه المعالجة لاستخدامها لري الجزر داخل مدينة صنعاء، تم التعاقد مع شركة بيسر المصرية [31] للقيام بإعداد الدراسات والتصاميم لهذا المشروع وقد تم إنجاز التقرير النهائي في نهاية العام 2007 وبكلفة تقديرية لتنفيذ المشروع تقارب 10 ملايين دولار ويتضمن المشروع إعادة 50% من المياه لري الحدائق والجزر في شوارع العاصمة صنعاء بينما يستخدم بقية المياه في الري في منطقة بني الحارث وتم تأجيل تنفيذ المشروع حتى الانتهاء من مشروع رفع الكفاية لعدم تطابق مخرجات المحطة في الوقت الحالي مع ما يتطلبه المشروع.

5- تصريف المياه المعالجة من المحطة بعيدا عن التجمعات السكانية وإضافة خط خاص بالمياه غير المعالجة حتي لا تلوث المياه المعالجة وتصبح غير مفيدة حيث قامت المؤسسة بتنفيذ قناة خرسانية مغلقة لتصريف مخرجات المحطة (من المياه) بعيدا عن التجمعات السكانية الواقعة بعد المحطة بطول 9كم حيث تم تنفيذ 3200 متر منها فقط وقد توقف العمل حاليا بسبب اعتراض المواطنين على إنشاء القناه المغلقة، مما أدى إلى عدم استكمال المشروع المخطط له.

6- الحد من انتشار آفة الذباب: تم الاستعانة بخبير متخصص من جامعة صنعاء لتشخيص نوعيه الذباب وطريقة المكافحة واتضح أنها ذبابة منزليه، ومن ثم تم التعاقد مع شركه متخصصة لرش المبيدات داخل المحطة. كما تم تنفيذ حملات رش للمنطقة المجاورة للمحطة في مواسم انتشار الحشرة وقد توقفت حملات الرش بسبب الأوضاع الأمنية والاقتصادية والسياسية في البلاد.

7- تنفيذ محطة معالجة جديدة بسعة 500 م3/ يوم

بجانب الكلية الحربية وذلك لاستيعاب مياه الصرف من البيارات التي تطفح في المناطق غير المخدومة بشبكة الصرف الصحي بتمويل من الصندوق العربي بغرض تخفيف الحمل العضوي على المحطة الرئيسية.

8- تنفيذ مشروع تجريبي باستخدام الكربون المنشط على فتحات غرف التفتيش لمنع خروج الروائح [30,21] وذلك في سنة 2009م وقد نجح هذا المشروع في امتصاص الروائح من الشبكة ولم يتم استكمال المشروع بسبب عدم توفر المخصصات المالية لدى المؤسسة والوضع الراهن في البلاد.

9- تصريف الحمأة بعد رفعها من أحواض التجفيف: تنتج المحطة يوميا 46,000 كجم من الحمأة وفي مواسم الأمطار يتسبب تخزينها في المحطة في انتشار الروائح كونها غير مكتملة المعالجة، وتصرف هذه الحمأة كأسمدة عضويه للمزارعين ولكن مخاطرها مازالت قائمة بسبب احتوائها على مسببات الأمراض وقد قامت المؤسسة عن طريق مناقصة عامة للمعالجة والتصريف الآمن للحمأة عن طريق متعهد بعد أن تم عمل دراسة بحثية في مركز المياه والبيئة بجامعة صنعاء يحدد الفترة اللازمة للتجفيف تحت الشمس حتي تصبح الحماءة صالحة للاستخدام وخالية من الممرضات .

بالإضافة إلى الحلول والمعالجات السابقة قصيرة المدى التي قامت بها المؤسسة، تم الاستعانة باستشاريين دوليين وإقليميين ومحليين لعمل حل جذري بعيد المدى لتخفيف الحمل العضوي الزائد عن طاقة المحطة وتحسين مخرجاتها كما يلي:

المعالجات الفنية بعيدة المدى التي تمت خلال 2006-2010:

تمثلت هذه المعالجات باقتراح مشروع رفع كفاية وتطوير المحطة الحالية بإضافة الوحدات التالية [13]:

- وحدات معالجة ميكانيكية (مصافي ناعمة وخشنة – فاصل رمال أحواض ترسيب أولية)
- وحدات تكثيف الحمأة وهاضمات لاهوائية (Digesters) لمعالجة الحمأة
- وحدات توليد الطاقة من الغاز الطبيعي المنتج من الهاضمات.
- حيازة جزء من الأرض المجاورة لغرض التوسع في المشروع.

الجدول رقم (5) يوضح مكونات مشروع رفع الكفاية و مدى إسهامها في حل مشاكل المحطة

	الوحدة المضافة	مدى إسهامها في حل الإشكال
المعالجة الميكانيكية	مصافي خشنة	فصل وإزاله النفايات الصلبة كبيرة الحجم (أكبر من 30 ملم) للحفاظ على المعدات.
	وحدة الضخ	فصل عملية خلط الحمأة الراجعة عن المياه الداخلة
	حوض طوارئ	استيعاب الزيادة في الحمل الهيدروليكي خلال وقت الذروة بالإضافة إلى ضمان تدفق المياه للمحطة في حدود الطاقة التصميمية دخول(أمطار مثلا)
	مصافي ناعمة	فصل وإزاله النفايات الصلبة صغيرة الحجم (أكبر من 6 ملم) للحفاظ على المعدات. للحفاظ على المعدات.
	فاصل رمال بالتهوية مع وحده فصل الزيوت	فصل الرمال للتخلص منها وإزاله الزيوت لإنجاح المعالجة البيولوجية

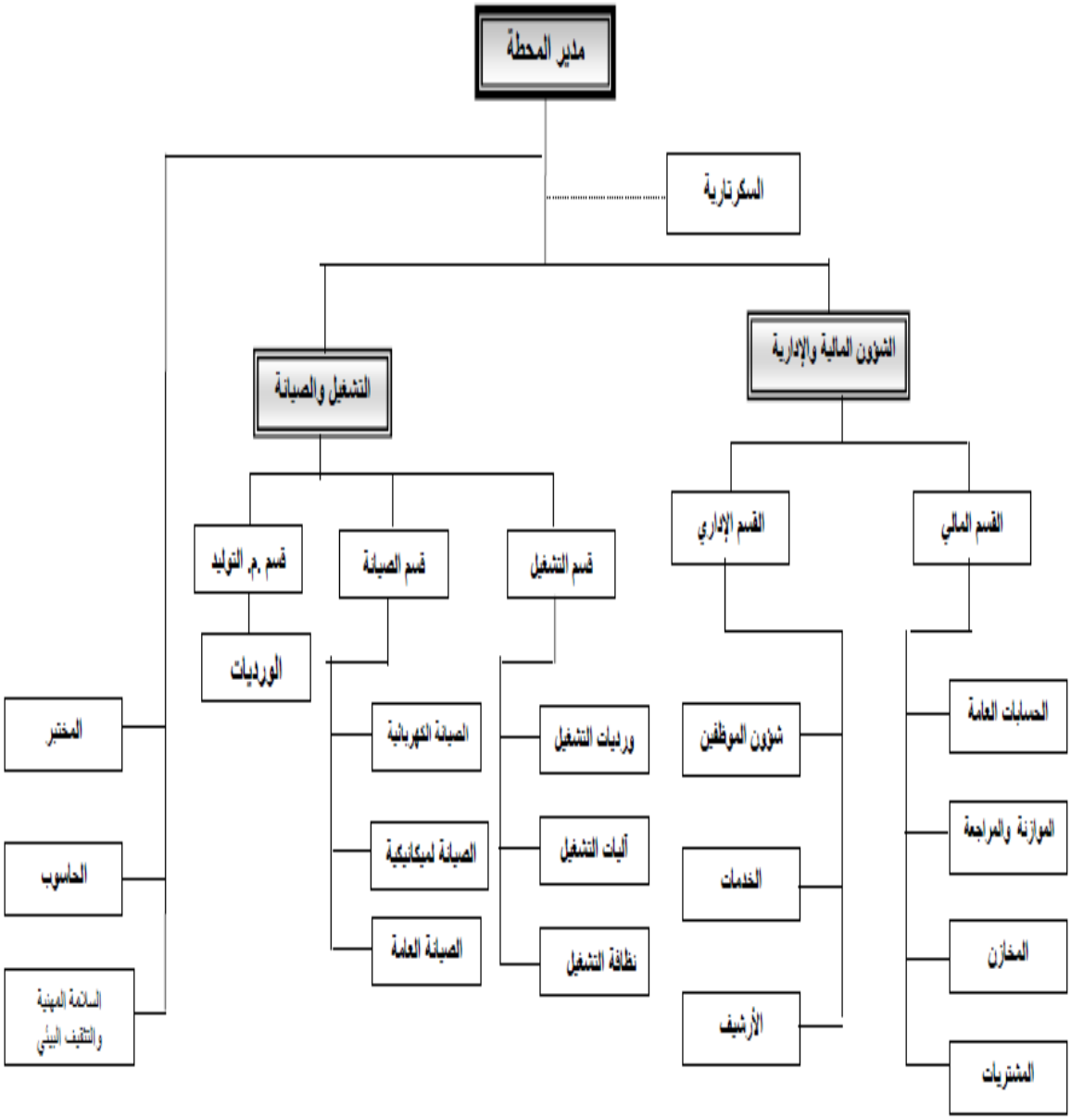
	أربعة أحواض ترسيب ابتدائية	لتخفيف الأحمال العضوية الداخلة إلى المحطة بنسبة 35–40 % وذلك بفصلها على هيئة حمأة ابتدائية يتم معالجتها في المكثفات والهاضمات.
معالجة الحمأة	ثلاثة أحواض تكثيف	لغرض معالجة وتقليل حجم الحمأة الابتدائية وكذا الحمأة الثانوية المترسبة في الأحواض النهائية لتكون أقل حجما وأكثر تركيزا مما سيساعد في تخفيف الكلفة ألاستثمارية في المراحل اللاحقة
	الهاضمات اللاهوائية	لمعالجة الحمأة الأولية والثانوية لإنتاج حمأة مستقرة للتمكن من إعادة استخدامها بشكل آمن، إضافة إلى إنتاج الغاز البيولوجي (الميثان) وبكميات اقتصاديه.
	وحدات توليد الطاقة من الغاز البيولوجي	انتاج طاقه كهربائية تصل إلى حوالي 65% من إجمالي الطاقة الكهربائية اللازمة لتشغيل المحطة.

تم البدء بتنفيذ المشروع عام 2006م بكلفة تقديرية تقارب 30 مليون دولار وقد تم إنجاز الأعمال المدنية جزئيا وماتزال الأعمال الكهروميكانيكية حتى الآن متعثرة من العام 2011م وعاود بعدها التنفيذ في العام 2013م لما يعادل 70% من الأعمال الإنشائية وتوقف مجددا عند بدء الحرب في العام 2015م.

كما تم اقتراح إنشاء محطة جديده وقامت بدراسة الجدوى الشركتان الكنديتان Tecsult Hydrosult, [32,13] ونظرا لصعوبة حيازة الأرض فقد تعثر المشروع.

المعالجات الإدارية:

لقد تم عمل الكثير من المعالجات الإدارية منذ بدء العمل في المحطة في سبيل منح المحطة استقلالية تامة عن إدارة المؤسسة لكن هذه الاستقلالية لم تنجز وتظل كثير من المعاملات مرتبطة بالمؤسسة وخاصة في مشتريات قطع الغيار أو الصيانة الدورية والطارئة و في العام 2005م تم استدعاء خبراء أجانب لغرض تدريب الكادر محليا في التشغيل وفي الجانب الإداري وقد تم وضع مقترح لهيكلية المحطة شكل (1) وتم اعتماده لكن لم يطبق على الواقع.



شكل (3) الهيكل التنظيمي للمحطة الموصى به من قبل الشركة الاستشارية [32,20]

ويبين الجدول (6) الكادر الحالي للمحطة والكادر المقترح من قبل الاستشاري والكادر للحالة المثالية المقترح من قبل الباحثين.

جدول (6) الكادر الوظيفي الحالي والمقترح في محطة المعالجة

N	الكادر المقترح من دراسة الاستشاريين في 2005	العدد	الكادر بحسب دراسة الشركة المصممة	العدد	كادر المحطة الحالي	العدد	الكادر المقترح –بحسب توصيه الباحثين	العدد
1	مدير المحطة	1	مدير المحطة	1	مدير المحطة	1	مدير المحطة	1
2	نائب مدير المحطة	1	نائب مدير المحطة	1	نائب مدير المحطة	1	نائب مدير المحطة	1
3			سائق المدير ومنظف	2	مستشار	1	مستشار	1
4	سكرتارية	1	سكرتارية	1	سكرتارية	2	سكرتارية وطباع	2
5	مدير الشؤن الفنية	1			مدير الشؤن الفنية	1	مدير الشؤن الفنية	1
5-a	قسم التشغيل: – رئيس قسم التشغيل – وحدة التحكم الآلي (MIMIC) . – رورديات التشغيل – كادر التشغيل لمساعد (عمال أحواض – سائقي معدات التشغيل)	 1 2 12 11	قسم التشغيل: – رئيس قسم التشغيل – وحدة التحكم الآلي (MIMIC) . – رورديات التشغيل عمال وسواقين أحواض التجفيف	 1 1 8 8	قسم التشغيل: – رئيس قسم التشغيل – وحدة التحكم الآلي (MIMIC). – رورديات التشغيل – كادر التشغيل المساعد (عمال أحواض– سائقي معدات التشغيل	 1 1 12 18	قسم التشغيل : – رئيس قسم التشغيل – وحدة (MIMIC) التحكم الآلي. – رورديات التشغيل والطاقة – كادر التشغيل المساعد (عمال أحواض – سائقي معدات التشغيل)	 1 1 16 12
5-b	قسم الصيانة : – رئيس قسم الصيانة – الصيانة الوقائية – الصيانة الطارئة – محطة توليد الطاقة	 1 4 4 5	قسم الصيانة: – رئيس قسم الصيانة – كهربائي – ميكانيكي	 1 2 2	قسم الصيانة : – رئيس قسم الصيانة الوقائية – الصيانة الطارئة – محطة توليد الطاقة	 1 10 10 7	قسم الصيانة : – رئيس قسم الصيانة – الصيانة الوقائية – الصيانة الطارئة – قسم توليد الطاقة (مع الصيانة)	 1 8 6 3
5-c	– رئيس المختبر – فني كيميائي – ميكروبيولوجي – مساعدين	1 2 1 1	– رئيس المختبر – فني كيميائي	1 1	– رئيس المختبر – كيميائي – ميكروبيولوجي – مساعدين	1 2 1 5	– رئيس المختبر – كيميائي – ميكروبيولوجي – مساعدين	1 2 1 2
5-d	رئيس قسم الصحة والسلامة	1			رئيس قسم الصحة والسلامة	1	رئيس قسم الصحة والسلامة	1

6	مدير الشؤون الإدارية – شئون الموظفين – مراقبين الدوام – الأرشيف – مزارعين خدمات	 1 1 2 1 2	حراسة	1	– مدير الشؤون الإدارية – شئون الموظفين – مراقبين الدوام – الأرشيف – مزارعين – حركة وخدمات – مراسلين ومندوبين – حراسة مدنيين	1 1 3 1 4 2 2 7	مدير الشؤون الادارية – شئون الموظفين – مراقبين الدوام – الأرشيف – مزارعين – حركة وخدمات – مراسلين ومندوبين – حراسة مدنيين	1 1 1 1 4 1 1 3
7	– مدير الشؤن المالية – المشتريات – الحسابات المخازن – أمين الصندوق	 1 1 1 1			– مدير الشئون المالية – المراجعة – المشتريات – الحسابات – حسابات المخازن – المخازن – أمين الصندوق – مراسل	1 2 1 1 1 2 1 2	– مدير الشئون المالية – المراجعة – المشتريات – الحسابات – حسابات المخازن – المخازن – أمين الصندوق – راسل	1 1 1 1 1 2 1 1
	إجمالي عدد الموظفين	61		31		108		83

يتضح من الجدول في أعلاه أن الزيادة الملحوظة للكادر الحالي (108 موظفين) بنسبة 43% مقارنة بالكادر المقترح من الاستشاري في عام 2005م ويزيد بمقدار 71%مقارنة بالكادر المقترح من الشركة المصممة للمحطة ولمعالجه هذا الخلل يقترح الباحثون لهذه الورقة أنه لتوازن العدد والنوع تحتاج المحطة إلى 83 موظفاً بحسب التوزيع الموضح في جدول (6) ومن ثم فإن الزيادة في كادر المحطة الحالي يرجع إلى توظيف عدد كبير دون الرجوع إلى الهيكل الموصى به من الاستشاريين و نتيجة لسوء توزيع الكادر وعدم التزامهم في الدوام الرسمي مما أدى إلى تحويل كثيرٍ منهم إلى قسم التشغيل والحراسة وأيضا هناك زيادة غير مبررة في قسم الصيانة بالرغم من مطالبتهم المتكررة بتوفير مهندسين ميكانيكيين حيث لا يوجد في المحطة مهندس ميكانيكي.

لقد عمل الباحثون على تحديد العدد المطلوب في كل من أقسام المحطة المختلفة وذلك بحسب الخبرة الطويلة في المحطة وتظهر هناك زيادة في هذا المقترح وخاصه في ورديات التشغيل حيث زاد العدد إلى 16 وذلك نظرا للحاجة إلى مختص بالطاقة للأربع المجموعات التي تعمل في نظام الورديات وكذا الزيادة للكادر في قسم الصيانة الطارئة والوقائية عن مقترح كل من الاستشاري و الشركة المصممة و كان السبب في الزيادة هو ناتج من زيادة معدل الإهلاك للمعدات.

المعالجات المالية:

تم عمل الكثير من المعالجات وذلك تماشيا مع التغيرات الاقتصادية وغلا المعيشة التي مرت بها اليمن خلال 15 عاما حيث كانت هناك زيادة في أجور موظفي محطة المعالجة مثلهم مثل القطاعات الأخرى في الدولة و تجدر الإشارة إلى أن المستحقات المالية والحوافز التشجيعية التي يتقاضاها الكادر حاليا لا تتناسب مع ما هو مفترض أن يناله العاملون في قطاع الصرف الصحي وذلك مقابل خصوصية العمل والمخاطر المهنية والصحية التي يتعرض لها العاملون

بالمحطة ، ويعد ما يتقاضاه موظفو محطة المعالجة في أمانة صنعاء من أدنى الأجور إقليميا وعالميا[19] وبالرجوع إلى الميزانية التقديرية للمحطة فإنه من المفترض أن تكون إجمالي الأجور بما يساوي 14 % [19] من الكلفة التشغيلية الإجمالية كما يوضح الجدول رقم(7) أن هناك تدنياً في أجور العاملين بنسبه 41% للعام 2015 وبنسبة 23% للعام 2011م وهذا التدني في الأجور يعد من أحد أسباب تسرب الكادر المؤهل وانتقاله إلى العمل في الإدارة العامة أو أحد المناطق الفرعية التابعة لها.

جدول رقم (7) مقارنة بين الأجور المنصرفة الفعلية و الأجور المفترضة لموظفي المحطة[9,8,7]

السنه	إجمالي الأجور والمزايا المنصرفة فعليا	إجمالي الأجور نفقات العمالة المفترضة 14% من الموازنة (70ريال للمتر المكعب)
2009	97.124.328	178,937,500
2010	112.366.130	
2011	138.962.257	
2015	104.012.088	

ومن ضمن المعالجات المالية أن وزاره المياه والبيئة والمؤسسة المحلية للمياه اتجهت إلى دعوة القطاع الخاص لتشغيل وصيانة المحطة كحل لإقناع الدولة بالمبالغ المطلوبة لتشغيل المحطة وتقدمت شركة النور بمقترح لتشغيل المحطة لسنة واحدة وكذا لخمس سنوات [13] ولم يتم الاتفاق مع الشركة. وتم مخاطبة وزارة المالية بدعم كلفة الطاقة في المحطة فتمت الموافقة من قبل وزارة المالية على دفع مبلغ 600 مليون ريال سنويا على أن تغطي المؤسسة بقية المبلغ المطلوب من دخل الصرف الصحي إلا أن هذا الاتفاق لم يستمر طويلا وسرعان ما تم إيقاف الدعم من وزاره المالية في عام 2006م وبناء على ذلك اتجهت المؤسسة إلى تحمل كافة النفقات التشغيلية والصيانة للمحطة كما ورد في التقرير الفني والمالي للمحطة للعام 2006م[4] وقد انعكس سلبا علي العملية التشغيلية ككل نتيجة للعجز المتراكم في المخصصات المالية عاما بعد عام إلى أن طهرت المشاكل السياسية في اليمن عام 2011م والتي عمقت من مشاكل المحطة وأدت إلى تدهور وضع المحطة بشكل عام.

المشاكل الناتجة خلال أحداث أزمة 2011-2017 م:

المشاكل التي واجهتها المحطة خلال العام 2011-2015م:

نظرا لتفاقم المشاكل التشغيلية وبقيام الثورة الشبابية عام 2011 م والفوضى العارمة التي حلت بالبلد، واجهت أمانة العاصمة مشاكل كبيرة منها انقطاعات الكهرباء وانعدام توفر الوقود (البترول والديزل) ورفض نسبة كبيرة من المجتمع المحلي تسديد رسوم المياه والصرف الصحي وتأثرت بذلك المحطة وواجهت ما يلي:

- الانقطاعات المتكررة والعشوائية للتيار الكهربائي كونها تمثل المصدر الرئيسي للطاقة الكهربائية المعتمد عليها لتشغيل المحطة في ظل محدودية كميات الوقود اللازم لتشغيل مولدات الطاقة (الديزل) الموجودة بالمحطة.
- صعوبة الوضع المالي للمؤسسة أدى إلى شحة النفقات اللازمة للصيانة وتشغيل المعدات ونفاذ الرصيد المخزني لقطع غيار المعدات ومن ثم تراكم

الأعطال وعدم إمكانية تنفيذ بعض أعمال الصيانة الطارئة مما أدي أيضا إلى:

- توقف للعديد من الوحدات وكذلك الأجهزة والآلات.
- تشغيل العديد من الوحدات بأعطال جزئية.
- ظهور مؤشرات توقف تام للوحدات الأخرى تنذر بالتوقف التام لأعمال المحطة.

المشاكل التي واجهتها المحطة خلال الفترة 2015م – 2017م:

– نتيجة لحصول واستمرار الحرب منذ عام 2015م ، أدى الى وقف التمويل الداخلي والخارجي وتوقف المشاريع الخدمية عن أداء مهامها بما فيها قطاع المياه والصرف الصحي وخروج منظومه الكهرباء الوطنية والحصار الجائر لدخول المشتقات النفطية وأدوات الصيانة مما أدى إلى تفاقم المشاكل القائمة في المحطة وتوقفت المعالجة بشكل كامل، وفي هذه الاثناء تم البحث عن مصدر تمويل من الجهات الداعمة مثل اليونيسيف والصليب الأحمر الذين رفدوا جزءاً من الوقود اللازم لتشغيل المحطة وبمعدل 50% من وحداتها فقط. كما عملت المؤسسة على دفع 50 % من رواتب موظفي المحطة وبصورة مستمرة.

– كما تم تنفيذ دراسة لتزويد المحطة بالطاقة الشمسية لتشغيل المحطة بالحد الأدنى بتمويل اليونسيف [12] إلا أن تنفيذ المشروع يحتاج إلى دعم مالي كبير ويلخص جدول (8) المشاكل والمعالجات التي تمت في محطة المعالجة خلال المدة منذ افتتاح المحطة عام 2000 وحتى العام 2017م.

جدول (8) المشاكل والمعالجات التي تمت في محطه المعالجة مع تواريخ حدوثها

م	الفترة	المشاكل	المعالجات
1	2002 2006	– زياده الحمل العضوي بمعدل 2.5 مرة من القيمة التصميمة مما أدى إلى تدني كفاية المعالجة وزيادة الحمأة الناتجة وتصاعد رائحة الحمأة ووصولها إلى المناطق المجاورة. – التصاق الحمأة بالوسط الترشيحي (الهلسن) عند رفع الحمأة بنسبة جفاف 60% مما أدى إلى صعوبة استخدام الحمأة كأسمدة	– تم إعاده تأهيل أحواض التجفيف بإضافة بلوكات اسمنتية داخل الأحواض – رفع الحمأة بنسبة جفاف 60% – إضافة وحدة البوليمر – تنفيذ عدد 36 حوضا تجفيف إضافي لاستيعاب الحمأة الزائدة – اقتراح تنفيذ وحدات تجفيف ميكانيكية (لم تنفذ)
2		– وصول زيوت ومخلفات أخرى غير مرغوب فيها في عمليه المعالجة البيولوجية – وصول المخلفات الصلبة إلى المحطة (أغطية معلبات،أكياس بلاستيكية ،قداحات ،قماش،.....وغيرها) – دخول رمال وأحجار وغيرها إلى الشبكة في أثناء الأمطار ووصولها إلى المحطة	– تجميع الزيوت المعدنية المستخدمة من أمانة العاصمة عبر شركة استثماريه – تحويل وحدة المدخل إلى العمل اليدوي بدلا من الأتوماتيكي – تم زيادة عدد الموظفين في مدخل المحطة لزيادة المراقبة طوال الوقت – تحويل المياه إلى الوادي دون معالجة – تنفيذ مجرى السيول لتجميع مياه الأمطار
3		– زيادة عدد العاملين في المحطة نتيجة لتوقف العمل الآلي للمصافي والمعدات الأخرى	– تم تدريب الكادر المحلي (داخليا وخارجيا) – تم توظيف أعداد متزايدة من العمالة (غير مؤهلة)

4		– انقطاعات متكررة للتيار الكهربائي	– تم إضافة وحدة توليد للكهرباء تعمل بالديزل منذ عام 2004 م بقدرة 4 MVA
5		– عدم الإيفاء بمتطلبات المحطة (طاقة كهربائية ، قطاع غيار ،صيانه، وغيرها)	– تم تخصيص ميزانية تشغيلية مستقلة للمحطة
6		– زياده تصاعد غاز كبريتيد الهيدروجين من الشبكة بسبب زيادة تركيز مياه الصرف الصحي	– تنفيذ مشروع تجريبي باستخدام الكربون المنشط علي فتحات غرف التفتيش للحد من الروائح (لم يكتمل)
		بالإضافة إلى المشاكل في أعلاه فقد ظهرت إشكالات إضافية منها:	
7	2006 | 2010	– صب مياه البيارات الطافحة إلى الشبكة	– تنفيذ محطة معالجة جديدة بسعة 500 م3 / يوم لاستيعاب مياه البيارات الطافحة – تنفيذ حملات توعية صحية وبيئية عن الاثر السلبي لمحطة المعالجة
8		– التأخير في توفير متطلبات الصيانة للمعدات	– تم عمل مقترح لاستقلالية المحطة ماليا للتسريع في إنجاز المعاملات لكنه لم ينفذ
9		– عدم احتساب الكلفة الحقيقية لمعالجة مياه الصرف الصحي	– لم يتم عمل شيء بهذا الخصوص
10		– المبالغ المالية المدفوعة مقابل الصرف الصحي لا تدخل في حساب المحطة	– لم يتم عمل شيء بهذا الخصوص
11		– انتشار الذباب في المحطة والمناطق المجاورة للمحطة	– الحد من انتشار الذباب باستخدام مبيدات كيميائية مناسبة داخل المحطة وخارجها
12		– عدم توفر نفقات التشغيل والصيانة	– تم اعتماد ميزانية تشغيلية إضافية من قبل وزارة المالية إلا أنه توقف بعد عام واحد من اعتماده – تصريف السماد العضوي الناتج من المحطة عن طريق متعهد وبيعها للمزارعين لدعم جزء بسيط من الكلفة التشغيلية
13		– عدم كفاية الكادر الفني المؤهل	– تم اقتراح هيكل إداري جديد وتم تحديد الكادر المطلوب (لم ينفذ)
14		– عدم توفر متطلبات الكادر(حوافز ،مكافآت ، أدوات سلامة ،تامين ،....وغيره)	– تم رفع المستحقات المالية للموظفين بالمحطة لكنه ما زال لا يتناسب وطبيعة العمل بالمحطة – يتم توفير الحد الأدنى من أدوات السلامة شهريا لكنه غير كافٍ
15		– تدهور الوضع الفني للمعدات (تقادم العمر الافتراضي للآلات بفعل الإهلاك)	– لم يتم عمل شيء بهذا الخصوص
16		– عدم توفر قطع الغيار لبعض المعدات والتأخير في الإصلاحات	– يتم إنزال مناقصة عامة لشراء بعض القطع الغالية الثمن وهذه الإجراءات عاده تأخذ وقتاً طويلاً
17		– المخاطر الصحية للعاملين ولأسرهم (مباشرة وغير مباشرة) وعدم التزام العمال بقواعد الأمن والسلامة	– تم تدريب الكادر على المخاطر المتوقعة من المحطة إلا أن هذا غير كافٍ

18		– التخلص من السماد العضوي إلى خارج المحطة للمزارعين في قاع البون وقاع جهران بدون معالجة كافية – التوسع في تنفيذ شبكات صرف صحي وربطها بالمحطة مما فاقم الوضع وزادا الأحمال العضوية على المحطة وأصبحت فوق طاقتها	– تم التعاقد مع متعهد للتخلص من السماد العضوي للمزارعين إلا أنه في الوقت الحاضر يتم بيعها مباشرة وبدون معالجه – تبني رفع كفاية المحطة بإضافة وحدات معالجة وحيازة الأرض المطلوبه والبدء بتنفيذها (إلا أنها توقفت نتيجة الحرب)
19	2011	**بالإضافة إلى المشاكل في أعلاه فقد ظهرت مشاكل منها:**	
20	2014	– انقطاعات متكررة وعشوائية للكهرباء	– عملت المؤسسة علي توفير الحد الأدنى من متطلبات التشغيل والصيانة إلا أن الإجراءات المتخذة ظلت غير كافية وغير مجدية لعمل المحطة
21		– عدم توفر الوقود	
22		– عدم تسديد رسوم المياه والصرف الصحي من قبل المواطنين	
23		– شحة النفقات في المؤسسة لعمل الصيانة وتشغيل المعدات المساندة للمعالجة	
24		– توقف العديد من الوحدات والآلات في المحطة	
25	2015 2017	**بالإضافة إلى المشاكل في أعلاه، فقد ظهرت مشاكل أخرى منها:**	
		ونتيجة للظروف التي تمر بها اليمن من الحصار والحرب مما أدى إلى توقف المحطة بالكامل عن عملية المعالجة	– تم اللجوء إلى جهات داعمة مثل اليونيسف والصليب الأحمر لتوفير الوقود لعمل المحطة وقد قدمت هذه الجهات الوقود اللازم لعمل 50 % من وحدات المحطة فقط – تم البحث عن منظمات لتغطية أعمال الصيانة وتوفير قطع الغيار – عملت المؤسسة على دفع 50 % من رواتب موظفي المحطة وبصورة مستمرة – عمل مقترح لتزويد المحطة بالطاقة الشمسية لتشغيل المحطة بالحد الأدنى (يحتاج إلى دعم مالي كبير)

الاستنتاجات:

بالرغم من كل ما اتخذ من إجراءات للتخفيف من مشاكل المحطة فأنه لا تزال هناك مشاكل عالقة منها فنية وإدارية من حيث الاختيار غير الموفق في طريقه المعالجة بما يتناسب ووضع اليمن المائي والاقتصادي وكذلك الأعطال المتكررة للآلات والمعدات نتيجة للخلل في الصيانة الدورية ولتقادم عمر هذه الآلات وعجز مزمن في الأمور المالية وعدم تقدير ميزانية تشغيلية حقيقية للمحطة ومن ناحيه أخرى أن المستحقات المالية والحوافز التشجيعية التي يتقاضاها الكادر لا تتناسب مع ما هو مفترض أن يحصل عليه العاملون في هذا النوع من المحطات وبالرجوع إلى الميزانية التقديرية فأنه من المفترض أن تكون إجمالي الأجور بما يساوي 14% من الكلفة التشغيلية الإجمالية، نعتقد أن الكادر ليس بالمستوى الكافي فنيا وفي نفس الوقت بحاجة إلى تغطية بعض التخصصات مع الأخذ في الاعتبار أن التضخم الموجود حاليا يعد عبئا على المحطة ومن الضروري النظر في هذا الموضوع بموضوعية في ما تحتاجه المحطة بالفعل من كوادر متخصصه، كل

ذلك أدى إلى تراكم المشاكل وعدم حلها اولا بأول مما أثر تأثيراً سلبيا على كفاية المحطة.

التوصيات:

يوصي الباحثون بما يلي:

توعية متخذي القرار بأهمية أثر المحطة الذي لا يقل أهمية عن مشاريع المياه، وضع خصوصية للصرف الصحي باعتبارها من العلوم الجديدة والمتجددة في اليمن وعلى مستوى العالم وتشجيع وتحفيز طلاب الكليات العلمية للدخول في هذا التخصص، اختيار الطريقة المناسبة للمعالجة والملائمة بيئيا وبحسب الإمكانيات المتاحة مثل أحواض الأكسدة مع المعالجة اللاهوائية كتكنولوجيا مركبة كبديل تكنولوجي قليل الكلفة في التشغيل والصيانة ومن ثم توطين هذه التكنولوجيا، اعتماد الميزانية المناسبة لتشغيل المحطة بالاعتماد على الكلفة التقديرية للمعالجة (70 ريالاً غير شاملة للإهلاك) وتوزيعها على نفقات المعالجة، مخاطبة وزارة المالية بإعادة الدعم للمحطة بمبلغ 600 مليون ريال والمعتمدة سابقا أو رفع التعرفة لتغطية نفقات المحطة، العمل بالهيكل المقترح من قبل الاستشاري في العام 2005م وإعطاء المحطة استقلاليه كلية أو جزئية، رفع الأجور للكادر المهني عملا بتوصية الخبراء بما يتناسب مع المخاطر التي يواجهونها بالمحطة مع التدريب النوعي لهم بحسب ما تتطلبه المحطة و توفير أدوات السلامة اللازمة لهم، استقطاب العمالة في مجال الصرف الصحي واستكمال رفع كفاية المحطة الحالية لكي تتمكن من خدمه مليون نسمة بدلا عن 450 ألف نسمة والاستعانة بخبرات عربيه لتشغيلها كما يجب إعاده جاهزية كافة الوحدات بالمحطة لتتلاءم مع وحدات رفع الكفاية وتوفير قطع الغيار والزيوت لتنفيذ الصيانة للمعدات وإدراج التجفيف الميكانيكي للحمأة، استكمال مشروع استخدام الكربون المنشط للتخلص من الروائح في الشبكة وكذلك مشروع القناه المغلقة خارج المحطة، تأمين مصادر للطاقة والوقود والتفكير بعمل طاقه بديلة (شمسيه بالإضافة إلى طاقة الغاز الحيوي الذي سينتج في المحطة بعد رفع الكفاية)، عمل برامج توعوية للمجتمع المحلي للتوقف عن رمي المخلفات الصلبة في شبكة الصرف الصحي، تطبيق اللامركزية في تنفيذ عدة محطات صرف صحي صغيرة بسعة 20.000م^3 / يوم في جنوب العاصمة صنعاء مع اختيار الموقع والتكنولوجيا المناسبة، إعادة حساب كلفة معالجة المتر المكعب من مياه الصرف الصحي بعد رفع الكفاية ليتم وضع التعرفة بناء عليه أو مطالبة الدولة بتغطية العجز في توفير الطاقة وإعطاء الجانب البيئي الأهمية القصوى، تضمين متخصص في طب المجتمع في ضمن الكادر للاهتمام بالسلامة المهنية والوقاية من الأمراض للعمال، التمكن من بيع المياه المعالجة والحمأة للمزارعين واعتبار هذا المبلغ جزءاً من الكلفة المستعادة لاستخدامها في صيانة المحطة والشبكة، استحداث قطاع للصرف الصحي بالجمهورية يتبع وزارة المياه والبيئة للإشراف على قطاع شبكات ومحطات المعالجة وكذا إدارة منفصلة للصرف الصحي في كل مؤسسة، فرض هيبة الدولة في حيازة الأرض لمحطات معالجة أخرى وإعداد مخطط مستقبلي لتلك المواقع ومنها في جنوب العاصمة، إشراك المجتمع المحلي في قرار تنفيذ مشاريع محطات الصرف الصحي، اتخاذ إجراءات لإنذار المزارعين عند خروج المياه دون معالجة من المحطة وتنفيذ شبكة خاصة بها لمنع اختلاط المياه المعالجة بغير المعالجة.

المراجع:

1- التكريتي، هيفاء عبدالرحمن ياسين (2013) أزمة المياه في الوطن العربي، واقعها واستخدامها ودوافعها والرؤية المستقبلية لمواجهة الأزمة. مجلة جامعة كركوك للعلوم الإدارية والإقتصادية. المجلد (3) العدد (1)

2- الجريدة الرسمية العدد 5 (2003) قانون العمل اليمني لسنة 1995 وتعديلاته بالقانون رقم (25) لسنة 1997م ، وزارة الشئون القانونية، قرار جمهوري بالقانون رقم (5) لسنة 1995بشأن العمل، نشر في الجريدة الرسمية العدد (5) لسنة 1995م، التعديل الأول في العدد (2/7) لسنة 1997م، التعديل الثاني في العدد (2/24) لسنة 2001م، التعديل الثالث في العدد (5) لسنة 2003م

3- المركز الوطني للمعلومات (2008) كتيب السلامة المهنية في المنشئات والمهن المختلفة، الجمهورية اليمنية.

4- المؤسسة العامة للمياه والمجاري (1992) التقرير السنوي، أمانة العاصمة صنعاء.

5- صور فضائية من Google Earth (2019)

6- النزيلي، فضل علي ، الحمدي، محمد إبراهيم ، حيدره، منصور ، عقلان، مساعد محمد (2016) الهندسه الصحيه (2)، مكتبة الجيل الجديد، الطبعة الثانية، صنعاء

7- النزيلي، فضل ، محرم، رياض ، صلاح، عبدالوهاب ، القدسي، فاروق (2012) تقرير فني حول محطه معالجة مياه الصرف الصحي بأمانة العاصمة مقدم لوزير المياه والبيئة

8- محطة معالجة الصرف الصحي بصنعاء (2011) التقارير السنوية لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي بأمانه العاصمة للأعوام 2001، 2002و 2006-2011م

9- مؤسسة المياه والصرف الصحي بأمانة العاصمة (2014) التقرير السنوي لمؤسسة المياه والصرف الصحي بأمانة العاصمة لعام 2014م – الإدارة العامة للإحصاء – صنعاء

10- Abdulla, Fayez; Alfarra, amani ; Abu-Qudais, Hani; Ben Sonneveld (2016). -Evaluation of Wastewater Treatment Plants in Jordan and Suitability for Reuse. Academia Journal of Environmental Science 4(7): 111-117, July 2016 DOI: 10.15413/ajes.2016.0305 ISSN: 2315-778X ©2016 Academia Publishing; https://www.researchgate.net/publication/307908487; Research gate.

11- ACWUA (2014) Wastewater Reuse in Arab Countries; Working Group on Wastewater Reuse, ACWUA Report.

12- Al-Arashi, Ahmed A., Al-Nozaily, Fadhl A., Al-Arashi Hesham A., Al- Kadasi, Farooq A., (2018) "Feasibility Study of Solar Photovoltaic Power Plant for Sana'a Wastewater Treatment Plant. Journal of Environment and Sustainable Development Studies, No. 2, Vol 5 (Dec, 2018) pp: 1-19

13- Al-Noor company for contracting LTD (2005). Operation and Maintenance instruction manual. Technical and Financial Proposal

14- Al-Nozaily F. A., Khidhr F. and Salah A. I. (2005). Evaluation of Sana'a wastewater treatment plant. Scientific Journal for Civil Engineering, Al-Azhar University, Cairo Egypt, vol. 3, year 27 pp. 663-670 (1-13)

15- Al-Nozaily F. A., (1992), "Waste Stabilization Ponds; Performance in relation to prevailing conditions in the Republic of Yemen. MSc". Thesis, EE.73, IHE, The Netherlands.

16- Al-Nozaily, F. A.(2005). Wastewater Technology in Yemen. 7th Gulf water conference, Kuwait, 19-23 Nov.2005. Conf. Proceedings, Vol (2), 2005, PP: 663-670

17- Arnd Wendland Ahrensburg (2005) OPERATION COSTS OF WASTEWATER TREATMENT PLANTS. Web-Based Training (Employee of Hamburg Public Sewage Company, HSE). Germany.

18- Baawain, Mahad S., Al-Omairi, Abdulrahim & Choudri B. S., (2013) Characterization of domestic wastewater treatment in Oman from three different regions and current implications of treated effluents; Springer Science+Business Media Dordrecht 2013

19- Consul Aqua Hamburg, (2005), "Sana'a WWTP Upgrade", Final Design

20- ConsulAqua Humburg (2003). Upgrade of the Sana'a wastewater treatment plant, Draft tender document on the implementation of 44 additional Sludge drying beds

21- David Jenkins • Michael G. Richard • Glen T. Daigger (2017) MANUAL on the CAUSES and CONTROL of ACTIVATED SLUDGE BULKING, FOAMING, and OTHER SOLIDS SEPARATION PROBLEMS. 3rd Edition. CRC press, Tylor and Frances Group, New York.

22- Elgammal, Hussein (2011) Water Quality Protection in Rural Areas of Egypt. Fifteenth International Water Technology Conference, iwtc15, Alexandria, Egypt.

23- ESCWA (2003) Waste-water treatment technologies : a general review; New York : United Nations.

24- Harvey and Ludwig (1991). Report on Appropriate Sewage Treatment for Sana'a. SEATEC INTERTIONAL CO. LT. Bankok.

25- Howard Humphreys &Partners Ltd (1995). Sana'a Sewage Treatment Works, Operation Manual (Draft). England

26- Hydrosult Inc (2003) Wastewater and Sewage sludge Reuse. Feasibility study, Sana'a Basin, Yemen. Canada

27- Incentive Systems for Wastewater Treatment and Reuse in Irrigated Agriculture in the MENA Region:Evidence from Jordan and Tunisia, 2004, Maher Omar Rushdi Abu-MadiUNESCO-IHE Delft, The Netherlands.

28- Italconsult (1976). Water supply and sewerage systems for Sana'a and Hodieda, Sana'a Sewerage systm, Preliminary engineering and feasibility studies. (vol.1 –report).

29- Mehrez , Khaled (2008) Contribution of wastewater treatment to groundwater protection – experiences in Tunisia Part 1: Wastewater treatment the case of Medjerda valley. National Sanitation Utility "ONAS" (www.onas.nat.tn) Tunisia. International Symposium "Coupling Sustainable Sanitation and Groundwater Protection", Hannover, October 14-17 (2008)

30- Metcalf & Eddy (2013) Wastewater Engineering: Treatment and Reuse 5th Edition, Kindle Edition. McGraw-Hill Higher Education. ISBN-13: 978-0073401188

31- Pacer (2007). Consulting Services for the Technical Assistance for Studies and Design for the Reuse of Waste water from Sana'a Waste water treatment Plant. Final Report. Cairo, Egypt

32- Tecsult and Hydrodult (2003). New Sana'a wastewater treatment plant. Inception report Canada.

Evaluation of Sana'a Wastewater Treatment plant – Problem Analysis and Suggested Results

Riyad Abdullah Muharam Fadhl Ali Al-Nozaily Abdulteef Ahmed Al Munaifi

Abdulwahab Ismaeel Salah Farooq Ali Al-Qadasi

Abstract

Sana'a wastewater treatment plant (SWWTP) is designed as activated sludge -extended aeration system. The SWWTP has many problems since commissioned in 2000, in terms of technical, design, operational, administrative and financial. This paper aims at studying and analyzing the problems of the Sana'a Wastewater treatment Plant (SWWTP)from the technical, financial, administrative and legal aspects and to develop proposals for solutions in the short and long term. This research was conducted based on the complementary efforts carried out by the authors as field and desk study through working side by side with the expatriates and consulting companies during the last fifteen years since the SWWTP commissioned, in order to support the SWSLC in the operation, maintenance and upgrading of the staff in O&M of the SWWTP due to its complexity as electromechanical technology that needs multidisciplinary specializations. This research was conducted through operation of the SWWTP and water quality monitoring of influent and effluent of its operating equipment, from which the problems were identified and accordingly the possible solutions were suggested to mitigate these problems, including analyzing the number and level of the available staff and conclude gap in required staff. This study concluded the main problems causing the failure of the SWWTP as follows: Unsuccessful selection of the treatment technology which did not consider the lack in financial and human resources capacity in Yemen, including labor and spare parts; The operational problems experienced by the SWWTP, as increasing operational organic concentrations (BODin = 1160mg /L, BODout =291g/L), compared to the design values (BODin = 500mg /L) (BODout = 30mg /L), which resulted in reaching over the capacity, that resulted in low efficiency (65-70%). This also resulted into deteriorating the effluent and sludge quality and therefore, not possible to sell treated water and sludge to the farmers, which would cover part of the financial budget for O&M of the SWWTP; misuse of the sewerage network by the users through dumping of solid waste, which contributed to the breakdown of the various mechanical units; continue to connect new areas to the network; the difficulty to acquire the land for the implementation of the planned new WWTP, considering the current SWWTP is overloaded; Not applying the organizational structure suggested by the consultant, which resulted in overlap of tasks, which negatively affected the operation of the WWTP; Lack of encouraging and attracting qualified staff and motivating them to stay in the SWWTP by means of providing them with enough salaries and safety tools ; Stop completing the implementation of upgrading units, due to the political unrest in Yemen since 2011 .

Keywords: Wastewater treatment, Sana'a, activated sludge, Cadre, Occupational health and safety, training.