جامعة المنارة
MANARA UNIVERSITY

مقرر "الهندسة البيئية"

Enviromental Engineering (CEVC705)

تحسين نوعية المياه

Improving water quality

د. م. رائد سلمان جعفر

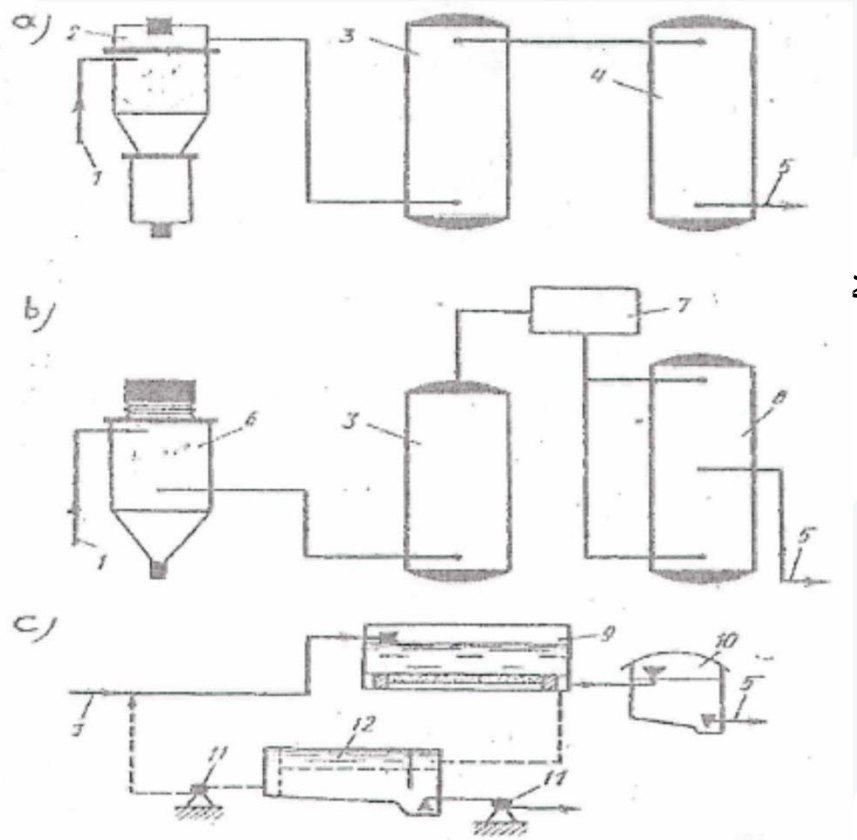
العام الدراسي 2023-2024

raedjafar@yahoo.fr
https://manara.edu.sy/

تحسين نوعية المياه

2-1- المخططات التكنولوجية لتحسين نوعية المياه:

تجري عمليات معالجة المياه باستخدام المحاليل الكيميائية بفاعلية أكبر وهكذا يلزم لترسيب المواد العالقة في المياه باستخدام المحاليل من h (2-4) أما في حال عدم استخدام المحاليل الشكل (2-1) فتستمر العملية عدة أيام.



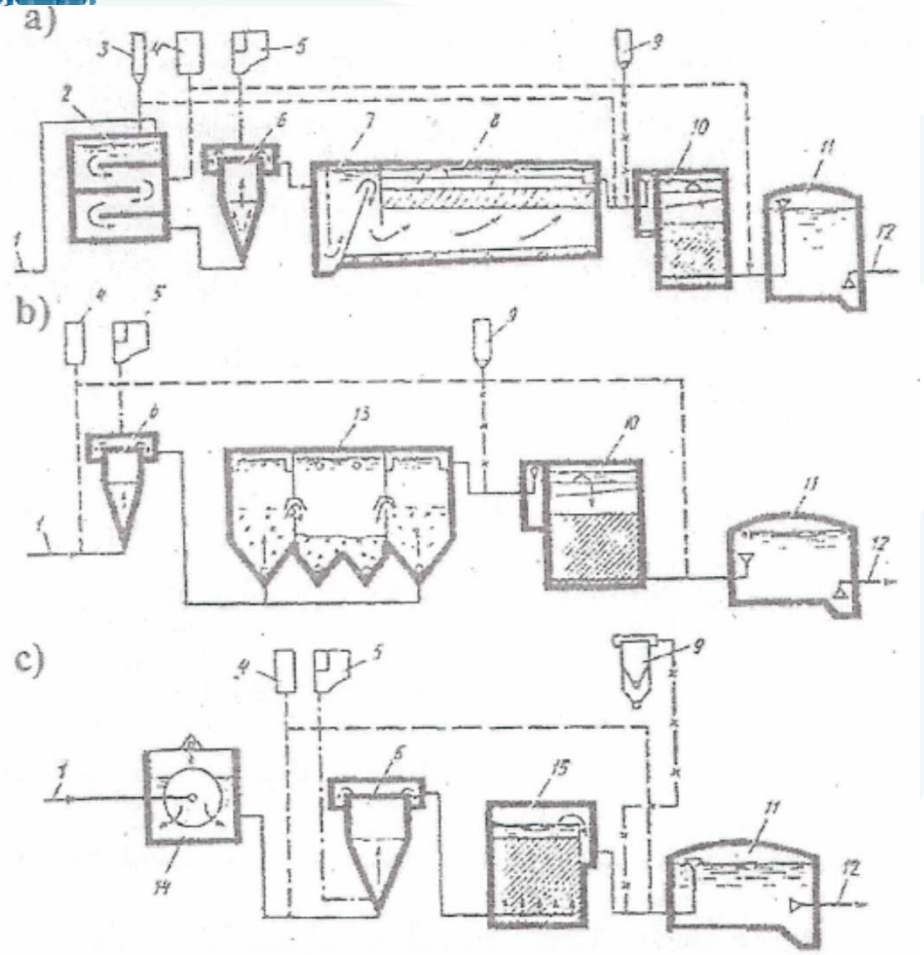
الشكل (2-1) المخططات التكنولوجية لتحسين نوعية المياه بدون استخدام المحاليل الكيميائية

a- مع استخدام جهاز القوة النابذة، b- مع جهاز ترشيح، c- مع مرشح بطيء

1- ضخ الماء الخام، 2-جهاز الطرد المركزي، 3- مرشح سريع في المرحلة الأولى، 4- مرشح سريع في المرحلة الثانية، 5- مخرج المياه النقية، 6- مرشح، 7-خزان للتوزيع، 8- مرشح بطبقتين في المرحلة الثانية، 9-مرشح بطيء،- 10خزان المياه النقية، 11- مضخة، 12-حوض لإعادة تنقية مياه الغسيل.

تتراوح سرعة تمرير المياه خلال المرشحات في الحالة الأولى m/hour (5–12) وأكثر، أما بدون استخدام المحاليل الكيميائية فتتراوح السرعة ما بين m/hour (0.1–0.3) وهذا ما يدعى بالترشيح البطيء.

تكون منشأة معالجة المياه باستخدام المحاليل الكيميائية الشكل (2–2) أقل كلفة بالبناء لكنها أصعب بالاستثمار من منشأة المعالجة بدون استخدام المحاليل الكيميائية، لذلك فإن المخططات التكنولوجية للأخيرة تستخدم عندما يسمح بتزويد المناطق الصناعية بماء أزيلت عكارته بدرجة قليلة. لهذه الأمور يتم أحياناً استخدام ترسيب أو ترشيح لمرة واحدة في مرشحات كبيرة الذرات الرملية أو في ميكروفلتر.



الشكل (2-2) المخططات التكنولوجية لتحسين نوعية المياه باستخدام المحاليل الكيميائية
a- مع مرشح، b- مع مروق المواد العالقة، c- مع مروق التماس وميكروفلتر

1- ضخ الماء الخام، 2- خزان التماس، 3-منشأة لكربنة الماء، 4- كلورة الماء، 5- خزان للمحاليل الكيميائية، 6 - خلاط شاقولي، 7- حجرة تشكل الندف، 8- مرسب أفقي، 9- منشأة لفلورة المياه، 10- مرشح سريع، 11- خزان المياه النقية، 12- مخرج المياه النقية، 13-مروق ذو طبقة من المواد العالقة، 14 ميكروفلتر، 15- مروق التماس.

المياه المكربنة (المعروفة أيضاً باسم ماء الصودا والمياه الغازية والماء الفوار) هو الماء الذي تم إذابة غاز ثاني أكسيد الكربون فيه تحت الضغط، وهي العملية التي تؤدي إلى أن تصبح المياه فوارة (تطلق فقاعات من الغاز في الضغط العادي).

2-2-تحديد الاستهلاك التصميمي من المياه:

يتكون الاحتياج الكلي QT للمياه في محطات التنقية من مجموع الاستهلاك الأعظمي اليومي للسكان Qmax.day واستهلاك المياه للأغراض الخاصة ضمن محطة التنقية (لتحضير المحاليل الكيميائية وتنظيف المرسبات وغسيل المرشحات ....) واستهلاك إضافي من المياه لإطفاء الحرائق التي قد تحدث في المدينة Qd. إذاً غزارة المياه القادمة إلى محطة التنقية تساوي:

$$QT = \alpha.Qmax.day + Qd \qquad (2-1)$$

حيث α :عامل بمساعدته يمكن تحديد استهلاك المياه للأغراض الخاصة ضمن المحطة وهو يساوي 1.05 لمحطات التنقية ذات الإنتاجية الأكبر من 50000 m3/day، ويساوي 1.1عندما تكون الإنتاجية أقل من ذلك.

يعطى الاستهلاك الإضافي من المياه لإطفاء الحرائق Qd بالعلاقة التالية:

$$Q_d = \frac{3.6\, n\, q_b\, t_b}{T_b} \qquad (2-2)$$

حيث nعدد الحرائق التي يمكن أن تحدث في وقت واحد.

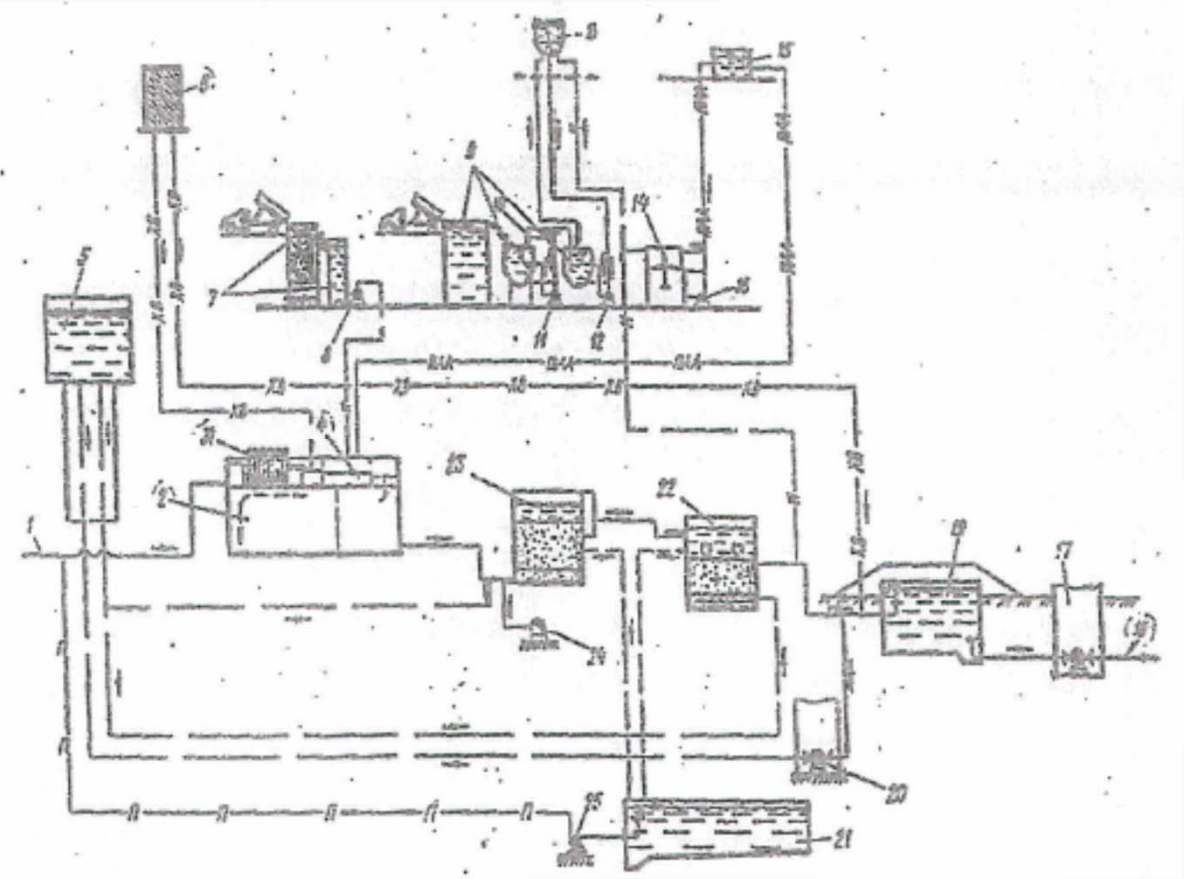
qb غزارة المياه المستهلكة لإطفاء الحريق وتؤخذ من الأنظمة L/sec.

tb استمرارية فترة الحريق وتؤخذ عادة 3h.

Tb فترة إعادة إملاء خزانات احتياطي الإطفاء وتتراوح من h (24-36-72) وذلك حسب أهمية المنشأة.

2-2-1- مخطط الارتفاعات لحركة الماء في منشآت محطة التنقية:

تتحرك المياه عادة بين مختلف منشآت محطات تنقية مياه الشرب تحت الوزن الذاتي لذلك من الضروري معرفة ارتفاع توضع مختلف هذه المنشآت على المخطط التكنولوجي وهذا يتطلب رسم مخطط الارتفاعات الشكل (2-3) الذي يتكون من مقطع جانبي طولاني للمياه في منشآت محطة التنقية بمقياس اختياري موضحاً عليه جميع المنشآت الأساسية والملحقة والأجهزة وعليه أيضاً منسوب المياه في كل منشأة ومنسوب أسفل هذه المنشآت.



الشكل (32) مخطط الارتفاعات في منشآت محطة التنقية

1- ضخ المياه الأولية، 2- خزان تماس، 3- شبكة طبلية أو ميكروفلتر، 4- خلاط، 5- خزان مياه الغسيل، 6- جهاز كلورة، 7- خزانات لتحضير محاليل التخثير، 8- مضخة المعايرة، 9- خزانات لتحضير المحلول الكلسي، 10- فرازة دوامية مائية، 11- مضخة لتدوير وضخ محلول الكلس إلى الفرازة الدوامية، 12- مضخة لتدوير وضخ محلول الكلس إلى المعاير، 13- معاير محلول الكلس، 14- خلاط مساعد التخثير (بولي اكريلاميد)، 15- خزان الاستهلاك مع معاير المحلول بالبولي اكريلاميد، 16- مضخة لتدوير وضخ البولي اكريلاميد إلى المعاير، 17- محطة ضخ الرفع الثانية، 18- مخرج المياه المعالجة، 19- خزان المياه النقية، 20- مضخة لضخ الماء إلى خزان مياه الغسيل، 21-مرسب متوسط لإعادة ماء الغسيل، 22- مرشحات المرحلة الثانية،23- مرشحات المرحلة الأولى، 24- مضخة هواء، 25- مضخة إعادة مياه الغسيل إلى بداية مجرى المخطط التكنولوجي.

عند إعداد مخطط الارتفاعات من الضروري تأمين شروط جريان الماء تحت الثقل الذاتي من بداية المحطة حتى خزان المياه النقية مع المراعاة في الوقت نفسه متطلبات سهولة الاستثمار لذلك من الهام جداً معرفة فاقد الضغط الأعظمي الممكن حدوثه في مختلف منشآت محطات التنقية بالإضافة إلى ضياع الضغط الذي يحصل في الوصلات بين المنشآت وأيضاً في أجهزة القياس بالاعتماد على الأنظمة يجب حساب قيم انخفاض مستوى الماء (ضياع الضغط) في منشآت محطة التنقية والوصلات، وجدير بالذكر أنه يمكن النصح باستخدام الجدول (1−2) الذي يعطي قيما تقريبية لضياع الضغط بالمتر وذلك عند الرسم التمهيدي لمخطط الارتفاعات.

جدول : (2-1) ضياع الضغط ضمن وبين مختلف منشآت محطة التنقية

الضياع بالمتر	اسم المنشآت
0.4 -0.6	في شبكة الفلاتر الطبلية والميكروفلتر
0.3 -0.5	في مدخل حجرات المزج
0.1-0.3	في منشآت حقن المحاليل الكيميائية
0.5-0.6	في الخلاطات الهيدروليكية
0.1-0.2	في الخلاطات الميكانيكية
0.4-0.5	في حجرات تشكل الندف الهيدروليكية
0.1-0.2	في حجرات تشكل الندف الميكانيكية
0.7 -0.8	في المرسبات
0.7 -0.8	في المروقات ذات الطبقات من المواد العالقة
3.0-3.5	في المرشحات السريعة
2.0-2.5	في مروقات التماس والمرشحات
1.5-2.0	في المرشحات البطيئة
0.2	من المرشحات الشبكية الطبلية أو حجرات المدخل إلى الخلاطات
0.3-0.4	من الخلاطات إلى المرسبات أو المروقات ذات الطبقات من المواد العالقة أو مروقات التماس
0.5-0.6	من المرسبات أو المروقات ذات الطبقات من المواد العالقة إلى المرشحات
0.5 - 1.0	من المرشحات أو مروقات التماس إلى خزان المياه النقية
0.5	في أجهزة القياس الموجودة على مدخل ومخرج محطة التنقية
0.2-0.3	في مؤشرات التدفق على المرسبات، المروقات من المواد العالقة، المرشحات ومروقات التماس

يبدأ إعداد مخطط الارتفاعات من أخفض منسوب في محطة التنقية وهو (خزان المياه النقية) بحيث يكون المستوى الأعظمي للماء فيه على ارتفاع m (0.25–0.5)أعلى سطح الأرض وبعد ذلك بالجمع المتتالي لضياع الضغط في وبين المنشآت نجد مستوى الماء في بقية منشآت محطة التنقية.

إلى جانب المقطع الجانبي في محطة التنقية وعند إعداد مخطط الارتفاعات يجب تحديد ارتفاع المنشآت المنفصلة ومنسوب أسفلها بالنسبة إلى سطح الأرض .

عند وضع مخطط الارتفاعات من الضروري الانتباه إلى تضاريس أرض محطة التنقية وعمق المياه الجوفية ومستوى الماء الأعظمي في المسطحات المائية بفترات الفيضانات، بالإضافة إلى إمكانية تصريف مياه المجاري والرواسب من محطة التنقية بالإسالة وشروط عمل مضخات الرفع الثاني.

ويجب أن يوضح أيضاً على مخطط ارتفاعات محطة التنقية خزانات حل وتجريع المحاليل الكيميائية ومنشأة إعادة مياه الغسيل ومنسوب محور مضخات الغسيل أو أسفل خزان مياه الغسيل ومنسوب مضخات التحلية ومضخات التجريع والحموض والهواء.

2-3- المخثرات الكيميائية:

يستخدم الكثير من المحاليل الكيميائية في تكنولوجيا تنقية المياه لكن كبريتات الألمنيوم وكلور الحديد لاقت الانتشار الأوسع بينها.

2-3-1-كبريتات الألمنيوم Al2(SO4)3 . 18 H2O

تعد كبريتات الألمنيوم الخام ذات لون كبريتي أو مخضر ويتم الحصول عليها بنتيجة معالجة البوكسيت، النيفيلين ويجب ألا يقل تركيز A12O3 فيه عن 9.5% ، ويقابل هذا تركيز صاف يقارب 30%من $A1_2(SO_4)_3$ ويحتوي عادة حوالي 30% من الشوائب غير المنحلة وحوالي 35% رطوبة. من مساوئ كبريتات الألمنيوم حساسيتها الزائدة للحرارة و pH المياه المعالجة، ويكون لـ Al(OH)3 انحلالية دنيا عندما تتراوح (pH= 6.5-7.8)

2-3-2- كلوريد الحديد : FeCl3.6H2O (III)

ذو لون غامق يسيل عند تعرضه للهواء لذلك يتم نقله في براميل مقاومة للتآكل ومانعة للتسرب مثل براميل المطاط أو الستانلس ستيل ويتم الحصول على FeCl3 اللامائي بكلورة النثارة الفولاذية بحرارة 700 C° ويكون تركيز FeCl3 اللامائي (95-97 %).

تمتاز ندف ماءات الحديد بأنها كثيفة وأثقل وتترسب بسرعة أعلى بـ1.5 مرة من ندف هيدروكسيد الألمنيوم وتتشكل بسرعة ولها مجال واسع لتغير قيم الـ pH وتجدر الإشارة إلى أن كلوريد الحديد يُعدّ وسيطاً مؤكسداً مقارنة مع الشبة التي تُعدّ وسيطاً مرجعاً.

2-3-3- كبريتات الحديدي ($FeSO_4.7H_2O$)

تشكل في الماء هيدروكسيد الحديدي الذي يتأكسد بوجود الأكسجين المنحل أو بإضافة غاز الكلور إليه. تتم عملية الأكسدة بسرعة كافية عندما تزيد درجة الـ pH عن 8 وهذا يلزم منا زيادة قلوية المياه المعالجة بإضافة الكلس أو الصودا إلى الحدود المثلى للتخثير والتي تقع بين (8.5-11).

2-3-4- كبريتات الحديد المكلورة : ($Fe_2(SO_4)_3 + FeCl_3$)

نحصل عليها من معالجة $FeSO_4$ بالكلور ويستهلك نحو (g) (0.2) من الكلور لكل (g)1 من ($FeSO_4.7H_2O$) ويستخدم هذا المخثر في الكثير من محطات التنقية في أمريكا وإنكلترا وبلجيكا واليابان.

2-4- مساعدات الترويب وخواصها:

تسمى المواد المستعملة في تكنولوجيا التنقية الكيميائية للمياه التي تساعد على تقوية وتحسين عملية تخثر هيدروكسيدات الألمنيوم والحديد بمساعدات الترويب.

تعتبر مساعدات الترويب هذه من البوليميرات المستقيمة التي تتصف جزيئاتها الميكرونية بالشكل الحلقي ويبلغ طول الحلقة المؤلفة من صف من الفقرات مئات الميلي ميكرون. تستخدم العناصر العالية الوزن الجزيئي الجيدة الانحلال بالماء كمساعدات للترويب.

وتقسم إلى : عضوية (طبيعية واصطناعية) ولا عضوية وهناك أمثلة من مساعدات الترويب الطبيعية (النشاء، محللات الخميرة...)

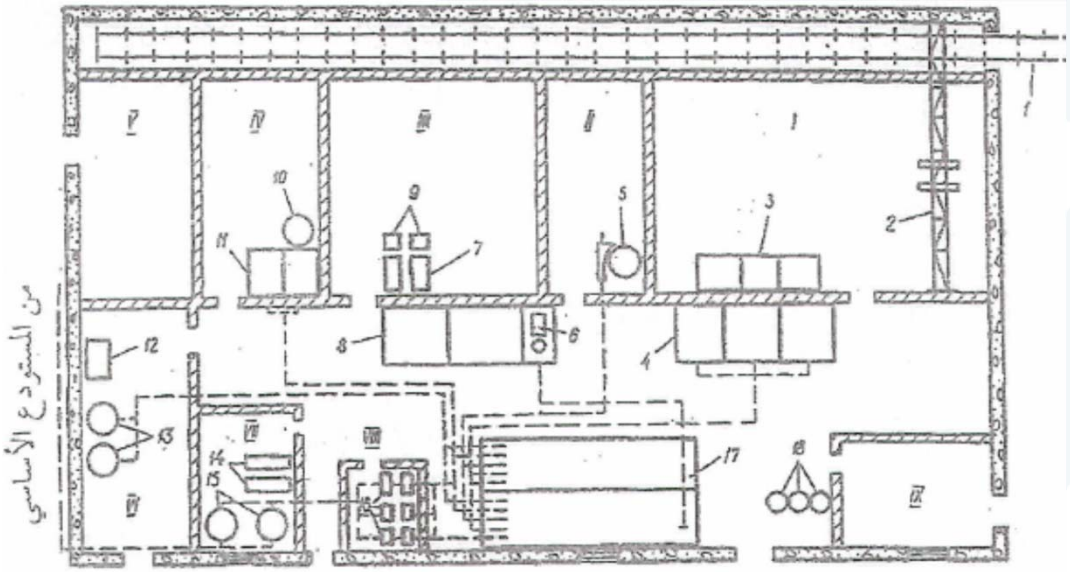
أما من مساعدات الترويب الاصطناعية التركيبية فيستخدم البوليمير العضوي (بولي أكريل أميد) PAA وأيضا تنتج مساعدات ترويب نمط كاتيوني PA-2 ، PA-3 والتي تختلف عن PAA ذات النمط الأنيوني بأنها تؤدي لتشكيل ندف ضخمة بدون معالجة للمياه بالمخثرات الكيميائية. تُعدّ سيليكات الصوديوم المنشطة من من أكثر مساعدات الترويب اللاعضوية انتشاراً .

2-5- منشآت تحضير المحاليل الكيميائية وخلطها وتشكل ندفها:

2-5-1- منشآت تحضير المحاليل الكيميائية وحقنها

ينظر في محطات التنقية الحديثة إلى بناء خزانات للمحاليل الكيميائية بشكليها الجاف والمركز وكذلك بناء منشآت لتحضير المحاليل بالتركيز المطلوب (الشكل 2-4)

الشكل (2-4) المخطط الأساسي لترتيب توضع منشآت المواد الكيميائية في محطة تنقية المياه



I-Vخزانات وبالترتيب، الكيماويات - مسحوق الفحم - الكلس - مساعدات التخثير – الفلور - VI الفلورة، VII تبخير الكلور VIII - معايرة الكلور IX - أمكنة مساعدة للخدمة 1خط حديدي أرضي مغلق، 2رافعة ، 3-4 بالترتيب خزانات حل واستهلاك المخثرات، 5 معايرة المسحوق الفحمي، 6 مضخة الكلس، 7 إطفاء الكلس، 8 خزان حل محلول الكلس و صومعة كلس، 10 منشأة لتحضير محلول مساعدات التخثير 11 خزانات حل مساعدات التخثير، 12-14 مرجل لمنشآت الفلورة والتبخير، 13 جهاز الإشباع بـ CO_2، 15تبخير الكلور، 16 كلورة، 17 خلاط، 18 مضخات هواء.

تنقل المحاليل الكيميائية الأساسية المستخدمة في محطات التنقية (كبريتات الحديدي، كلور الحديد، كبريتات الألمنيوم، الكلس، الفحم المنشط) إلى محطات المعالجة وهناك تحضر وتحقن لمعالجة المياه.

2-5-2- الجرعات التصميمية للمخثرات الكيميائية:

تحدد جرعات المخثرات التصميمية استناداً لنتائج التجارب المخبرية في معالجة المياه أو اعتماداً على المعطيات الاستثمارية لمحطات التنقية العاملة في ظروف مشابهة وتحسب عند ذلك الحدود المسموح بها لبقايا المخثرات في المياه.

تتم التجارب المخبرية لتخثير شوائب المياه بإملاء أسطوانات سعة (500 mL) بالمياه وبعد ذلك تضاف جرعات المخثرات الكيميائية بكمية (20 mg) وبمجال (20 – 200 mg/L) وتحدد الجرعة المثالية للمخثر بنتيجة التجريب المخبري) وهي الجرعة التي تؤدي وبسرعة إلى تشكيل ندف كبيرة الحجم (وبعد الترشيح يجب أن تحقق عكارة المياه ولونها متطلبات الكود.

يحدد الاستهلاك اليومي Dd (ton/day) من المخثر الكيميائي بالعلاقة التالية:

$$D_d = \frac{Q \times D_c}{1000 \times P} \ (ton/day) \qquad (1-2)$$

حيث Q: كمية المياه المعالجة (m3/day)

Dc جرعة المخثر محسوبة على قسمها الفعال وتحدد بالتجريب المخبري للمخثرات في المياه المعالجة (g/m3)

P تركيز الجزء الفعال في المخثر التجاري % .

تحسب منشآت حل المواد الكيميائية والخزانات على الجرعات الأعظمية لهذه المحاليل وتحدد هذه الجرعات على أساس المساحيق الجافة اللامائية لكبريتات الألمنيوم والحديد وكلور الحديد عند تصميم محطات التنقية التي تعمل على إزالة عكارة المياه وذلك من الجدول (2-2)

الجدول (2-2) الجرعات التصميمية للمحاليل الكيميائية المستخدمة لترويق المياه العكرة

عكارة المياه mg/L		حتى	101	201	401	601	801	1001
		100	200	400	600	800	1000	1500
الجرعة اللامائية للمخثر الكيميائي المستخدم لمعالجة المياه العكرة mg/L	المعلقات ذات درجة التشرد العالية $U_0 < 0.05$ mm/sec	35	40	45	50	60	70	80
	المعلقات ذات درجة التشرد المنخفضة	25	30	35	45	50	60	70

تحدد جرعة المحاليل الكيميائية (mg/L) المستخدمة في معالجة المياه الملونة من العلاقة :

$$D_c = 4\sqrt{c} \qquad (2-2)$$

حيث C : لون المياه المعالجة بالدرجات.

تعطى جرعات المحاليل اللازمة لزيادة قلوية المياه اللازمة لإتمام عملية التخثير وفق العلاقة التالية :

$$D_A = \left(\frac{D_c}{e} - A_0 + 1\right) K \qquad (3-2)$$

حيث:

e : الكتلة المكافئة اللامائية للمخثر (mg –eq/L) وتساوي (57) لـ $Al_2(SO_4)_3$ ، و (54) لـ $FeCl_3$، و (67) لـ $Fe_2(SO_4)_3$.

DA: جرعة محلول زيادة القلوية (الكلس مقدراً بـ CaO أو الصودا بـ Na_2CO_3 والصود الكاوي بـ (NaOH)

A0: قلوية المياه الطبيعية بـ (mg – eq/L) ، الرقم (1) يدل إلى القلوية الفائضة للماء واللازمة لإتمام عملية التخثير بشكل طبيعي.

K: عامل يساوي (28) للكلس و (40) لماءات الصوديوم و (53) للصودا.

إذا كانت قيمة D_A سالبة لا يلزم عندها أية إضافة لقلوية الماء وينصح باستخدام مساعدات التخثير لزيادة فعالية عملية التخثير حيث تتعلق قيمة الجرعات بمكان الحقن وبنوع ونظام عمل المنشأة بالإضافة إلى المواصفات الفيزيا–كيميائية للمياه المعالجة وتتراوح وبشكل تقريبي جرعة مساعدات التخثير اللامائية قبل المرسبات بـ (0.2–1.5mg/L).

تتراوح جرعة الكلور حتى(10 mg/L مقدرة بالكلور النشيط) وذلك للكلورة البدائية المستخدمة لتحسين عملية التخثير ولإزالة لون وتعقيم المياه. عند وجود بقايا الفينول في المياه الأولية ولمنع ظهور رائحة وطعم الكلور فينول في المياه عند كلورتها يعمد إلى إضافة الأوزون مع الكلور بجرعات (0.75–3 mg/L).

.

2-6- مستودعات المواد الكيميائية:

تصمم مستودعات تخزين المواد الكيميائية على زمن خزن (15-30 day) وتعطى مساحة هذه المستودعات (m^2) بالعلاقة :

$$F = \frac{Q \cdot D_c \cdot T \cdot \propto}{10000\, P\, G_0\, h_k} \qquad (2-4)$$

حيث:

Q: الإنتاجية الكلية لمحطة التنقية (m3/day)

Dc: الجرعة الأعظمية للمخثر الكيميائي (g/m3)

T: استمرارية خزن المحاليل في المستودعات (day)

α: عامل يساوي (1.15)

P: تركيز المادة الفعالة اللامائية في المخثر %

G_0: الكتلة الحجمية للمخثر (t/m3)

h_k: الارتفاع المسموح به للمخثر الكيميائي في المستودع (m)