جمهورية مصر العربية
وزارة الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية
المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء

الكود المصرى لأسس تصميم وشروط تنفيذ محطات تنقية مياه الشرب والصرف الصحى ومحطات الرفع

محطات معالجة الصرف الصحى

٢٠١٧

المحتويات	الصفحة
الفصل الأول: الدراسات الأوليـــــة والبيانات التصميميــة	
مقدمة	١/١
١- دراسة المخطط العمراني وإستعلامات الأراضي فى منطقة الدراسة	٢/١
٢- تحديد الفترة التصميمية	٢/١
٣- الدراسات السكانية	٢/١
٤- معدلات استهلاك المياه	٣/١
٥- مصادر المخلفات السائلة	٣/١
٥-٢ الإستخدامات الصناعية	٣/١
٥-٣ المصادر الأخري	٣/١
٥-٤ الأحمال التصميمه لمحطات المعالجة	٣/١
٥-٤ التصرفات المستخدمة فى تصميم وحدات المعالجة	٥/١
٦-١ خصائص مياه الصرف الخـــام	٧/١
٧- دراسات إعادة الإستخدام والتخلص النهائي	٨/١
٨- الموقع العام للمحطة	٨/١
٨-١ إختيار الموقع	٨/١
٨-١-١ شروط إختيار الموقع	٨/١
٨-١-٢ المساحة المطلوبة	١٠/١
٨-١-٣ المجاري المائية المحيطة	١٠/١
٨-١-٤ العناصر المساحيه	١٠/١
٨-١-٥ اختيار أرض الموقع	١١/١
٨-١-٦ التسهيلات المتاحه بمحيط الموقع	١١/١
٨-١-٧ الجسات المبدئية او الاسترشادية	١٢/١
٨-٢ المخطط العام للمحطة	١١/١
٨-٢-١ العناصر الهيدروليكيه	١٣/١
٨-٢-٢ العناصر المعمارية	١٤/١
٨-٢-٣ العناصر الإنشائية	١٥/١
٨-٢-٤ العناصر الميكانيكيه	١٥/١
٨-٢-٥ العناصر الكهربائية	١٦/١
٩- الأعمال المساحيه	١٦/١
١٠- الدراسات الجيوتقنيه	١٧/١
١١- دراسات التحكم والحماية	١٧/١

١١-١ وسائل التحكم	١٧/١
١١-٢ تمييز لون المواسير حسب نوعية التصرف	١٩/١
١١-٣ وسائل الحماية	٢٠/١
الفصل الثانى: طرق معالجة المخلفات السائلة والحمأه	
١- طرق معالجة المخلفات السائلة	١/٢
١-١ المعالجة الاولية	١/٢
١-٢ المعالجة الكيماوية	٣/٢
١-٣ المعالجة البيولوجية	٣/٢
٢- عمليات المعالجة اللازمة لازالة الملوثات المختلفة	٨/٢
٣- مراحل ومستويات المعالجة المعالجة الأولية للمخلفات السائلة لمياة الصرف الصحى الأدمية	١٠/٢
٤- إختيار طريقة المعالجة	١٣/٢
٥- طرق التخلص والإستفادة من نواتج أعمال المعالجة	١٥/٢
الفصل الثالث: التصميم الهيدروليكي	
١- غرفة التهدئة	١/٣
٢- قناة المدخل (قناة التوصيل)	٢/٣
٣- المصافي	٣/٣
٤- طواحن المواد الصلبة	١٠/٣
٥-أحواض الموازنة	١١/٣
٦- أحواض فصل الرمال	١٢/٣
٧- أحواض الترسيب الابتدائية	١٨/٣
٨- أحواض المعالجة البيولوجية	٢٣/٣
أولاً النمو المعلق	٢٣/٣
١- أحواض التهوية (الحمأة المنشطة)	٢٣/٣
ثانياً النمو الملتصق	٣٦/٣
١- المرشحات البيولوجية	٣٩/٣
٢-الاقراص البيولوجية الدوارة	٤٥/٣
ثالثا: عمليا معالجة مختلطة	٤٧/٣
٩- أسس التصميم لخزانات الترسيب النهائية	٤٩/٣
١٠- إضافة الكلور	٥٠/٣
رابعاً: بحيرات الأكسدة	٥٢/٣
خامسا: الارض الرطبة المشيدة	٦٥/٣
سادساً: المعالجة اللاهوائية	٧٥/٣

١١- المعالجة الثلاثية (المتقدمة)	٧٥/٣
١٢- معالجة الحمأة	٨٦/٣
الفصل الرابع: التصميم الميكانيكي	
١- المصافي الميكانيكية	١/٤
١-١ أسس التصميم	١/٤
١-٢ أنواع المصافى الميكانيكية	١/٤
١-٣ التصميم الميكانيكي والكهربائي للمصافي	٢/٤
٢- مهمات أحواض التخلص من الرمال	٤/٤
٢-١ الغرض من مهمات أحواض التخلص من الرمال	٤/٤
٢-٢ أسس التصميم	٤/٤
٢-٣ شروط التصميم	٥/٤
٢-٤ متطلبات التصنيع	٦/٤
٢-٥ الخامات التى تصنع منها مهمات أحواض فصل الرمال	٧/٤
٣- مهمات أحواض الترسيب	٧/٤
٣-١ أسس التصميم	٨/٤
٣-٢ أنواع أحواض الترسيب	٨/٤
٣-٣ شروط التصميم	٨/٤
٣-٤ متطلبات التصنيع	٩/٤
٣-٥ الخامات التى تصنع منها مهمات احواض الترسيب	١١/٤
٤- مهمات أحواض التهوية	١١/٤
٤-١ مهمات أحواض التهوية بإستخدام وحدات التهوية السطحية	١١/٤
٤-٢ مهمات التهوية باستخدام وحدات حقن الهواء	١٥/٤
٤-٣ مهمات التهوية باستخدام الهواء المضغوط	١٦/٤
٥- مهمات أحواض تركيز الحمأه	١٨/٤
٥-١ الغرض من مهمات تركيز الحمأة	١٨/٤
٥-٢ المكونات	١٨/٤
٥-٣ العوامل الواجب مراعاتها عند تصميم المهمات الميكانيكية لأحواض التركيز	١٨/٤
٥-٤ شروط التصيم	١٩/٤
٥-٥ متطلبات التصنيع	١٩/٤
٥-٦ خامات التصنيع	٢٠/٤
٦- طلمبات الأعادة الحلزونية	٢٠/٤
٦-١ الغرض من إستخدام طلمبات الأعادة	٢٠/٤

٦-٢ يجب توافر الشروط الآتية فى تصنيع هذه الطلمبات	٢١/٤
٧- مهمات قنوات الأكسدة	٢٢/٤
٧-١ الغرض من وحدات التهوية	٢٢/٤
٧-٢ شروط التصميم	٢٢/٤
٧-٣ متطلبات التصنيع	٢٤/٤
٧-٤ خامات التصنيع	٢٤/٤
الفصل الخامس: تصميم الأعمال الكهربائية	
١- المحركات الكهربائية المستخدمة فى محطات رفع الصرف الصحى	١/٥
١-١ درجات العزل لملفات المحركات الكهربائية	١/٥
١-٢ درجة تقفيل المحركات	٢/٥
١-٣ شمعات التسخين للملفات.	٣/٥
١-٤ كراسى الإرتكاز للمحركات	٤/٥
١-٥ تصنيع المحركات	٤/٥
١-٦ القدرات المقننة للمحركات	٤/٥
١-٧ بدء الدوران للمحركات	٥/٥
١-٨ التحكم فى سرعة المحرك التأثيري	١٢/٥
١-٩ مهمات التحكم و الحماية للمحركات	١٧/٥
٢- معدات التشغيل الكهربائية	٢٧/٥
٢-١ معدات تشغيل الضغط العالي	٢٩/٥
٢-٢ معدات تشغيل الضغط المنخفض	٤٣/٥
٢-٣ نظام التحكم الأتوماتيكى	٤٧/٥
٢-٤ التأريض	٥٥/٥
٢-٥ حساب تيار القصر وتيار الوقاية للدوائر الكهربائية	٥٧/٥
٣- المحولات الكهربائية	٥٨/٥
٣-١ أنواع المحولات المستخدمة	٥٨/٥
٣-٢ القدرات الشائعة للمحولات	٥٩/٥
٣-٣ التقسيمة	٥٩/٥
٥-٤ ملفات المحولات	٥٩/٥
٣-٥ أداء المحولات	٦٠/٥
٣-٦ الفواقد فى المحولات	٦٠/٥
٣-٧ الإرتفاع فى درجة الحرارة	٦١/٥
٣-٨ دليل التحميل للمحولات	٦٣/٥

٣-٩ مقاومة الحريق	٦٤/٥
٣-١٠ التوصيلات	٦٧/٥
٣-١١ نهايات التوصيل	٦٩/٥
٣-١٢ تبريد المحولات	٦٩/٥
٣-١٣ تهوية مأوي المحولات	٧١/٥
٣-١٤ قوة (شدة) العزل للمحولات	٧٤/٥
٣-١٥ تشغيل المحولات على التوازي	٧٤/٥
٣-١٦ حماية المحولات	٧٥/٥
٤- الكابلات الكهربية	٧٨/٥
٤-١ التيار المقنن المسموح بمروره	٧٨/٥
٤-٢ معاملات الخفض	٦٨/٥
٤-٣ التنزيل فى الجهد	٨٩/٥
٤-٤ تيار القصر للكابلات	٩٢/٥
٤-٥ الاعتيبارات التصميمية لتركيب الكابلات والمواسير والمجارى الخاصة بها	٩٥/٥
٥- محطة التوليد الكهربائي	٩٦/٥
٥-١ مقدمة	٩٦/٥
٥-٢ قدرة محطة التوليد الإحتياطية	٩٦/٥
٥-٣ عدد وحدات محطة التوليد الكهربائية	٩٦/٥
٥-٤ المواصفات المطلوبة لمحركات وحدة التوليد	٩٦/٥
٥-٥ ملحقات محرك الديزل	٩٧/٥
٥-٦ نظام الوقود	٩٩/٥
٥-٧ نظم بدء الإدارة	١٠٠/٥
الفصل السادس: شرط الطرح والعطاءات ومراحل المشروع التصميميه والتنفيذية- اعمال التصميمات المعماري والانشائي	
١- مراحل المشروع التصميمية والتنفيذية	١/٦
٢- إعداد مستندات الطرح	٣/٦
٣- مكونات مستندات الطرح	٣/٦
٣-١ دفتر الشروط العامة والخاصة والمواصفات الفنية للمشروع	٣/٦
٣-٢ البوم الأعمال	٤/٦
٤- التعاقد بين المالك والمقاول	٦/٦
٥- طرح الاعمال	١٢/٦
٦- التنفيذ	١٢/٦
٧ الأعمال المعمارية	١٤/٦

٧-١ الموقع العام	١٤/٦
٧-٢ عنبر المضخات	١٦/٦
٧-٣ مبنى المحولات والتوليد	١٦/٦
٧-٤ الورش والمخازن	١٦/٦
٧-٥ مبنى الكيماويات والكلور	١٧/٦
٧-٦ مبنى الإدارة والمعمل	١٨/٦
٨- الأعمال الإنشائية	١٨/٦
٩- الاعتبارات البيئية والصحية	١٨/٦

الفصل الأول: الدراسات الأوليـــــة والبيانات التصميميـــة

الفصل الأول
الدراسات الأوليـــــة والبيانات التصميميــة

مقدمة

عند البدء فى تصميم أعمال محطات معالجة المخلفات السائلة الواردة من مدينة أوقرية أوتجمع سكاني فإن ذلك يقتضي القيام بالدراسات الأولية اللازمة وكذلك تحديد البيانات التصميمية الآتية:

١. دراسات المخطط العمراني وإستعمالات الأراضي فى منطقة الدراسة.
٢. تحديد الفترة التصميمية.
٣. الدراسات السكانية.
٤. دراسات إستهلاكات المياه وتصرفات مياه الصرف الصحى شاملة التصرفات الصناعية– إن وجدت.
٥. التصرفات التصميمية لمحطات الرفع وخطوط الأنحدار الرئيسية التى تصب تصرفاتها مباشرة الى محطة المعالجة.
٦. خصائص مياه الصرف الصحى الخـــام والمواصفات المطلوبة لمياة المعالجة.
٧. دراسات إعادة الإستخدام والتخلص النهائي
٨. دراسات معالجة الحمأة والتخلص الآمن لها.
٩. أختيار الموقع الملائم لأعمال المعالجة طبقا للمتطلبات الصحية والبيئية.
١٠. الأعمال المساحية.
١١. الدراسات الجيوتقنيه وتوصيات التأسيس والنزح الجوفى وسند جوانب الحفر.
١٢. دراسات التحكم والحماية.
١٣. الدراسات البيئية لتقييم الاثر البيئي تبعا لتصنيف ومتطلبات وزارة البيئة المصرية.

ويختص هذا الكود فقط بأعمال المعالجة لمياه الصرف الصحي الادمية وفي حالة ورود كميات من مخلفات مياه الصناعة الي محطات المعالجة فيلزم علي المصمم التحقق من أن هذه الكميات لن تؤثر علي أداء وحدات المعالجة أويلزم له أخذ ذلك في الاعتبار عند التصميم.

١- دراسة المخطط العمراني وإستعمالات الأراضي فى منطقة الدراسة

يتم الحصول على الحيز العمرانى المعتمد لمنطقة الدراسة بالتنسيق مع هيئة التخطيط العمرانى وهى الجهة المنوط بها اعداد الأحوزة العمرانية للتجمعات المختلفة.

يراعى عند أختيار مواقع محطات معالجة الصرف الصحى تحقيق ما يلى:

١. الأماكن المخصصة لذلك ضمن المخطط العمرانى المعتمد.
٢. تحقيق المتطلبات البيئية واعداد الدراسات البيئية المطلوبة ومتطلبات وزارة الصحة.
٣. تحقيق متطلبات الجهات ذات الصلة (التنمية المحلية – الكهرباء – الأسكان – الرى – الصحة– الخ.....).

٢- تحديد الفترة التصميمية

- يجب أن يتم تصميم محطة معالجة مياه الصرف الصحي بحيث تكفي لتوفير احتياجات المنطقة المخدومة لفترة تصل إلي ٥٠ سنة (أوطبقا لما تحدده جهة الطرح للمشروع) ويلزم مراعاة أختيار أسس التصميم المناسبة التى تسمح بالمحافظة على كفاءة المحطة حتى بعد خروج ٢٥% من الوحدات للصيانة.
- يجب أن تكفي أعمال كل مرحلة من مراحل المحطة فترة تصميمية تصل إلي حوالى ١٥–٢٠ سنة وألا تقل خطوط الأنتاج عن خطى انتاج فى المرحلة الأولى مع مراعاة توافق العمر الإفتراضي للمهمات الكهروميكانيكية المختلفة لكل مرحلة وللجهه ذات المسئولية تحديد الفترة الزمنية المناسبة اذا دعت الحاجة.

٣- الدراسات السكانية

يتم الاسترشاد بالكود المصرى لشبكات مياه الشرب والصرف الصحى (أحدث أصدار) فيما هومتعلق بمراحل النمو، وكذلك الطرق المختلفة لتقدير عدد السكان المستقبلى لمنطقة الدراسة.

٤- معدلات استهلاك المياه

يتم الاسترشاد فى تعريف المعدلات المختلفة للاستهلاك وكذلك تقدير الزيادة المستقبلية لتلك المعدلات بما ورد بالكود المصرى لاسس تصميم وشروط التنفيذ لكود شبكات مياه الشرب والصرف الصحى (أحدث أصدار).

٥- مصادر المخلفات السائلة

عند حساب التصرفات التصميمية للمخلفات السائلة يلزم تحديد مصادرها وكمياتها كما يلي:

٥-١ الإستخدامات السكانية

وهى المخلفات السائلة المجمعة من المناطق السكنيه والتجارية والخدمية والترفيهية.

٥-٢ الإستخدامات الصناعية

وهي المخلفات السائلة المسموح بصرفها على أعمال الصرف الصحي والوارده من عمليات الصناعة المختلفة. حسب ماتحدده القوانين واللوائح المنظمة لذلك.

٥-٣ المصادر الأخري

وهى المياه المجمعة من مياه الأمطار ومياه الرشح. فيما يتعلق بمعدلات إستهلاك المياه للاغراض المختلفه يجب الإسترشاد بالجدول رقم (١-٥) والوارد بالكود المصرى لأسس التصميم وشروط التنفيذ لخطوط المواسير المستخدمه فى شبكات مياه الشرب والصرف الصحى(احدث إصدار)

٥-٤ الأحمال التصميمة لمحطات المعالجة

يتم تصميم محطة المعالجة بالأخذ فى الأعتبار ما يلى:

- الأحمال الهيدروليكية

  - أحمال هيدروليكية سنوية متوسطة (التصرف السنوى المتوسط).

- أحمال هيدروليكية خلال الذروة (تصرف الذروة).

- الأحمال العضوية

- أحمال عضوية سنوية متوسطة

لذلك:

يراعى عند تصميم وحدات محطات الرفع الرئيسية (واحدة اوأكثر) ومحطة المعالجة الأخذ فى الأعتبار ما يلى:

- التصرفات خلال ساعات الذروة (التصرف الذروة) لتصميم جميع وحدات محطات الرفع الرئيسية أووحدات محطة المعالجة هيدروليكيا بما فيها القطاع الهيدروليكى والهدارات وفترات المكث للوحدات جميعها.
- الأحمال الأستيعابية العضوية لمحطة المعالجة (وحدات المعالجة البيولوجية ومنظومة الحمأة الأبتدائية والنهائية) فيكتفى بأخذ التصرف السنوى المتوسط مضروب فى الأحتياج الأكسجينى الحيوى/الكيميائى السنوى المتوسط خلال العام.

معامل الذروة

وهوالنسبة بين التصرف الأقصي (التصرف الذروة) والتصرف السنوى المتوسط والذى يعتمد على عدد السكان المخدوم لكل محطة رفع وطبقا للمعادلات الواردة بكود الشبكات – أحدث أصدار.

وطبقا للمعدلات التصميمية التالية:

- تصرف السنوى المتوسط = عدد السكان المخدوم لكل محطة رفع رئيسية × متوسط استهلاك المياه × (٨٠-٩٠) %
- تصرف الذروة = معامل الذروة × التصرف السنوى المتوسط
- تصرف محطة الرفع الرئيسية = تصرف الذروة للشبكة (طبقا لأجمالي عدد السكان المخدوم بالمحطة الرئيسية)

- الأحتياج الأكسجينى الحيوى = وهوكمية الأكسجين اللازم لأكسدة المواد العضوية بفعل البكتريا فى ظروف قياسية ويتم تقديرة من خلال أخذ عينات خلال العام على فترات متباعدة وتحديد القيمة المتوسطة وإذا تعذر يتم أخذ عينات من منطقة مجاورة مماثلة بها مشروع صرف صحى ويتم مراجعة التحاليل المتوفرة وإلا يتم فرضة طبقا لما يلى:

$$\text{الأحتياج الأكسجينى الحيوى} = \frac{\text{٤٠–٧٠ جم /فرد/يوم وهى كميات المياه العضوية للفرد باليوم}}{\text{التصرفات المتوسطة السنوية للصرف الصحى ل/ف/يوم}}$$

ويلاحظ أن التصرف المتوسط السنوى للصرف الصحى (ل/ف/ى) تختلف من المدن للقرى ويرجع فى ذلك لكود اسس التصميم وشروط التنفيذ لشبكات مياه الشرب والصرف الصحي – أحدث أصدار

أحواض الموازنة

يراعى: (١) عند وجود عدة محطات ضخ رئيسية، او(٢) في حالة وجود فروق كبيرة بين قيمه التصرفات المصمم عليها محطة المعالجة والمتوقعه فعليا حاليا، او (٣) عند حدوث تغيرات كبيرة خلال ساعات اليوم للتصرفات الواردة، او (٤) في حالة وحدات المعالجة الابتدائية التي تعتمد علي كفاءة تكوين طبقة معلقة مثل UASB ان يتم استقبال تصرفات هذه المحطات في حوض موازنة بحيث يتم الضخ منه الي مدخل المحطة بمعدلات تصرف منتظمة (تؤخذ مساوية ١,٥ التصرف المتوسط) اي ان يتم تصميم جميع وحدات المعالجة هيدروليكيا علي هذه القيمة وعضويا علي التصرف المتوسط

٥–٥ التصرفات المستخدمة فى تصميم وحدات المعالجة

وحدات المعالجة	التصرف التصميمى
× مهمات الرفع والمواسير × وحدات المعالجة الآتية: ▪ المدخل والمصافي ▪ أحواض حجز الرمال	هيدروليكيا: (١,٢) تصرف الذروة عضويا: لايستخدم
▪ أحواض الترسيب الإبتدائي والنهائي	هيدروليكيا: (٠,٨) تصرف الذروة لأحواض

وحدات المعالجة	التصرف التصميمى
	الترسيب الابتدائي و(٠,٦) تصرف الذروة لأحواض الترسيب النهائي – علي ألا يقل عن التصرف المتوسط عضويا: لايستخدم
▪ المعالجة البيولوجية	هيدروليكيا: (٠,٦) تصرف الذروة – علي ألا يقل عن التصرف المتوسط عضويا: التصرف المتوسط مع مراعاة زيادتها بـــ ١٠% لمعادلة تأثير الأحمال العضوية للمياه الزائدة Supernatant من عمليات معالجة الحمأه في حالة أعادتها الي مدخل المحطة
▪ أحواض المزج بالكلور	هيدروليكيا: (٠,٦) تصرف الذروة – علي ألا يقل عن التصرف المتوسط عضويا: لايستخدم
تقدير كميه المواد المحجوزة على المصافى وكمية الرمال المترسبه فى أحواض حجز الرمال	هيدروليكيا: (١,٢) تصرف الذروة عضويا: لايستخدم
× أجهزة القياس والتحكم والهدارات بجميع الوحدات	هيدروليكيا: تصرف الذروة مع مراعاة التصرف الأدنى عضويا: لايستخدم
× أجهزة تسجيل بيانات المحطة	هيدروليكيا: تصرف الذروة مع مراعاة التصرف الأدنى (٠,٧ التصرف المتوسط) عضويا: لايستخدم
× مخازن الكيماويات والمهمات الملحقة بها	هيدروليكيا: التصرف المتوسط عضويا: لا يستخدم
× تصميم مهمات وحدات الرفع فى حالة أقل	التصرف الادنى

وحدات المعالجة	التصرف التصميمى
التصرفات (الإيقاف والتشغيل) وتصميم أجهزة قياس التصرفات ذات المدي القليل	
× تصميم قنوات المدخل للتحكم فى ترسيب المواد العالقة	التصرف الأدنى
× إختيار أقل عدد من الوحدات تعمل خلال فترات أقل للتصرفات	التصرف الأدنى
وحدات استقبال نواتج الكسح داخل محطة المعالجة من التجمعات الصغيرة غير المخدومة المحيطة فى نطاق المحطة لمسافة تحددها الجهة المالكة والاستشارى المسئول عن اعداد المخطط العام والدراسات التصميمية. علما بانه يمنع أستقبال هذة المخلفات على محطات الرفع نهائيا.	تتراوح مابين ٥ – ١٠ % من الطاقة الاجمالية للمحطة – مع شرط توافر الوحدات المستقبلة والمصممة (خزان أستقبال مهوى) بشكل لا يؤثر على كفاءة عمل محطة المعالجة على ان يتم تهويتها قبل دخولها الى محطه المعالجة.

بالنسبة لوحدات المعالجة البيولوجية التى تزيد مدة المكث لها عن يوم (مثل بحيرات الأكسدة الطبيعية) يكون التصميم لوحدات المعالجة البيولوجية هيدروليكياً وعضويا على أساس التصرف المتوسط.

٦- خصائص مياه الصرف الخام

يراعى عند تحديد تركيز الملوثات الرئيسية فى مياه الصرف الخام للتجمعات العمرانيه المختلفه ما يلى:

- مدن أو تجمعات أوقري مخدومة بشبكات صرف صحي وفى هذه الحالة تؤخذ عينة ممثله على مدار فترة كافية لا تقل عن (٣-٧) ايام للمخلفات السائلة من نهاية الشبكات على ان يكون أخذ العينة وإجراء التحاليل المعملية المطلوبة طبقاً للطرق القياسية الأمريكية:

(Water Environmental Federation) (WEF)

- مدن أو تجمعات أو قري جاري تخطيطها أو غير مخدومه بمشروع صرف صحي ويتم فى هاتين الحالتين الإسترشاد بمدينة أوقرية مماثله ومشابهه فى الأنشطة الإجتماعية والإقتصادية والسكانية والصناعية ولها نفس الظروف المناخية.

وفى حالة عدم توافر مدينة أو قرية مماثلة بغرض الإسترشاد يتم تقدير كمية الأكسجين الحيوي الممتص ($B.O.D_5$) عن طريق متوسط الاستهلاك السنوي للمياه للفرد فى اليوم والإحتياج الأكسجينى الحيوى المتوسط للفرد والذي يتراوح بين ٤٠ – ٧٠ جم/فرد/يوم، وذلك لتحديد الأحمال العضوية. مع مراعاة العوامل التى قد تزيد من تلك الأحمال فى المناطق الريفية المخدومة حيث يجب تقدير تلك العوامل فى الاعتبار عند حساب الاحمال العضوية.

ويجب ان تتضمن تحاليل مياه الصرف الصحى كحد أدنى العناصر التالية:

الأس الهيدروجينى، الأكسجين الحيوى الممتص BOD، الأكسجين الكيميائى الممتص COD، المواد العالقة الكلية TSS، النتروجين الكلى TKN، الفسفور الكلى TP، المعادن الثقيلة الكلية.

٧- دراسات إعادة الإستخدام والتخلص النهائي (معايير المخلفات السائلة المسموح بصرفها على أعمال الصرف الصحي)

للحفاظ على نوعية المياه التى تصل الى محطة المعالجة من العناصر الضارة التى قد تؤثر بشكل مباشر على كفاءة المعالجة البيولوجية فقد تم تحديد معايير المخلفات الصناعية السائلة المسموح بصرفها على شبكات الصرف الصحي أومحطات المعالجة طبقاً لأخر أصدار للقانون رقم ٩٣ لسنة ٦٢ وللقرار الوزاري رقم (٩) لعام (١٩٨٨) وكذلك للقرار الوزارى رقم (٤٤) لسنة (٢٠٠٠).

٨- الموقع العام للمحطة

٨-١ اختيار موقع المحطة

٨-١-١ شروط إختيار موقع المحطة

يلزم أن يتوافر فى موقع محطة المعالجة الشروط الآتيه:

- أن يكون الموقع بعيداً عن الحيز العمراني للمدينة أوالقرية بمسافة أمنة طبقا للقوانين المنظمة. **وفى حالة تعذر توافر تلك المسافة نتيجة لزحف العمران** او نتيجة للتكتل السكانى بمنطقة الدراسة يجب استخدام أنظمة التحكم فى الروائح والانبعاثات للوحدات التى تسبق الوحدات البيولوجية، وكذلك الوحدات التى تتعامل مع الحمأة الناتجة بجميع انواعها. مع مراعاة انه فى مثل هذه الحالات يجب عدم استخدام اية معدات تهوية يمكنها ان تحدث رزازا فى الهواء كوحدات التهوية السطحية أوالمرشحات الزلطية أويمكن تغطيه وحدات المعالجة حتى لاتنتشر اية مواد غير مرغوبة بشكل سلبى بالمنطقة المحيطة.
- أن يكون هناك طريق للمحطة بعرض لايقل عن ٦–٨ متر على ان يسمح هذا العرض بمرور خطوط الطرد القادمة لمحطة المعالجة حاليا ومستقبلا مع تحمل حمولة مناسبة من سيارات النقل الثقيل.
- أن يكون الموقع قريباً ما أمكن من مكان التخلص النهائي للمياه المعالجة (مصرف – أراضي للاستزراع). ويراعى ذلك عند تصميم نظام التخلص اوإعادة الاستخدام
- أن يكون الموقع تحت الرياح السائده على المنطقة العمرانية المجاورة. واذا تعذر ذلك لابد من اعتبار وضع تصور لكيفية التحكم فى الروائح خاصة لاعمال المعالجة الأولية ووحدات تناول الحمأة.
- دراسة التربة لإختيار الموقع المناسب للتأسيس الإقتصادي.
- الأخذ فى الاعتبار التوسع المستقبلي للمحطه. يجب ان يراعى عند تحديد مساحة الموقع ان تكون كافية للتوسعات لمنطقة الخدمة حتى مرحلة التشبع السكانى لتلك المناطق.
- عدم وجود عوائق بالموقع (انابيب غاز – صرف مغطي – خطوط كهرباء ضغط عالي..... ألخ) وأن تتوافر في الموقع المتطلبات الصحية طبقا لقوانين وقرارات وزارة الصحة والمتطلبات البيئية لجهاز شئون البيئة المصري.
- تفادي الاراضي الزراعية قدر الإمكان (ويفضل الاراضي البور أوالصحراويه) وبما لا يخل بالدراسة الإقتصادية للمشروع. مع مراعاة انه عندما تفرض الضرورة استخدام الأراضى الزراعية يتم الاعتماد على النظم التى تحتاج الى مساحات اقل نسبيا سواء كان ذلك لمعالجة المياه اونظم تناول الحمأة.

٨-١-٢ المساحة المطلوبة للموقع

تقدر المساحة المطلوبة لأى محطة تبعاً للتصرف ونوعية المياه ومتطلبات الوحدات المطلوب انشائها ونوعية وطريقة المعالجة المقترحة لخدمة منطقة الدراسة حتى سنة الهدف اومرحلة التشبع. كما يجب عمل دراسة تفصيلية لكيفية امداد الخدمة لجميع التجمعات الواقعة داخل منطقة الخدمة لمحطة المعالجة، واذا كان سيتم الربط مركزيا ام يتم اعتبار نظم اخرى للتجمعات خاصة الصغيرة داخل منطقة خدمة محطة المعالجة المقترحة. ويحظر تماما البدء فى محطة معالجة جديدة اوتوسعات لمحطات قائمة دون وجود دراسة تفصيلية لكيفية خدمة جميع التجمعات داخل منطقة الدراسة بحيث يكون هناك مخطط عام متكامل نهائى معتمد لمنطقة الدراسة. مع ضرورة مراعاة إعتبار البعد الاجتماعى والبيئي والاقتصادى لمنطقة الدراسة.

٨-١-٣ المجاري المائية المحيطة بالموقع (المصارف)

يعتمد إختيار موقع المحطة علي نوعية المجاري المائية المحيطة (المصارف) وتشترط ان تكون المجاري المائية المحيطة قابلة لإستيعاب كميات ونوعية جودة المياه المعالجة للصرف عليها طبقا لإشتراطات الجهات المعنية المختصة بهذه المجاري. وان لم يتوافر ذلك يتم إدراج دراسات تمهيد تلك المصارف لاستيعاب التصرفات لمحطة المعالجة بالتنسيق مع الجهات المختصة بذلك، كما يجب دائما اعطاء أهمية خاصة لبدائل اعادة الاستخدام بمنطقة الدراسة حسب ظروفها الخاصة بما يتوافق مع الاكواد والقوانين المنظمة لذلك وتطبيق جميع المحاذير المطلوبة للتخفيف من الأثار السلبية إن وجدت، مع ضرورة اعداد الدراسات البيئية والاجتماعية الخاصة بذلك.

٨-١-٤ العناصر المساحيه

- طبوغرافية الموقع وأبعاده. بحيث يتم تحديد الاحداثيات لأركان الموقع وعمل ميزانية شبكية على مسافات مناسبة حسب تغير مناسيب الموقع.
- ربط الموقع بالطرق العموميه. وعلاقته المساحية بمنطقة الخدمة
- إتجاه دخول خطوط مواسير المخلفات السائله المراد معالجتها. وتحديد عددها واقطارها والمسافة المناسبة لها
- رفع وربط الموقع بأماكن التخلص من المياه المعالجه أوأماكن اعادة الاستخدام

٨-١-٥ اختيار أرض الموقع

يلزم دراسة مجموعة من المواقع المتاحة بالاستعانة بالخرائط المساحية الكنتورية والصور الجوية ثم بالمعاينة على الطبيعة لكل موقع متاح وتقييمه فنياً واقتصادياً، وإذا كان الموقع المختار من أملاك الدولة فإنه يلزم البدء فى إجراءات التخصيص، وإذا كان من أملاك القطاع الخاص فتتخذ إجراءات الشراء بالتراضى مع مالكى الأرض واي من المستفيدين (طبقا للقوانين المنظمة لذلك).

٨-١-٦ التسهيلات المتاحه بمحيط الموقع

يفضل عند اختيار موقع محطة المعالجة توافر الآتى:

- سهولة نقل المياه المعالجة من مصدرها الى موقع التخلص أوإعادة الاستخدام.
- سهولة التخلص من الحمأة الناتجة عن المعالجة.
- قرب الموقع من مصدر الطاقة.
- سهولة ربط الموقع بالطرق والاتصالات السلكية واللاسلكية.
- سهوله نقل مياه الصرف الصحى من مواقع محطات الطلمبات الرئيسية الى الموقع

٨-١-٧ الجسات المبدئية اوالاسترشادية

تؤثر نتائج الجسات المبدئية فى المفاضلة بين المواقع المتاحة فيما يتعلق بما يلى:

- **المياه الجوفية**

تؤدى غزارتها وأرتفاع منسوبها الى زيادة تكاليف الإنشاء.

- **التربة الصخرية**

يراعى عمل الدراسات الفنية والاقتصادية لتكاليف الحفر والإنشاءات فى التربة الصخرية عند المفاضلة بين المواقع المتاحة والتكنولوجيا المقترحة.

- **التربة غير الصخرية**

يجب دراسة خواص التربة غير الصخرية لتحديد نوعية التأسيس عليها أومدى الحاجة لإستبدالها لإحلال تربة بديلة ومدى تأثير ذلك على تكاليف المنشآت.

ويجب ان يتضمن تقرير استشارى التربة والجسات التوصيات الاساسية للتأسيس وكذلك مدى الاحتياج الى نزح جوفى من عدمه بالاضافة الى ما اذا كان هناك حاجة لأعمال إحلال للتربة من عدمه، وذلك لما لذلك من تأثير مباشر على اسلوب التنفيذ ومدته وكذلك التكلفة الاستثمارية للمشروع.

كما يجب اجراء عدد من الجسات النهائية التأكيدية بواسطة الشركات المنفذة للتحقق من نوعية التربة قبل البدء فى عملية التنفيذ.

٨-٢ المخطط العام للمحطة

بعد تحديد طريقة المعالجة واختيار الموقع يحدد المخطط العام للمحطة طبقاً لما تقتضيه عناصر المعالجة المطلوبة والتى تحددها نتائج الاختبارات المعملية والخبرة السابقة ويراعى ان يشتمل المخطط العام للمحطة على المسطحات اللازمة للتشغيل والتحكم والصيانة والخدمات على اساس ما تحدده الجهة المختصة من احتياجات، ويجب الآخذ فى الاعتبار عند إعداد المخطط العام للمحطة ما يأتى :

- طوبوغرافية الموقع وطبيعة التربة ومنسوب المياه الجوفية والطرق الموصلة للموقع.
- ربط المخطط العام بالطرق العامة.
- حماية الموقع من المؤثرات الخارجية.
- مراعاة الموقع المناسب لغرفة التحكم بالنسبة لوحدات عملية المعالجة.
- مواجهة صعوبات الانشاء بأقل التكاليف.
- مراعاة تحديد الوحدات الاحتياطية اللازمة لبعض مراحل أعمال المعالجة.
- الاتزان الهيدروليكى بين وحدات المعالجة لتحقيق أقل فواقد ممكنة، ويساعد ذلك التخطيط الملائم لوحدات المعالجة بالمحطة.
- يجب ترك مسافات مناسبة بين وحدات المعالجة وبينها وبين المنشآت الاخرى وذلك لتسهيل أعمال التركيب والتشغيل والصيانة.

- فصل شبكة الصرف الصحى بالموقع عن شبكة صرف المياه المعالجة.
- سهولة تصريف والتخلص من الفوائض الطارئة للمحطة.
- يجب إتخاذ الاحتياطات المناسبة لتقليل الخطورة الناجمة عن استخدام المواد الكيميائية
- داخل المحطة.
- يجب توفير المخازن المناسبة فى المحطة لتخزين المواد والمواسير والمهمات الأخرى.
- يجب ان يؤخذ فى الاعتبار احتمالات التوسع المستقبلى وما يترتب على ذلك من احتياجات.
- يجب تقليل طول خطوط الكيماويات لأقل ما يمكن لتجنب مشاكل التشغيل وذلك بوضع أماكن التغذية بالكيماويات أقرب ما يمكن لأماكن استخدامها.
- تخطيط شبكة الطرق الداخلية المناسبة لسهولة التوريد والمناولة للكيماويات مع تجنب المناولة البشرية لها قدر الإمكان.
- مراعاة وجود مسافة فاصلة بين المبانى الإدارية والخدمات عن عنابر الوحدات المسببة للضوضاء ومبانى إضافه مواد التعقيم واماكن توالد الروائح.
- مراعاة قرب وحدات التغذية بالطاقة الكهربائية من وحدات الاعمال الرئيسية الموجودة بالمحطة.
- مراعاة تخطيط شبكات المرافق اللازمة للمحطة مثل شبكات التغذية بالمياه ومكافحة الحريق والغسيل للوحدات ورى المسطحات الخضراء والصرف وإنارة الموقع والاتصالات.
- يجب إقامة سور خارجى حول الموقع شاملاً أبراج المراقبة والمداخل وغرف الأمن.
- يجب أن يؤخذ فى الاعتبار أعمال تجميل الموقع.

مع ادخال عناصر وملامح العمارة الخضراء لجميع مكونات المحطة بشكل يسمح بتوفير اقصى ما يمكن من الطاقة المستهلكة.

٨-٢-١ العناصر الهيدروليكية

- التخطيط الملائم لوحدات المعالجة بما يحقق أقل فواقد ممكنه بحيث يمكن صرف المياه المعالجه إلى أماكن التخلص النهائي بالإنحدار الطبيعى قدر الإمكان.
- إستغلال الميول الطبيعيه إن وجدت للتوفير فى الأعمال الإنشائية.

- الأخذ فى الاعتبار متطلبات التوسع المستقبلي.
- تقليل التقاطعات بين خطوط المواسير داخل المحطة لتسهيل أعمال التنفيذ والصيانه والإصلاح.
- تقليل أطوال خطوط نقل الحمأه ومراعاه عدم وجود تغييرات كبيرة فى إتجاهاتها لتقليل الفواقد ولتفادي إحتمالات الإنسداد والترسيب.
- توزيع الوحدات وإرتباطها ببعضها بما يمكن من سهولة التشغيل ويحقق المرونه فى حالات الطوارئ.
- تزويد الموقع بالمرافق اللازمه مثل شبكات التغذية بالمياه للمباني ومكافحة الحريق وري المسطحات الخضراء وغسيل وحدات المعالجة والصرف الصحي للمباني وإنارة الموقع والإتصالات.
- التركيز على ضرورة وجود وسائل اتصال مناسبة بين موقع محطة المعالجة ومحطات الرفع التى تضخ تصرفاتها اليها بشكل مباشر، ويمكن اذا ترائى للمالك والشركات القائمة على التشغيل بضرورة توافر اساليب متطورة للاتصال والتحكم مثل نظم SCADA ان يتم ذلك بالشكل الذى يلائم ظروف المحطة ومنطقة الخدمة.

٨-٢-٢ العناصر المعمارية

- حماية الموقع من المؤثرات الخارجية. واهمها السيول اوماشابه.
- سهوله التنقل بين وحدات المعالجة، وبينها وبين المباني الإداريه ومباني الخدمات ووجود طرق مباشرة بينهم. كما يجب عدم المبالغة فى استخدام المبانى الخدمية الا فى حالات الضرورة حسب ظروف كل مشروع.
- وجود مجال رؤيه كامل لجميع الوحدات عبر صالة التشغيل والمراقبة الرئيسية. ويمكن استخدام كاميرات مراقبة اذا لزم الامر. ويمكن للمالك والمصمم استثناء ذلك حسب ظروف كل مشروع.
- مراعاة ان تكون المباني الإدارية ومباني الخدمات مناسبة للمحطة وبعيده عن مصادر الضوضاء مع الأخذ فى الإعتبار إتجاهات الرياح السائده لتجنب تعرض المباني الإدارية للروائح الكريهة التى تهب من مداخل عملية المعالجة أوأحواض المعالجة أوتجفيف الحمأه. والا وجب الاعتماد على نظم التحكم فى الرائحة لتجنب تلك المشاكل.

- إقامة سور خارجي حول الموقع شاملاً المداخل وغرف الأمن ويتكون من هيكل خرسانى ومبانى من الطوب بارتفاع ٢ م عدا بحيرات الكسدة ومايماثلها فينشأمن أسوار سلك مقوي يضمن خصوصية المحطة ويكون مقاوم للغازات المنبعثة من خلال حمايتة بدهانات واقية أوالبلاستيك.
- وجود التنسيق المعماري بين وحدات ومباني المحطه من حيث الإرتفاعات والأبعاد والمسافات اللازمه للتهويه والإضاءة الطبيعية.
- تجميل الموقع وتزويده بالمسطحات الخضراء والتشجير. مع ادخال عناصر العمارة الخضراء كلما امكن ذلك فى التصميمات المعمارية للمشروع.
- تزويد الموقع بمصدر للتغذية بالمياه والرى وشبكة لغسيل الوحدات وصيانتها وشبكة للصرف الصحى للمبانى الخدمية ووسائل الاتصال المناسبة.

٨-٢-٣ العناصر الإنشائية

- مراعاة توزيع وحدات المعالجة ومباني الخدمات بما يتناسب مع دراسات التربة لتحقيق إقتصاديات الإنشاء.
- ترك المسافات المناسبة بين وحدات المعالجة وبينها وبين المنشآت والمباني الاخري بما يضمن سهولة الأعمال الإنشائية وتقليل التكلفة.

وكذلك مراعاة ان يؤخذ فى الاعتبار كيفية تنفيذ الوحدات المستقبلية دون الاخلال بسلامة المنشآت المنفذة بالمراحل الاولى للمشروع.

٨-٢-٤ العناصر الميكانيكية

- مراعاة وجود المساحات الكافيه بين وحدات المحطة وذلك لتسهيل أعمال التركيب والتشغيل والصيانة.
- وجود المسطحات الملائمة للخزانات والمعدات التى تركب خارج المباني.
- مراعاة أن يكون مبني المخزن والورش بالمسطح المناسب. ويجب ان تتناسب مساحة المخزن والورشة مع طاقة المحطة وأهميتها بالنسبة للجهة الادارية المسئولة عن تشغيلها.

٨-٢-٥ العناصر الكهربائية

- مراعاة قرب مباني التغذية بالطاقة الكهربائية من الأحمال الرئيسيه للمحطه.
- تقليل أطوال ومسارات الكابلات الكهربائية ومراعاة عدم تعارضها مع مسارات المواسير والقنوات ما أمكن.
- توفير مصدر بديل للطاقة الكهربائية فى حالة إنقطاع التيار العمومي لتشغيل العناصر الاساسية التى قد تؤثر على كفاءة عمل المحطة فى حالة انقطاع التيار الكهربى لاوقات طويلة.
- مراعاة الموقع المتوسط لغرفة التشغيل والتحكم بالنسبة لوحدات المعالجة وملحقاتها من محطة رفع ومحطات ضغط الهواء وخلافه.
- أن تكون الطرق التى تمر بها الكابلات ذات إتساع مناسب لإستيعاب مجاري وخنادق الكابلات بالأبعاد المطلوبة لها طبقاً للتصميمات.

٩- الأعمال المساحيه

تعتبر الاعمال المساحية من أهم العناصر التى يبني عليها تصميم وتوزيع وحدات المشروع والتى على أساسها يتم توزيع وتحديد الأماكن المناسبة لهذه الوحدات مع الإستغلال الأمثل لميول سطح الارض لتحقيق الإقتصاد فى الطاقة المستخدمه، سواء كان ذلك من ناحية المخلفات السائلة المطلوب معالجتها أوالتخلص من نواتجها أوالإنتقال المرحلي بين وحدات المعالجة المختلفة وتتلخص الأعمال المساحية المطلوبة فى المحددات الآتيه:

- تحديد الجهات الأصلية للموقع.
- أعمال الميزانية الشبكية للموقع على مسافات تتحدد طبقاً لطبيعة الأرض – ولا تزيد عن ٥٠ متر على الأكثر فى الإتجاهين مع تنسيبها الى أقرب روبير أونقطة ثابته سواء كان هويس أوكوبري يقع على الممر المائي أوأى نقطه ثابته معلومة المنسوب ومعتمدة من الجهة الادارية المسئولة.
- رفع المعالم الرئيسية المحيطه بالموقع من طرق، مصارف، ترع..... وخلافه.
- تحديد نقاط ثابته معلومة المنسوب داخل الموقع فى أماكن مناسبة مع توصيفها للرجوع إليها. (روبيرات مساعدة)

١٠- الدراسات الجيوتقنيه

- دراسة الموقع العام لأعمال المعالجة بهدف تحديد أماكن وعمق الجسات.
- مراجعة القطاع الهيدروليكي لوحدات المعالجة لتحديد عمق الجسات المطلوبة بناء على عمق المنشآت وأحمالها.
- تحديد أسلوب نزح المياه الجوفية أثناء الإنشاء.
- تحديد أسلوب سند جوانب الحفر للمنشآت العميقة اذا لزم الامر.
- يراعى عند أخذ الجسات لوحدات المحطة تحديد العدد المناسب والعمق، كما يراعى ما جاء بالكود المصري الخاص بالأساسات وإختبارات التربه بأن (*يكون الأسمنت المستخدم فقط هوالأسمنت المقاوم للكبريتات فى جميع وحدات المعالجة. أما الأسمنت المستخدم فى أنشاء المبانى الأدارية والخدمات فيكون من النوع الملائم من نوعية المياه الجوفية والتربة. وفى كلتا الحالتين تحتسب الكمية تبعا للتصميم*).

١١- دراسات التحكم والحماية

يقصد بدراسات التحكم والحماية النظام الذي يتم وضعه للسيطرة على أداء وكفاءة محطة المعالجة من حيث سلامة التشغيل وضمان درجة المعالجة وتحقيق المعايير المطلوبة للمياه المعالجة وضمان الادارة المستدامة طول فترة العمر الافتراضي لوحداتها المختلفة.

١١-١ وسائل التحكم

الغرض الرئيسى من استخدام نظام تحكم فى محطات المعالجة هوضبط بعض العناصر الرئيسية بالمحطة لامكان السيطرة على تشغيل الوحدات المختلفة لضمان الحصول على أدائها الامثل فى مختلف الظروف بأقل تكاليف ممكنة. ويكون نظام التحكم حساساً لأى إعاقة أوتوقف أوإختلاف لمسار أى عملية من عمليات التشغيل الأساسية. كما أنه يساعد مسئول التشغيل على تحليل ودراسة البيانات المنتجة وتمكنه بالتالى من العمل على تحسين طرق التشغيل والأداء وتوفير التكاليف.

كما يمكن لنظام التحكم فى محطات المعالجة أن يكون يدوياً أونصف أوتوماتيكياً أواوتوماتيكياً طبقاً لسهولة تشغيله والاعتماد عليه وطبقاً لمستوى تعقيد التقنيه المستخدمة فى المعالجه وكذلك توفر العمالة المؤهلة لتشغيل النظام فى موقع المشروع.

وتعتمد عناصر التحكم فى تشغيل وحدات المحطة على استعمال أجهزة ومعدات تكون إما ميكانيكية كالمبينات indicators أوالمنظمات controllers أوالمشغلات actuators والتى تعتمد فى تشغيلها على عوامات وبكرات وأذرع توصيل وهى قليلاً ما تستعمل حالياً. وإما هيدروليكية كمنظمات معدل تصرف المرشحات التى تعمل على فارق الضغط وفارق السرعات – وإما هوائية pneumatic التى تستعمل فى تصرفات كبيرة خلال مسافات محدودة والنوع الغالب فى الاستعمال حالياً هوالإلكترونى والذى يستخدم فى غالبية الأجهزة ولمسافات كبيرة تساعد على سهولة الاتصال والتشغيل.

ويتم التحكم فى كفاءة وحدات المعالجة وأداء المحطة على النحو التالي:

- التحكم فى مناسيب التشغيل لوحدات المعالجة وذلك بهدف ضمان سريان السيب للمخلفات السائلة المطلوب معالجاتها والتغلب على الفواقد الهيدروليكية ويتم ذلك عن طريق هدارات يتم ضبطها فى نطاق سبق تحديده.
- التحكم فى سرعة السيب داخل وحدات المعالجة وقنوات التوصيل بهدف ضمان أداء الوظيفة سواء كان ترسيب أومنع ترسيب. ويتم ذلك عن طريق ضبط مساحات المقطع للوحدات والقنوات.
- التحكم فى تحويل مسارات السيب أوعزل وحدة من وحدات المعالجة أوخط معالجة كامل بهدف إجراء أعمال الصيانة والأصلاح، ويتم ذلك عن طريق المحابس والبوابات التى يتم فتحها أوقفلها حسب الحاجة.
- التحكم فى كميات المياه والحمأه المعادة أوالحمأه الزائدة أوالمياه المعالجة وذلك عن طريق أجهزة قياس التصرف بأنواعها المختلفة.
- التحكم فى كفاءة المعالجة وذلك عن طريق الضبط والقياس للمعايير فى كل مرحلة من مراحل المعالجة ويتم ذلك بواسطة أجهزة قياس متعددة مثل قياس الأكسجين المذاب وقياس الأس الهيدروجيني وقياس العكارة وقياس درجة الحرارة وقياسات الطقس وقياسات أخرى.
- التحكم فى كميات الكلور التى يتم حقنها لتعقيم السيب الخارج من المحطة عن طريق معدل تصرف المياه (Flow Control) أوعن طريق القياس والتحكم فى كمية الكلور المتبقية Residual Chlorine.

ويشترط قياس معدل تصرفات المياه الداخلة والخارجة بالاضافة إلى أجهزة قياس (On line) لنوعية المياه الخام والمعالجة بحيث يضمن وجود سجلات دقيقة لنوعية المياه، بالاضافة الى الاجهزة اللازمة لضبط وتقييم اداء محطة المعالجة والتى تقع تحت مسمى Process (Performance control Indicators) كما يجب تزويد المحطات التى تزيد طاقتها عن ٢٠٠٠٠ م^{٣}/يوم بنظام مراقبة (Supervisory Control & Data Acquisition) او ما يطلق عليه مسمى **(SCADA)** على عدة مستويات تشمل منطقة الخدمة والجهة الادارية المسئولة عن التشغيل اوكما تحدده كراسة الشروط المرجعية للاعمال. وفى جميع الاحوال يقوم المالك وجهة التشغيل بتحديد مستوى التحكم المطلوب حسب أهمية المحطة وظروف ومستوى القائمين على التشغيل بالاضافة الى مدى احتياج عملية المعالجة الى مستوى محدد للتحكم فى كفاءة التشغيل.

٢-١١ تمييز لون المواسير حسب نوعية التصرف Color Coding

لمساعدة القائمين على عملية التشغيل والصيانة يجب تمييز المواسير داخل المحطات حسب نوعية التصرفات التى تمر بها خاصة بالمحطات التى تزيد سعتها عن ٥٠٠٠ م^{٣}/يوم اوحسب ما تحدده كراسة الشروط والمواصفات للجهة القائمة بالطرح. ويقترح النظام التالى لمحاولة توحيد قياسى فى هذا الصدد:

– خطوط حمأة خام	بنى بشرائط سوداء
– خطوط حمأة معادة	بنى بشرائط صفراء
– خطوط حمأة زائدة	بنى
– خطوط تجميع غاز	برتقالى
– خطوط غاز طبيعى	برتقالى اواحمر بشرائط
– مياه غير صالحة للشرب	أزرق بشرائط سوداء
– مياه صالحة للشرب	أزرق
– خطوط الكلور	أصفر
– خطوط مياه صرف صحى خام	رمادى
– هواء مضغوط	أخضر
– خطوط مياه تسخين المخمرات	أزرق مع شرائط حمراء
– خطوط وقود	أحمر

- خطوط صرف مباني أسود
- خطوط بوليمر أرجوان

مع بيان اتجاه حركة التصرفات بالخطوط جميعها باسهم مميزة.

١١-٣ وسائل الحماية

الغرض الرئيسى من استخدام نظم ووسائل الحماية بمحطات المعالجة هولحماية وسلامة جميع منشأت ومكونات ووحدات الانتاج والأفراد معاً ضد جميع المؤثرات والعوامل الخارجية وظروف التشغيل المختلفة واستمرارها فى الإداء للعمل والانتاج بأحسن كفاءة ممكنة.

وتتم حماية محطات المعالجة طبقاً للأتي:

- حماية المحطة ضد حدوث الغرق أوفى حالات الطوارئ مثل حدوث أنهيار أوكسر فى أحد وحدات المعالجة أوالقنوات والمواسير الموصلة بينها. ويتم ذلك عن طريق توفير خطوط طوارئ bypass (يجب توفير نظام انذار صوتي وضوئي عند عملها) ومعدات النزح النقالى. والتى لا يسمح باستخدامها إلا فى حالة الضرورة القصوي وبتصريح من الجهة الادارية المسئولة عن التشغيل. وابلاغ الجهات المعنية الاخرى بذلك.
- حماية معدات المحطة ضد التوقف عن العمل عند إنقطاع التيار الكهربائي العمومي وذلك بتوفير وحدات توليد كهرباء إحتياطية.
- الحماية اللازمة للأجهزة والمعدات الكهربائية ضد زيادة أوإنخفاض الجهد أوالحمل الزائد.
- الحماية ضد تسرب الكلور من أجهزة التعقيم باستخدام حساسات للكلور المتسرب ونظام التعادل.
- الحماية ضد إرتفاع المنسوب فى بيارات الطلمبات فوق الحد الأقصي أوانخفاضها عن المنسوب الأدني بإستخدام حساسات قياس المنسوب او الموجات فوق الصوتيه.
- الكيماويات والكلور:

  - توفير إستخدام وسائل التداول الميكانيكية.
  - توفير وسائل التهوية والإضاءة والتعادل (الاعدام) للغازات السامة.

- توفير وسائل التنبيه والانذار والأمان.
- توفير وسائل الخروج الآمن (الهروب) للأفراد عند الطوارئ.

- الطلمبات ومواسير التوزيع:

- تستخدم محابس عدم الرجوع لحماية الطلمبات وضمان عدم رجوع المياه فى حالة التوقف الفجائى لمحرك التشغيل (انقطاع التيار الكهربائى للمحركات الكهربائية).
- تستخدم أجهزة الحماية ضد الطرق المائى لحماية المحطه عند التوقف الفجائى للطلمبات. وحسب الدراسات والحسابات الهيدروليكية المتعلقة بتحليل الدفق المائى (Surge Analysis)
- تستخدم محابس التخلص من الهواء عند المستويات العالية لمواسير الطرد لحمايتها من الانفجار عند تكوين فقاعات هوائية كبيرة وسرعة تحركها.

- المحركات والمعدات الكهربائية:

- استخدام أجهزة الحماية ضد القصر الكهربى أوزيادة التيار أوانخفاض الجهد.
- استخدام وسائل الانذار والتنبيه عن حاله سخونة المحركات أوالمعدات أونقص الزيوت بها لحمايتها من التلف.
- مراعاه اضافة وحدات تحسين معامل القدره بجميع اللوحات.

- **الأفـــــراد:**

- توفير معدات وأجهزة ووسائل الحماية الشخصية للعاملين فى المجالات المختلفة واتباع تعليمات الصحة والسلامة المهنية فى جميع مجالات ومراحل العمل لمحطة التنقية. وتوفير وسائل الانقاذ والعلاج فى حالات الطوارئ.
- عمل درابزينات حماية عند الاحتياج لذلك مع توافر المشايات اللازمة والسلالم للوصول الى الاماكن المختلفة للوحدات لاعمال الصيانة والتشغيل
- مراعاة القوانين المنظمة لبيئة العمل من حيث الهواء والضوضاء، مع مراعاة توريد جميع المولدات ونوافخ الهواء وما يماثل ذلك بكابينة لتخفيض الضوضاء (Sound Prove Enclosure) فى حالة الضرورة كقربها من المناطق السكنيه للعاملين.

- توفير مهمات الإسعافات الأولية.
- يجب توافر وسائل الحماية ضد خطر الحريق بالاماكن المختلفة حسب مانص عليه الكود المصرى لأسس التصميم وإشتراطات التنفيذ لحماية المنشآت من الحريق " بأحدث وجميع أصداراته "
- توفير الوسائل المناسبة لتناول المواد الخطرة – إن وجد وطبقا للقوانين البيئية المعمول بها.

الفصل الثانى: طرق معالجة المخلفات السائلة والحمأة

الفصل الثانى
طرق معالجة المخلفات السائلة والحمأة

١- طرق معالجة المخلفات السائلة

مقدمة

تعتمد طريقة المعالجة على مستوى المعالجة المطلوب وخصائص مياه الصرف الصحى الخام الوارده لها وفقا لما تمليه القوانين والاجراءات المنظمة لذلك والمعمول بها، ويتم ذلك بواسطة مقارنه خواص المخلفات السائلة الخام المراد معالجتها مع درجة جودة المياه المعالجة المراد الوصول اليها بهدف التخلص من الملوثات الموجودة بالمخلفات السائلة بهدف التخلص منها أو إعادة إستخدامها، ويكون ذلك بعد دراسة مرادفات المعالجة المتاحة وتقييمها لإختيار أنسبها وذلك خلال مراجعة وتصنيف الطرق المختلفة التى يمكن تطبيقها فنيا.

ويمكن تقسيم طرق إزالة الملوثات من المخلفات السائلة الى: طرق طبيعية وكيماوية وبيولوجية عن طريق وحدات تعمل فى مجموعات متنوعة عند اختيار نظم المعالجة. مع ضرورة مراعاة دراسة الأسس التصميمية لكل مجموعه على حدة.

١-١ المعالجة الاولية Preliminary Treatment

وهي التى تعتمد على قوي الفصل الطبيعية الفيزيقية بين المواد العالقة والمياه وتشمل أعمال التصفيه والترسيب والتعويم والترشيح وبالتالي فإنها فى معظم الأحيان تسبق أى وحدات معالجة أخري. وتشمل الوحدات التى تقوم بالمعالجة الطبيعية مايلى:

- **المصافى بأنواعها Screens**
  - واسعة Coarse Screens ويتراوح مقاس فتحاتها من ٢٥ الى ٥٠ مم
  - ضيقه Fine Screens ويتراوح مقاس فتحاتها من ٦ الى أقل من ٢٥ مم
  - دقيقة Micro screen وتكون مقاس فتحاتها اقل من ٥٠ ميكرون

- **وحدات تقليل مقاس العوالق ذات الأحجام الكبيرة Coarse Solids Particle Size Reduction** مثل الطواحن بانواعها:
  - Comminutor وتستخدم فى قنوات المدخل للمحطات الصغيرة لتقطيع المواد العالقة الكبيرة الى قطع صغيرة بمقاسات تتراوح مابين ٦ الى ٢٠ مم
  - Macerators وهى طواحن ذات سرعات بطيئة تعتمد على قواطع معدنية ذات مرحلتين ويمكن تركيبها داخل القنوات على مواسير الدخول للمحطة.
  - الطواحن السريعة High-speed Grinders وتستخدم فى أغلب الاحيان بعد المصافى وتعتمد على طحن المواد العالقة ذات الحجم الكبير وتفتيتها.
- **أحواض الموازنة Flow Equalization Units**

وتستخدم لموازنة التغير الحادث للتصرفات الواردة للمحطة وطبقا لما سبق الأشارة الية فى الباب الاول وذلك لمنع تعرض المحطة للأحمال المفاجئة خاصة فى المحطات التى قد تتعرض لتغيرات كبيرة تؤثر على كفاءة الوحدات أو التى يتطلب تصميم وحدات المعالجه التاليه انتظام التصرفات الداخله للوحده ويتم وضع وحدة الموازنة بعد وحدات المصافى والراسب الرملى لموازنة التصرفات على الوحدات التالية للراسب الرملى وخاصة الترسيب الابتدائى أو ما يماثله والمعالجة البيولوجية. ويمكن وضعه فى المسار الرئيسي للمعالجة On-Line أو وضعه فى مسار جانبي Off-line ويحدد ذلك بواسطة المصمم بناء على مدى التغير المتوقع فى التصرفات.

- **وحدات الفصل بالترسيب Sedimentation**

وتعتمد على فصل المواد العالقة بالتثاقل Gravity Separation سواء كان طبيعياً أو باستخدام الترويب

  - أحواض الراسب الرملى العادية والمهواه
  - أحواض الترسيب الابتدائى والنهائى
  - أحواض الترسيب ذات المعدل السريع باستخدام ألواح أو انانبيب الترسيب

- **الفصل بالتعويم Floatation**

تستخدم وحدات التعويم فى فصل العوالق الصلبة او السائلة (مثل الزيوت والشحوم) من السوائل، ويتم الفصل عن طريق تعويم المواد العالقة بواسطة فقاعات هوائية تعمل على تحسين عملية التعويم وازالتها من اعلى وحدة التعويم، هناك نوعين أساسيين من وحدات التعويم هى: تعويم باستخدام الهواء المذاب Dissolved Air Floatation DAF أو باستخدام الهواء الموزع Dispersed Air Floatation

- **الفصل بالترشيح Filtration**

وتشمل المرشحات الرملية بانواعها حيث تعتمد على نظرية الترشيح فى فصل المواد العالقة بالاضافة الى إمكانية فصل المواد الجيلاتينية بالاضافه الى بقايا الرواسب البيولوجية، وتقسم المرشحات الرملية الى الانواع التالية:

- المرشحات الرملية السريعة Gravity Rapid Sand Filter
- المرشحات الرملية البطيئة Gravity Slow Sand Filters
- المرشحات الرملية المضغوطة Pressurized Sand Filters

٢-١ المعالجة الكيماوية

تعتمد على إضافة مواد كيماوية لرفع كفاءة بعض وحدات التنقية او لمعالجة المياه كيميائياً. فمثلا لرفع كفاءة الترسيب يتم إضافه مادة كيماوية مروبة تعمل على تجميع وترسيب المواد العالقة بها أو إضافة مادة كيماوية لضبط تركيز ايون الهيدروجين (pH) لمعادلة المياه أو إضافه مادة مطهرة تقوم بالقضاء على البكتريا وذلك بتفتت الجدار المحيط بها. ومن الواضح انه فى مثل هذه العمليات يتم الاعتماد على تغيير خصائص مياه الصرف الصحى عن طريق التفاعلات الكيميائية.

١-٣ المعالجة البيولوجية

تعتمد أساساً على تثبيت المواد العضوية بيولوجيا باستخدام البكتريا والكائنات الحية الدقيقة وأكسدتها والتخلص منها وبهذا يتم إزالة المواد العضوية القابلة للأكسدة بيولوجيا سواء كانت عالقة أو مذابه.

نتيجة هذه العملية تتحول هذه المواد إلى غازات وتنطلق طاقة لبناء أنسجة خلايا حيه جديدة (Bio-mass) والتى يمكن إزالتها بالترسيب . أى أن المعالجة البيولوجية تستخدم فى إزالة الكربون والنيتروجين والفوسفور من المخلفات السائلة وذلك من خلال نشاط انواع مختلفه من البكتيريا التى يمكنها أكسدة هذه المواد والجدير بالذكر ان ازالة الفوسفور بيولوجيا يتم من خلال بكتيريا لها القدرة على إمتصاص وتخزين نسب كبيرة من الفوسفور غير العضوى.

<u>النشاط البكتيرى المستخدم للمعالجة البيولوجية</u>

يمكن تقسيم عمليات المعالجة وفقا لأنواع النشاط البكتيرى المستخدم للمعالجة البيولوجية كما يلى:

هوائي/حرAerobic	عمليات معالجة لاتتم الا فى وجود الأكسجين الحر المذاب و خلالها يتم أكسدة المواد العضوية الكربونية من خلال البكتريا الهوائية و كذلك يمكن من خلال بكتريا خاصة Autotrophs أكسدة الامونيوم نيتروجين و تحويله الي نيتريت ثم نيترات من خلال عملية النيترة Nitrification.
لاهوائيAnaerobic	عمليات معالجة تتم فى غياب الأكسجين
هوائي متحد Anoxic	وهى عملية تتم فى غياب الأكسجين الحر المذاب بينما يوجد الاكسجين متحدا بعنصر أخر مثل فى حالة تحويل النيترات NO3 بيولوجيا الى غاز النيتروجين يطلق عليها (اللانيترة) De-nitrification و يمتص غاز الأكسجين بيولوجيا.
أختيارية Facultative	وهى عمليات يمكنها توظيف بكتيريا هوائيه فى وجود الاكسجين ولاهوائيه فى غيابه
مجمعة (هوائي/حر – هوائي/متحد – لاهوائي) Combined (aerobic/anoxic/anaerobic)	وهى عمليات يمكنها توظيف العديد من البكتيريا التى تعمل فى الظروف المختلفة لتحقيق مستوى محدد من المعالجة

تقسيم عمليات المعالجة البيولوجية وفقا لوسط النمو البكتيرى

يمكن تقسيم عمليات المعالجة البيولوجية وفقا للوسط التى تنمو فيه البكتيريا كما يلى:

نمو الوسط العالق **Suspended Growth**	عمليات يتم فيها النمو البكتيريولوجى وتكون فيه البكتريا عالقه بمياه الصرف مثل **Activated Sludge Processes**
نمو الوسط الملتصق **Attached Growth**	عمليات يتم فيها النمو البكتيرى على وسط ثابت تلتصق به الخلايا البكتيريه وفيها يستخدام وسط **ثابت أو عائم** مثل الزلط أو الحجر أو البلاستيك ومثال لذلك عملية المعالجة التى يطلق عليها المرشحات والأبراج البيولوجية **Trickling Filters and Bio-towers**
نمو مختلط **Combined Growth**	وهى عمليات يتم فيها توظيف النمو العالق واللاصق معا ويطلق عليها **Hybrid Processes**
عمليات البحيرات **Lagoon Process**	وهى عمليات تتم فى بحيرات بأبعاد وأعماق محددة مثل بحيرات الاكسدة الطبيعية والبحيرات المهواة **Stabilization Pond and Aerated Lagoons**

أهداف عمليات المعالجة البيولوجية

يمكن تقسيم عمليات المعالجة البيولوجية من وجهة نظر الهدف المرجو منها وفقا لما يلى:

ازالة المواد الكربونية **Carbonaceous BOD Removal**	وهى عملية تحويل المواد العضوية الكربونية BOD بيولوجيا إلى مواد خاملة وخلايا جديدة
Biological Nutrient Removal	عمليات معالجة يتم فيها إزالة مركبات النيتروجين والفوسفور ضمن المعالجة البيولوجية
Biological Phosphorus Removal	وهى عملية ازالة الفوسفور بيولوجيا ضمن المعالجة البيولوجية تحت ظروف معينه تؤدى الى إمتصاصه بواسطة البكتريا

	(Bio-mass)
Nitrification **النيترة**	وهى عملية تحويل الأمونيا الى نترات NO_3 بيولوجيا على خطوتين الأولى الى نتريت NO_2 والثانية الى نترات – ويكتفى بعملية ما قبل النيترة اذا كان الهدف النهائى إعادة الاستخدام فى الزراعة
De-Nitrification **اللانيترة**	وهى عملية التخلص من النيتروجين الداخل فى تكوين النترات NO_3 بيولوجيا فى غياب الاكسجين .

أهم عمليات المعالجة البيولوجية للمخلفات السائلة

يمكن تلخيص أهم العمليات التى يتم تطبيقها فى المعالجة البيولوجية للمخلفات السائلة والهدف منها في الجدول التالى:

نوع المعالجة	اسم عملية المعالجة	الاستخدام / الهدف
١- عمليات المعالجة الهوائية		
عمليات الوسط العالق **Suspended Growth**	– الحمأة المنشطة Activated Sludge – البرك المهواه Aerated Lagoon	Carbonaceous BOD Removal Nitrification ازالة المواد العضوية الكربونية – النيترة
عمليات الوسط الملتصق **Attached Growth**	– المرشحات البيولوجية Trickling Filters – الأقراص البيولوجية الدوارة Rotating Biological Contactors – المرشحات البيولوجية العميقة Bio-Towers	Carbonaceous BOD Removal Nitrification ازالة المواد العضوية الكربونية – النيترة
معالجة على مرحلتين **Combined Processes-Two Stages Biological Treatment**	– مرشحات بيولوجية يليها حمأة منشطة	Carbonaceous BOD Removal Nitrification ازالة المواد العضوية الكربونية – النيترة
٢- المعالجة اللاهوائية		

نوع المعالجة	اسم عملية المعالجة	الاستخدام / الهدف
عمليات الوسط العالق Suspended Growth	– عملية التلامس اللاهوائى Anaerobic Contact Process	Carbonaceous BOD Removal ازالة المواد العضوية الكربونية
عمليات الوسط الملتصق **Attached Growth**	– المرشحات البيولوجية اللاهوائية Anaerobic Packed and Fluidized Bed	Carbonaceous BOD Removal Waste Stabilization– De–Nitrification ازالة المواد العضوية الكربونية – تثبيت الرواسب– ازالة مركبات النيتروجين
Sludge Blanket	– Up–Flow Anaerobic Sludge Blanket UASB	Carbonaceous BOD Removal High Strength Wastes ازالة المواد العضوية الكربونية – لمياه الصرف عالية التركيز بالمواد العضوية
عمليات مدمجة Hybrid	UASB + Attached Growth (Packed UASB)	Carbonaceous BOD Removal ازالة المواد العضوية الكربونية
٣– عمليات فى عدم وجود أكسجين حرمذاب Anoxic (هوائي متحد)		
عمليات الوسط العالق **Suspended Growth**	– ازالة مركبات النيتروجين	De–Nitrification
عمليات الوسط الملتصق **Attached Growth**	– ازالة مركبات النيتروجين	De–Nitrification
٤– عمليات مجمعة Aerobic–Anoxic–Anaerobic		
Suspended Growth	- Single Or Multistage for Suspended processes	Carbonaceous BOD Removal – Nitrification– De– Nitrification and Phosphorus Removal ازالة المواد العضوية الكربونية – النيترة– ازالة مركبات النيتروجين– ازالة الفسفور
Attached Growth	- Single Or Multistage for attached Growth processes	Carbonaceous BOD Removal – Nitrification– De– Nitrification and Phosphorus Remova/ ازالة المواد العضوية الكربونية –

نوع المعالجة	اسم عملية المعالجة	الاستخدام / الهدف
		النيترة– ازالة مركبات النيتروجين– ازالة الفسفور
٥– عمليات تتم فى بحيرات Lagoon Process		
Aerobic Lagoons	- Aerobic Lagoons	Carbonaceous BOD Removal ازالة المواد العضوية الكربونية
Maturation Lagoons	- Maturation Lagoons	Carbonaceous BOD Removal – Nitrification ازالة المواد العضوية الكربونية – النيترة
Facultative Lagoons	- Facultative Lagoons	Carbonaceous BOD Removal ازالة المواد العضوية الكربونية
Anaerobic Lagoons	- Anaerobic Lagoons	Carbonaceous BOD Removal– Waste Stabilization ازالة المواد العضوية الكربونية *تثبيت الرواسب*

٢– عمليات المعالجة اللازمة لازالة الملوثات المختلفة

يمكن تصنيف الملوثات الأكثر شيوعاً بالمخلفات السائلة ومرحلة المعالجة اللازمة لإزالتها كما هو مبين بالجدول الآتى:

الملوث	مرحلة المعالجة
المواد الصلبة العالقة	– التصفيه والفرم – إزالة الرمال – الترسيب – الترشيح – التعويم – الترويب والترسيب بإستخدام أو بدون

الملوث	مرحلة المعالجة
	إستخدام كيماويات – طرق طبيعية ومنها المعالجة بالرى المباشر
المواد العضوية القابلة للتحلل	– الحمأة المنشطه – أحواض التلامس البيولوجيه (المرشحات البيولوجية بانواعها ، الأقراص البيولوجيه الدواره) – بحيرات الأكسده – المرشحات الرمليه المتقطعه – النظم الكيماويه والطبيعية – الترسيب
المواد العضوية المتطايره	التهوبه – التخلص من الغازات – الإمتصاص بالكربون المنشط
البكتيريا الناقله للأمراض	التطهير بالكلور ومركباته – الأوزون – الأشعة فوق البنفسجية
النتيروجين العضوي	– النظم الطبيعيه – الحمأة المنشطة – المرشحات البيولوجية بانواعها – بحيرات الاكسدة – تبادل الأيونات
الفوسفور العضوي	– إضافة الكلور بجرعه مساويه لنقطة الإنكسار فى منحني الكلور

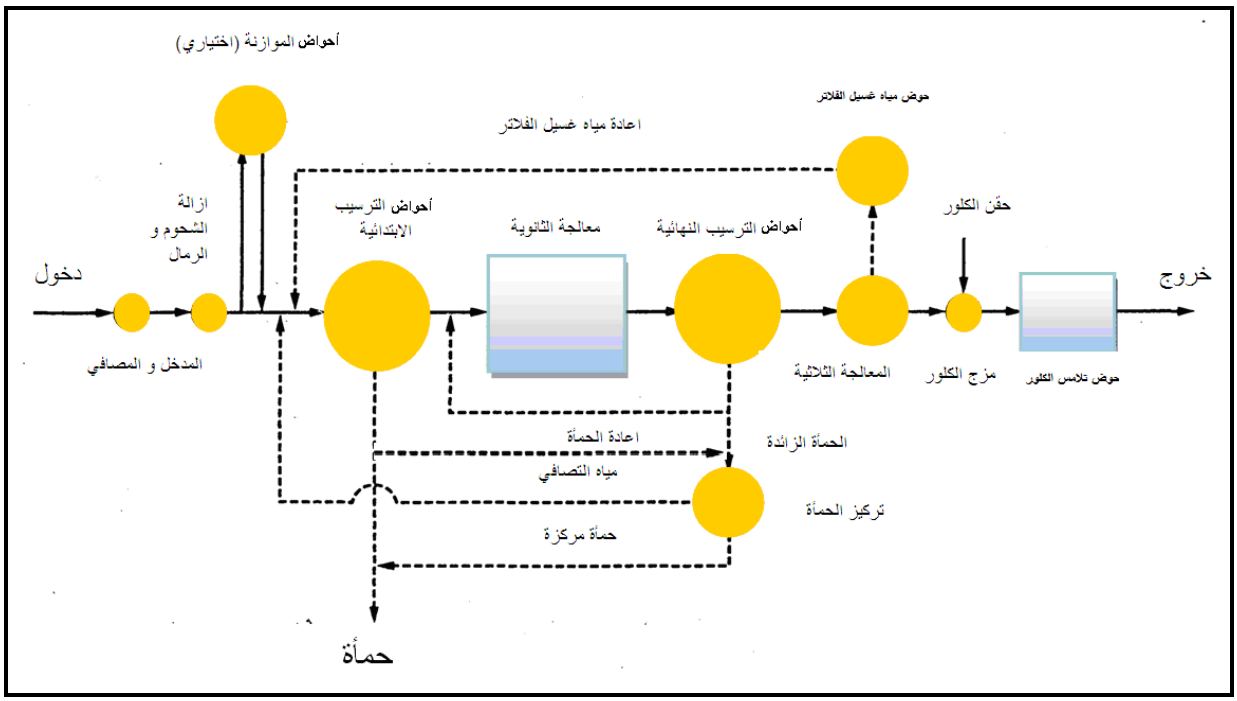
الملوث	مرحلة المعالجة
	– النظم الطبيعية – إضافة أملاح المعادن – الترويب بإستعمال الجير ثم الترسيب – إزالة الفوسفور بالمعالجة البيولوجية – المعالجة البيولوجية والكيماوية لإزالة الفوسفور – النظم الطبيعية
المواد العضوية الغير قابلة للتحلل Non degradable Organic Matter	– الإمتصاص بالكربون – المعالجة الثلاثية بالأوزون – النظم الطبيعية
المعادن الثقيله	– الترسيب بإستعمال الكيماويات – التبادل الأيواني – النظم الطبيعية

٣- مراحل ومستويات المعالجة

٣-١ المعالجة الأولية للمخلفات السائلة لمياة الصرف الصحى الأدمية

Preliminary domestic wastewater treatment

المعالجة الأولية هي عبارة عن إزالة المواد التى تؤثر على أداء وكفاءة المهمات الميكانيكية وذلك بواسطة المصافي وفرم المواد المحجوزة عليها وإزالة الرمال وما شابه التى قد تسبب تآكل أو إنسداد المهمات وكذلك التعويم لإزالة الزيوت والدهون. والشكل التالى يوضح شكل تخطيطى لتتابع مراحل المعالجة المختلفة.



شكل (١) مخطط يوضح مراحل معالجة مياه الصرف الصحي

٢-٣ المعالجة الإبتدائية للمخلفات السائلة لمياه الصرف الصحى الأدمية

Primary domestic wastewater treatment

وفيها يتم إزالة جزء من المواد الصلبة العالقة العضوية وغير العضوية ويتم ذلك عن طريق الوحدات التى تعتمد على المعالجة الطبيعية وهي الترسيب الابتدائي والذي فيه يتم إزالة حوالى (٤٠-٦٠%) من المواد العالقة الكليه، (٣٠-٤٠%) من المواد العضوية (BOD_5) وطبقاً لمدة المكث يتم إستنتاج نسبة الإزالة.

<u>وحدات المعالجة الأولية والابتدائية</u>

١. غرفة التهدئة (Deceleration Chamber).
٢. قناة المدخل (Approach Channel).
٣. المصافي (Screens).
   أ. مصافي خشنة (Coarse Screens).
   ب. مصافي دقيقة (Fine Screens).

٤. طواحن المواد الصلبة (Screening grinders and Comminators).
٥. أحواض فصل الرمال (Grit Removal Chamber) – أحواض فصل الرمال والزيوت والشحوم (Aerated grit Chamber).
٦. فصل وغسيل الرمال الناتجة من أحواض فصل الرمال (Grit washing and Classifiers).
٧. أحواض الموازنة (Equalization Tanks).
٨. أحواض الترسيب الابتدائية (Primary Sedimentation Tanks

٣-٣ المعالجة الثانوية للمخلفات السائلة لمياة الصرف الصحى الأدمية

Secondary domestic wastewater treatment

وهى المعالجة الثانوية والتى تقوم أساساً بأكسدة المواد العضوية القابله للتحلل بيولوجياً والتخلص من المواد العالقة الناتجة عن ذلك بالترسيب كما يدخل التطهير كجزء من المعالجة الثانوية وتعرف المعالجة الثانوية التقليدية على أنها مجموعة من المراحل تستخدم عادة فى إزالة المواد العضوية حيث تشمل المعالجة البيولوجية اما باستعمال الحمأة المنشطه أو أحواض التلامس البيولوجيه أو بحيرات الأكسده بالإضافة إلى الترسيب النهائي.

كما يمكن إزالة النيتروجين والفوسفور بيولوجيا من خلال التحكم فى نظام التهويه فى حوض الحمأة المنشطه فى الحصول على النترات ثم اختزالها للتخلص من النيتروجين فى المياه المعالجه – كما يمكن ازالة الفوسفور بإضافة بعض الاملاح (المروبات الكيميائية) إلى خليط المواد الصلبه العالقة بحوض التهوية حيث يؤدي ذلك إلى إزالة الفوسفور بحوض الترسيب النهائي.

وتبلغ نسبة الإزالة بعد المعالجة الثانوية لمياه الصرف الصحى الأدمى حوالى ٧٥-٩٠% من الاحتياج الاكسجينى الحيوى الممتص، ٨٠-٩٠% من المواد العالقة و قرابة ٩٠- ٩٩% من مسببات الامراض و البكتريا و الديدان و ذلك من خلال عمليات التطهير – وبصفة عامة حسب طريقة المعالجة الثانوية المستعملة.

أنواع المعالجة البيولوجية

تنقسم المعالجة البيولوجية إلى عدة تقنيات أما أن تتبع النمو العالق أو الملتصق أو الخليط فيما بينهما.

٣-٤ المعالجة الثلاثية المتقدمة أو المعالجات الاضافية

Tertiary advanced Treatment

ويتم فيها إزالة نسب أعلي من العناصر الملوثة سواء الذائبة أو العالقة والتى لا يمكن أزالتها فى المعالجة الثانوية مثل خفض المحتوى العضوى والمواد العالقة بشكل كبير بحيث يكون من الممكن اعادة الاستخدام فى اغراض تحتاج الى مياه معالجة بكفاءة اكبر من مثيلها للمعالجة الثانوية.

٤- إختيار طريقة المعالجة

يوضح الجدول التالى أهم العوامل التى يجب مراعاتها لتأثيرها على ملائمة أحدى التقنيات من عدمه

العوامل المؤثرة على اختيار طريقة المعالجة	
العوامل المؤثرة	**الاجراء المطلوب**
١- مدي ملائمه الطريقة	يمكن تقييم هذا البند على أساس الخبرة السابقة والنتائج المنشورة والنتائج المحققه بمحطات عاملة ، وفى حالة وجود طرق جديدة فلا بد من التحقق من وجود مرجعية مماثلة منفذة فى دول أخرى.
٢- تصرفات المخلفات السائله	يجب أن تكون الطريقة المختاره مناسبة للتصرفات الواردة للمحطة.
٣- مدي إستيعاب التغير فى التصرفات	يجب أن يتم تصميم وحدات وطرق المعالجة لمواجهة المدي فى التغير فى التصرفات حيث أن أغلب الطرق تعمل بكفاءة عند ثبات التصرف **أما إذا كان التغير فى التصرفات كبيراً فإنه يلزم دراسة مدى الحاجة الى أضافة احواض موازنة.**
٤- خواص المخلفات السائله الواردة لمحطة	جميع طرق المعالجة يمكنها التعامل مع مياة الصرف الصحى

العوامل المؤثرة على اختيار طريقة المعالجة	
العوامل المؤثرة	**الاجراء المطلوب**
المعالجة من مصادر مختلفة	الأدمية والتى تتميز بخواص شبة ثابتة إلا أن وصول بعض المخلفات السائلة من مصادر صناعية أو زراعية أو مخلفات حيوانية أو غيرها قد يؤثر على كفاءة وحدات المعالجة ومراحلها مما قد يتطلب ضرورة منع وصول هذة المخلفات السائلة المحملة بأحمال كيماوية أو بيولوجية عالية طبقا لحدود القوانين واللوائح المعمول بها لضمان الحصول على خصائص المعالجة المطلوبة.
٥- خواص المخلفات السائلة المعالجة الخارجة من المحطة (السيب النهائي)	يجب أن تكون خصائص المخلفات المعالجة السائلة و كذلك الحمأة مطابقة للمعايير المطلوبة لأعادة الاستخدام النهائي سواء لأغراض الري و الزراعة أو الصرف علي المجاري العمومية .
٦- كمية الحمأة الناتجة ومعالجتها والتخلص الآمن لها	تؤثر كمية الحمأة الناتجة وأسلوب المعالجة والتخلص منها طبقا للأمكانيات المادية و التقنية المتاحة على طريقة المعالجة المقترحة.
٧- الإلتزام البيئى	العوامل البيئيه مثل الرياح السائده وإتجاهها والقرب من التجمعات السكانيه قد تؤثر على إختيار طرق معينة وخاصة التى ينبعث منها الروائح.
٨- متطلبات الطاقة	إحتياجات الطاقة والتكاليف المستقبلية للتشغيل.
٩- العمالة الفنية المطلوبة للتشغيل والصيانة	عدد وكفاءة العاملين لتشغيل عمليه المعالجة وما إذا كانت المهارات متوافره ومستوي التدريب مناسب.
١٠- إحتياجات التشغيل والصيانه	تحديد الإحتياجات الخاصة للتشغيل والصيانة وقطع الغيار المطلوبة ومدي توافرها وتكاليفها.
١١- قدرة طريقة المعالجة على تحمل الأحمال الفجائية عضوية أو هيدروليكية	تدرس الأحمال الفجائية المتوقع ورودها وتحديد مدى قدرة الطريقة على تحملها وبحيث لا تقل عن ٢٥% من الاحمال التصميمية.
١٢- توافر المساحة – الارض	مدي توفر المساحة اللازمة لإنشاء محطة المعالجة حالياً وتوسعاتها مستقبلياً.
١٣- تكاليف الأنشاء والتشغيل	يتم دراسة تكاليف الأنشاء والتشغيل والصيانة لمدة ٢٠ عاما

العوامل المؤثرة على اختيار طريقة المعالجة	
العوامل المؤثرة	**الاجراء المطلوب**
	وحساب قيمة NPV بأعتبار معامل التضخم الرسمي والتوصية بأفضل الطرق.

٥- طرق التخلص والإستفادة من نواتج أعمال المعالجة

٥-١ المخلفات السائلة الأدمية المعالجة

يتم التخلص من مياه المخلفات السائلة الأدمية المعالجة بصبها فى المصارف الزراعيه أو فى مسطحات المياه المالحة كالبحيرات التى تتصل بالبحار او فى البحار على أن تكون خواص ومعايير العناصر بالمياه المعالجة كما ورد بالقانون ٤٨ لسنة ١٩٨٢. كما ير اعى معايير استقبال مياه الصرف الصناعى بالشبكات العمومية كما وردت بالقانون ٩٣ لسنة ٦٢ والقرار الوزاري رقم ٩ لسنة ١٩٨٨، والمعدل بالقرار الوزارى رقم ٤٤ لسنة ٢٠٠٠ أو أحدث أصدارتها.

كما يمكن أن تستخدم مياه المخلفات السائلة الأدمية المعالجة فى ري الاراض الزراعية على أن تكون خواص ومعايير العناصر للمياه المعالجة وفقا لما ورد بالكود المصرى لاعادة استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى الزراعة.

٥-٢ الحمأة

تمثل الحمأة الناتجة من معالجة المخلفات السائلة الأدمية مشكلة فى التخلص منها وذلك لكبر حجمها واحتوائها على نسبة عاليه من المياه علاوه على أنها تحتوي على الكائنات الحيه الدقيقة المسببه للأمراض ولذا يجب معالجة الحمأة قبل التخلص منها دون أن تسبب أى تلوث للبيئة.

والحمأة الناتجة من معالجة المخلفات السائلة الأدمية تكون فى صورة سائلة أو شبه سائلة حسب تركيز المواد الصلبة الجافة منها وتختلف خواص الحمأة الناتجة تبعاً لنظام المعالجة المستخدم.

٥-٢-١ مصادر الحمأة وخواصها

٥-٢-١-١ الحمأة الناتجة من أحواض الترسيب الابتدائي

يتراوح تركيز المواد الصلبة الجافة بها من ١% – ٤% ولونها عادة رمادي ولها رائحة غير مقبولة.

٥-٢-١-٢ الحمأة الناتجه من أحواض الترسيب النهائي

وتختلف خواص هذه الحمأة تبعاً لأسلوب المعالجة البيولوجيه التى تسبق أحواض الترسيب النهائي.

المرشحات البيولوجية

يتراوح تركيز المواد الصلبة الجافة بها من ١–٣% وهي عبارة عن ندف يميل لونها الى البني وليس لها رائحة نفاذه نسبياً.

الحمأة المنشطة

يتراوح تركيز المواد الصلبه الجافة بها من ٠،٥ – ١،٥٠% وهي عبارة عن ندف لونها بني مسود وليس لها رائحة اما عند تحولها الى الحالة اللاهوائية تكون لونها قاتم.

٥-٢-٢ طرق معالجة الحمأة Sludge Treatment

والغرض من معالجة الحمأة هو التخلص من نسبة كبيرة من مياهها مع تثبيت المواد العضوية وهناك طريقتين شائعتين لمعالجة الحمأة قبل التخلص منها.

٥-٢-٢-١خفض حجم الحمأة (التركيز) Thickening

ويعرف تركيز الحمأة بأنه فصل نسبة من المياه وبالتالى تجميع وتركيز المواد الصلبة فى الكميه الباقيه من المياه وبالتالى الاقلال من حجم الحمأة ولا يتضمن ذلك معالجة للحمأة.

التركيز بالتثاقل **Gravity Thickening**

وتغذي أحواض دائرية بالحمأة الناتجة من أحواض الترسيب الابتدائي والنهائي فى مركز الحوض من أعلى ، وتخرج الحمأة المركزة من منتصف قاع الحوض الى حوض التجفيف أو المخمرات وتخرج المياه المفصولة (*Supernatant*) على هدارات حيث يتم تجميعها واعادتها الى مدخل عملية المعالجة.

التركيز بالتعويم **Flotation**

يتم تعويم جزئيات الحمأة باستخدام الهواء المضغوط ولنجاح هذه الطريقة والحصول على أحسن النتائج يجب إضافة الكيماويات المروبة والتى تعمل على تجميع حبيبات الحمأة وتعويمها الى سطح الحوض نتيجة تشبعها بالهواء وتكشط الحمأة الطافيه وتنتقل الى احواض تجفيف الحمأة أو المخمرات أو اى نظام أخر أما المياه المنفصلة عن الحمأة فتضخ الى مدخل عملية المعالجة.

٥-٢-٢-٢تثبيت الحمأة **Stabilization**

فى هذه الطريقة يتم تثبيت المواد العضوية الموجودة بالحمأة عن طريق الأكسدة هوائياً أو لاهوائياً وبالتالي يمكن القضاء على نسبة كبيرة من الكائنات الحيه الدقيقة المسببه للأمراض. وهناك طرق عديده لتثبيت مكونات الحمأة كما يلى:

التثبيت بواسطة التخمير اللاهوائى **Anaerobic Digestion**

وتعرف عمليه التخمر اللاهوائي بتثبيت المواد العضوية الموجودة بالحمأة فى غياب الأكسجين وتعتمد هذه الطريقة على البكتيريا المكونة للأحماض ، والبكتريا المكونه لغاز الميثان حيث تتغذي بكتريا الميثان على الاحماض العضوية مكونة غاز الميثان وغاز ثاني أكسيد الكربون وللتحكم فى عملية التخمر اللاهوائي يجب الموازنة بين شطري التفاعل والحفاظ على تركيز الأحماض العضوية وعدم تراكمها.

وتتم عملية التخمير اللاهوائى فى أحواض مغلقة تتم تغذيتها بالحمأة الناتجه عن أحواض الترسيب الابتدائي والنهائي او مركز الحمأة وتسحب الحمأة المثبته الى أحواض تجفيف الحمأة أو أى نظام أخر أما المياه الطافيه فتضخ الى مدخل أعمال المعالجة.

التثبيت الهوائي **Aerobic Stabilization**

وتعرف عمليه التثبيت الهوائي بتثبيت المواد العضوية الموجودة بالحمأة فى وجود الأكسجين والتثبيت الهوائي مشابه لعمليه معالجة المخلفات السائلة بطريقة الحمأة المنشطة حيث يتم أكسده المواد العضوية بواسطة البكتريا الهوائية التى تعتمد فى نشاطها على الأكسجين وينتج من هذا التفاعل (الأكسده) ثاني أكسيد الكربون، وبخار الماء.

٥-٢-٢-٣فصل المياه من الحمأة **Sludge Dewatering**

تحتوي الحمأة المعالجة سواء بالتركيز أو التثبيت على حوالي ٩٠% مياه ، ١٠% مواد صلبه جافة ولذلك يجب استخدام طرق أخري لفصل كميه أكبر من المياه مع زيادة تركيز المواد الصلبه بالحمأة وهناك الكثير من الطرق المستخدمه منها:

فصل المياه باستخدام أحواض تجفيف الحمأة **Drying Beds**

وفى هذه الطريقة يتم توزيع الحمأة الخام أو السابق معالجتها على طبقات فى أحواض مكشوفه بها طبقة من الرمل أسفلها طبقة من الزلط وبقاع الحوض يوجد نظام لتصريف المياه المتسربه من الحمأة ويتم تجفيف الحمأة بهذه الطريقة عن طريق التبخر وتسرب المياه وتضخ هذه المياه الى مدخل العمليه وبعد تجفيف الحمأة وخاصة الخام يتم تشوينها فى أكوام لتحليل المواد العضوية والتخلص من جزء من الجراثيم ويشير كود الصحه العامة الصادر من وزارة الصحة أن الحمأة الجافة الناتجه من معالجة المخلفات السائله يمكن استخدامها كسماد بعد مدة تجفيف لا تقل عن ٤٥ يوماً فى مسطحات خاصة لتشوين الحماة.

فصل المياه باستخدام الطرد المركزي Centrifuge

يتم فصل المياه من الحمأة السابق معالجتها بالتركيز أو التثبيت مع اضافة مواد كيماوية مروبة تعمل على زيادة كميه المياه المنزوعة من الحمأة مع تجميع حبيبات الحمأة على شكل ندف عن طريق أجهزة الطرد المركزي وهي إسطوانات ذات جدران بها ثقوب وبإستخدام هذه الطريقة يمكن الحصول على حمأة تركيز المواد الصلبة بها حوالي٢٠- ٣٠% أما المياه المفصوله والتى لا تحتوي على مواد صلبه تضخ الى مدخل أعمال المعالجة أما الحمأة المركزة فلا يفضل استعمالها لتسميد الأراضي التى تزرع بالمحاصيل التى تستخدم فى الطعام حيث يتواجد بها مواد كيماوية وملوثات بيولوجية.

فصل المياه باستخدام المرشحات

أ. لمرشحات بخلخله الهواء Vacuum Filters

هذا المرشح عبارة عن إسطوانه معدنيه مثقبة الجدار ومغلفة بوسط الترشيح (اللباد أو التيل أو الالياف الصناعية) وتدور الأسطوانة حول محورها الافقي بحيث يكون جزؤها السفلي مغمور فى حوض الحمأة وبواسطة خلخة الهواء فى الجزء السفلي من الاسطوانه تلتصق المواد الصلبه بجدار وسط الترشيح بينما تخترق المياه وسط الترشيح والتى يجب رفعها الى مدخل أعمال المعالجة وتحتوي الحمأة بعد ازالتها من سطح الترشيح على حوالي١٥-٢٥% مواد صلبه جافه. ويلزم فى هذه الطريقة معالجة الحمأة بإضافة مواد كيماويه مروبه قبل عملية الترشيح.

ب. مرشحات كبس الحمأة Filter Press

ويتم فصل المياه بهذه الطريقة بترشيح المياه من الحمأة بضغطها بين طبقتين من القماش المسامي . تنفذ منه المياه وتبقي المواد الصلبه على شكل قوالب فيما بين طبقتي القماش . وتحتوي الحمأة بعد الترشيح على حوالي ٢٠-٣٠% مواد صلبه ويلزم لزيادة نجاح تشغيل هذه الطريقة أن يسبقها معالجة الحمأة بإضافة مواد كيماوية مروبة أو بوليمرات.

٥-٢-٢-٤طرق التخلص من الحمأة Sludge Disposal

أ. **<u>فى الأرض</u>**

- يمنع استخدام الحمأة الخام وهى التى لم تمر بمراحل تثبيت أو تخزين كسماد سطحي.
- تستخدم الحمأة بعد تثبيتها (معالجتها) أو تخزينها لمدة **<u>اربعة أشهر</u>** كسماد عضوي لتوزيعها تحت سطح التربة. Sub surface application
- تستخدم الحمأة بعد تثبيتها (معالجتها) أو تخزينها لمدة **<u>أربعة أشهر</u>** كسماد سطحى لزراعة المسطحات الخضراء مع مراعاة المتطلبات البيئية والصحية وتقليل تعرض العاملين لها.
- يتم خلط الحمأة سواء قبل أو بعد المعالجة مع التربة (بالمكامر) وتترك فترة أسبوع لتحلل المواد العضوية حيث تعمل على زيادة قدرة التربة على أمتصاص المياه.
- يسمح بأعادة أستخدام الحمأة بجميع حالاتها في مجال مواد البناء و الرصف طبقا لمتطلبات و اجراءات كود اعادة استخدام الحمأة في مواد البناء.
- في حالة تعذر معالجة الحمأة فيتم تخصيص حيز لتشوينها و تخزينها لمدة لا تقل عن **<u>أربعه أشهر</u>** قبل أعادة استخدامها مع الالتزام بتطبيق المتطلبات البيئية و الصحية للتحقق من عدم وجود بيض الاسكارس و النيماتودا.

ب. **<u>فى بحيرات الحمأة</u>**

تنشأ بحيرات للحمأه لأغراض تجزئة وتحليل وتجفيف الحمأة وذلك فى المناطق ذات التربة المسامية والبعيدة عن مصادر المياه الجوفية حيث تكون المساحة المطلوبة حوالي ضعف المساحة المناظرة لأحواض تجفيف الحمأة وتكون بعمق ٠,٥ – ١,٥ متر.

ج. **<u>المدافن الصحية المعتمدة</u>**

يتبع التوصيات و المتطلبات البيئية الخاصة بالمدافن الصحية للمخلفات الصلبة.

الفصل الثالث: التصميم الهيدروليكي

الفصل الثالث

التصميم الهيدروليكي

أسس تصميم المعالجة التمهيدية والابتدائية

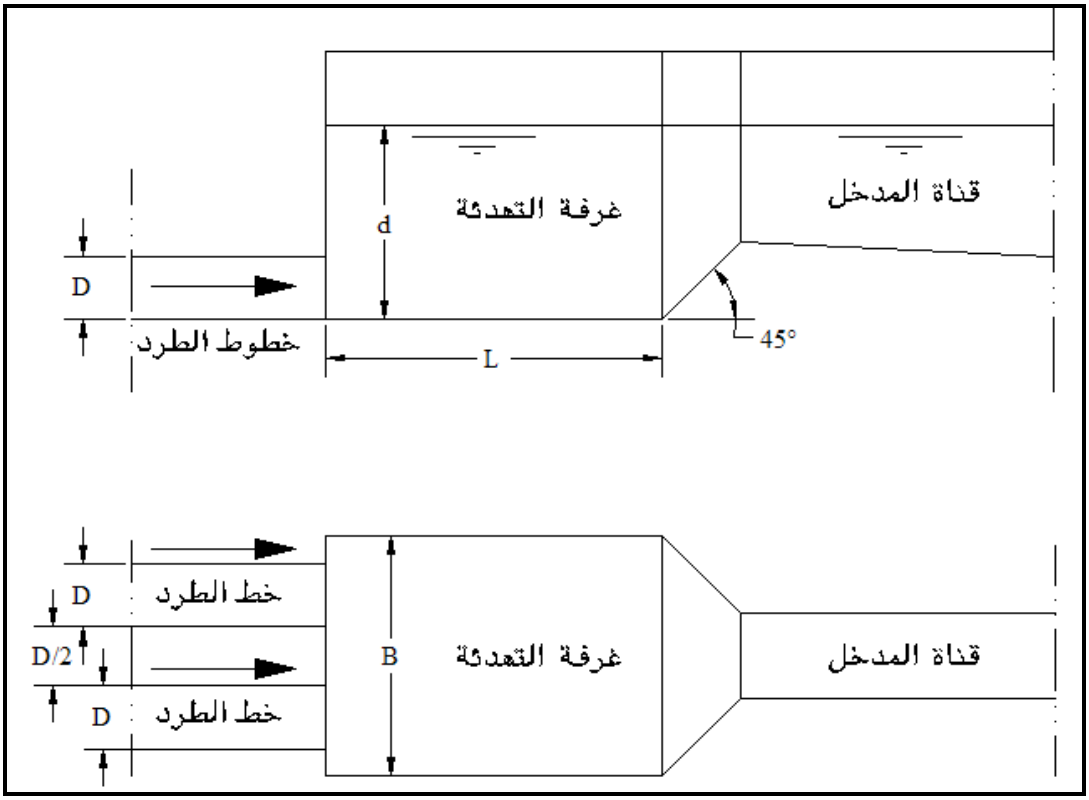
١- غرفة التهدئة Deceleration Chamber

١-١ الغرض منها

غرفة توضع فى بداية اعمال المعالجة بغرض تهدئة التصرف القادم من خطوط الطرد (تحت ضغط)، وذلك لمنع هروب الاجسام العالقة من بين فتحات المصافى التى تلي حوض التهدئة. ويتم ذلك عن طريق تهدئة سرعة وضغط المياه بحيث يتم تغيير نظام السريان من المواسير المغلقة (سريان مضطرب) إلى المجرى المفتوح (سريان منتظم) ليتعرض سطح المياه بعد ذلك إلى الضغط الجوي ويتحرك بالجاذبية.

١-٢ التصميم الهيدروليكى

- غرفة ذات أبعاد تحقق الأسس التصميمية الهيدروليكية تأخذ أشكالا متعددة ومزودة بماسورة لخروج الرواسب والتفريغ، ويتصل بها ماسورة الفائض.
- العدد ≤ ١ غرفة
- زمن المكث = ٠,٥ – ٢ دقيقة
- العرض ≤ (٢ × عدد خطوط الطرد الواردة الى الغرفة + ١) × قطر خط الطرد بمعنى ان تترك مسافة بينية بين الخطوط لا تقل عن نصف قطر إلى قطر الخط تبعا للمصمم بما لايتعارض مع الخصائص الهيدروليكية للسريان
- عمق المياه ≤ (قطر خط الطرد الداخل للغرفة + العمق الاقصى لقناة التوصيل بين غرفة التهدئة والمصافى) وفى حالة وجود أختلاف فى اقطار خطوط الطرد، يأخذ القطر الاكبر
- سرعة المياه الافقية = (٠,٦ – ١,٢) م/ث – لعدم السماح بحدوث ترسيب بالغرفة



شكل (٣-١) غرفة التهدئة

٢- قناة المدخل (قناة التوصيل) Approach Channel

٢-١ الغرض منها

قناة خرسانية تستخدم لنقل تصرفات مياه الصرف الصحى معرضة للهواء (لمنع حدوث التفاعلات البيولوجية اللاهوائية) وبسرعة مناسبة (غير مسموح بحدوث ترسيب بها) بين وحدات المعالجة الابتدائية.

٢-٢ التصميم الهيدروليكى

- سرعة المياه الافقية ≤ ٠,٤ الى ٠,٦ م/ث
- تستخدم السرعة ومعادلة مانننج التالية لحساب أقل ميل لازم لقاع القناة (لتفادى حدوث ترسيب بالقناة)

$$V_{min.} = (1/n)\ R_{min}^{(2/3)}\ S^{(1/2)}$$

- قيمة معامل مانننج (n) =٠,٠١٢ – ٠,٠١٥ للمجارى المائية المبطنة بالخرسانة
- R= نصف القطر الهيدروليكى (بالمتر) = (المساحة المبتلة / المحيط المبتل)
- المساحة المبتلة = (العرض × العمق الادنى) م^{٢}
- المحيط المبتل = العرض + (٢ × العمق الادنى) م
- S = الميل الادنى التنفيذى لقاع القناة

٣- المصافي (Screens)

٣-١ الغرض منها

تستخدم المصافى لحجز الاجسام الطافية والاجسام الكبيرة والغريبة عن مياه الصرف الصحى مثل (الورق – البلاستيك – الزجاج – الاقمشة – الاخشاب.....إلخ)، حتى لا تصل هذه الاجسام الى الاجزاء الميكانيكية بوحدات المعالجة المختلفة مما قد يتسبب فى تلفها.

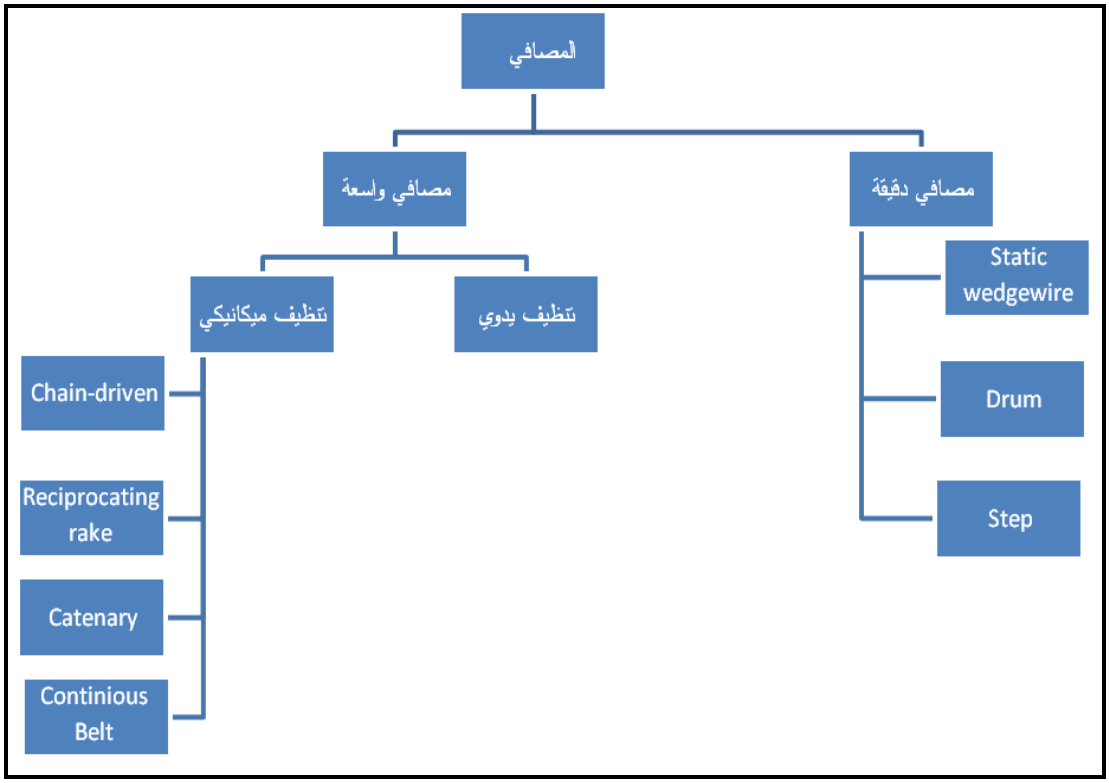
٣-٢ انواع المصافى

ويمكن تصنيف المصافى طبقا للمسافة بين القضبان الى:

١. **المصافى الواسعة** (القضبانية) (Coarse or Bar Screen)
٢. **المصافى** الدقيقه وتشتمل على الانواع التالية (Bar Screen – Disk Screen – Band Screen – Drum Screen – Micro strainer – Strainers)، حيث انه كلما زادت المسافة بين القضبان كلما كانت المصفاة أوسع

كما يمكن تصنيف المصافى طبقا لطريقة التنظيف الى:

١. **تنظيف يدوى**
٢. **تنظيف ميكانيكى**



شكل (٣-٢) تصنيف المصافى

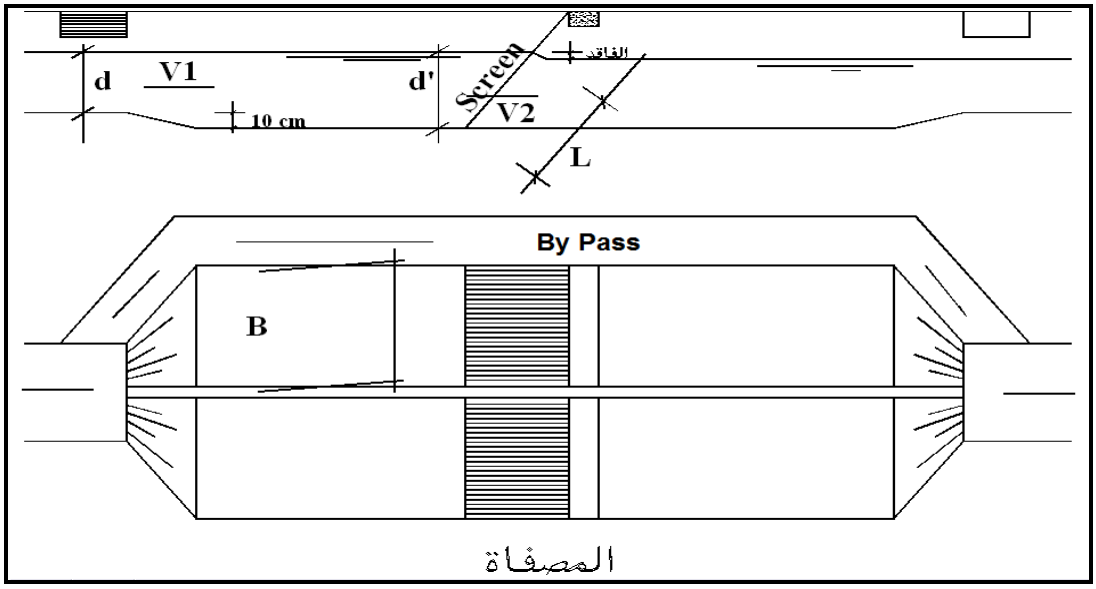
٣-٣ التصميم الهيدروليكى

أ. المصافى الواسعة (Coarse or Bar Screen)

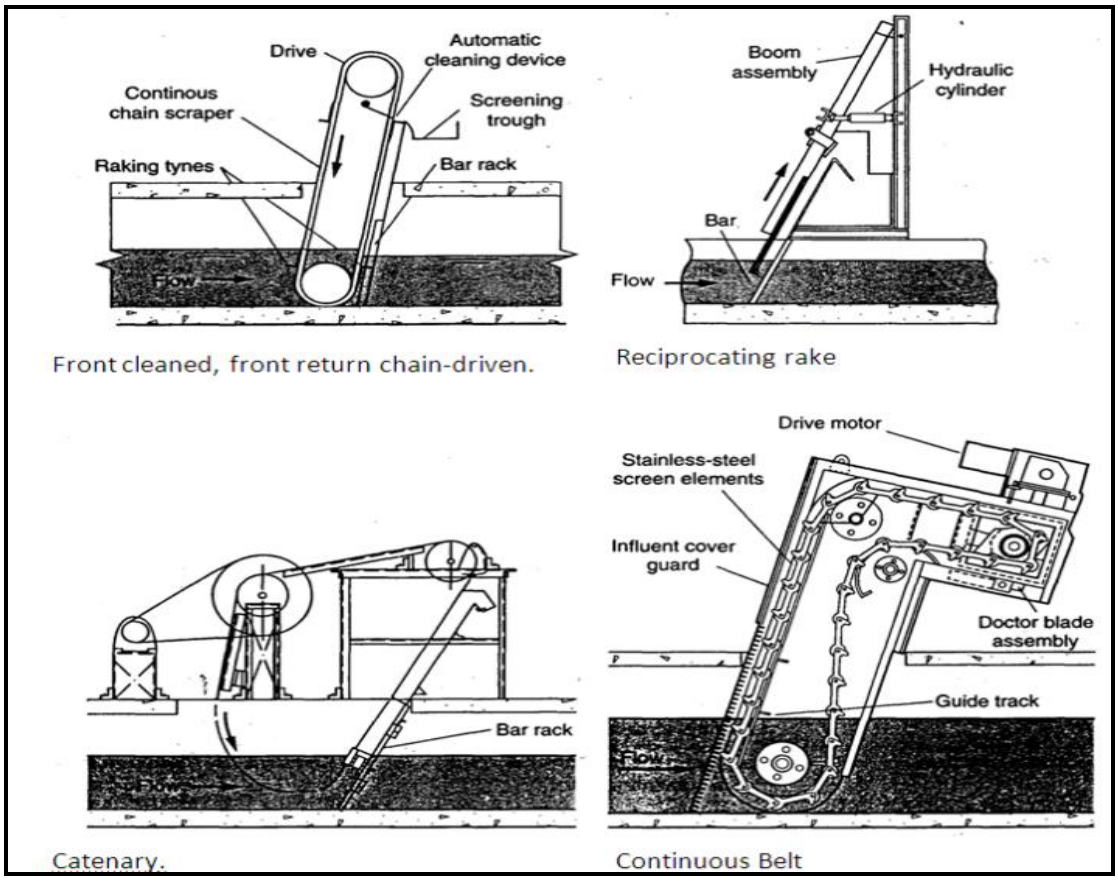
حيث يتم تقسيم التصرف الوارد على اكثر من مصفاة (اكثر من قناة). ويثبت بالمصفاة مجموعة من القضبان دائرية او مستطيلة المقطع، ويلزم تركيب بوابات امام وخلف المصافى لاعمال الصيانة والتحكم فى التصرف المار ويمكن تركيب Stop logs قبل بوابات الدخول على المصافى بغرض غلقها عندما يتطلب الامر صيانه البوابه عند مدخل المصافى .

يفضل استخدام المصافي الميكانيكية في جميع أنواع المحطات ويمكن استخدام المصافى اليدوية قبل الدخول على المضخات وفى محطات المعالجة ذات التصرفات الصغيرة (اقل من ٥٠٠٠ م^{٣}/يوم)، واذا زاد التصرف تستخدم المصافى الميكانيكية على ان تزود المصافى الميكانيكية بمصفاة واحدة على الأقل يدوية تستعمل فى الطوارئ. الشكل (٣-٣) يوضح المصفاة اليدوية الواسعة . ويتم عمل صفاية لفصل المياه عن المحجوزات قبل تجميعها فى الصناديق التى

تستخدم لنقلها للتخلص منها، كما يلزم عمل مشايات حول المصافي لسهولة عمليات الصيانة و المراقبة.



شكل (٣-٣) المصفاةالخشنة اليدوية



شكل (٣-٤) الانواع المختلفة للمصفاة الواسعة الميكانيكية

- المسافة بين القضبان = S

=٢٥– ٥٠ مم فى حالة التنظيف اليدوى

= ١٥–٢٥ مم فى حالة التنظيف الميكانيكى

- ابعاد مقطع القضيب

القضبان المستطيلة المقطع

الطول = ٢٥–٥٠ مم

العرض = ١٠–٢٠ مم

- عدد المصافى (n)

= ٢ عاملة + مجرى احتياطى (Bypass) "فى حالة التنظيف اليدوى

= ٢ عاملة + مصفاة يدوية احتياطى "فى حالة التنظيف الميكانيكى

(يمكن خفض العدد الى واحدة عاملة فى حالة التصرفات الصغيرة تحدد بواسطة الاستشارى)

- عدد المسافات البينية بين القضبان فى المصفاة الواحدة = N
- عرض المصفاة = B = (عدد القضبان × عرض القضيب) + (عدد المسافات البينية × المسافة بين القضبان) = [NxS] + [(N+1)xW]
- زاوية ميل المصافى (θ) على الأفقى

= 45^{o} – 60^{o} فى حالة التنظيف اليدوى

= ٦٠ –90^{o} فى حالة التنظيف الميكانيكى

- الطول المائل المغمور من المصفاة = L
- عمق المياه أمام المصفاة = d'

$$L = d' / \cos \theta$$

$$d' = d_{(app.\ Ch.)} \text{ or } = d_{(app.\ Ch.)} + 0.1 \text{ m (drop)}$$

- السرعة الافقية قبل المصافى = V_1 ≤ ٠،٦ م/ث

ويمكن حسابها من المعادلة التالية

$$V_1 = Q/(nBd')$$

- السرعة الافقية بين المصافى = $V_2 \geq$ ١،٥ م/ث (هذه القيمة قد تختلف طبقا لموقع المصفاة) ويمكن حسابها من المعادلة التالية:

$$V_2 = Q/(nNSd')$$

- **تقدير كميات المواد المحجوزة على المصافي الواسعة**

المسافة بين قضبان المصافي(مم)	المحتوى المائي للمواد المحجوزة(%)	الوزن النوعي للمواد المحجوزة(كجم/م٣)	حجم المواد المحجوزة ($L/1000m^3$)	
			القيم التصميمة	القيمة المثلى
١٢،٥	٩٠-٦٠	١١٠٠-٧٠٠	٧٤-٣٧	٥٠
٢٥	٨٠-٥٠	١٠٠٠-٦٠٠	٣٧-١٥	٢٢
٣٧،٥	٨٠-٥٠	١٠٠٠-٦٠٠	١٥-٧	١١
٥٠	٨٠-٥٠	١٠٠٠-٦٠٠	١١-٤	٦

- **معادلة حساب فواقد الطاقة– والتى يجب مراعاتها فى حسابات الميل الهيدروليكى**

$$h_L = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2gc}$$

Where:

h_L = فواقد الطاقة (م)

C = ٠,٧ للمصافي النظيفة، ٠,٦ للمصافي المسدودة

V_2= سرعة السريان خلال فتحات المصافي (م/ث)

V_1 = سرعة السريان قبل المصافي (م/ث)

g= عجلة الجاذبية الأرضية = ٩,٨١ م/ث^2

- **الفواقد المسموح بها** = ١٥٠مم للمصافي اليدوية التنظيف.

= ١٥٠ – ٦٠٠ مم للمصافي الميكانيكية التنظيف.

يمكن افتراض المعادلات التقريبية التالية عند بداية التصميم:

Inclined Area of Screen = nNSL = 2 * (Area of App. ch.)….. for Mech. Screen

Inclined Area of Screen = nNSL = 3 * (Area of App. ch.) ……for Manual Screen

ب. **المصافى الدقيقة (Fine Screen)**

للمصافى الدقيقة انواع عديدة، تتفق جميعا فى ان مقاس فتحات المصفاة او المسافة بين القضبان (فى حالة المصفاة الناعمة القضبانية) لا تتعدى بأى حال من الاحوال ٦ مم وإلا وصفت المصفاة بالمصفاة الواسعة. شكل (٣-٥) يوضح المصفاة الدائرية الدقيقة.

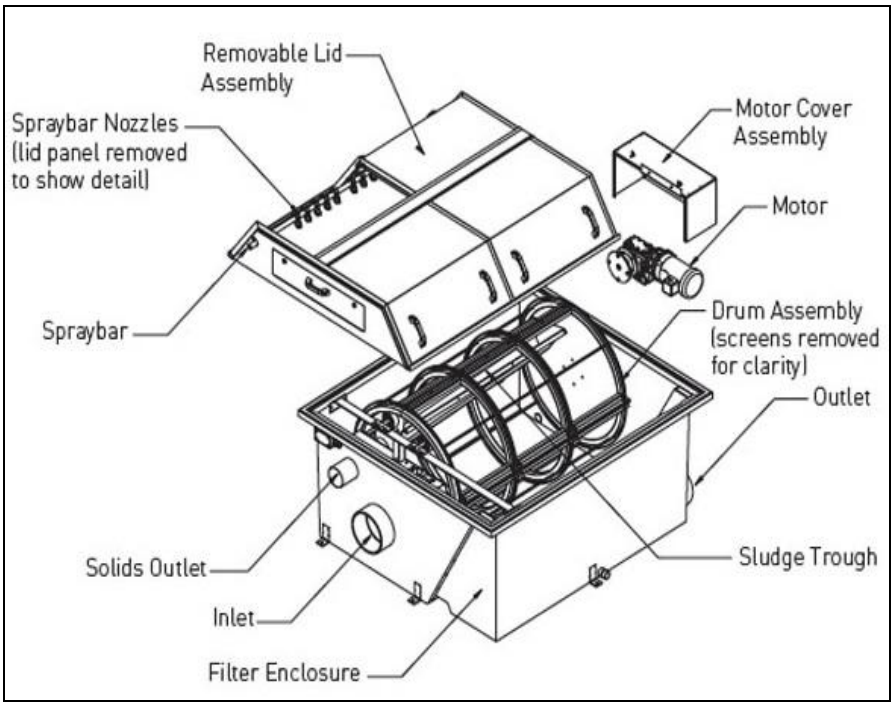
- **المسافات بين القضبان تتراوح ما بين ٠,٢ الى ٦ مم**
- **فواقد الطاقة تتراوح ما بين ٠,٨ الى ١,٤ مم**

وتستخدم المعادلة التالية لحساب الفاقد خلال المصافى الدقيقة

$$H_L = \frac{\left(\frac{Q}{cA}\right)^2}{2g} \qquad (m)$$

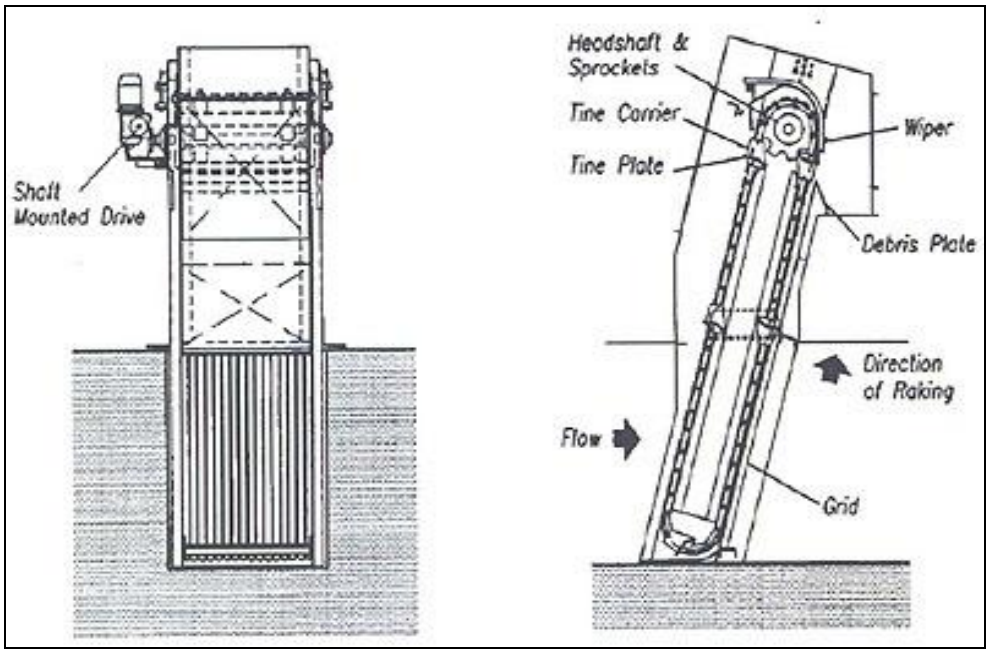
حيث:

- **التصرف التصميمى (Q)**
- **معامل التصرف (c) = ٠,٣ – ٠,٦**
- **عجلة الجاذبية الارضية =g = ٩,٨١ م/ث^2**
- **مساحة فتحات المصفاة المغمورة = A م^2**

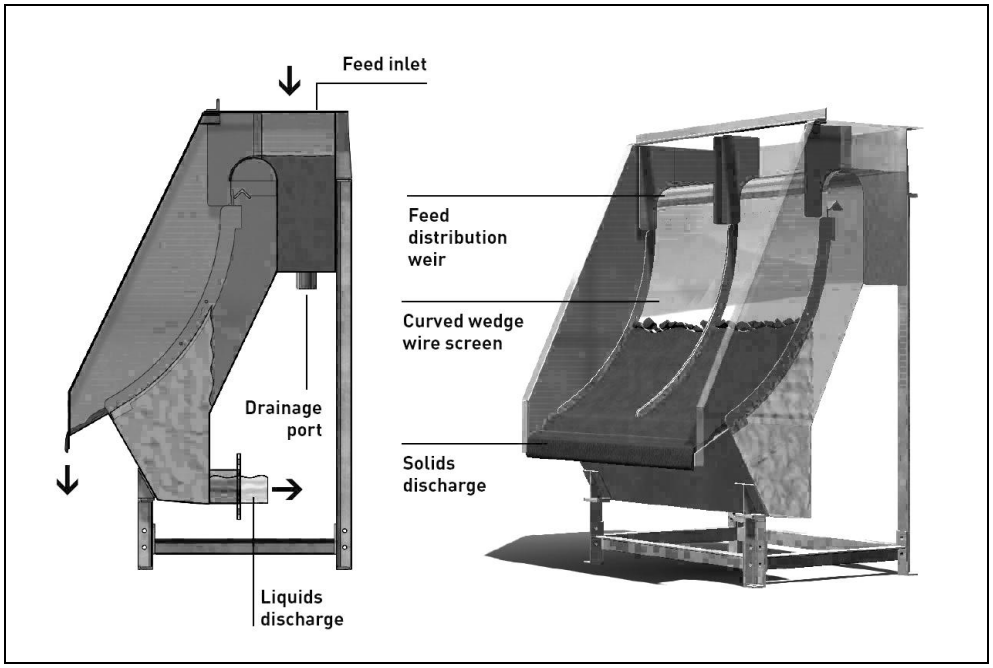


شكل (٣-٥) Drum Screen

أما بالنسبة للمصفاة القضبانية الدقيقه فيتفق التصميم الهيدروليكى لها مع التصميم الهيدروليكى للمصفاة الواسعة فيما عدا ان المسافة بين القضبان فى المصافى القضبانية الدقيقه اقل من ٦ مم (شكل ٣-٦).



شكل (٣-٦) Bar Screen



شكل (٣-٧) Static Wedge wire Screen

شكل (٣-٨) Step Screen

- **تقدير كميات المواد المحجوزة على المصافي الدقيقة**

المسافة بين قضبان المصافي(مم)	المحتوى المائي للمواد المحجوزة(%)	الوزن النوعي للمواد المحجوزة(كجم/م^3)	حجم المواد المحجوزة (L/1000 m^3)	
			القيم التصميمة	القيمة المثلى
١٢,٥	٩٠-٨٠	١١٠٠-٩٠٠	١١٠-٤٤	٧٥
٦,٢٥	٩٠-٨٠	١١٠٠-٩٠٠	٦٠-٣٠	٤٥

٤- طواحن المواد الصلبة

تعمل طواحن المواد الصلبة على تفتيت المواد المحجوزة على المصافي بهدف تفتيت المواد الصلبة وتقطيعها إلى مقاسات أصغر ومتساوية في الحجم، تساعد طواحن المواد الصلبة على حماية مهمات محطات معالجة مياه الصرف الصحي خاصة الطلمبات.

ويلزم أن يتم توريد طواحن المواد الصلبة المحجوزة على المصافي بسعات تتناسب مع كميات المواد المحجوزة المتوقعة. وتنقسم طواحن المواد الصلبة إلى نوعين طبقاً للسرعة:

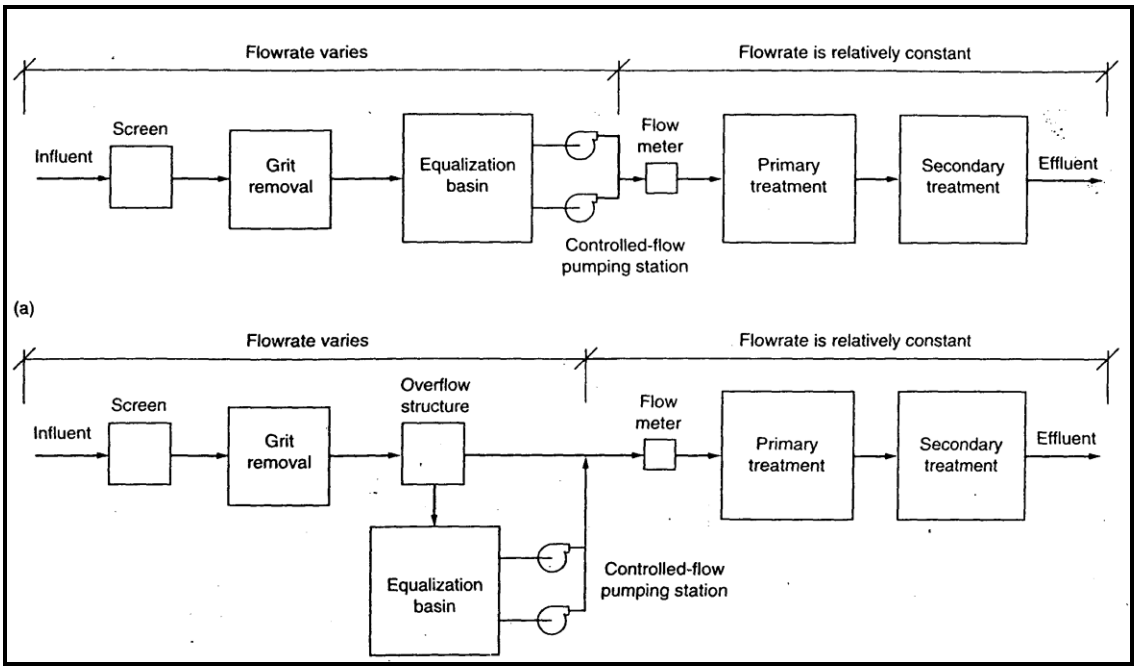
أ. ذات سرعة عالية (Grinders).

ب. ذات سرعة منخفضة (Macerators).

٥- أحواض الموازنة

تستخدم احواض الموازنة لمعادلة التصرفات الشديدة التغير الواردة لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي والتي بدورها قد تؤثر على كفاءة عملية المعالجة وتؤدي إلى حدوث العديد من المشاكل التشغيلية للمحطة. كما يؤدي انشاء احواض الموازنة في محطات معالجة مياه الصرف الصحي إلى تقليل أحجام ومقاسات وحدات المحطة بشكل عام.

وتعمل أيضاً احواض الموازنة على خفض التفاوت فى تركيز الملوثات بصورة عامة الواردة للمحطة على مدار اليوم. بحيث يكون تركيز الملوثات ثابت بقدر الامكان.



شكل (٣-٩) مواقع احواض الموازنة بالنسبة لمراحل المعالجة

٦- أحواض فصل الرمال

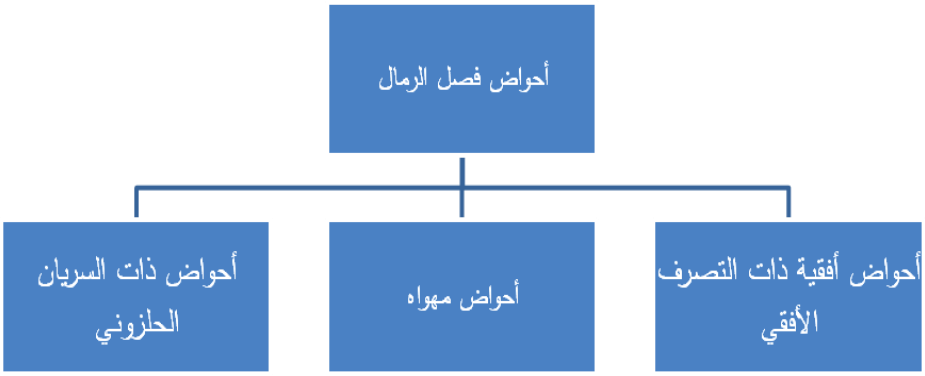
٦-١ الغرض منها

تستخدم أحواض فصل الاتربة والرمال لإزالة الاجسام الصلبة العالقة الموجودة بمياه الصرف والتى حجمها ٠,٢ مم أو أكثر (كثافتها النوعية ٢,٦٥ أو أكثر) كالرمل والطين والتراب .... الخ وكذلك إزالة الزيوت والشحوم فى حالة استخدام أحواض ازالة الرمال المهواه. وتزود الأحواض بحيز لتجميع الرمال والأتربة وفصلها. الشكل التالى يوضح تفاصيل أحواض فصل الرمال التقليدية.

ويتوقف وجود الأتربة والرمال بمياه الصرف الخام بشكل كبير على نوعية نظام التجميع (شبكات منفصلة ام شبكات مشتركة) حيث يوجد بالشبكات المشتركة كميات أكبر من الأتربة والرمال يجب فصلها خلال مرحلة المعالجة الابتدائية عن طريق أحواض فصل الاتربة والرمال، وأكثر مصادر الاتربة والرمال شيوعا:

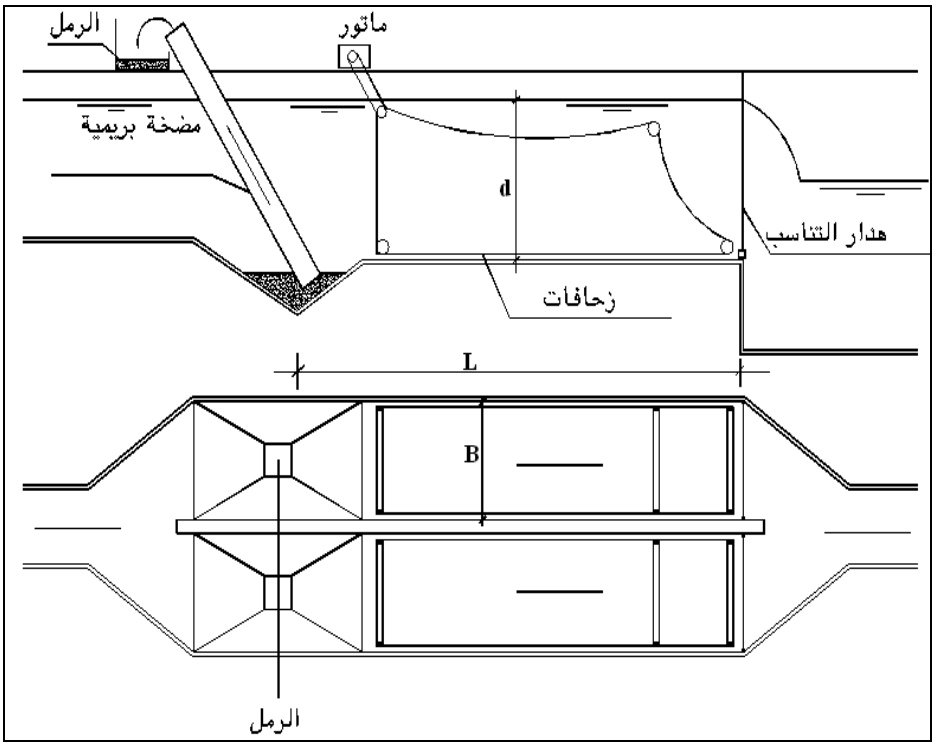
- مياه صرف غسيل ارضيات الوحدات السكنية والمحلات التجارية ..... الخ
- الصرف الصناعى
- صرف مياه الامطار
- مواقع الانشاء
- رشح المياه الجوفية

٦-٢ أنواع احواض فصل الرمال



أ. أحواض فصل الرمال ذات التصرف الأفقي

عبارة عن مجموعة من الاحواض المستطيله والتي يتم تقسيم التصرف خلالها (شكل ٣-١٠) وفيها يتم التحكم فى السرعة الافقية للتصرف (٠،٢٥ – ٠،٣٥ م/ث) بأحد طريقتين: ١) **يكون مقطع القناة على هيئة قطع مكافئ، ٢) يكون مقطع القناة مستطيل مع استخدام هدار التناسب فى نهاية الاحواض.**



شكل (٣-١٠) أحواض فصل الرمال ذات التصرف الافقى مستطيلة المقطع

<u>التصميم الهيدروليكى</u>

المحدد التصميمى	المدى	القيمة النموذجية
➢ **العدد (حوض)**		≤ ٢
➢ **سرعة المياه الافقية (م/ث)**	٠،٢٥ – ٠،٤	٠،٣
➢ **زمن المكث (ثانية)**	٤٥ – ٩٠	٦٠
معدل التحميل السطحى (م^3/م^2/يوم)		
للاجسام حجم ٢١.٠ مم	١٤٥٠ – ١٨٧٥	١٦٥٠
للاجسام حجم ١٥.٠ مم	٨٧٠ – ١٣٠٠	١١٠٠
➢ **الطول**	(٢٠ – ٣٠) × عمق المياه	٢٠ x عمق المياه

المحدد التصميمى	المدى	القيمة النموذجية
➢ **العرض (م)**	(١ – ٢) × عمق المياه	
➢ **عمق المياه (م)**	لايقل عن ٦٠.٠ م	

<u>كما يمكن تحديد طول احواض فصل الرمال من المعادلة التالية</u>

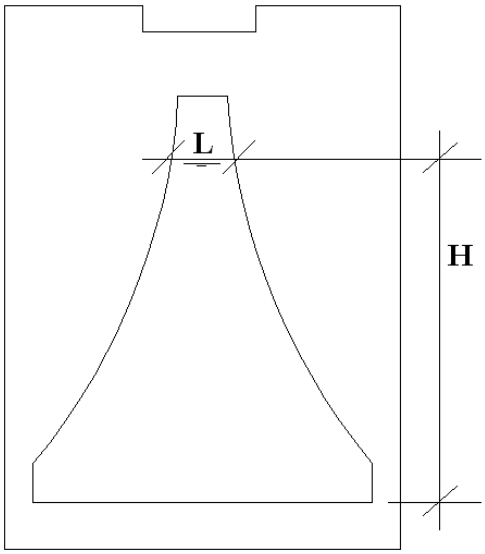
$$L = (V_h * d)/ \text{معدل التحميل السطحى} \qquad (m)$$

<u>حيث:</u>

- **طول الحوض (L)** بالمتر
- **سرعة الافقية للمياة (V_h)** بالمتر/ثانية
- **عمق الحوض (d)** بالمتر
- **كميةالرمال المترسبة** = ١٠٠ – ٢٥٠ لتر / ١٠٠٠ م^3 مياه صرف

<u>تصميم هدار التناسب لاحواض فصل الرمال ذات التصرف الافقى مستطيلة المقطع</u>

يستخدم هدار التناسب للتحكم فى سرعة التصرف خلال أحواض فصل الرمال ذات التصرف الافقى عندما يكون مقطع الحوض مستطيل، ويوضح شكل (٣-١١) تفاصيل هدار التناسب.



شكل (٣-١١) هدار التناسب

معادلة تشكيل هدار التناسب (Proportional or Sutro Weir Equation)

$$Q_{per\ unit} = 4\ L\ H^{(3/2)}$$

حيث:

L : المسافة الأفقية للهدار.

H: المسافة الرأسية للهدار مقاسة من القاع.

ب. أحواض فصل الرمال المهواة (Aerated Grit Removal Chamber)

عبارة عن مجموعة من الاحواض المستطيلة (شكل ٣-١٢) والتى يتم تقسيم التصرف خلالها، حيث يتم فيها دفع الهواء من أسفل بواسطة ناشرات هواء تركب على جانب واحد من الحوض بهدف فصل الزيوت والشحوم سواء كانت منفصلة او ملتصقة بالاتربة والرمال.

ولما كان حدوث تحللات لاهوائية بمياه الصرف الصحى قبل وصولها إلى عملية المعالجة يؤثر على كفاءة وحدات المعالجة البيولوجية لذلك فان استخدام أحواض فصل الرمال المهواة يساعد على:

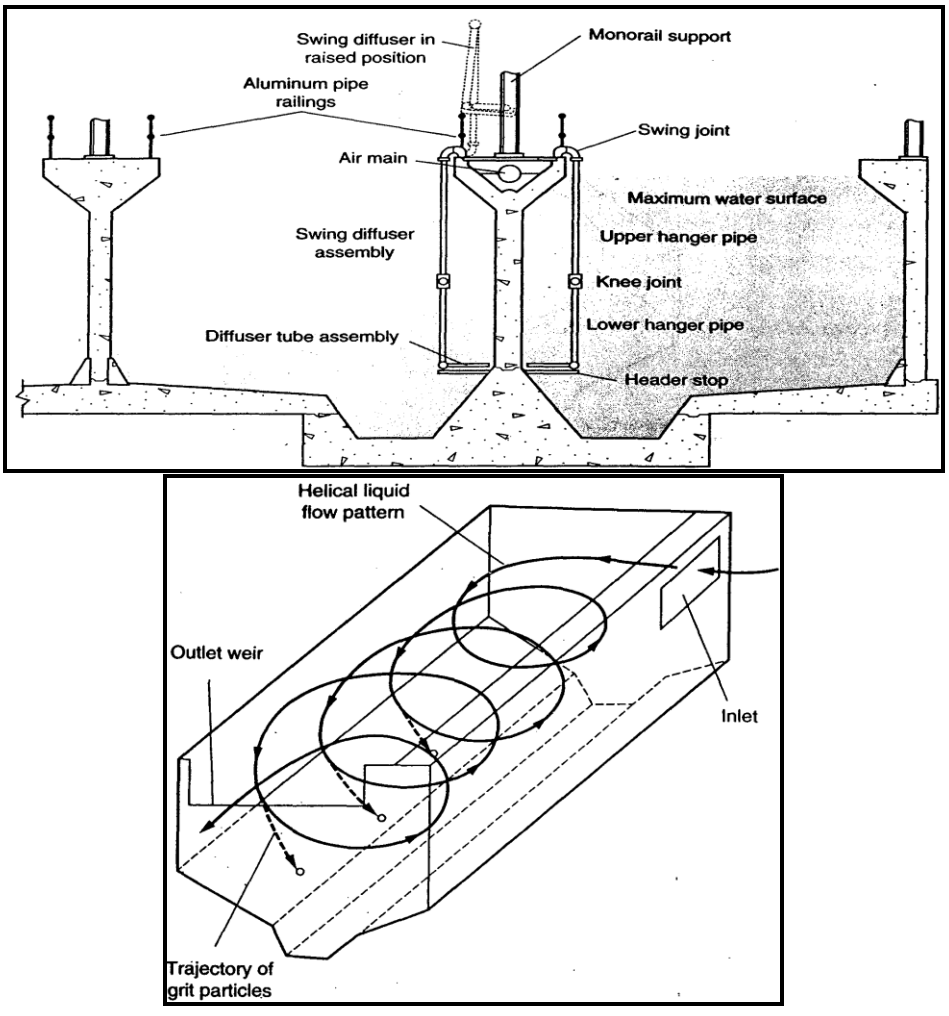
- طرد الغازات المتكونة نتيجة التحللات اللاهوائية.
- تجديد نشاط البكتريا الهوائية بمياه الصرف الصحى.
- فصل الرمال والمواد غير العضوية دون السماح للمواد العضوية بالترسيب.

ويتم كسح الرمال المترسبة فى قاع أحواض فصل الاتربة والرمال إما عن طريق استخدام زحافات ميكانيكية، أو عمل ميول فى قاع الاحواض عكس اتجاه السريان، ويتم سحب الاتربة والرمال المتجمعة فى حيز التجميع باستخدام الطلمبات الغاطسة او الطلمبات الحلزونية او عن طريق محبس بوابة مركب فى قاع حيز تجميع الرواسب، أو طلمبات هواء Air Lift Pump حيث يتم بعد ذلك تجميع الرواسب ونقلها للتخلص منها.

التصميم الهيدروليكى

المحدد التصميمى	المدى	القيمة النموذجية
➢ العدد (حوض)		≤ ٢
➢ زمن المكث (دقيقة)	٢ – ٥	٣
➢ العمق (م)	٢–٥	
➢ العرض (م)	٢،٥ – ٧	
➢ الطول (م)	٧,٥–٢٠	
➢ معدل امداد الهواء (م^3/دقيقة لكل متر طولى من الحوض)	٠,٢ – ٠,٥	
➢ كمية الرمال المترسبة (م٣/١٠٠٠ م^3 من مياه الصرف)	٠,٠٠٤–٠,٢	٠,٠١٥

يفضل استخدام احواض فصل الرمال المهواة عند وجود كميات عالية من الزيوت والشحوم وعندما تكون قطر الحبيبات اكبر من ٠،٢ مم.



شكل (٣–١٢) أحواض فصل الرمال المهواة

ت. أحواض فصل الرمال ذات التصرف الحلزوني (Vortex)

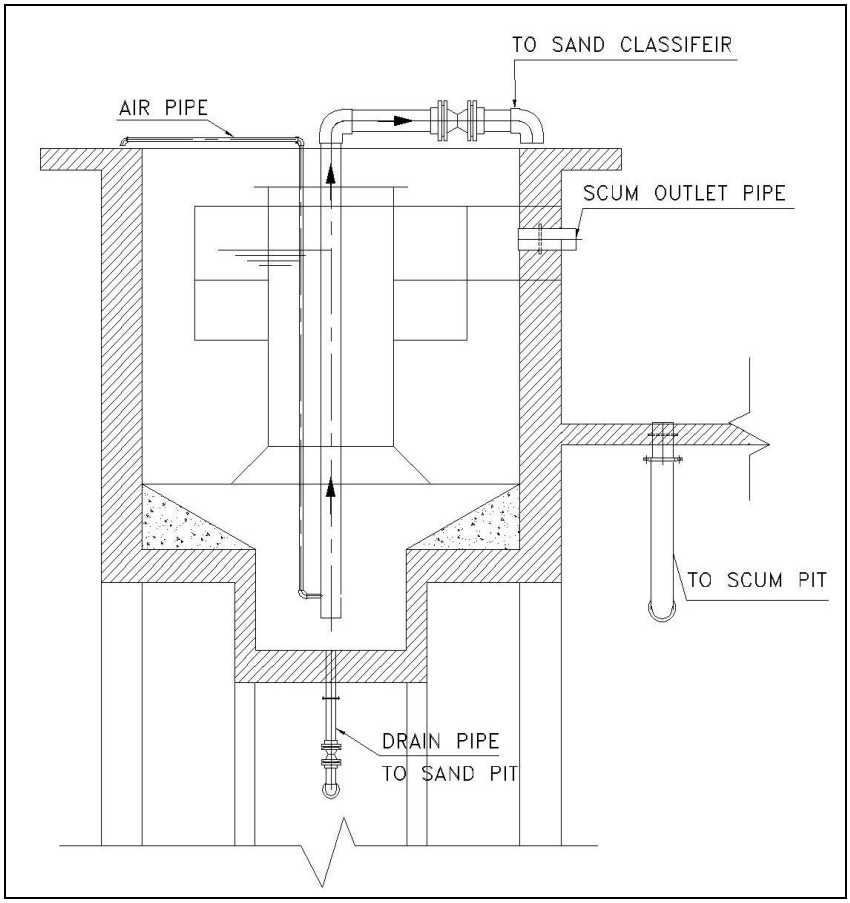
التصميم الهيدروليكي

المعامل	القيم التصميمة	القيمة المثلى
➢ **مدة المكث (دقيقة) – في حالة التصرف المتوسط**	٣٠-٢٠	٣٠
➢ **قطر الحوض:**		
➢ **الغرفة العلوية (م)**	٧,٢-١,٢	--
➢ **الغرفة السفلية (م)**	١,٨-٠,٩	
➢ **عمق الحوض**	٤,٨-٢,٧	
➢ **نسبة الازالة**		
➢ **حبيبات بحجم ٠،٣مم***	٩٨-٩٢	٩٥
➢ **حبيبات بحجم ٠،٢٤مم***	٩٠-٨٠	٨٥
➢ **حبيبات بحجم ٠،١٥مم***	٧٠-٦٠	٦٥
➢ **كمية الرمال المترسبة (م^3/١٠٠٠م^3)**	٠,٢-٠,٠٠٤	٠,٠١٥

* الوزن النوعي لحبيبات الرمال ٢,٦٥

تقدير كميات الرواسب الرملية

المعامل	القيمة التصميمة
➢ المحتوى المائي للرمال المترسبة (%حجم)	٦٥-١٣
➢ نسبة المواد العضوية (%حجم)	٥٦-١
➢ الوزن النوعي للرمال النظيفة المترسبة (كجم / م^3)	٢,٧
➢ الوزن النوعي للرمال المترسبة (شامله المواد العضوية المترسبة) كجم/م^3	١,٣
➢ كثافة المواد المترسبة (كجم/م^3)	١٦٠٠



شكل (٣-١٣) أحواض فصل الرمال الحلزونية

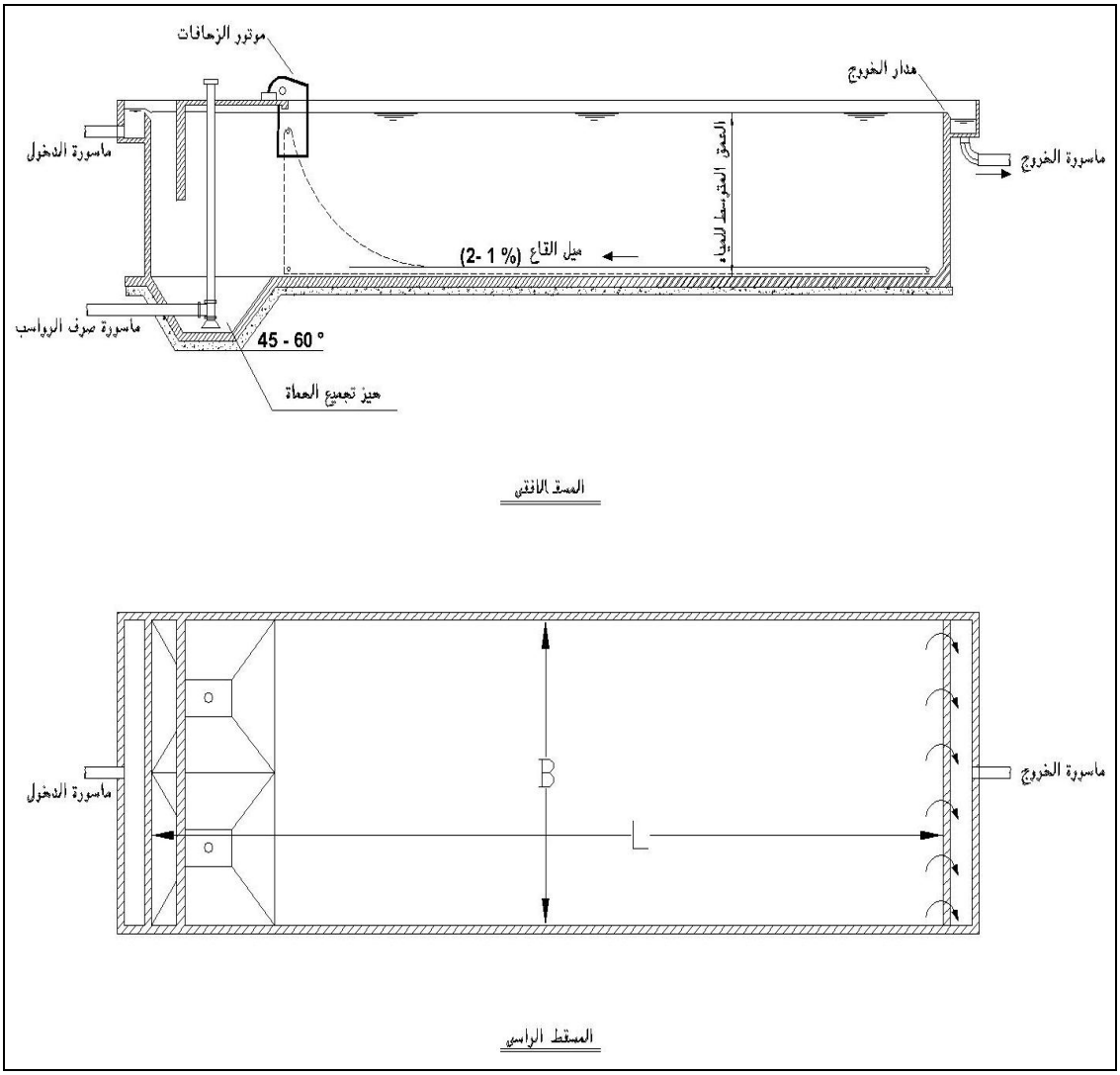
٧- أحواض الترسيب الابتدائية

٧-١ الغرض منها

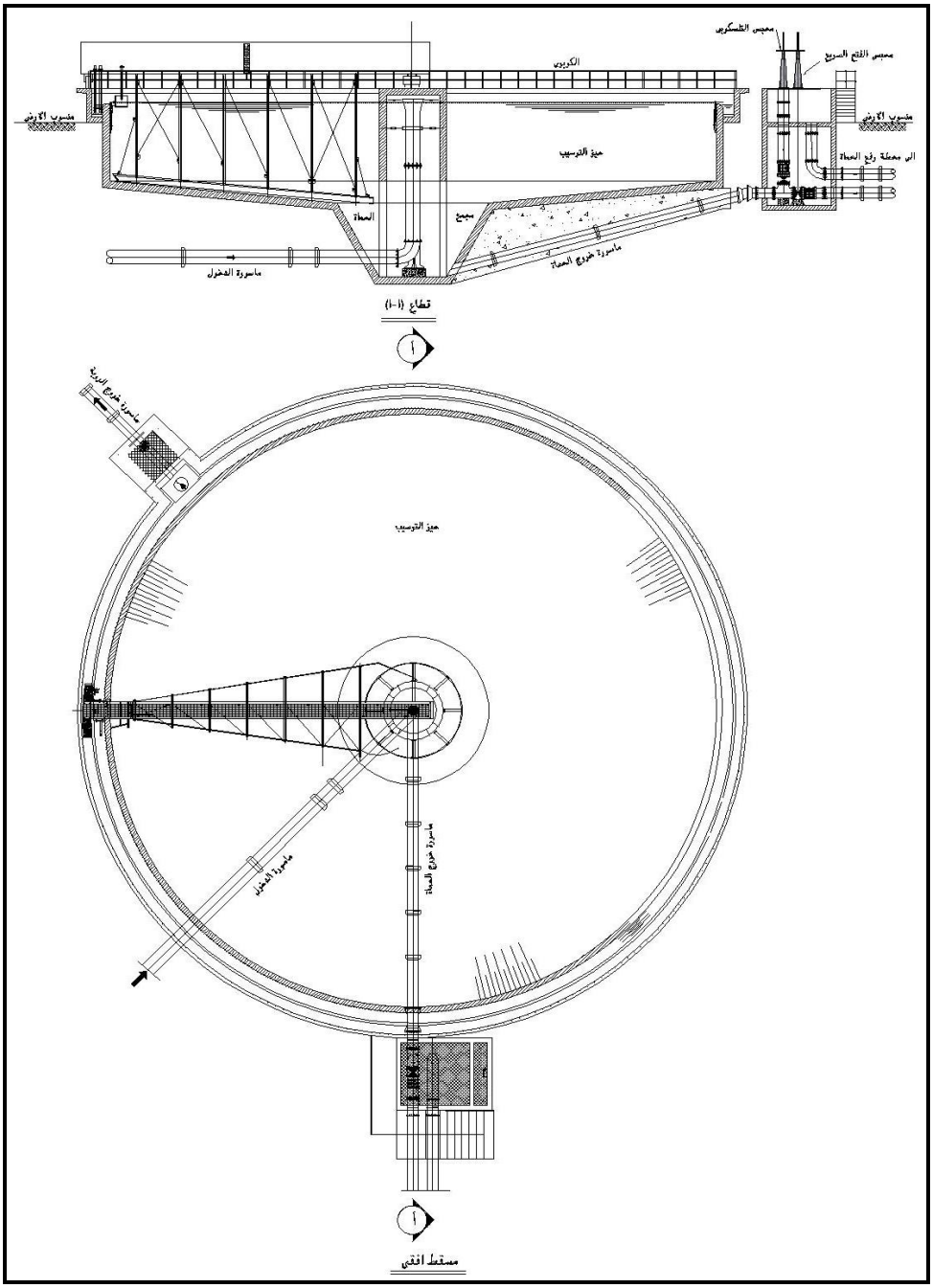
تستخدم احواض الترسيب الابتدائية لازالة المواد العالقة القابلة للترسيب بمياه الصرف الصحى، فهى تستعمل لترسيب بعض المواد العضوية وغير العضوية العالقة فى مياه الصرف الصحى لتخفيض الحمل العضوى على وحدات المعالجة البيولوجية وكذلك فصل الزيوت والشحوم فى حالة استخدام أحواض فصل الرمال العادية. وتبلغ نسبة الإزالة بعد أحواض الترسيب الابتدائية لمياه الصرف الصحى حوالى ٢٥-٤٠% من المواد العضوية أو الاحتياج الأكسجينى الحيوى الممتص لمياه الصرف الصحى (BOD_5) وإزالة حوالى ٤٠-٦٠% من كمية المواد الصلبة العالقة الكلية (TSS). ويمكن تنفيذ احواض الترسيب الابتدائى اما مستطيلة (شكل ٣-١٤) أو دائرية (شكل ٣-١٥) حسب المساحة المتاحة.

و بالنسبة لأحواض الترسيب الدائرية يكون دخول المياه بها من منتصفها، وتخرج منها المياه عن طريق هدار على امتداد كامل محيطها.ويتم تجميع الحمأة المترسبة فى الأحواض بطريقة ميكانيكية عن طريق زحافة تتصل بكوبرى دوار مثبت بمنتصف الحوض كما يتم تزويد الحوض بكاسح للخبث لإزالة المواد الطافية من سطح مياه الحوض، ويزود الحوض بمحبس لسحب الحمأة يشغل يدويا أو ميكانيكياً.

و بالنسبة لأحواض الترسيب المستطيلة فيكون دخول المياة موزعا بعرض الحوض فى الأتجاه الطولى.



شكل (٣-١٤) أحواض الترسيب الابتدائى المستطيلة



شكل (٣-١٥) أحواض الترسيب الدائرية

٢-٧ التصميم الهيدروليكى

المحدد التصميمى	المدى	القيمة النموذجية
➢ العدد (حوض)		≤ ٢
➢ العمق (م)	٣ – ٥	٤،٥
➢ زمن المكث (ساعة)	٢-٤	٣

المحدد التصميمى	المدى	القيمة النموذجية
➢ معدل التحميل على هدار الخروج (م^3/م/يوم)	١٢٥ – ٥٠٠	٢٥٠
أحواض الترسيب المستطيلة		
➢ الطول (م)	٣٠ – ٥٠	٤٠
➢ العرض (م)	١٠ – ٢٠	١٥
➢ سرعة الكسح (م/الدقيقة)	٣ – ٥	٤،٥
➢ ميل القاع	٣٠:١ – ٥٠:١	٤٠:١
أحواض الترسيب الدائرية		
➢ القطر (م)	٣٠ – ٥٠	٤٠
➢ ميل القاع	٦:١ – ١٦:١	١٢:١
➢ سرعة الكسح (دورة/دقيقة)	٠,٠٢–٠,٠٥	٠،٠٣
➢ قطر بئر الدخول الدائري (% من قطر الحوض الاجمالي)	١٥–٢٠	--
➢ عمق بئر الدخول الدائري (م)	١–٢,٥	--
➢ سرعة السريان عبر فتحات بئر الدخول (م/ث)	٠,٣ –٠,٧	--
أحواض الترسيب الابتدائى المتبوعة بمعالجة ثانوية		
➢ معدل التحميل السطحى (م^3/م^2/يوم)	٣٠ – ٥٠	٤٠

٣-٧ كفاءة الازالة لاحواض الترسيب الابتدائية

$$R = \frac{t}{a + bt}$$

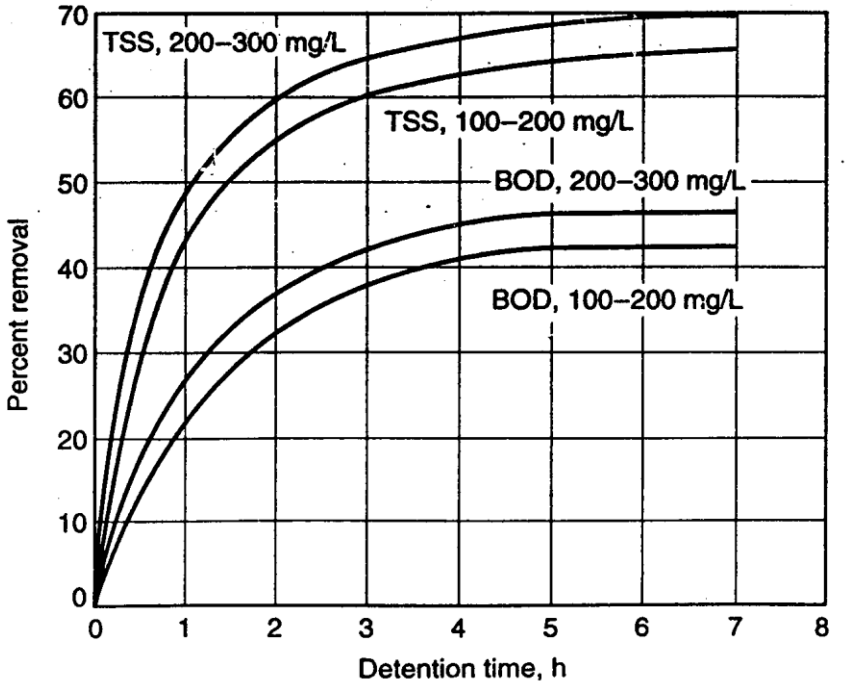
Where:

R = كفاءة الازالة المتوقعة

t = مدة المكث

a,b= ثوابت تعتمد على نوع التلوث

	a	b
BOD	٠,٠١٨	٠,٠٢
TSS	٠,٠٠٧٥	٠,٠١٤



شكل (٣-١٦) العلاقة بين كفاءة الازالة وزمن المكث بأحواض الترسيب الابتدائية

٨- أحواض المعالجة البيولوجية Biological Tanks

أولاً: النمو المعلق (Suspended Growth)

١- أحواض التهوية (الحمأة المنشطة)

المصطلحات الهامة

الرمز	الوحدات	الوصف
Q	(m^3/d)	Influent wastewater flow rate, التصرف التصميمى
F/M	(d^{-1})	Food–to–Microorganism ratio in the aeration tank, نسبة الغذاء الى الكائنات الحية الدقيقة داخل احواض التهوية
S_o	(g/m^3)	Influent BOD or COD concentration, الأحتياج الاكسجينى الحيوى (او الكيميائى) للسيب الداخل
S_e	(g/m^3)	Effluent BOD or COD concentration, الأحتياج الاكسجينى الحيوى (او الكيميائى) للسيب النهائى المعالج
HRT	(d)	Hydraulic detention time of the aeration tank, زمن المكث الهيدروليكى
V	(m^3)	Aeration tank volume, حجم احواض التهوية اللازم
X	(g/m^3)	Concentration of mixed liquor suspended (volatile suspended) solids in the aeration tank, تركيز المادة العالقة العضوية داخل احواض التهوية
θ_c	(d)	Mean cell–residence time based on the aeration tank volume, زمن بقاء الحمأة (عمر الحمأة)
Q_w	(m^3/d)	Waste sludge flow rate, معدل تصرف الحمأة الزائدة
X_w	(g/m^3)	Concentration of mixed liquor suspended (volatile

الرمز	الوحدات	الوصف
		suspended) solids in the waste sludge, تركيز المادة العالقة الكلية فى الحماة الزائدة (او الحمأة المعادة)
Q_e	(m^3/d)	Treated effluent flow rate, التصرف المعالج
X_e	(g/m^3)	Concentration of total suspended (volatile suspended) solids in the treated effluent, mg/L تركيز المادة العالقة فى السيب النهائى المعالج
Y	(gm cell produced per gm organic matter removed)	Cell yield coefficient, معامل انتاج الخلية
k_d	(d^{-1})	Endogenous (biomass) decay coefficient, معدل موت الخلايا البكترية
P_x	(g/d)	Production of excess sludge per day, معدل انتاج الحمأة الزائدة اليومى
Y_{obs}	(g/g)	Observed yield, المعامل الكلى الملاحظ لانتاج الخلية

معادلات التصميم للمعالجة بطريقة الحمأة المنشطة

-	$\frac{F}{M} = \frac{QS^0}{VX}$	(1)
-	$[P_{XVSS}]_{BOD} = \frac{QY(S_0 - S_e)}{1 + [(k]_d)\theta_c} + \frac{(f_d)(k_d)YQ(S_0 - S)SRT}{1 + (k_{\square})SRT} + QX_{o,i}$	(2)
-	$[P_{XTSS}]_{BOD} = \frac{QY(S_0 - S)}{0.85\ x\ [1 + [(k]_d)SRT]} + \frac{(f_d)(k_d)YQ(S_0 - S)SRT}{0.85\ x\ [1 + (k_d)SRT]} + QX_{o,i} + Q(TSS_0 - VSS_0)$	(3)
-	$\frac{MLVSS}{MLSS} = 0.85$	(4)

-	$S = \frac{K_s[1 + (k_d)SRT]}{SRT(Yk - k_d) - 1}$	(5)
-	$X = (SRT/(0[(Y(S_0 - S))/(1 + (k_d)SRT)]$	(6)
-	$R_o = Q(S_0 - S) - 1.42x\left[\frac{QY(S_0 - S)}{1 + [(k]_d)SRT}\right]$	(7)
-	$X_T = (SRT/(0[(Y(S_0 - S))/(1 + [(k]_d)SRT)] + (f_d)(k_d)(X)SRT + ((SRT)\square_d(o,i))$	(8)
-	$R = \frac{X}{(X_w - X)}$	(9)
-	$Q_w = \frac{VX}{SRT\ x\ X_r}$	(10)
-	$L_{org} = \frac{(Q)(S_o)}{(V)\left(10^3 \frac{g}{kg}\right)}$	(11)
-	$\text{Oxygen transfer rate} = \frac{0.7\ Kg\ O_2}{kw.h}$	(12)
-	$k_T = k_{20}\theta^{(T-20)}$	(13)
	DO in aeration tanks= 1.5-2 mg/L	(14)

و يمكن حساب ما يلي من المعادلات :

Excess solids produced, kg/d = 0.7 F– 0.075 M

SRT = M/Excess sludge produced

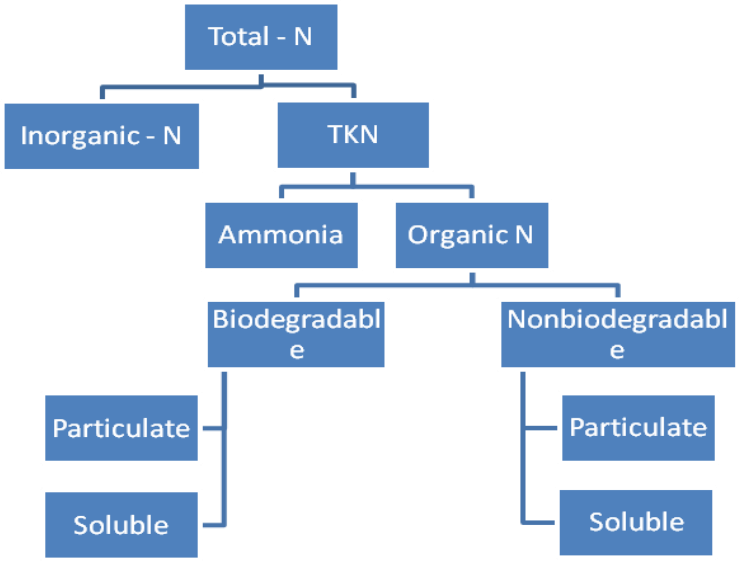
Return Sludge = MLSS in Reactor (flow rate + return sludge) / MLSS in RAS

Oxygen Required = $(0.55$ F/M + $0.15)$ M

أ. **<u>لإزالة المواد العضوية الكربونية</u>**

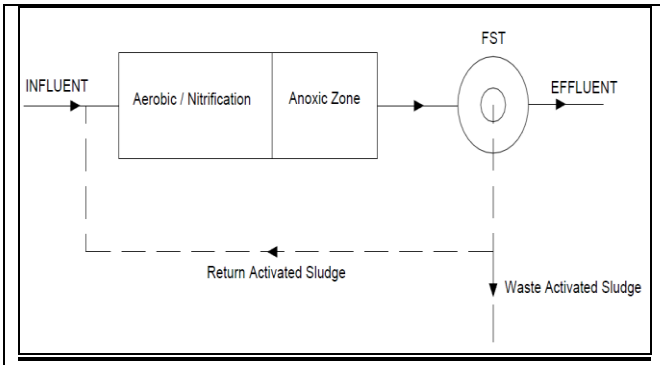
ب. **<u>لإزالة المواد العضوية الكربونية و النيتروجين معا</u>**

تركيب المواد النيتروجينية في مياه الصرف الصحي

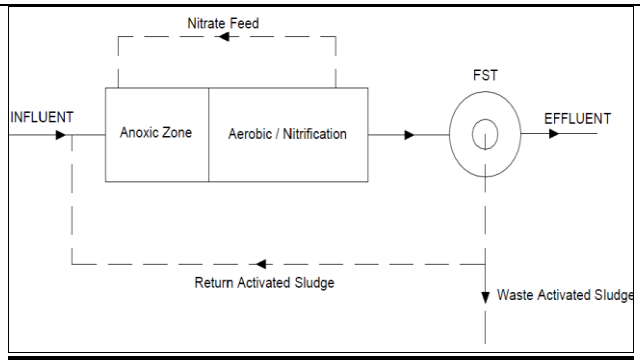


Ammonia = 60-70% (TKN)

	A. BOD and NH4-N removal	
-	$[P_{XVSS}]_{BOD,NH_4-N} = \frac{QY(S_0 - S)}{1 + [(k]_d)SRT} + \frac{(f_d)(k_d)YQ(S_0 - S)SRT}{1 + (k_d)SRT} + \frac{QY_n\, NO_X\left(\frac{1kg}{10^3 g}\right)}{1 + [(k]_{dn})SRT} + QX_{o,i}$	(15)
-	$R_o = Q(S_0 - S) - 1.42x\left[\frac{QY(S_0 - S)}{1 + [(k]_d)SRT}\right] + 4.33Q(NO_x)$	(16)
-	DO in aeration tanks= 2-4 mg/L	(17)



Postanoxic denitrification



Preanoxic denitrification

التعريف	الوحدة	المعامل
نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية.	g BOD/ g VSS.d	$\frac{F}{M}=$
حجم احواض المعالجة البيولوجية.	m3	$V=$
تركيز الكائنات الحية داخل احواض المعالجة البيولوجية.	mg/L	$X=$
وزن المواد الصلبة المتطايرة المطلوب التخلص منه لمعالجة المواد العضوية الكربونية فقط	kg VSS/day	$[P_{X,VSS}]_{BOD}$
وزن المواد الصلبة الكلية المطلوب التخلص منه لمعالجة المواد العضوية الكربونية فقط	kg TSS/day	$[P_{X,TSS}]_{BOD}$
تركيز المواد الصلبة الكلية قبل المعالجة البيولوجية.	mg /L	$TSS_0=$
تركيز المواد الصلبة المتطايرة قبل المعالجة البيولوجية.	mg /L	$VSS_0=$
التصرف الداخل لاحواض المعالجة البيولوجية.	m^3/day	Q=
تركيز المواد العضوية الداخلة لاحواض المعالجة البيولوجية.	g BOD/m^3	$S_0=$
تركيز المواد العضوية الخارجة من احواض المعالجة البيولوجية.	g BOD/m3	$S=$
معامل الانتاج (Biomass Yield) للبكتريا المؤكسدة للمواد العضوية الكربونية.	mg VSS/mg BOD	Y=
معدل تناقص البكتريا المؤكسدة للمواد العضوية الكربونية لليوم.	g VSS/g VSS x d	$k_d=$
زمن بقاء الحمأة.	day	$SR_T=$
نسبة بقايا خلايا البكتريا الميتة.	g VSS/g VSS	$f_d=$
تركيز المواد الصلبة العالقة الغير قابلة للأكسدة.	mg /L	$X_{o,i}=$
تركيز المواد الصلبة الطيارة داخل احواض المعالجة البيولوجية.	mg /L	MLVSS=
تركيز المواد الصلبة الكلية داخل احواض المعالجة البيولوجية.	mg /L	MLSS=

أقصى معدل لأكسدة المواد العضوية.	g BOD/g VSS x d	$K_s =$
زمن البقاء الهيدروليكي داخل احواض المعالجة البيولوجية.	day	HRT
الاكسجين المطلوب للتخلص من المواد العضوية.	kg/day	$R_O =$
تركيز المواد الصلبة الطيارة داخل احواض المعالجة البيولوجية.	mg /L	$X_T =$
نسبة اعادة الحمأة المنشطة إلى التصرف المتوسط.	Ratio	$R =$
معدل التحميل الحجمي لاحواض المعالجة البيولوجية.	kg BOD/m3.d	$L_{org} =$
وزن المواد الصلبة الكلية المطلوب التخلص منه لمعالجة المواد العضوية الكربونية و ازالة النيتروجين (NH_4–N)	VSS/day	$[P_{X,VSS}]_{BOD,NH_4-N} =$
تركيز الأمونيا (NH_4–N) في مياه الصرف الصحي الداخلة.	mg /L	$NO_{\square} =$
معدل تناقص البكتريا المستهلكة للمواد النيتروجينية لليوم.	g VSS/g VSS x d	k_{dn}
معامل إنتاج (Biomass Yield) للبكتريا المستهلكة للمواد النيتروجينية.	mg VSS/mg BOD	$Y_n =$
تصرف الحمأة الزائدة.	m3/day	$Q_W =$
تركيز الحمأة المترسبة في احواض الترسيب النهائية و التي يتم اعادتها لاحواض المعالجة البيولوجية.	mg/L	$X_r =$

١- <u>قيم الثوابت:</u>

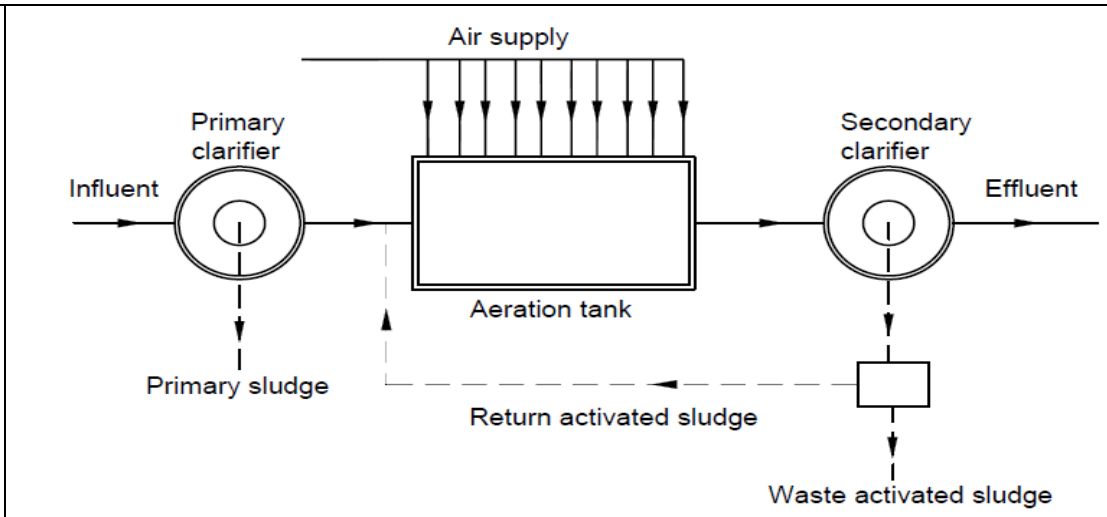
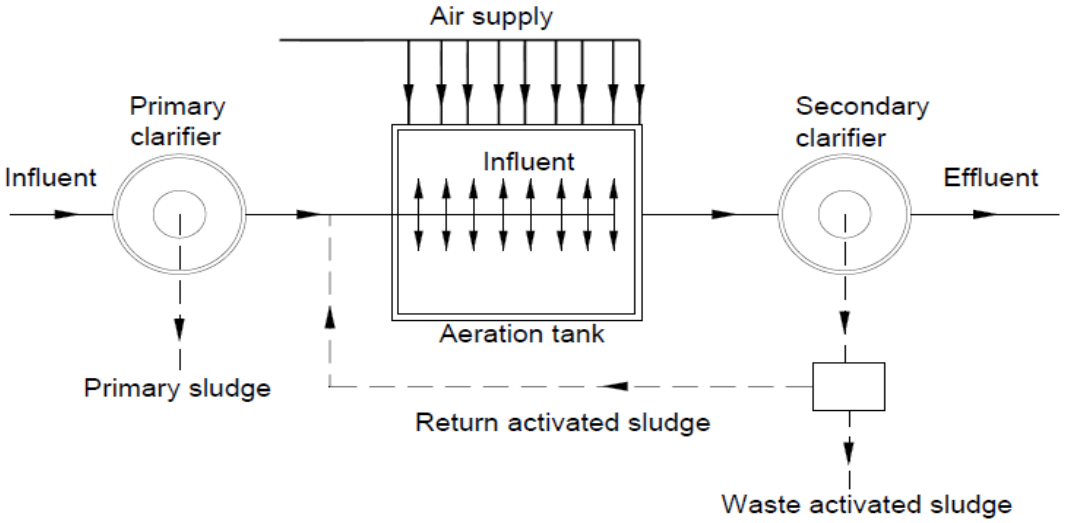
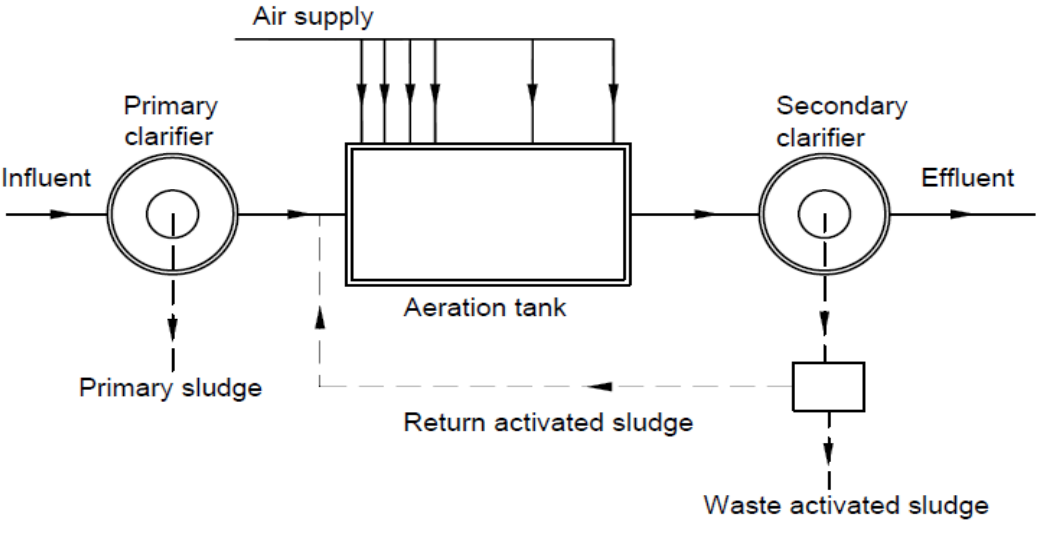
م	المعامل	الوحدة	القيم التصميمة	القيمة المثلى
أ- **إزالة المواد العضوية (BOD)**				
١-	k	g BOD/g VSS.d	١٠-٢	٥
٢-	K_s	mg/L BOD	١٠٠-٢٥	٦٠
٣-	Y	mg VSS/mg BOD	٠,٨-٠,٤	٠،٦
٤-	k_d	g VSS/g VSS.d	٠,١٥-٠,٠٦	٠،١

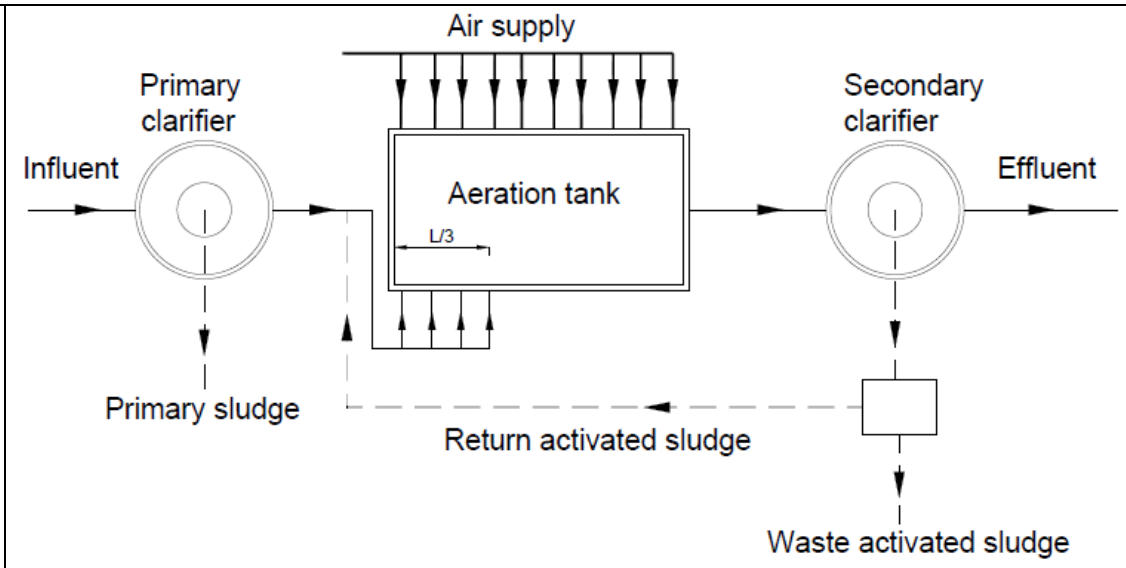
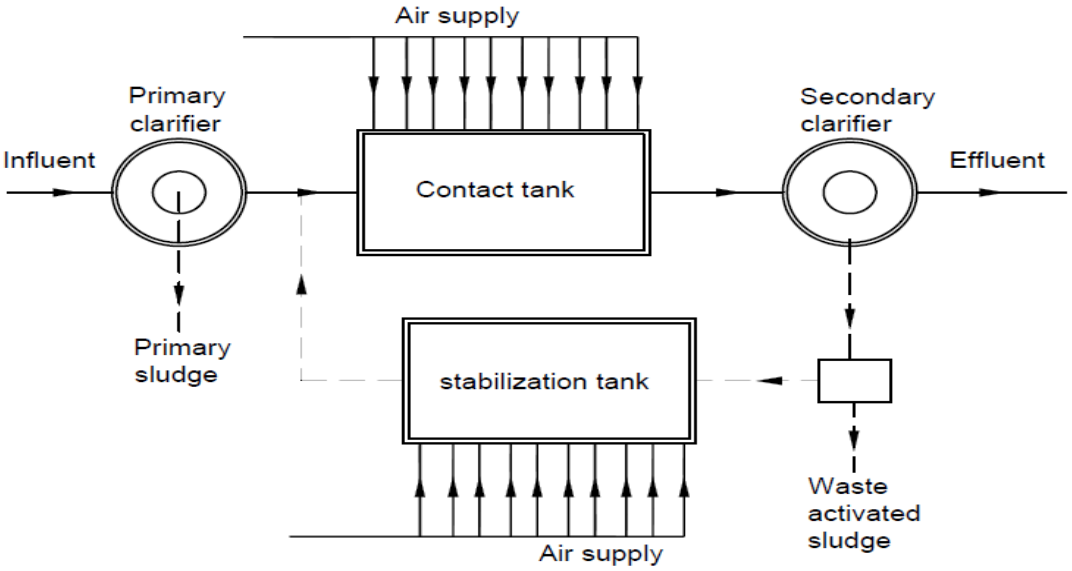
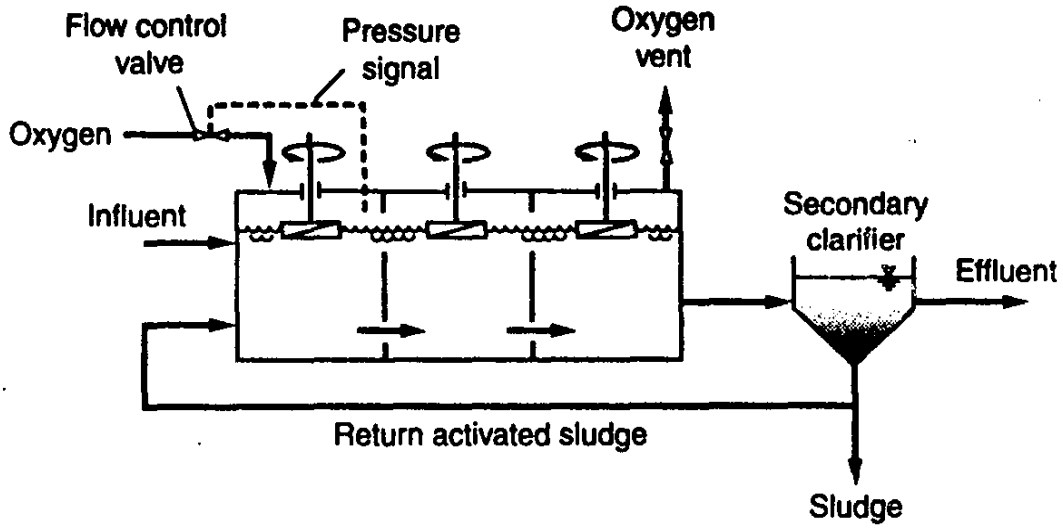
٥-	f_d	--	٠,٢-٠,٠٨	٠،١٥
٦-	**θ for K_d**		١,٠٨-١,٠٣	١،٠٤
٧-	**θ for Ks**		١	١
ب- لإزالة المواد النيتروجينية (NH4-N)				
١-	Y_n	g VSS/g NH_4-N	٠,١٥-٠،١	٠،١٢
٢-	k_{dn}	g VSS/g VSS.d	٠,١٥-٠،٠٥	٠،٠٨
٣-	**θ for k_{dn}**		١,٠٨-١,٠٣	١،٠٤
٤-	**θ for Ks_n**		١,٠٣	١،١٢٣

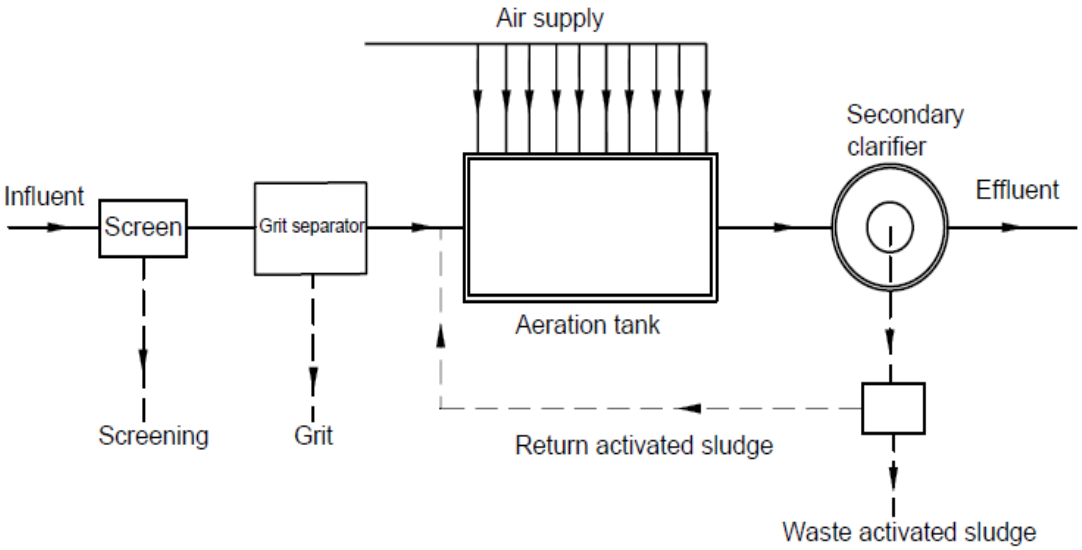
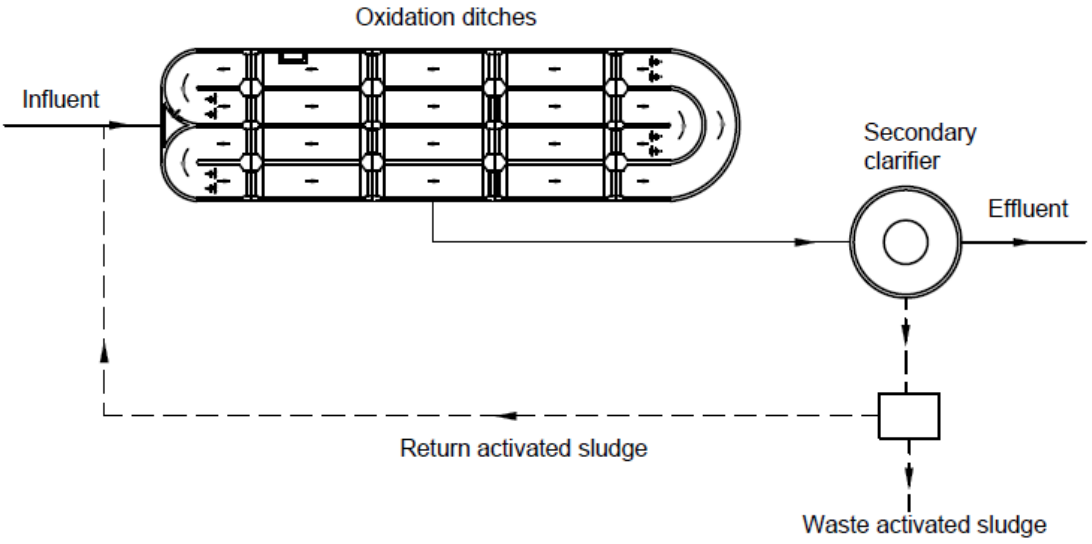
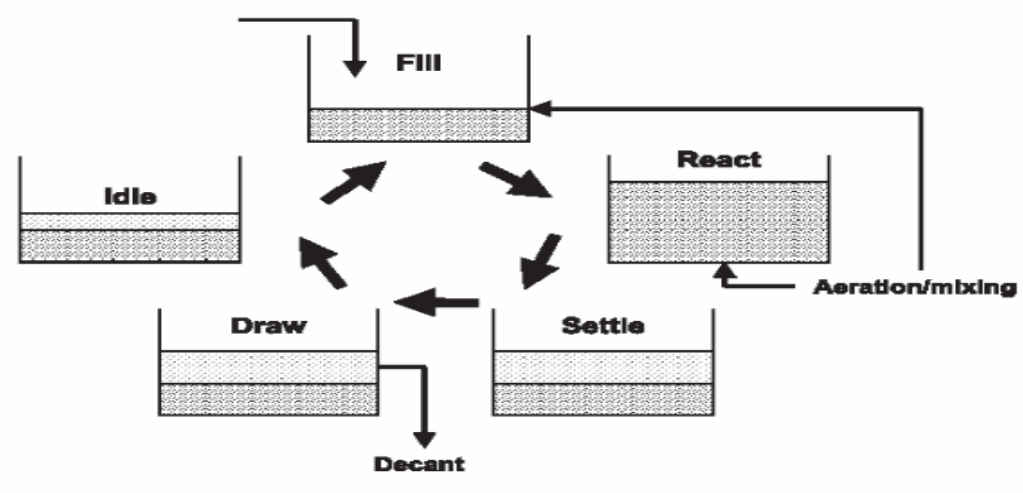
٢- أسس التصميم:

نظام المعالجة	الخصائص الهيدروليكية لسريان المياه	زمن بقاء الحمأة (SRT)	كمية الغذاء / كمية الكائنات الحية (F/M)	معدل التحميل الحجمي (L_{org})	تركيز المواد العالقة الكلية (MLSS)	زمن البقاء الهيدروليكي	نسبة الحمأة المعادة إلى تصرف مياه الصرف الصحي (RAS)
		day	g BOD/ g VSS.d	kg BOD/m3.d	mg/l	h	%
تقليدي– تناقص تدريجي لمعدلات التهوية Conventional plug flow–Tapered Aeration	تتابعى منتظم	٣–١٥	٠,٢–٠,٤	٠,٣–٠,٧	١٠٠٠–٣٠٠٠	٤–٨	٢٥–٧٥
خلط تام Complete Mix	خلط تام	٣–١٥	٠,٢–٠,٦	٠,٣–١,٦	١٥٠٠–٤٠٠٠	٣–٥	٢٥–١٠٠
التهوية الممتدة Extended Aeration	تتابعى منتظم	٢٠–٤٠	٠,٠٤–٠,١	٠,١–٠,٣	٢٠٠٠–٥٠٠٠	٢٠–٣٠	٥٠–١٥٠
قنوات الأكسدة Oxidation Ditches	تتابعى منتظم	١٥–٣٠	٠,٠٤–٠,١	٠,١–٠,٣	٣٠٠٠–٥٠٠٠	١٥–٣٠	٧٥–١٥٠
احواض ذات التصرفات المرحلية Sequencing Batch Reactor	مرحلى	١٠–٣٠	٠,٠٤–٠,١	٠,١–٠,٣	٢٠٠٠–٥٠٠٠	١٥–٤٠	--
التهوية ذات المعدل السريع High rate aeration	تتابعى منتظم	٠,٥–٢	١,٥–٢	١,٢–٢,٤	٢٠٠–١٠٠٠	١,٥–٣	١٠٠–١٥٠
تغذية مرحلية Step feed	تتابعى منتظم	٣–١٥	٠,٢–٠,٤	٠,٧–١,٠	١٥٠٠–٤٠٠٠	٣–٥	٢٥–٧٥
التثبيت بالتلامس Contact stabilization.	تتابعى منتظم	٥–١٠	٠,٢–٠,٦	١–١,٣	*١٠٠٠–٣٠٠٠ **٦٠٠٠–١٠٠٠٠	*٠,٥–١ **٤–٢	٥٠–١٥٠
التهوية بأكسجين عالي النقاوة High Purity Oxygen	تتابعى منتظم	١–٤	٠,٥–١,٠	١,٣–٣,٢	٢٠٠٠–٥٠٠٠	١–٣	٢٥–٥٠

* لحوض التلامس ** لحوض التثبيت

تقليدي	
خلط تام	 **يجب أن يكون حوض التهوية مربع أو دائري الشكل**
تقليدي– تناقص تدريجي لمعدلات التهوية	

تغذية مرحلية	
التثبيت بالتلامس	
التهوية بأكسجين عالي النقاوة	

التهوية الممتدة	
قنوات الأكسدة	
أحواض ذات التصرفات المرحلية	

ج. **تصميم الاحواض ذات الملء والتفريغ المتتابع (Sequencing Batch Reactor)**

وهي عبارة عن وحدة مدمجة تنقسم عملية المعالجة بها إلى **خمسة مراحل متتالية** بنفس الحوض طبقا لما يلي:

١. **الملىء (Fill):** يستغرق ٥٠ % من زمن الدورة الكلى، حيث يتم إضافة مياة الصرف الصحى للحوض والمتمثلة فى مياه الصرف المعالجة معالجة تمهيدية فقط (لا يوجد احواض ترسيب ابتدائية).

٢. **التفاعل أو التهوية (React/Aeration):** يستغرق من ٢٥ الى ٥٠ % من زمن الدورة الكلى، حيث يتم استكمال عملية التفاعل/التهوية (تحلل المادة العضوية والنيترة) والتى من الممكن ان تتم خلال مرحلة الملىء (طبقا لمتطلبات التصميم).

٣. **الترسيب (Settle):** يستغرق من ١٥ الى ٢٥ % من زمن الدورة الكلى، حيث يتم ترسيب المواد العالقة فى الجزء السفلى من الحوض وصعود مياه الصرف المعالجة الى الجزء العلوى من الحوض.

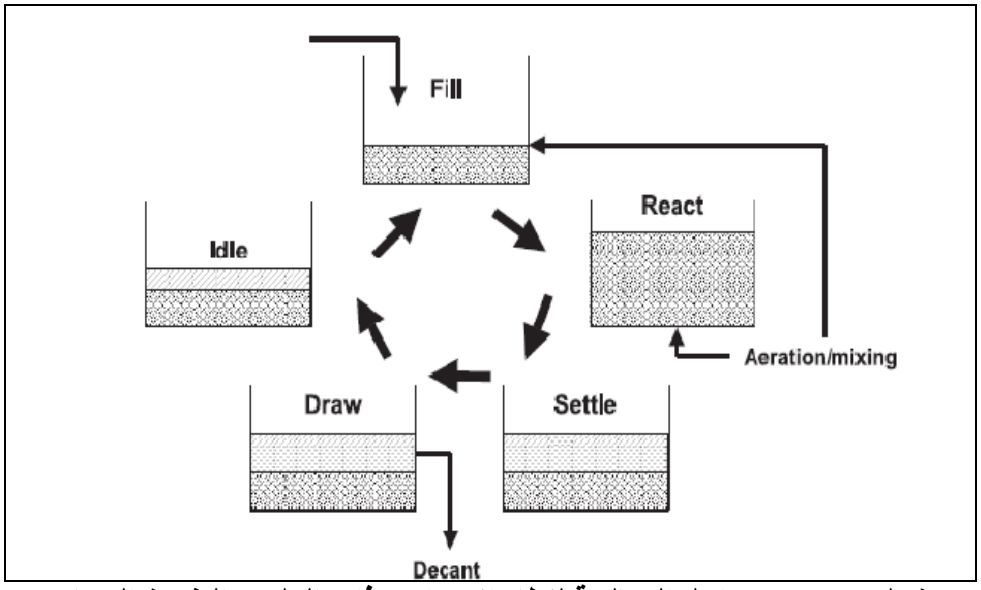
٤. **السحب (Decant):** يستغرق من ١٥ الى ٣٥ % من زمن الدورة الكلى، حيث يتم سحب المياه المعالجة من أعلى.

٥. **الخمول (Idle):** وتعتبر هذه المرحلة غير أساسية فى المعالجة ولكن تتيح الفرصة للاحواض الأخرى لتتم الدورة فى باقى الاحواض كما يتم خلالها سحب الحمأة الزائدة من أسفل الحوض.

ويتميز نظام المعالجة SBR سواء المتقطع او المستمر بعدم الحاجة لاعادة الحمأة النشطة الى الحوض لأن عمليتي التهوية والترسيب فى نفس الحوض الا فى حاله وجود حوض لاهوائى Selector قبل وحدة SBR وهو شائع الاستخدام، وفى هذه الحالة تكون الحمأة المعادة بمعدلات صغيرة فى حدود ٢٥% من معدل التصرف .

و يتم في هذا النظام إزالة المواد الكربونية و نيترة المواد النتروجينية وقد يمكن إزالة النتروجين والفسفور في حالة مرحلة تهوية (هوائية/متحد Anoxic).

ويوضح الشكل رقم (٣-١٧) مراحل المعالجة لنظام الاحواض ذات الملء والتفريغ المتتابع.



شكل (٣-١٧) مراحل المعالجة لنظام الاحواض ذات الملء والتفريغ المتتابع

- **أسس التصميم**

- زمن الدورة الكلى = ٦ – ١٢ ساعة
- تركز المواد العالقة عند الخلط التام = ٢٠٠٠ – ٥٠٠٠ ملجم/لتر
- نسبة المواد العضوية الى الكائنات المجهرية الدقيقة = ٠,٠٤ – ٠,١٥ كجم اكسجين حيوى ممتص/كجم مادة عضوية/يوم
- معامل الحمأة الحجمى = ١٥٠ – ١٨٠ ملجم/مل
- عمق الحوض = ٣ – ٦ م
- نسبة ازالة الاكسجين الحيوى الممتص = ٩٠ – ٩٨ %
- عمر الحمأة = ١٥ – ٣٠ يوم
- المنطقة بين حيز السحب والحمأة = ١٠ – ٢٠ % حجم حيز الترسيب

ثانياً: النمو الملتصق (Attached Growth)

١- المرشحات البيولوجية

- **الغرض منه**

المرشح البيولوجى (شكل ٣-١٨)عبارة عن حوض يحتوى على زلط بمقياس ثابت وغير متدرج تمر المياه من خلال مسامه حيث تلتصق البكتريا على الزلط (الوسط الترشيحى).

تقوم الأغشية الحيوية (طبقة البكتريا الملتصقة بالأجزاء الخارجية من الزلط) بامتصاص المواد العضوية الموجودة فى مياه الصرف وتحليلها، ومع نمو وتكاثر البكتريا الهوائية فإن سمك الغشاء يزداد وبالتالى فإن الأكسجين يتم استهلاكه قبل وصوله إلى داخل الغشاء وعندئذ تكون هناك بيئة لا هوائية قريبة من سطح الزلط، وبزيادة سمك الغشاء الحيوى فإن المواد العضوية التى تم أمتصاصها يتم أستهلاكها قبل وصولها الى البكتريا القريبة من سطح الزلط، ونتيجة لذلك فإن تلك البكتريا تكون فى مرحلة الموت وتفقد مقدرتها على الألتصاق، ومن ثم تسقط مع السائل ويبدأ بعدها فى تكوين طبقة أخرى من الاغشية الحيوية .... وهكذا.

أ. **المرشحات الزلطية (Trickling filters)**

أسس التصميم للمرشحات البيولوجية

م	المعامل	القيم التصميمة
أولاً: مرشحات المعدل البطئ (Low Rate)		
١-	الوسط الترشيحي	زلط
٢-	معدل التحميل السطحي (م^{٣}/م^{٢}/يوم)	١-٤
٣-	معدل التحميل العضوي (كجمBOD/م^{٣}/يوم)	٠,٠٧-٠,٢٢
٤-	نسبة الاعادة (%)	صفر
٥-	عمق مادة الترشيح (م)	١,٨-٢,٤
٦-	نسبة الازالة للمواد العضوية (BOD)(%)	٨٠-٩٠

٧-	درجة معالجة المياه الخارجة من المرشح	ازالة للمواد العضوية الكربونية فقط
٨-	الطاقة المطلوبة لتشغيل المرشحات (ك وات/١٠٠٠م^٣)	٤-٢
ثانياً: مرشحات المعدل المتوسط (Intermediate Rate)		
١-	الوسط الترشيحي	زلط
٢-	معدل التحميل السطحي (م^٣/م^٢/يوم)	١٠-٤
٣-	معدل التحميل العضوي (كجمBOD/م^٣/يوم)	٠,٤٨-٠,٢٤
٤-	نسبة الاعادة (%)	١٠٠-٠
٥-	عمق مادة الترشيح (م)	٢,٤-١,٨
٦-	نسبة الازالة للمواد العضوية (BOD)(%)	٨٠-٥٠
٧-	درجة معالجة المياه الخارجة من المرشح	ازالة للمواد العضوية الكربونية فقط
٨-	الطاقة المطلوبة لتشغيل المرشحات (ك وات/١٠٠٠م^٣)	٨-٢
ثالثاً: مرشحات المعدل السريع (High Rate) (وسط ترشيحى زلط اوكسر الحجارة)		
١-	الوسط الترشيحي	زلط
٢-	معدل التحميل السطحي (م^٣/م^٢/يوم)	٤٠-١٠
٣-	معدل التحميل العضوي (كجمBOD/م^٣/يوم)	٢,٤-٠,٤
٤-	نسبه الاعادة %	١٠٠ – ٥٠
٥-	عمق مادة الترشيح (م)	٢,٤-١,٨
٦-	نسبة الازالة للمواد العضوية (BOD)(%)	٩٠-٥٠
٧-	درجة معالجة المياه الخارجة من المرشح	ازالة للمواد العضوية الكربونية فقط
٨-	الطاقة المطلوبة لتشغيل المرشحات (ك وات/١٠٠٠م^٣)	١٠-٦
رابعاً: مرشحات المعدل السريع (وسط ترشيحي من المواد البلاستيكية) (High Rate) (الابراج البيولوجيه)		
١-	الوسط الترشيحي	بلاستيك
٢-	معدل التحميل السطحي (م^٣/م^٢/يوم)	٧٥-١٠
٣-	معدل التحميل العضوي (كجمBOD/م^٣/يوم)	٣,٢-٠,٦
٤-	نسبة الاعادة (%)	٤٠٠-٥٠
٥-	عمق مادة الترشيح (م)	٣-٢,١٢
٦-	نسبة الازالة للمواد العضوية (BOD)(%)	٩٠-٦٠

٧-	درجة معالجة المياه الخارجة من المرشح	ازالة للمواد العضوية الكربونيه فقط
٨-	الطاقة المطلوبة لتشغيل المرشحات (ك وات/١٠٠٠م^٣)	٦-١٠
خامساً: مرشحات التقشير المستمر (Roughing)		
١-	الوسط الترشيحي	زلط أو بلاستيك
٢-	معدل التحميل السطحي (م^٣/م^٢/يوم)	٤٠-٢٠٠
٣-	معدل التحميل العضوي (كجمBOD/م^٣/يوم)	١,٥<
٤-	نسبة الاعادة (%)	٠-٢٠٠
٥-	عمق مادة الترشيح (م)	٠,٩-٦
٦-	نسبة الازالة للمواد العضوية (BOD)(%)	٤٠-٧٠
٧-	درجة معالجة المياه الخارجة من المرشح	ازالة للمواد العضوية الكربونية فقط
٨-	الطاقة المطلوبة لتشغيل المرشحات (ك وات/١٠٠٠م^٣)	١٠-٢٠

نسب الاعادة للمرشحات ذات المعدل السريع

تركيز الملوثات العضوية في المياه الداخلة للمرشح (ملجم/لتر)	نسبة الاعادة (%)	
	مرحلة واحدة	مرحلتين
حتى ١٥٠	٥٠ -١٠٠	٥٠
١٥٠-٣٠٠	١٠٠-٢٠٠	١٠٠
٣٠٠-٤٥٠	٣٠٠	١٥٠
٤٥٠-٦٠٠	٤٠٠	٢٠٠

كفاءة المعالجة بالمرشحات الزلطية

$$E_T = E_{20}\theta^{(T-20)}$$

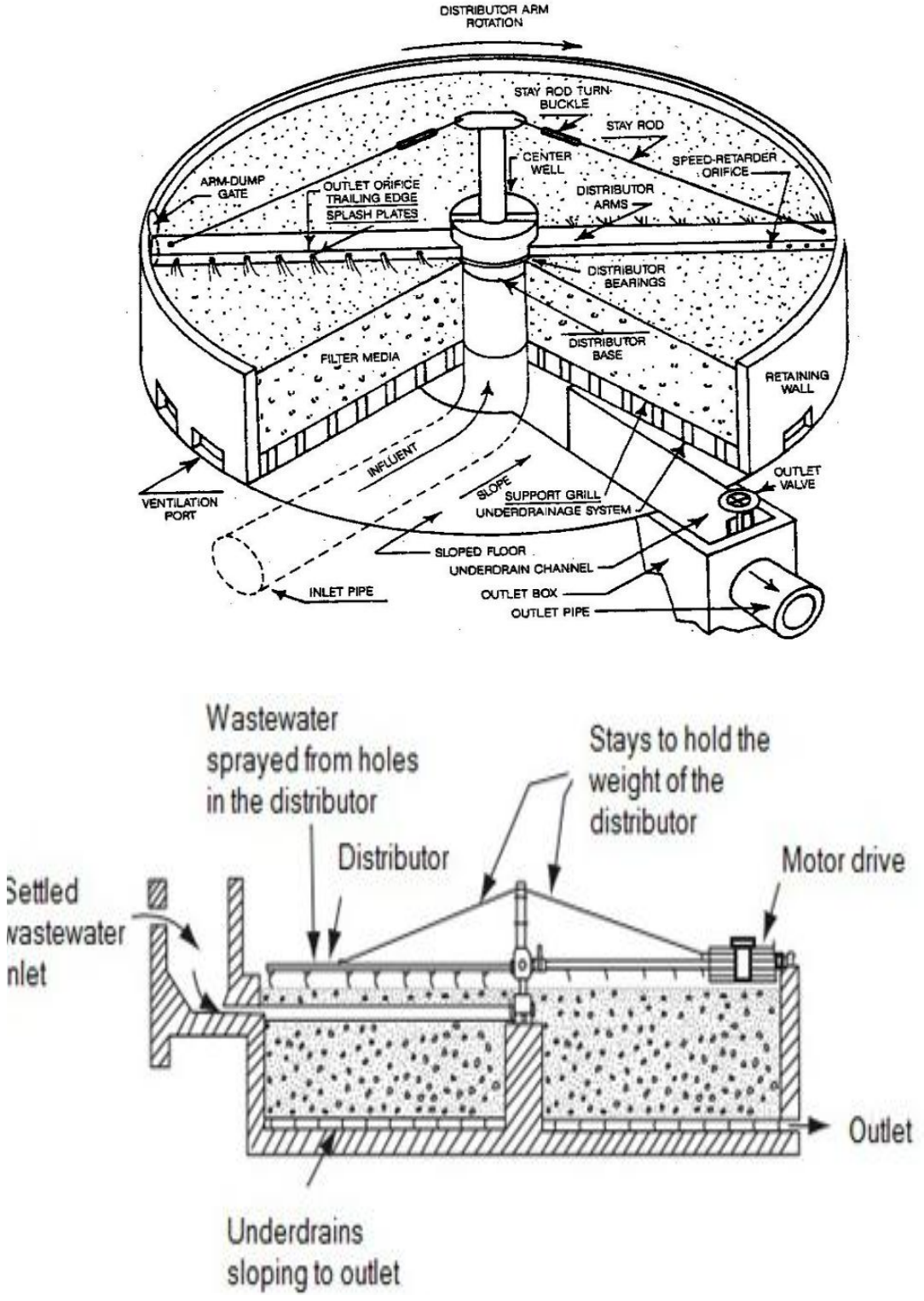
كفاءة المعالجة عند أي درجة حرارة	E_T =
كفاءة المعالجة عند درجة حرارة ٢٠	E_{20} =
ثابت درجة الحرارة = ٠٣٥.١	θ =
درجة الحرارة	T

$$E_1 = \frac{100}{1 + 0.0085(W/VF)^{0.5}}$$

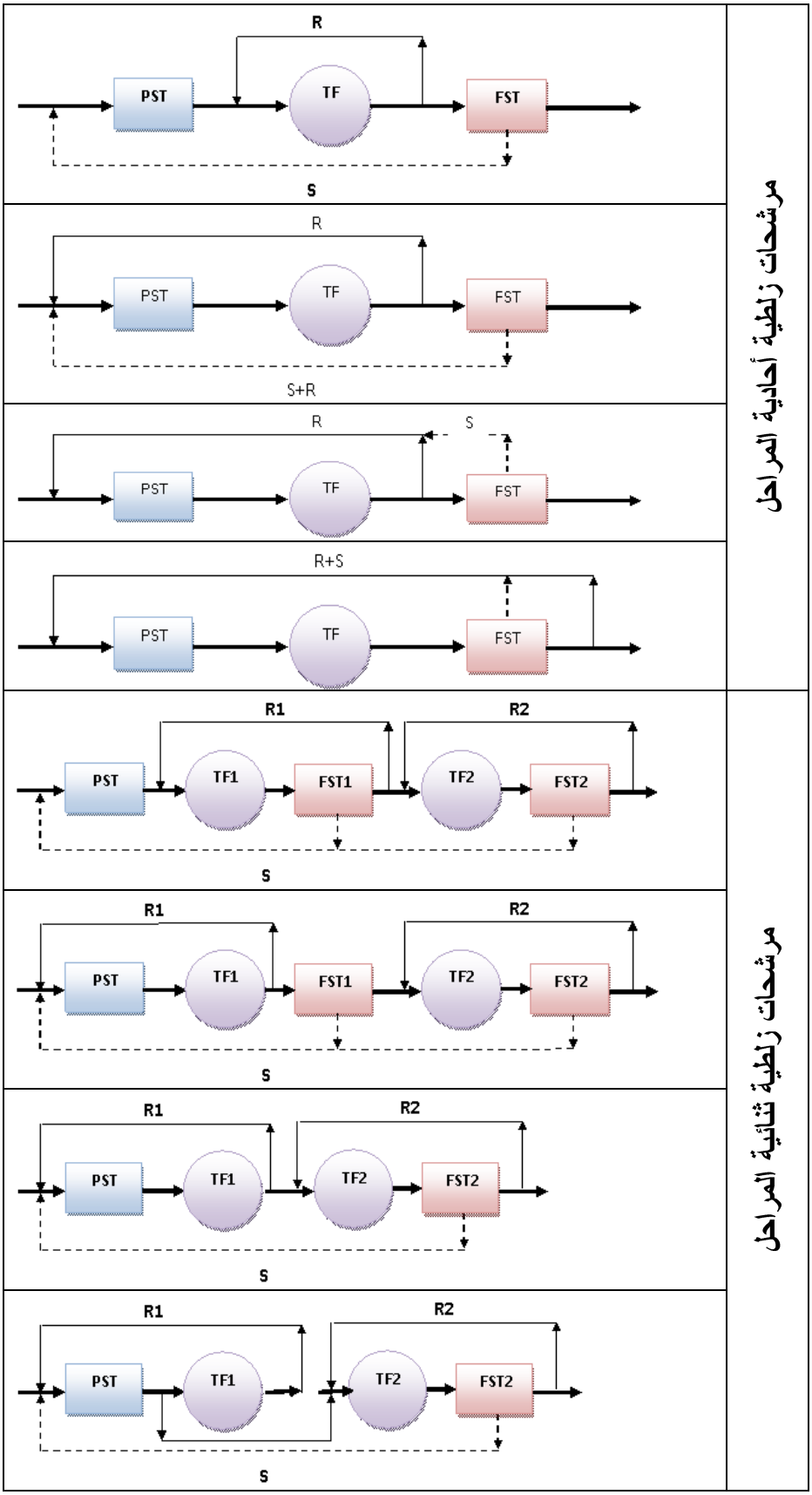
$$E_2 = \frac{100}{1 + \frac{0.0085}{1 - E_1 (W'/VF)^{0.5}}}$$

$$F = \frac{1 + R}{(1 + 0.1R)^2}$$

المعامل	الوحدة	التعريف
E_1	%	نسبة الازالة للمواد العضوية للمرحلة الأولى (عند درجة حرارة ٢٠م)
W	كجم/يوم	معدل التحميل العضوي على المرشح للمرحلة الأولى
V	م^3	حجم الوسط الترشيحي
F		معامل تدوير المياه
R		نسبة اعادة مياه الصرف الصحي للتصرف الكلي الداخل للمرشح
E_2	%	نسبة الازالة للمواد العضوية للمرحلة الثانية (عند درجة حرارة ٢٠م)
W'	كجم/يوم	معدل التحميل العضوي على المرشح للمرحلة الثانية



شكل (٣-١٨) تفاصيل المرشح الزلطى


مرشحات زلطية أحادية المراحل
R
PST
TF
FST
S
R
PST
TF
FST
S+R
R
S
PST
TF
FST
R+S
PST
TF
FST
مرشحات زلطية ثنائية المراحل
R1
R2
PST
TF1
FST1
TF2
FST2
S
R1
R2
PST
TF1
FST1
TF2
FST2
S
R1
R2
PST
TF1
TF2
FST2
S
R1
R2
PST
TF1
TF2
FST2
S

ب. الابراج البيولوجية

هى مرشحات بيولوجية رأسية، تمتاز بصغر المساحة السطحية لها وأعماقها الكبيرة ، مما يساعد على زيادة المساحة السطحية للوسط الترشيحى والذى بدوره يؤدى الى زيادة الفترة الزمنية لتلامس مياه الصرف مع الوسط الترشيحى، مما يزيد من كفاءة أكسدة المواد العضويه وبالتالى إزالتها .

وغالبا ما يكون الوسط الترشيحى من البلاستيك، حيث يوضع البلاستيك فى المرشح على صورة "الواح او شرائح"، ويتراوح عمق الابراج البيولوجية ما بين ٣ – ١٢ مترا. ويتم رش المخلف "مياه الصرف" من أعلى البرج عن طريق أذرع دوارة تتحرك ميكانيكيا، وتجميعه من اسفل "كالمرشحات البيولوجية الزلطية". مع العلم ان أداء الابراج البيولوجية يتأثر بشكل كبير بدرجة الحرارة.

والمعالجة البيولوجية باستخدام الابراج البيولوجية يجب أن تسبق بأحواض ترسيب ابتدائية "معالجة ابتدائية"، على انه يجب وضع غرفة طلمبات قبل الأبراج البيولوجية بغرض رفع مياه الصرف الى أعلى البرج مع وجود ضاغط متبقى فى حدود (٢-٣ متر) لخروج المياة وتوزيعهاعلى الوسط الترشيحى.

وهناك اسلوبان لتشغيل الابراج البيولوجية، إما بدون إعادة من أحواض الترسيب النهائية، أو باعادة جزء من السيب النهائى الخارج من أحواض الترسيب النهائى الى الأبراج البيولوجية "مثل المرشحات البيولوجية الزلطية".

- **<u>التصميم الهيدروليكى</u>**

تستخدم معادلات إكنفلدر (Eckenfelder) لتصميم الابراج البيولوجية.

١. بدون اعادة

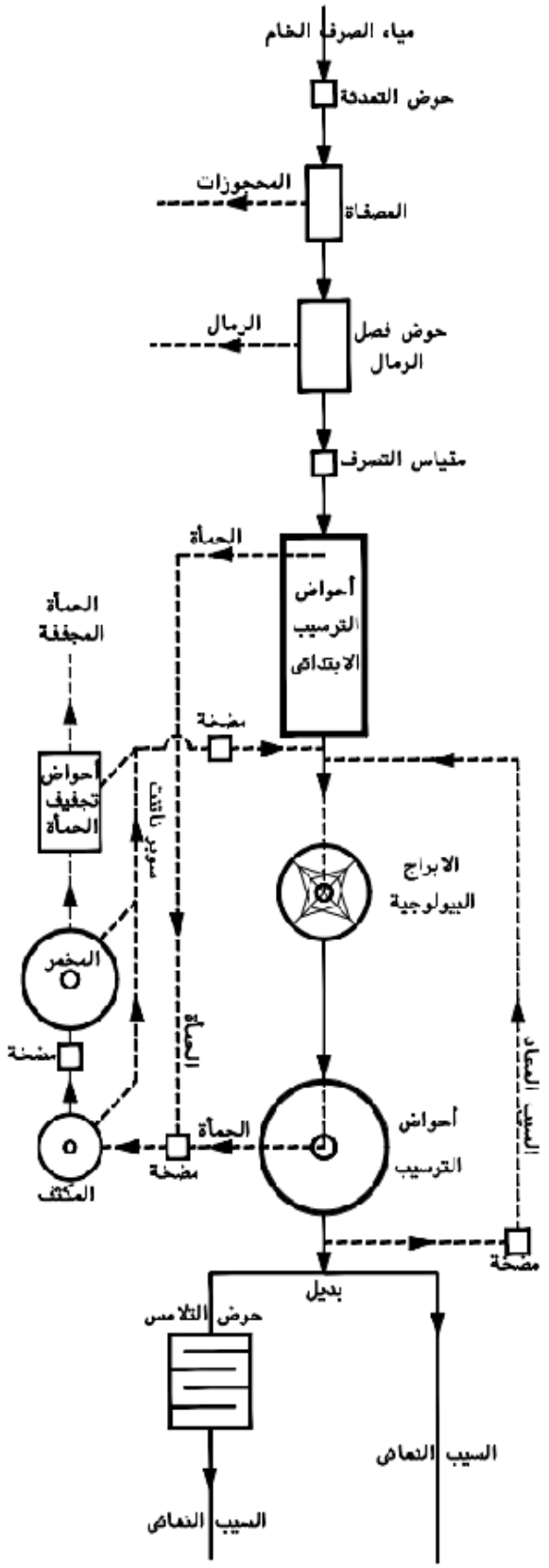
$$\frac{S_e}{S_o} = e^{(\frac{-K_T D}{Q_l^n})}$$

٢. بإعادة

$$\frac{S_e}{Sa} = \frac{e^{(\frac{-K_T D}{Q_l^n})}}{(1+R) - R * e^{(\frac{-K_T D}{Q_l^n})}}$$

حيث:

S_e	الأحتياج الاكسجين الحيوى الممتص لمياه الصرف الخارجة من احواض الترسيب النهائى(mg/l)	
S_o	الأحتياج الاكسجين الحيوى الممتص لمياه الصرف الداخلة على المرشح (mg/l)	
S_a	$= (S_o + R*S_e) / (1 + R)$ (mg/l)	
K_T	$K_L (20) * (1.035)^{(T-20)}$ min.$^{(-1)}$	$K_L(20) = 0.06$ min.$^{(-1)}$
D	عمق طبقة الترشيح (m)	
Q_l	$= (Q_{in} + Q_R) / As$	الحمل الهيدروليكى على المرشح (m^3/m^2/min)
n	معامل يتوقف على نوع مادة طبقة الترشيح = ٠،٥ للبلاستيك	
R	نسبة الاعادة = Q_R / Q_{in} =	
Q_{in}	التصرف التصميمى للمحطة = Q_d = m^3/min	
Q_R	التصرف المعاد للمرشح m^3/min	
A_S	المساحة السطحية للمرشح = $N(\pi/4)*\Phi^2$ m^2	
N	≥ 2 filters	عدد الأبراج



شكل (٣-١٩) نظام معالجة مياه الصرف الصحى بالابراج البيولوجية

٢- الاقراص البيولوجية الدوارة (RBC)

تتكون من اقراص دائرية خفيفة الوزن تدور بسرعة بطيئة مغمورة لمنتصفها تقريبا فى حوض به مياه الصرف الصحى، وتصنع هذه الأقراص عادة من انواع معينة من البلاستيك (Polythene، PVC، Polystyrene) ويتم تشكيل قاع الحوض بحيث يمنع وجود مناطق ميته او ساكنه

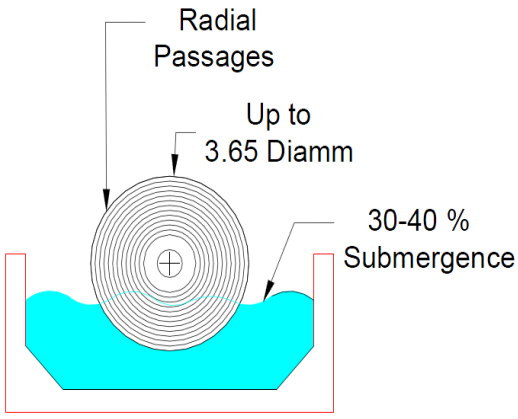
اثناء التشغيل تكون الاقراص مغمورة غمر جزئى (≤ ٤٠% من قطر الاقراص) الى اسفل عامود الدوران المثبت فى مركز الاقراص بحيث ينغمر حوالى ٤٠% من مساحة سطحها فى مياه الصرف الصحى اثناء الدوران إلا انه نتيجة لهذا الدوران فأن جميع أسطح الأقراص الدوارة تتكون عليها طبقة بيولوجية تقوم بعملية المعالجة مع غمر الأقراص فى مياه الصرف الصحى ثم تعرضها للجو مبتلة بقطرات من المياه للحصول على الأكسجين المطلوب للمعالجة الهوائية. ويوضح الشكل رقم (٣-٢٠) الأقراص البيولوجية الدوارة

أسس تصميم الاقراص البيولوجية الدوارة:

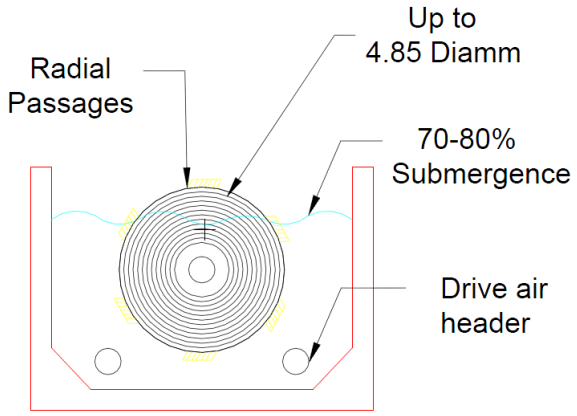
م	المعامل	القيم التصميمة
أولاً: لإزالة المواد العضوية الكربونية		
١-	معدل التحميل السطحي (م^3/م^2.يوم)	٠,٠٨-٠,١٦
٢-	معدل التحميل العضوي (جم BOD/م^2.يوم)	٨-٢٠
٣-	زمن البقاء (ساعة)	٠,٧ – ١,٥
ثانياً: لإزالة المواد العضوية الكربونية والنيتروجينية		
١-	معدل التحميل السطحي (م^3/م^2.يوم)	٠,٠٣- ٠,٠٨
٢-	معدل التحميل العضوي (جم BOD/م^2.يوم)	٥-١٦
٣-	زمن البقاء (ساعة)	١,٥-٤

أبعاد الوحدات

م	المعامل	القيم التصميمة
أولاً: المرشحات الدوارة التقليدية		
١-	قطر الأقراص (م)	حتى ٣,٥٠
٢-	طول الأقراص الدوارة (م)	حتى ٧,٥٠
٣-	نسبة الغمر في مياه الصرف الصحي (%)	٣٥-٤٠
٤-	معدل دوران الأقراص (لفة/دقيقة)	١-١,٦
٥-	معدل استهلاك الطاقة الكهربائية (ك وات /لكل عامود ادارة)	٣,٧-٥,٦
ثانياً: الاقراص الدوارة المغمورة		
١-	قطر الأقراص (م)	حتى ٤,٨٥
٢-	طول الأقراص الدوارة (م)	حتى ٧,٥٠
٣-	نسبة الغمر في مياه الصرف الصحي (%)	٧٠-٩٠
٤-	معدل دوران الأقراص (لفة/دقيقة)	١-١,٦
٥-	معدل استهلاك الطاقة الكهربائية (ك وات /لكل عامود ادارة)	٣,٧-٥,٦



الاقراص البيولوجية الدوارة التقليدية



الاقراص البيولوجية الدوارة المغمورة المهواه والمزودة بنواقيس هواء

شكل (٣-٢٠) الأقراص البيولوجية الدوارة

كفاءة عملية المعالجة

$$S_n = \frac{-1 + \sqrt{1 + (4)(0.00974)\left(\frac{A_S}{Q}\right) S_{n-1}}}{(2)(0.00974)\left(\frac{A_S}{Q}\right)}$$

المعامل	الوحدة
S_n	مج/ل
A_S	م^2
Q	م^3/يوم

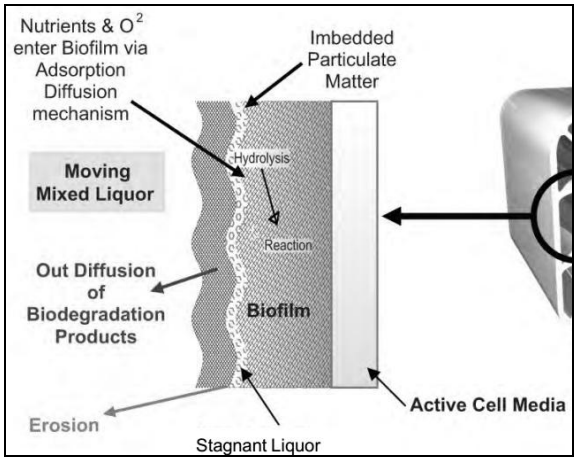
ثالثاً: عمليات معالجة مختلطة Hybrid

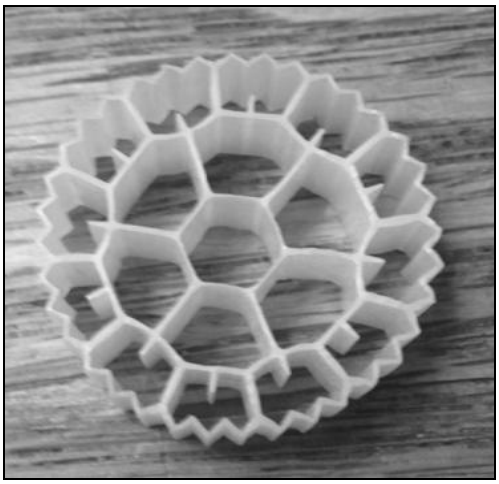
* **المعالجة باستخدام الوسط العائم** MBBR (Moving Bed Bio-Reactor System)

تعتمد فكرة نظام المعالجة البيولوجية المدمج (MBBR) على الجمع ما بين النمو العالق والنمو الملتصق للبكتريا فى نفس حوض التهوية مما يؤدى الى زيادة تركيز البكتريا الموجودة بالحوض بشكل كبير (الضعف تقريبا) والذي بدوره يساعد على رفع الحمل العضوى المسموح به والذى يمكن ان يتحمله الحوض بنفس الابعاد.

ويتم ذلك من خلال اضافة مواد من البلاستيك او البولى ايثلين أو اى نوعية مواد اخرى تسمى (Mobile Biofilm Carriers) أو (Active Cell Media) تعمل كطبقة خاملة تلتصق عليها البكتريا (فكرة المرشحات البيولوجية) بالاضافة الى البكتريا العالقة بالمياه بالحوض والموجودة على هيئة MLSS مما يساعد على زيادة تركيز الوسط البكتيرى فى الحوض بشكل كبير.

وتكون المواد التى تضاف الى حوض التهوية مصنعة بشكل هندسى معين وبكثافة معينة ومصممة لتطفو الى سطح احواض التهوية حاملة طبقة البكتريا الملتصقة عليها (Bacterial Film) حتى فى حالة انقطاع الهواء عن الحوض. ويوضح الشكل رقم (٣-٢١) أحد الأشكال التي تضاف الي أحواض التهوية





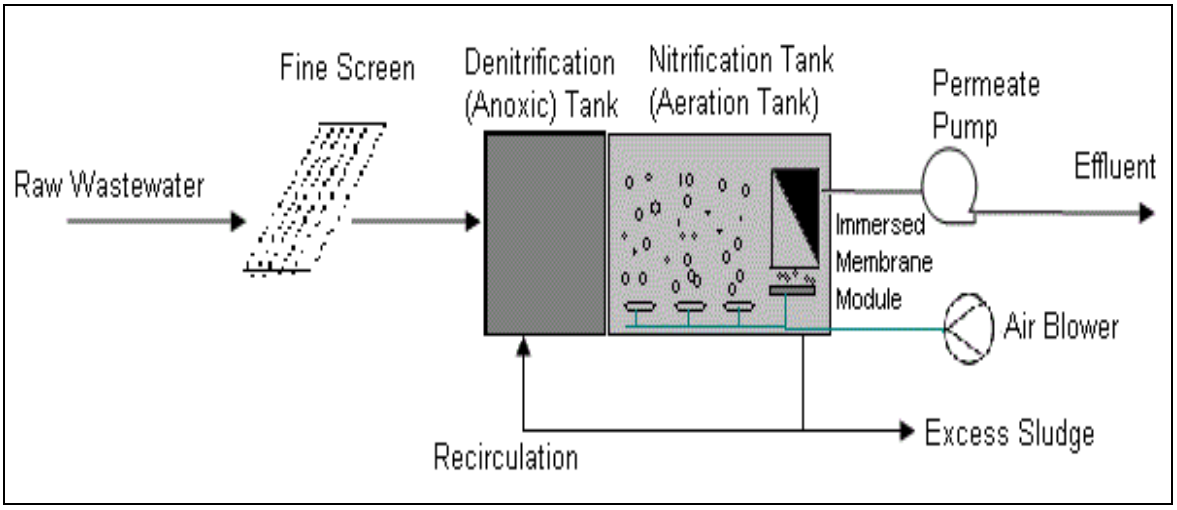
شكل (٣-٢١) أحد اشكال المواد التى تضاف الى احواض التهوية

أسس التصميم

م	المعامل	القيم التصميمة
1-	معدل التحميل العضوي (كجم BOD/م^3.يوم)	١,٥-٤,٥
2-	زمن البقاء (ساعة)	٢-٨
٣-	MLSS (جم/م^3)	٢٥٠٠-٦٠٠٠
٤-	حجم الهواء المطلوب (م^3 هواء/كجم BOD)	٥٠-٦٠
٥-	المساحة السطحية للوسط العائم(Biofilm carrier elements) (م^2/م^3)	٢٠٠ -٦٨٠

* **المعالجة باستخدام نظام الأغشية** MBR– (Membrane Bioreactor System)

هو عبارة عن نظام معالجة الحمأة التقليدى مع عمليه فصل المياه عن المواد الصلبه العالقة باستخدام أغشية شبه منفذه. وهو مناسب للتطبيق في حالة التصرفات المنزلية والصناعية. ويتميز هذا النظام بأنه لايوجد أحواض ترسيب نهائى وبالتالي تكون مساحة المحطة أقل مايمكن والسيب النهائى يكون عالى الجودة (الأكسجين الحيوي الممتص ≥ ٥ ملجم/لتر، نسبة إزالة عالية جدا للفيروسات) بحيث يكون ملائم لإعادة إستخدام المياه. ويوضح الشكل رقم (٣-٢٢) المعالجة باستخدام نظام الأغشية



شكل (٣-٢٢) نظام المعالجة بالاغشية (MBR)

٩-أسس التصميم لاحواض الترسيب النهائية

المعامل الحجمي للحمأة (SVI)=

حجم الحمأة الترسبة في ٣٠ دقيقة (ملل/ل) ×١٠٠٠(ملجم/جم)

تركيز المواد الصلبة الكلية للعينة (*MLSS*) (ملجم/ل)

خصائص الترسيب للحمأة	قيمة المعامل الحجمي للحمأة (*SVI*)
حمأة ذات خصائص ترسيبية ممتازة	SVI<100
حمأة ذات خصائص ترسيبية مقبولة	SVI=100-150
حمأة ذات خصائص ترسيبية سيئة و مؤشر على نمو البكتيريا الشريطية الغير مرغوب فيها	SVI>150

٩-أسس التصميم لأحواض الترسيب النهائية

م	المعامل	القيم التصميمة
أولاً: احواض ترسيب نهائية تعقب أحواض معالجة بيولوجية بالتهوية بالهواء (ماعدا التهوية الممتدة)		
١-	معدل التحميل السطحي (م^{٣}/م^{٢}/ي)	
-	في حالة التصرف المتوسط	١٦-٢٨
-	في حالة تصرف الذروة	٤٠-٦٤
٢-	معدل تحميل المواد الصلبة (كجم/م^{٢}.ساعة)	
-	في حالة التصرف المتوسط	٤-٦

م	المعامل	القيم التصميمة
–	في حالة تصرف الذروة	٨
٣–	عمق الحوض	٦–٣,٥
ثانياً: احواض ترسيب نهائية في حالة وجود أحواض (Selector) وإزالة بيولوجية للفسفور والنيتروجين		
١–	معدل التحميل السطحي (م^{٣}/م^{٢}/س)	
–	في حالة التصرف المتوسط	٢٨–١٦
–	في حالة تصرف الذروة	٦٤–٤٠
٢–	معدل تحميل المواد الصلبة (كجم/م^{٢}.ساعة)	
–	في حالة التصرف المتوسط	٨–٥
–	في حالة تصرف الذروة	٩
٣–	عمق الحوض	٦–٣,٥
ثالثا: احواض ترسيب نهائية تعقب أحواض معالجة بيولوجية بالتهوية الممتدة		
١–	معدل التحميل السطحي (م^{٣}/م^{٢}/ي)	
–	في حالة التصرف المتوسط	١٦–٨
–	في حالة تصرف الذروة	٣٢–٢٤
٢–	معدل تحميل المواد الصلبة (كجم/م^{٢}.ساعة)	
–	في حالة التصرف المتوسط	٥–١
–	في حالة تصرف الذروة	٧
٣–	عمق الحوض	٦–٣,٥

١٠-إضافة الكلور

للقضاء علي البكتريا الناقلة للأمراض في مياه الصرف الصحي المعالجة، تضاف جرعات من الكلور (٥–٢٠مجم/ لتر) الي هذه المياه قبل صرفها حيث تبقي هذه المياه مدة مكث من ١٠–٣٠ دقيقة باحواض للتلامس لضمان تفاعل الكلور مع البكتريا والقضاء عليها.

- **ويلزم لذلك توريد وتركيب المهمات التالية:**

١٠-١ اجهزة الكلور

تكون أجهزة الكلور من النوع الذى يركب علي الأرض او على الحائط والذي يعمل بالتفريغ وتكون جميع التوصيلات والمواسير دائما تحت التفريغ (ضغط جوي سالب)، ويزود الجهاز بمحبس آمان لإزالة الضغط الزائد إذا تكون داخل الجهاز، وتكون جرعة الكلور حوالي ٥ جرام للمتر المكعب ويمكن زيادتها حتى ٢٠ جرام للمتر المكعب عند الضرورة .

١٠-٢ طلمبات تشغيل حاقن الكلور

هذه الطلمبات تعمل علي رفع ضغط المياه داخل الحاقن وبالتالي سحب الكلور من إسطوانات الكلور وحقنها داخل حوض التلامس.

١٠-٣ أجهزة معادلة الكلور المتسرب

التهوية العادية : يتم إنشاء مخزن لاسطوانات الكلور بحيث يكون كافي لتخزين العدد المطلوب من إسطوانات الكلور وتزويد المخازن بمراوح شفط لتهويتها خلال ساعات العمل العادية .

في حالة تسرب الكلور : تتوقف التهوية العادية وتبدأ شفاطات الهواء في العمل بمعدلات كبيرة لسحب الهواء الملوث بالكلور ودفعه إلي برج المعادلة . يزود مخزن الكلور وحجرة الأجهزة بمراوح لشفط الهواء الملوث بالكلور ودفعه الي برج معادلة الكلور المتسرب .

كما يزود المخزن والحجرة المركب بها أجهزة حقن الكلور بأجهزة إنذار مرئي وصوتي للتنبيه في حالة حدوث تسرب للكلور، وفي هذه الحالة يتم تشغيل أجهزة التعادل أوتوماتيكيا عند ارتفاع نسبة الكلور بالهواء عن الحدود المقررة

١٠-٤ أحواض التلامس (الكلور)

تختلف كمية الكلور المحقونة من وقت لآخر باختلاف مدة المزج وخواص مياه الصرف الصحي المعالجة ومقدار الأس الهيدروجيني ودرجة الحرارة .

وتكون احواض التلامس عبارة عن احواض من الخرسانة المسلحة المقاومة للكبريتات ومن الممكن ان تكون مغطاة او مكشوفة وتتحدد أبعادها بحيث تسمح بمدة تلامس مقدارها ١٠–٣٠ دقيقة . وبصفة عامة يفضل التصميم على أساس CT (التركيز × الزمن)

وطبقا للمعادلة التالية:

$N_t = N_o (1+0.23\ CT)$

N_t = No. of fecal coli-form after time T = 3000 or as per standards

N_o = No. of fecal coli-form at influent to contact tank = $6x10^8$ or as per lab analysis.

T = 10 to 30 minutes as per the design

C= Chlorine dose ppm

رابعاً : بحيرات الأكسدة Stabilization Ponds

١- الغرض من الوحدة

تتم معالجة المخلفات السائلة فى هذه البحيرات بطريقة طبيعية تعتمد على نشاط مشترك تقوم به الطحالب والبكتريا بالإستعانة بأشعة الشمس وبعض العناصر الموجودة أصلا فى المخلفات السائلة حيث تستخدم البكتريا الهوائية الإكسجين الذائب فى المياه لأكسده المواد العضوية وينتج من هذه الأكسدة مواد عضوية مثبته وثاني أكسيد الكربون ، والطحالب بدورها تستخدم ثاني أكسيد الكربون مع بعض الأملاح فى عمليه التمثيل الضوئي بمساعدة أشعة الشمس وتعطي أكسجين وهو من إحتياجات البكتريا.

ومعني ذلك ان كل من الطحالب والبكتريا تعطي للآخر ما تحتاجه ، ويكون النشاط البكتيري أكبر ما يمكن فى الطبقات السطحية من المياه والتى تصل اليها أشعة الشمس وتكون هذه الطبقات بها تركيزات عالية من الأكسجين الذائب أثناء النهار ، أما فى خلال ساعات الليل فينعكس نشاط الطحالب وتبدأ فى إستهلاك الأكسجين الذائب فى المياه وإعطاء ثاني أكسيد الكربون الأمر الذي يتسبب فى نقص الإكسجين الذائب فى المياه او إختفاؤه.

ويتم تثبيت المواد العضوية بواسطة التفاعلات الهوائية واللاهوائية معا ، فالطبقات العليا التى يمكن ان تنفذ خلالها أشعة الشمس تنشط فيها الطحالب وتعطي المياه أكسجين ذائب تستخدمه البكتريا الهوائية فى تثبيت المواد العضوية اما الطبقات السفلي من البحيرات

والتى لا تصل اليها أشعة الشمس فهي أيضا منطقة ترسب فيها المواد العالقة وينشط فيها التفاعلات اللاهوائية لتثبيت المواد العضوية بهذه الرواسب .

وعلى ذلك فلا يتم تثبيت المواد العضوية فى الطبقات السطحية فقط ولكن نسبة من هذه المواد يتم تثبيتها بواسطة البكتريا اللاهوائية . وتلعب الطبقة السطحية الغنية بالاكسجين دورا هاما إضافيا علاوة على الأكسدة الهوائية للمواد العضوية بها وهو التحكم فى نواتج التفاعلات اللاهوائية التى تحدث فى القاع ومنها الروائح الكريهة والأحماض العضوية.

٢- البحيرات اللاهوائية Anaerobic Ponds

تستقبل مياه الصرف الخام الخارجه من المصافى بمدخل المحطه وتصل كفاءتها فى ازاله الاحتياج الاكسوجينى الحيوي من المياه الداخله بنسبة تتراوح بين ٥٠- ٧٠٪ نتيجه لترسيب المواد العالقه العضويه وتحللها لاهوائيا. يتراوح عمق المياه الكلي شامل حيز ترسيب الرواسب بين ٤-٦متر ويؤخذ ٥متر والعامل المؤثر فى تصميم هذه البحيرات هو درجة الحرارة ، مدة المكث بالبحيرات يتراوح من ٣-٥ أيام حتي لا تتحول البحيرات الى (هوائية/لاهوائية) ، وفي هذه البحيرات يزيد نشاط البكتريا اللاهوائية وينتج من تحليل المواد العضوية بالقاع غاز المثيان وثاني اكسيد الكربون التى تساعد على تحريك ومزج الرواسب الا أن هذه الغازات تحمل معها لسطح البحيرات المواد المترسبة والتى يجب منع هروبها مع المياة الخارجة من البحيرات من خلال الحوائل قبل هدارات الخروج وكذلك تتكون طبقة من المواد الطافية على سطح البحيرة قد تكون مصدر للذباب الا انها تمنع الروائح الكريهة من الانتشار.

٣- بحيرات أكسدة هوائية /لاهوائية (إختيارية) Facultative Ponds

تنشأ هذه البحيرات بعمق يتراوح بين ١,٥ الى ٢,٥ متر ويؤخذ عادة ١,٥ - ٢متر وبمساحة كبيرة تسمح ببقاء المياه فيها لعدة أيام يتم خلالها أكسدة للمواد العضوية تقوم بها الكائنات الحية الدقيقة وتساعد فيها الخلايا الطحلبية التى تمد الطبقات العليا للمياه بالأكسجين بالإستعانة بأشاعة الشمس فى عمليه تسمى بالتمثيل الكلوروفيلي.

ويتم تثبيت المواد العضوية بواسطة البكتريا الى مواد غير عضوية مثبته وخلايا طحلبية تخرج فى مياه المجاري المعالجة وسميت هذه الوحدات بحيرات هوائية /لاهوائية لان الطبقات السفلي ترسب فيها المواد الصلبة الرسوبية التى تقع تحت تأثير النشاط اللاهوائي فى حين أن الطبقات العلوية تقع تحت تأثير النشاط الهوائى حيث تصل أشعة الشمس لهذه الطبقات فتنمو الطحالب التى تعطي أكسجينا ذائبا فى هذه المنطقة.

٤- بحيرات النضج (إتمام الأكسدة) Maturation or Polishing Ponds

تستخدم هذه البحيرات لتحسين خواص المخلفات من الناحية البكتريولوجية والكيميائية وخاصة البكتريا الضارة والفيروسات الموجودة بالمخلفات السائلة ويتراوح عمق المياه بها من ١–١,٥ متر حيث أن معدل القضاء على البكتريا الضارة يكون أكبر فى العمق الأصغر نظرا لفاعلية الشمس ومدة المكث بها لا تقل عن ٦ أيام وتكون عبارة عن ثلاثة وحدات مدة المكث فى كل وحدة يومين.

ولضمان القضاء على بويضات الأسكارس والنيماتودا يفضل الا تقل مدة المكث الكلية فى البحيرات اللاهوائية والأختيارية والأنضاج عن ٢٢ يوم.

٥- العوامل المؤثرة على المعالجة بطريقة برك الأكسدة

تتباين العوامل المؤثرة على المعالجة بنظام برك الأكسدة حيث توجد عوامل تؤثر تأثير ضاراً أو حسنا على الظروف الهيدروليكية والبيولوجية التى تمر بها مراحل المعالجة وبعض الأخر ليس فى مقدرة المصمم او القائم على التشغيل التحكم فيها وهذه العوامل هى :

٥-١- عوامل طبيعية

وهى عوامل لايمكن التحكم فيها بواسطة الإنسان، وتشمل أساسا الظواهر الجوية، كالرياح ودرجة الحرارة وسقوط الأمطار والبخر وأشعة الشمس.

الريـــــاح

يراعى ان لايكون اتجاه الرياح السائدة تجاه التجمع السكنى او مناطق تجمع السكان ، وذلك لتجنب مشاكل الرائحة ، وتعتبر الرياح مفيدة فى عملية المعالجة حيث تقوم بنقل الأكسجين من السطح الى طبقات المياه الأعمق.

ويمكن الاستفادة من الرياح السائدة فى عملية المزج ، ويفضل ان يكون الضلع الطولى للبركة فى اتجاه الرياح السائدة ، وفى حالة الرياح العاتية والتى يتولد عنها أمواج عالية مما يتسبب فى نحر الجسور المحيطة بالبركة، يجب تكسية الميول أعلى وأدنى من منسوب المياه فى البركة لمنع النحر والتآكل .

درجـــــة الحـــــرارة

يحدث تثبيت في مخلفات مياه الصرف الصحى نتيجة تفاعلات طبيعية وكيميائية وبيولوجية وكلها تتأثر تأثرا واضـــحا بدرجة الحرارة . وفي برك الأكسدة الطبيعية والتي تعتمد علي نـــظام التمثيل الضـــوئي والغذائي لـــخلايا الكـــائنات الحية الدقيقة، فإن درجـــات الحرارة العاليـــة (اكبر من ٢٠ درجة) تزيد مـــن معدل التمثيل الضوئي و الغذائي ، إلا انـــه ينخفض بسرعة كبيرة عند درجـــات حرارة اعلي مـــن ٣٥ درجة إلى ٤٥ درجة حيث يكون التغير فـــي معدل التمثيل الضوئي بعد درجة حـــرارة ٤٥ درجة لا يذكر .

وفـــي المعالجة باستخدام برك الأكسدة الطبيعية التي تعتمد علي نـــمو الطحالب والتمثيل الضوئي ودرجات الحـــرارة، فـــإن فى درجات الحـــرارة العالية ينشط نمو الطحالب الزرقاء الخضراء بدرجة واضحة لتحل محل الطحالب الخضراء الأكثر كفاءة فـــي أعمال المعالجة، وفي نفس الوقت فـــإن البكتريا الهوائية تستهلك الأكسجين بكميات أعلى، كما أن انـــخفاض درجات الحـــرارة المفاجئ يعمل علي إبطاء نـــمو الطحالب وبالتالي انـــخفاض في إنتاج الأكسجين وزيـــادة في النيتروجين والامونيا في المياه الخـــارجية من البرك.

الأمطـــــــار

تعتبر الأمطار الخفيفة و المتوسطة ليست ذات تأثير يذكر علي عملية المعالجـــة، أمـــا فـــي حالة سقوط الأمطار الغزيرة فـــإن ذلك يؤدي إلى تخفيف في تركيزات مياه الصرف الصحـــي، وتقل مدة المكث في عملية المعالجة كما يؤدي إلى زيادة كمية الأكسجين الذائب ، نتيجة احتواء مياه الأمطار علي أكسجين مذاب .

الإشـــــعاع الشـــمســـــي

يعتبر الإشعاع الشمسي عاملا مهما جدا في عملية المعالجة بنظام برك الأكسدة الطبيعية، حيث إن شدة الإشعاع الشمسي يؤدي إلى تولد أكسجين نتيجة للتمثيل الضوئي للطحالب وذلك إلى حد التشبع ، بعد ذلك لا يؤدي شدة الإشعاع إلى إنتاج كميات اكثر من الأكسجين.

البخـــــــر

يجب مراعاة عامل البخر في المناطق القاحلة شديدة الحرارة عند أعـــمال التصميم، حيث يؤدي ذلك إلى تركيز للمواد الصلبة ويؤثر علي مدة المكث، وإلى ارتفاع في تركيز الملوحة والمواد العضوية، كما يؤدي في حالات معـــدلات البخر العالية إلى انخفاض ملموس في أعـــماق البرك، ويؤدي إلى ظهور نباتات مائية علي أسطح الجسور المائلة.

التســـــــرب

يجب عمل مسح لخصائص التربة في موقع عملية المعالجة للوقوف على خصائص النفاذية ودرجة المسامية للتربة. حيث تؤثر هذه المعلومات وتتيح للمصمم الوقوف على نوعية تبطين القاع وجوانب الجسور، كما يساعد ذلك علي تحديد التربة المناسبة لإنشاء الجسور حول البرك، كما أن معرفة مسامية التربة ودرجة الترشيح مهمان لتحديد التبطين في حالة حماية المياه الجوفية من التلوث.

٥-٢ العـــوامل التصميمية

و هي العناصر التي يتحكم فيها المصمم و يحكمها شكل وأبعاد موقع المعالجة ومن هذه العوامل :

مســاحة الســـطح

ويتم تحديد مساحة السطح بناء على المكون العضوي لميـــاه الصرف الصحي ويعبر عـــن ذلك بالأكسجين الحيوي المطلوب بعدة أيام (BOD_5).

عمـــق الميـــاه

في العادة يتم تشغيل برك الأكسدة علي أعماق ثابتة، و في بعض الأحيان يحدث انخفـــاض في عمق الميـــاه نتيجة للتسرب الشديد أو البخر، و في هذه الحالة تحدث مشاكل منها ظهور النباتات المائية، و لذا يجب أن يتم ملء البرك بسرعة حتى منسوب التشغيل قبـــل تحميلها بالمخـــلفات السائلة، و يكـــون ذلك بضخ ميـــاه في البرك من مصدر مـــاء قريب، كما أن زيـــادة العمق في البرك لاكثر مـــن مترين يجعل ضوء الشمس لا يكـــاد يصل إلى الطبقـــات السفلي، وبالتـــالي تقـــل عملية التمثيل الضوئي إلى نقطة تتكون عندها طبقة لا هوائية كبيرة يمكنها مـــن أن تؤثر علـــى عملية المعـــالجة.

اخـــتزال المســـار

يسبب اختزال مسار المياه في البرك ظهور العديد من المشاكل، منها ظهور مناطق راكدة، وإنقاص في حجم البرك المؤثر، وكذلك نقص في مساحة سطح البرك، وبالتالي يؤدي ذلك إلى نقص في الكفاءة في عملية المعالجة، ولذلك يجب الاعتناء بمداخل ومخارج البرك .

٥-٣ العــوامل الكـــــيميائية

من العوامل الكيميائية التي تؤثر علي أداء وكفاءة أعمال المعالجة ما يلي:

الرقــم الهــيدروجينـــــي

تتأثر أعمال المعالجة البيولوجية بالرقم الهيدروجيني و تكون اكثر كفاءة لاعمال المعالجة عندما تكون مياه المجاري متعادلة و الرقــم الهيدروجيني من (٦-٩) ، ولذا يجب التحكم في مصادر المخلفات الصناعــية التي يمكن أن تتسبب في ارتفاع أو انخفاض الرقــم الهيدروجيني، و يجب ضبط الرقم الهيدروجيني قبل أعمال المعالجة، وتكون البرك اللاهوائية والترددية اكثر كفاءة تحت ظروف قلوية أي عندما يكون الرقم الهيدروجيني بين (٧-٩).

المـــــواد الســـــامة

يجب التأكد من خلو مياه الصرف الصحي من المواد السامة حيث أن وجود هذه المواد يؤدي إلى قتل البكتريا والتي تعتبر العامل المؤثر في عملية المعالجة البيولوجية، لذا يجب التحكم في ظروف التخلص من المعادن الثقيلة والمبيدات والمخلفات الصناعية التي تستقبلها شبكة الصرف الصحي وذلك بتطبيق قانون رقم ٩٣ لسنه ١٩٦٢ لصرف المخلفات السائلة على شبكات المجارى والمعدل بقرار وزارى رقم ٢٠٠٠/٤٤على نوعية المخلفات قبل إلقائها على شبكة الصرف الصحي .

الأكســـجين الذائب

الأكسجين الذائب في المياه أثناء مراحل المعـــالجة البيولوجية اللاهوائية خير دليل علي سلامة التشغيل، ولذا يجب مراعاة عدم انخفاض مقدار الأكسجين الذائب بعد المعالجة البيولوجية عن (١ ملجم/ لتر) حيث أن انعدام الأكسجين الذائب يتبعه ارتفاع في BOD وموت البكتريا .

٦- اختيار وتقييم الموقع

يجب أن يؤخذ فى الاعتبار الشروط والمواصفات الآتية:

- أهم عامل يجب أن يؤخذ فى الاعتبار عند اختيار بحيرات الأكسدة كطريقة معالجة هو سعر الأرض حيث أن هذه الطريقة تحتاج إلى مساحات كبيرة وبالتالى لا تصلح فى المواقع التى يرتفع فيها سعر الأرض.
- يجب أن تنشأ البحيرات فوق منسوب المياه الجوفية وذلك للأسباب الآتية:

١ – التحكم فى تلوث المياه الجوفية.

٢ – صعوبة أعمال الحفر والتسوية تحت منسوب المياه الجوفية.

٣ – منع تسرب المياه الجوفية داخل البحيرات مما يسبب نقصا لمدة البقاء فى البحيرات.

- يجب أن تبعد البحيرات مسافة لا تقل عن ٣٠ متر عن آبار مياه الشرب وتكون البحيرات تحت التيار بالنسبة لمسار المياه الجوفية.
- يجب أن يؤخذ الاعتبار عند اختيار الموقع الامتداد المستقبلى لأن أى امتداد يحتاج إلى مساحات كبيرة.
- إن أمكن يفضل أن يكون موقع البحيرات فى منطقة مرتفعة ليمكن استخدام المياه المعالجة فى الرى بالانحدار الطبيعى.
- يكون طول البحيرات فى الاتجاه السائد للرياح.
- تكون المنطقة المحيطة بالبحيرات خالية من العوائق والأسوار والأشجار بمسافة لا تقل عن ١٠٠ متر.
- بالنسبة للبحيرات اللاهوائية يجب أن تبتعد عن المدينة بمسافة كافية حسب اتجاه الرياح حيث أن هذه البحيرات تنتج غازات ذات روائح كريهة وقد تكون مصدرا لتوالد الذباب والبعوض.

٧- مكونات وأسس تصمم بحيرات الأكسدة

٧-١ بحيرات الاكسدة اللاهوائية Anaerobic Ponds

- مدة المكث فى بحيرة الأكسدة اللاهوائية تتراوح من ٣،٠٠ يوما الى ٥،٠٠ يوما.

- معدل إزالة المواد العضوية طبقا لمدة المكث : (BOD_5) استرشاديا

- يوما نسبة ٥٠٪
- ٢,٥٠ يوما نسبة ٦٠٪
- ٥,٠٠ يوما نسبة ٧٠٪

وتؤخذ هذه النسب من الإزالة عند درجات حرارة متوسطة للمياه فى البحيرة.

- عمق المياه فى بحيرة الأكسدة اللاهوائية يتراوح من ٢,٥٠متر الى ٥,٠٠ مترا عند درجة حرارة أعلي من ٢٠م°. ويتوقف ذلك على مساحة الأرض المتاحة كما يلزم إضافة عمق آخر للراوسب.
- الحمل العضوي (BOD5) يتراوح من ٠,١٢٥ كيلو جرام للمتر المكعب فى اليوم الى ٠,٣ كيلو جرام للمتر المكعب فى اليوم.
- فى حالة زيادة الحمل العضوي عن ٠,٤٠ كيلو جرام (BOD5) للمتر المكعب فى اليوم تظهر الروائح الكريهة.
- معدل تجميع الرواسب يتراوح من ٠,٠٣ متر مكعب للشخص فى السنة الى ٠,٠٤ متر مكعب للشخص فى السنة.
- كما يلزم تفريغ بحيرة الأكسدة اللاهوائية من الراوسب عندما يبلغ عمق هذه الرواسب حوالي نصف عمق البحيرة.
- يفضل أن يكون نسبة طول البحيرة الى عرضها يتراوح من ١:٢ الى ١:٣ .
- تكون جوانب بحيرة الأكسدة اللاهوائية أو جسورها بميل ١,٥ أو ٢,٠٠ أو ٣,٠٠ أو ٤،٠٠ الى ١،٠٠ كما تثبيت الجوانب ببلاطات خرسانية عند سطح المياه لمقاومة حركة المياه بواسطة الرياح ، ولعدم نمو الأعشاب والحشائش.

- يتم عزل الجوانب بإستخدام ألواح البولي إيثلين سمك ١٠٠٠-٢٠٠٠ ميكرون.
- تكون الجسور أعلى من سطح المياه بمقدار حوالي ١,٠٠مترا لمقاومة حركة المياه بواسطة الرياح.
- وفيما يخص ميول الجسور فيلزم الرجوع الى توصيات التأسيس من استشاري التربة لتحديد الميول الامنه و اسلوب تشكيلها تبعا لنوعية التربة وطبيعتها ومدى احتياجها الى اضافات من عدمه . كذلك فيما يخص اسلوب و طريقة عزل الجوانب و القاع المقترحة سواء باستخدام الواح البولى ايثلين او طبقات من تربة طينيه غير منفذة راو غيرها فانه يلزم على الاستشارى المصمم و استشارى التربة دراسة الموقع ومناسيب المياه الجوفيه به و تحديد الاثار السلبية ومن ثم تحديد جدوى وجود عزل من عدمه و تحديد الاسلوب الامثل لتثبيتة و تركبيه.

٢-٧ بحيرات الأكسدة الإختيارية Facultative Ponds

- يلزم أن يكون نسبة طول البحيرة الى عرضها يتراوح من ١:٢ الى ١:٣
- عمق المياه فى بحيرة الأكسدة الإختيارية يتراوح من ١,٥٠مترا الى ٢,٥٠مترا
- الحمل العضوي (BOD_5) يتراوح من ٢٠٠ كيلو جرام للهكتار فى اليوم الى ٣٠٠ كيلوجرام للهكتار فى اليوم.

وتستخدم المعادلات التاية فى التصميم:

$$A = (Q/Dk_1)(L_i/L_e - 1)$$

$$t = (L_i/L_e - 1)(1/k_1)$$

- A: مساحة البحيرات المترددة.
- Q: التصرف (م^3/يوم)
- D: عمق البحيرات المترددة.
- t: مده المكث باليوم.
- L_i: الحمل العضوي في المياه الخام.

- L_e: الحمل العضوي في المياه المعالجة
- K_1: ثابت تلاشي أو فناء الكائنات فى اليوم
- تؤخذ ٠,٣ في درجة حرارة ٢٠ مئوية
- $k_T = k_{20}\theta^{(T-20)}$
- θ: ثابت (١,٠٥ – ١,٠٩)

٣-٧ بحيرات إتمام الأكسدة Maturation ponds

– تستعمل برك الإنضاج لإزالة العوامل الممرضة كبعض أنواع الجراثيم والفطريات (العفن) fungi والحيوانات وحيدة الخلية protozoa والفيروسات . وكذلك لابد من استخدامها عند السيب الخارج من البحيرات فى الري.

وعندما تكون كل البرك متساوية فى الحجم ومدد المكث وهذا يحدث فى أغلب الحالات فإنه يتم تصميم برك الإنضاج بإستخدام المعادلة الآتية:

$$\frac{\text{العدد الجرثومى بعد مدة المكث باليوم}}{\text{العدد الجرثومى فى التصرفات الداخلة}} = \frac{١}{(\text{ثابت التلاشى K} \times \text{مدة المكث} + ١)}$$

$$\frac{N_E}{N_i} = \frac{1}{(KR+1)^n}$$

حيث:

- Ni: العدد الجرثومي فى التصرفات الداخلة.
- NE: العدد الجرثومى فى التصرفات الخارجة بعد مدة المكث باليوم.
- K: ثابت تلاشي أو فناء الكائنات فى اليوم.
- R: مده المكث باليوم.

- n: عدد البحيرات على التوالي.

كيفية إختيار قيم العوامل التصميمية لبرك الإنضاج:

Ni: يقدر العدد الأكثر إحتمالاً لمجموعة القولونيات البرازية التى يعتمد أساساً عليها فى تصميم برك الإنضاج فى التصرفات الداخلة بمقدار ٤,٢ × ١٠^{٨} بكتريا قولونية (E – coli) لكل ١٠٠ ملليمتر وبينما تكون إزالة القولونيات فى البرك اللاهوائية لا تذكر ، وتكون الإزالة في البرك الإختبارية ٩٩٪ ، ويكون البخر ١٠٪ من حجم المياه فى البركة الإختيارية فيبقي ٩٠٪ ، وبهذا تكون القولونيات الداخلة للبركة الأولي من برك الإنضاج طبقاً للآتي:

$$\text{بكتريا قولونية / ١٠٠ ملليمتر} \quad \frac{(١ - ٠،٩٩)}{٠،٩} \times ٤,٢ \times ١٠^{٨} = ٤,٧ \times ١٠^{٦}$$

يؤخذ:

Ni يساوي ٤,٧ × ١٠^{٦} بكتريا قولونية / ١٠٠ ملليمتر.

NE: تؤخذ أقل من ٢ × ١٠^{٣} بكتريا قولونية / ١٠٠ ملليمتر.

وتتوقف على دراسة إعادة استخدام السيب الخارج من البرك.

K : عندما تكون مجموعة القولونيات البرازية هي أساس التصميم فيؤخذ ثابت التلاشي = 2.6 وهذا المعامل يعتمد على درجة الحرارة وهذه القيمة تؤخذ عند تصميم البرك عند درجة حرارة 20° وعند تغيير درجة الحرارة تطبق المعادلة الآتية :

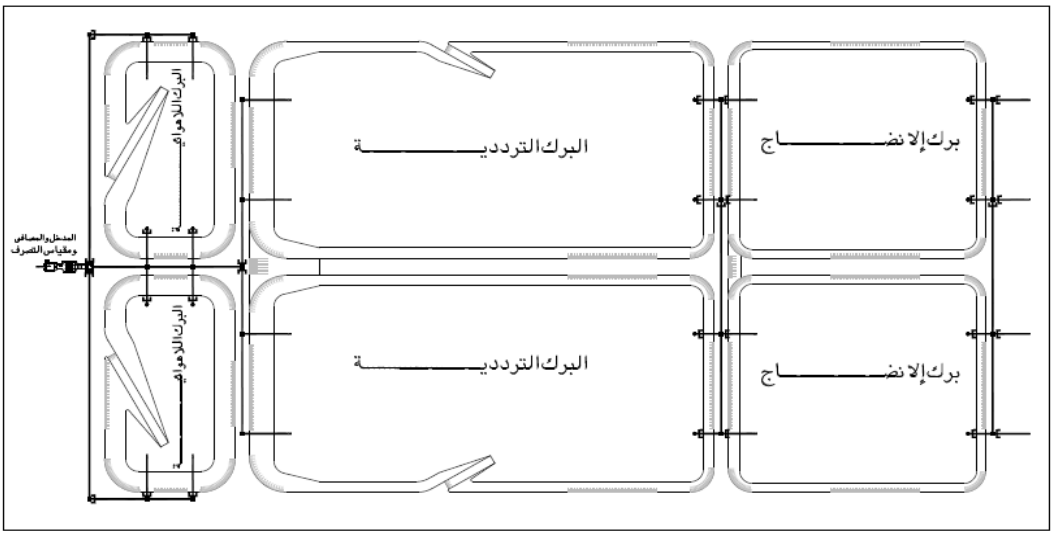
$$k_T = 2.6\ (1.19)^{T-20}$$

R: مدة المكث باليوم وتؤخذ ما بين ثلاثة وعشرة أيام وبحد أدنى ثلاث برك على التوالى بمدة مكث لاتقل عن ٢ يوم لكل بركة.

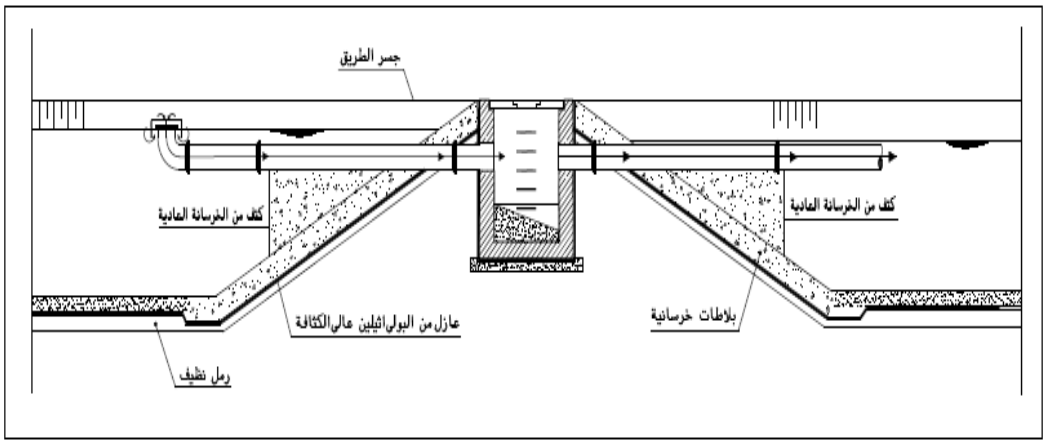
وبعد إختيار قيم العوامل التصميمية السابقة يتم فرض قيم لعدد البرك على التوالي ويتم إختيار عدد البرك التى تحقق العدد الجرثومي فى التصرفات الخارجة بعد مدة المكث بأقل من ٢ × ١٠^{٣} بكتريا قولونية / ١٠٠ ملليمتر.

ويحسب حجم البركة بضرب مدة المكث فى التصرف ويتم تكرار عدد البرك على التوالي حسب عدد البرك المختار.

والشكل رقم (٣-٢٣) يبين برك الأكسدة الطبيعية والشكل رقم (٣-٢٤) يبين الاتصال بين الوحدات.



شكل (٣-٢٣) برك الأكسدة الطبيعية



شكل (٣-٢٤) الاتصال بين البرك

خامساً : الأراضي الرطبة المشيدة Constructed Wetlands

الغرض من الوحدة

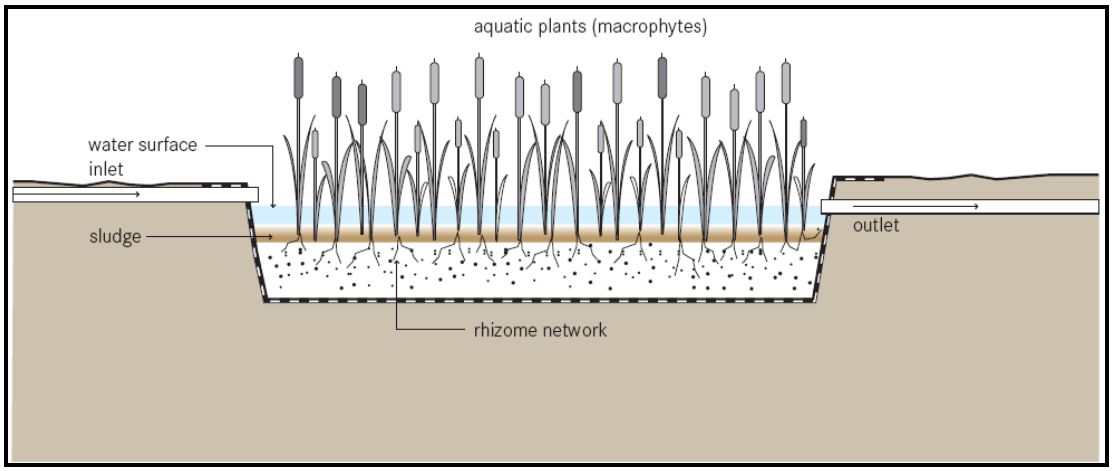
تتم معالجة المخلفات السائلة فى الأراضي الرطبة المنشأة بطريقة طبيعية تعتمد على وجود بعض النباتات المزروعة والتي تساهم في عملية المعالجة عن طريق امتصاص وامتزاز الملوثات الموجودة في مياه الصرف الصحي بالاضافة الي الازالة عن طريق الترسيب والترشيح. وبذلك تعتبر الأراضي الرطبة طريقة طبيعيية لازالة الملوثات من مياه الصرف الصحي بطريقة قليلة التكاليف ولا تحتاج الي مصدر طاقة أو مهمات ميكانيكية، ويمكن ازالة المواد العضوية والمواد العالقة والذائبة والمغذيات والبكتريا في نظام الأراضي المبتلة.

ويمكن تقسيم أنواع الأراضي المبتلة الي الأنواع التالية:

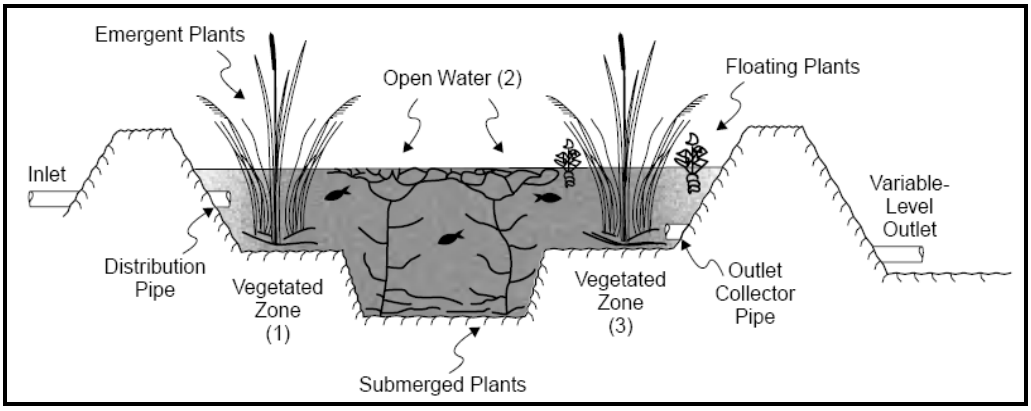
١- الارض الرطبة بطريقة التدفق الحر

Free Water Surface (FWS) Wetlands

تتشابه الارض الرطبة بطريقة التدفق الحر مع المستنقعات الطبيعية Natural Wetlands من حيث الوظيفة والشكل. وتتكون الأراضي المغمورة حرة التدفق السطحي النموذجية من حوض أو قنوات ذات حواجز لمنع التسرب أو الطفح ووسط مائي (Media) وتربة لتدعيم جذور النباتات النامية ذو الجزء الخضري العلوي الظاهري ومياه للتغذية في المناطق الضحلة خلال وحدات المعالجة حيث يكون سطح الماء معرض للهواء الجوي في حين أن كمية التصرف المطلوب معالجتها تمر أفقياً خلال وحدة المعالجة. يوضح الشكل التالي المكونات الرئيسية للمستنقعات الصناعية بطريقة التدفق الحر بنوعيها حيث يمكن أن تكون مستنقعات ذات غطاء خضري فقط أو مدمجة مع مناطق مفتوحة لسريان المياه. المستنقعات المدمجة تمتاز بتوفير تفاعلات هوائية إضافية مما يحسن من إزالة الملوثات.



شكل (٣-٢٥) الارض الرطبة ذات غطاء خضري فقط



شكل (٣-٢٦) الأرض الرطبة المدمجة ذات غطاء خضري مع مناطق مفتوحة لسريان المياه

معايير التصميم

حساب مساحة المستنقعات الصناعية طبقا لمعدلات التحميل السطحي(ALR)

$$Aw = Q_o \times Co / ALR$$

المساحة الكلية (AW) = Q_o معدل تدفق الدخول (م^3/ يوم) X تركيز الملوثات الداخل

Co/معدل التحميل السطحيALR

ويتم الرجوع الى القيم الموجودة بالجدول التالى:

Open areas between fully vegetated zones (three zones)		Fully vegetated (Zone 1 only)		Parameter
Effluent mg/l	Areal loading (kg/ha-d)	Effluent mg/l	Areal loading (kg/ha-d)	
< 20 30	45 60	30	40	BOD
< 20 30	30 50	30	30	TSS

تحديد عمق (depth) الارض الرطبة

- عمق النباتات فى المياه : ٠,٦–٠,٩ متر
- حيز الفراغ فوق منسوب الماء (free board) ٠,٦–٠,٩ متر
- العمق الكلى: ١,٢ – ٢,٥ متر

حساب زمن مكث المياه HRT

يتم حساب زمن مكث المياه طبقا للمعادلة الاتية

$$HRT = (Aw * h * \varepsilon) / Qo$$

- حيث ان HRT: زمن مكث الماء
- h : عمق الارض الرطبة
- (AW): المساحة الكلية
- ε : المسامية وعادة ما تكون من قيمة ٠,٦٥–١
- Q_o معدل تدفق الدخول

وعادة ما يكون زمن مكث المياه لا يقل عن ٢ يوم لكل خلية من المستنقع ولا يزيد عن ٦ أيام ككل

٢- الارض الرطبة بطريقة التدفق تحت السطحى

Subsurface Flow Constructed Wetlands

تعتبر وحدة الغمر ذو التدفق تحت السطحي من أنسب الأنظمة بعد المعالجة بالترسيب الابتدائي لمياه الصرف الصحي وذلك لكون هذا النظام يتيح عدم تلامس سطح الماء في وحدة المعالجة للهواء الجوي . حيث لا تكون هناك فرصه لتوالد الديدان والوحدة تكون آمنة من وجهة نظر الصحة العامة. كما أن هذا النظام مفيد جداً وخاصة لمعالجة المياه الخارجة من المخمرات أو مياه الأحواض grey water – حيث يسود الوسط معالجه في ظروف نقص الأكسجين وذلك لأن الأوكسجين الناتج من جذور النباتات النامية والريزومات يتم استهلاكها مباشرة بواسطه الكائنات الدقيقة المتاخمة لجذور النباتات وهذا النوع من المعالجة صالح جدا لإزاله النترات (أي تحويل النترات إلى نيتروجين) (dentrification) لكنه غير صالح لأكسدة الأمونيا (أي تحويل الأمونيا إلى نترات) (Nitrification) وذلك لكون الأكسجين المتاح غير كاف لإتمام عملية النيترتة (Nitrification) .

وتتكون الأراضي المغمورة ذات التدفق تحت السطحي ويكون الوسط ذو عمق مناسب حيث يكون إتجاه سريان المياه أفقيا تحت السطح.

ووحدات المعالجة بنظام الأرض المغمورة ذو التدفق تحت السطحي (SF) له عدة مميزات عن نظام التدفق السطحي الحر منها المحافظة على أن يكون مستوى سطح الماء بوحدة المعالجة تحت السطح يقلل من خطورة تصاعد الروائح الكريهة و يمنع من توالد البعوض وهذا بالإضافة إلى الاعتقاد السائد بأن هذا النظام يحتاج مساحة أوسع للمعالجة من نظام الغمر بالتدفق الحر مما يدعو إلى استخدام أحجام أصغر من وحدة المعالجة بالتدفق تحت السطحي لمعالجة نفس الكمية من المياه إذا ما استخدمت وحدات المعالجة بالتدفق الحر.

ويتم إنشاء الحوائط الرأسية لطبقات الرى بالغمر بحيث تكون غير منفذة للمياه، وتتحمل ضغوط المياه الداخلية والخارجية، وكذلك ضغوط التربة من الخارج، كما يتم تبطين الجوانب والقاع بمادة عازلة. وفى بعض الحالات يترك القاع فقط بدون مادة عازلة.

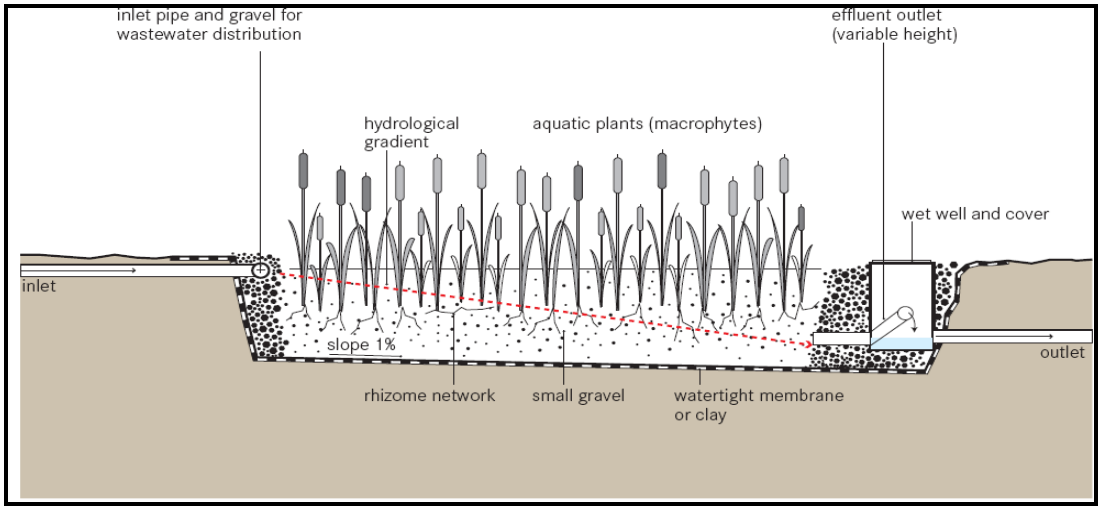
يتم استزراع نباتات مثل عشب البرك أو ذيل القط (Typha) Cattails و نبات البردي (Scirpus) bulrush والبوص حيث يكون البوص هو الأكثر شيوعاً واستخداما لأنه يعطي إزالة ممتازة للأكسجين الحيوي الممتص الممتلئ BOD والمواد العالقة الكلية TSS والنيتروجين والفوسفات وعدد من المواد العضوية المعقدة.

ويستخدم كطريقة رى أو معالجة ثانوية أو متقدمة أو لكل هذه الطرق معا، وذلك تبعاً لظروف المنطقة كطبيعة التربة والمياه الجوفية والمناخ والمساحات المتاحة من الأرض، وتوافق كل هذه العوامل مع معدلات تصرف المخلفات السائلة وخصائصها. يوجد نوعين من المستنقعات الصناعية بطريقة التدفق تحت السطحى

الارض الرطبة بطريقة التدفق تحت السطحى الأفقية

ويسمى أيضا أنظمة النباتيات المغمورة (VSB). و الارض الرطبة الأفقية تحت السطحية هي قناة كبيرة مليئة الحصى والرمال مزروعة بالنباتات المائية. حيث تدفق مياه الصرف الصحي أفقيا من خلال القناة، وحيث يتم ازالة الجسيمات وتقوم الكائنات الدقيقة بتحليل المواد العضوية.

الأوساط المستخدمة (عادة التربة والرمل الخشن والحصى أو الصخور المسحوقة) تؤثر بشكل كبير على الهيدروليكية للنظام. وتستخدم نفس النوع من النباتات كما هو الحال في الأراضي الرطبة السطحية ، ولكن في حالة الأنظمة التحت السطحية يتم زرع النباتات في الجزء العلوي من الوسط حيث يسهل اختراقها. وتلتصق الكائنات الميكروبية على سطح الوسط وعلى جذور النباتات في الأراضي الرطبة. يمكن تبطين الحوض مع الطين أو البلاستيك، وذلك لحماية نوعية المياه الجوفية.



شكل (٣-٢٧) الارض الرطبة بطريقة بطريقة التدفق تحت السطحى الافقية

معايير التصميم

حساب مساحة الارض الرطبة طبقا لمعدلات التحميل السطحي(ALR)

$$Aw = Q_o C_O / ALR$$

- (AW) = المساحة الكلية (م٢)
- Q_o = معدل تدفق الدخول (م٣/ يوم)
- Co تركيز الملوثات الداخل
- ALR معدل التحميل السطحي

ويتم الرجوع الى القيم الموجودة بالجدول التالي:

HSFS		Parameter
Effluent mg/l	Areal loading (g/m^2-d)	
20	1.6	BOD
30	6	
30	20	TSS

المساحة السطحية لمنطقة المعالجة الأولية ((Asi) تمثل ٣٠٪ من المساحة الإجمالية في حين أن المساحة السطحية للمنطقة المعالجة النهائية (ASF) تمثل ٧٠٪

العرض Width

ان اقل عرض ممكن يجب ان يجعل معدل تدفق المياه تحت السطح ويتم حسابه طبقا لقانون دارسى Darcy's Law كالمعادلة الاتيه:

$$W = \sqrt{\frac{(Q)x(Asi)}{(Ki)x(dhi)x(Dwo)}}$$

حيث ان:

- W : عرض المستنقع الصناعى
- Q_o معدل تدفق الدخول م^3/يوم
- (Asi) : المساحة السطحية لمنطقة المعالجة الأولية
- Dwo :عمق المياه التصميمى (متر)
- Ki= Hydraulic conductivity of initial treatment zone, m/d (1 % of clean K)
- Kclean = 100,000 m/d if actual K related to the media is not known.
- dhi= head loss (change in water level) due to flow resistance through initial treatment zone, m (assumed)

الطول Length

ويتم حسابه طبقا للمعادلة الاتية:

Li = (Asi) / (W)

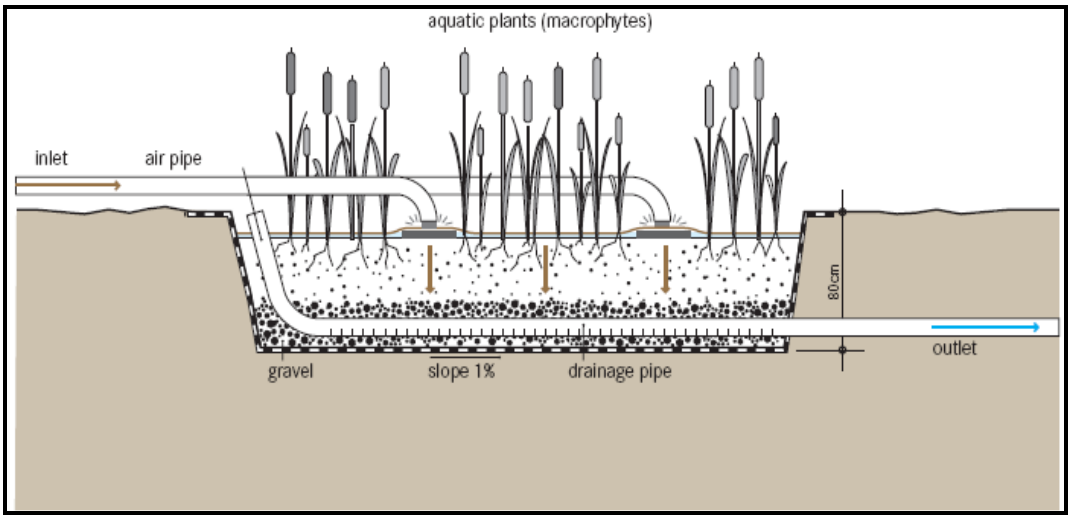
الوسط المستخدم

إما من التربة والرمل الخشن والحصى أو الصخور المسحوقة ويكون مقاساتها كالتالي:

Media Sizes	Zone
40 – 80 mm	Inlet Zone (1st 2 m)
20 – 30 mm	Treatment Zone
40 – 80 mm	Outlet Zone (last 1 m)
2 – 20 mm	Planting Media (top 10 cm)

الارض الرطبة بطريقة التدفق تحت السطحى الرأسية

الارض الرطبة ذات تدفق رأسي تعمل كمرشحات مزروعة بالنباتات المائية. ويتدفق الماء عموديا إلى أسفل من خلال المرشح (الوسط الزلطى). حيث يمر المرشح عبر مراحل مختلفة هوائية ولاهوائية.



شكل (٣-٢٨) الأرض الرطبة بطريقة التدفق تحت السطحي الراسية

معايير التصميم

- الارض الرطبة بطريقة التدفق تحت السطحى الرأسية يتم استخدامها فى المياه المعالجة ابتدائيا

- يجب أن يكون عمق مرشح الرمل لا يقل عن ٥٠ سم، مع ٢٠ سم إضافية من الحصى عند قاعدة لتغطية أنابيب الصرف الصحي، و ١٠ سم الحصى على الجزء العلوي و١٥ سم عمق المياه.
- المساحة السطحية لمنطقة المعالجة الأولية ((Asi) تمثل ٣٠٪ من المساحة الإجمالية في حين أن المساحة السطحية للمنطقة المعالجة النهائية (ASF) تمثل ٧٠٪. يكون القاع مائل بنسبة ٠,٥ إلي ١ % في إتجاه المخرج.

شروط أساسية لتنفيذ نظام الارض الرطبة

أ- اختيار الموقع

- يفضل أن تكون الأرض أفقية ولا يزيد الميل عن ١.%
- تكون التربة ضعيفة النفاذية فى حدود ٥مم /ساعة.
- يفضل استخدام اجزاء من أراضى زراعية وخاصة التى توجد بالقرب من مستنقعات طبيعية.

ب- درجة المعالجة المطلوبة قبل استخدام هذه الطريقة

- الحد الأدنى المطلوب للمعالجة قبل استخدام هذه الطريقة هو المعالجة الابتدائية.
- يمكن استخدام الارض الرطبة بعد المعالجة الثانوية لتحسين جودة مياه الصرف الصحى.
- لا تستخدم المعالجة ببحيرات الأكسدة قبل استخدام الارض الرطبة لأنها تزيد من تركيز الطحالب التى يصعب السيطرة عليها فى الارض الرطبة.
- يجب إزالة الفوسفور قبل استخدام المعالجة الارض الرطبة حيث لا يتم تخفيفه.
- أنواع الوسط الصناعى المستخدمه في الارض الرطبة
- يوضح الجدول التالي الخواص الطبيعية لأنواع الوسط الذي يتم استخدامه في إنشاء وحدات الغمر ذو التدفق تحت السطحي . تستخدم الوسط تتراوح من زلط متوسط الحجم أو الصخور الخشنه.
- خصائص الوسط المستخدمة في وحدات الغمر تحت السطحية

Type	Effective Size D_{15} (m m)	(N) Porosity %	(K_s Hydraulic Conductivity $m^3/m^2/d$)
Coarse Sand	2	32	1
Gravely Sand	8	35	5
Fine Gravel	16	38	7
Medium Gravel	32	40	10
Coarse Rock	128	45	10

إن استخدام الأحجام الصغيرة من الصخور له عدد من المميزات حيث تزداد المساحة السطحية كما أن الفراغات البينية الصغيره تكون أكثر تناسباً لنمو الجذور والريزومات للنباتات المزروعة كما أنها تساعد على أن يكون التدفق الأفقي للمياه في صوره رقائق طبقية.

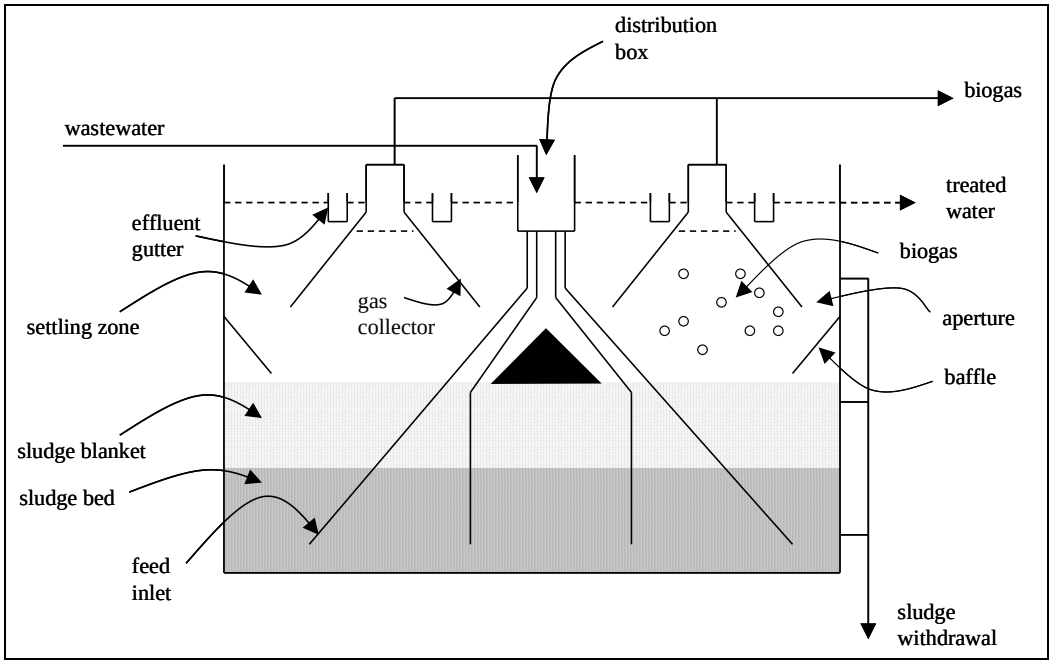
جـــ- درجة المعالجة المطلوبة قبل استخدام هذه الطريقة

معظم الارض الرطبة تستخدم نوع أو أكثر من أنواع النباتات. حوالي ٤٠ % من الأنظمة المستخدمة التدفق تحت السطحي تستخدم فقط Scripus. هذه النباتات ذو الأنسجه الرخوة التي تتحلل قد تؤدي إلى تدهور حالة المياه المعالجة لذا يجب حصد النباتات في فترات منتظمة

أنواع النباتات المستزرعة وعمق الجذور

Bed Type	Root Depth.m
Bulruch,Scirpus	0.8
Reeds, Phragmites	0.6
Cattails, Typha	0.3
No Vegetation	0.0

سادسا: المعالجة اللاهوائية UASB



شكل (٣-٢٩) المعالجة اللاهوائية (UASB)

(UASB) هو مفاعل لمعالجة مياه الصرف الصحي بمعزل عن الهواء حيث تدخل مياه الصرف اليه من الأسفل وتتدفق بعد ذلك للأعلى. وتقوم وسادة الحمأة بترشيح ومعالجة مياه الصرف الصحي من خلال المرور من تلك الوسادة. وتتألف وسادة الحمأة من حبيبات ميكروبية (من ١ إلى ٣ مم في القطر)، أي تجمعات صغيرة من الكائنات الحية الدقيقة التي، بسبب وزنها، تقاوم الانجراف لاعلي. تقوم الكائنات الدقيقة في وسادة الحمأة بتحليل المركبات العضوية ونتيجة لذلك يتم انبعاث غازي الميثان وثاني أكسيد الكربون. الجدران المائلة تتسبب في توجيه الحمأة الصاعدة لأعلى الحوض للترسيب. يتم سحب المياه المعالجة من أعلى الحوض. بعد عدة أسابيع من الاستخدام، تشكل الحبيبات الكبيرة وسط ترشيحي للجسيمات الصغيرة مع ارتفاع المياه المعالجة خلال وسادة الحمأة ويتم تجميع الكائنات لتشكيل التجمعات الصغيرة من الكائنات الحية الدقيقة (granules) كما يتم خروج الآخري (الخفيفة الوزن) من المفاعل.

١١- المعالجة الثلاثية (المتقدمة) Tertiary (advanced) treatment

تهدف عملية المعالجة الثلاثية أو المتقدمة الي ازالة الملوثات العالقة أو الذائبة العضوية او الغير عضوية الموجودة في مياه الصرف الصحي والتي لم تتم ازالتها من خلال عمليات

المعالجة التمهيدية والابتدائية والثانوية وذلك لتحسين خواص مياه السيب النهائي المعالج لمياه الصرف الصحي.

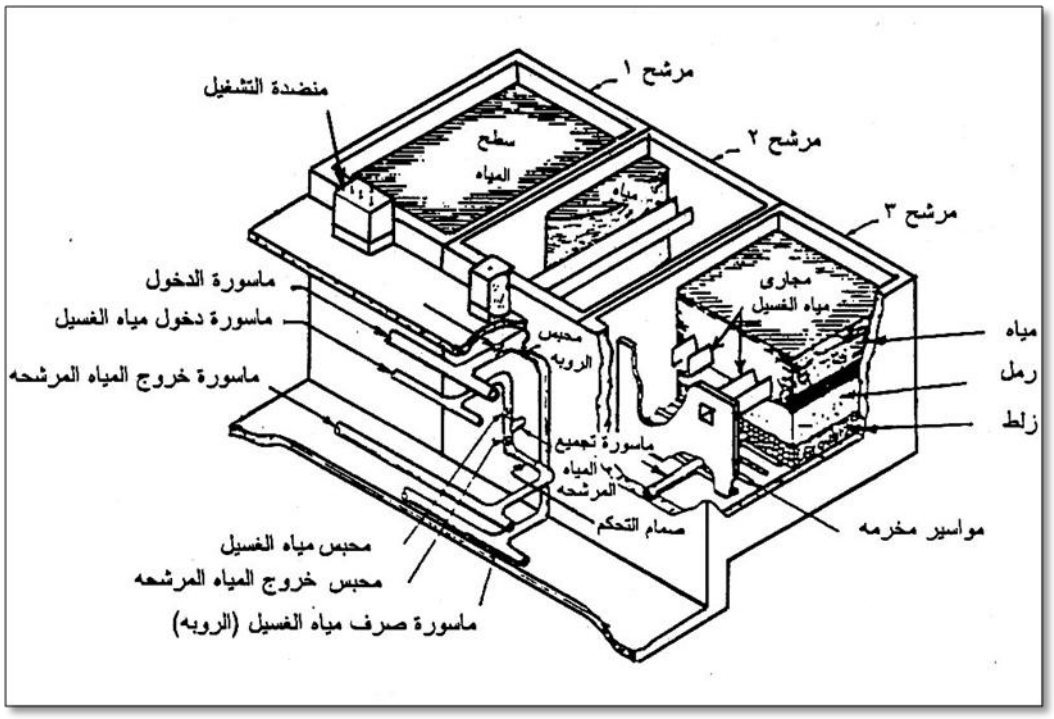
وتنقسم المعالجة الثلاثية الي العمليات التالية :

١- المرشحات الرملية البطيئة والسريعة Slow and Rapid sand filters
٢- مرشحات الأغشية Membrane filters
٣- الكربون المنشط Activated carbon
٤- التبادل الأيوني Ion exchange

١- المرشحات الرملية البطيئة والسريعة Slow and Rapid sand filters

عملية الترشيح (Filtration) هى مرور مياه الصرف الصحي المعالج معالجة ابتدائية وثانوية خلال مادة مسامية (الرمال) لإزالة ما بقي بها من مواد عالقة وغروية.

عند مرور مياه الصرف الصحي المعالج من المرشحات الرملية السريعة بالسرعة المناسبة، فإنه يمكن إزالة المواد العالقة سواء كانت عضوية أو غير عضوية، وكذلك البكتريا والكائنات الرفيعة جداً التى تسبب عادة تلوث الماء. كما أن بعض المواد التى يتم حجزها وإن كان حجمها أصغر بكثير من الفراغ الموجود بين حبات الرمل، إلا أنه يتم حجزها من المرور بواسطة الطبقة الجيلاتينية التى تتكون على سطح الرمل من المواد العضوية والعالقة. ويوضح الشكل رقم (٣–٢٨) المرشحات الرملية السريعة.



شكل (٣-٣٠) المرشحات الرملية السريعة

أسس تصميم المرشحات الرملية السريعة:

- مساحة المرشح حتي ٦٠ م^{٢}
- معدل الترشيح يتراوح بين ١٢٠-١٨٠ م^{٣}/م^{٢}/يوم.
- نسبة العرض: الطول من ١: ١,٢٥ -٢:١
- سمك طبقة الرمل تتراوح من ٥٠-٧٠ سم وبقطر حبيبات الرمل ٠,٦ – ١,٥ مم ومعامل انتظام ١,٣٥ – ١,٥٠
- سمك طبقة الزلط المتدرج من ٣٠-٦٠ سم

أسس تصميم المرشحات الرملية البطيئة:

- معدل الترشيح يتراوح بين ٣-٥ م^{٣}/م^{٢}/يوم
- نسبة العرض: الطول من ١: ١,٢٥ -٢:١
- سمك طبقة الرمل تتراوح من ٦٠-١٢٠ سم وبقطر حبيبات الرمل ٠,٢٥ – ٠,٣٥ مم ومعامل انتظام ١,٧٠ – ٢,٠٠
- سمك طبقة الزلط المتدرج من ٣٠-٦٠ سم

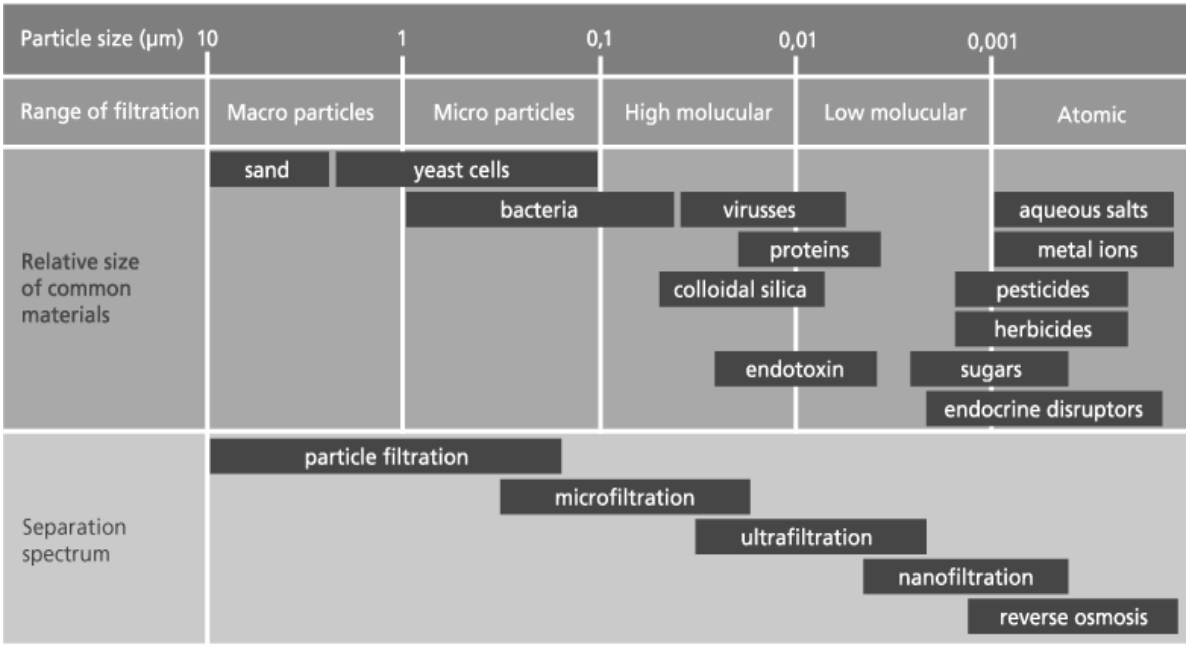
- سرعة المياه داخل قنوات التصريف للمياه المرشحة لا تزيد ٠,٦٠ م/ث.

٢- مرشحات الأغشية Membrane filters

تعتبر الأغشية هي أحد أنواع عمليات الترشيح والتي تزيل المواد الذائبة بالاضافة الي المواد العالقة التي يزيلها المرشح الرملي، تعتبر الأغشية أجسام مسامية لها فراغات بأقطار صغيرة تعتمد على نوع الغشاء ويتم ازالة الملوثات عن طريق مرور المياه من الفراغات ويتم حجز الملوثات علي جسم الغشاء، وتتوقف نسبة الازالة علي قطر الفراغات الموجودة في الغشاء. ويمكن تقسيم أنواع عمليات الترشيح بالأغشية الي الأنواع التاليه طبقاً لقطر الفراغات للأغشية المستخدمة في كل نوع:

1. Micro filtration (MF)
2. Ultra filtration (UF)
3. Nano Filtration (NF)
4. Reverse osmosis (RO)

ويوضح الشكل رقم (٣-٢٩) الملوثات التي تزيلها أنواع الأغشية المختلفة



شكل (٣-٣١) الملوثات التي تزيلها أنواع الأغشية المختلفة

نوع الأغشية	ضغط التشغيل (بار)	استهلاك الكهرباء (كيلووات/ساعة/م^3)	Recovery ratio %
Micro filtration	**1**	**0.4**	**94-98**
Ultra filtration	**5.25**	**3**	**70-80**
Nano filtration	**8.75**	**5.3**	**80-85**
Reverse osmosis	**28**	**18.2**	**70-85**

٣-٢-١ مكونات منظومة الأغشية

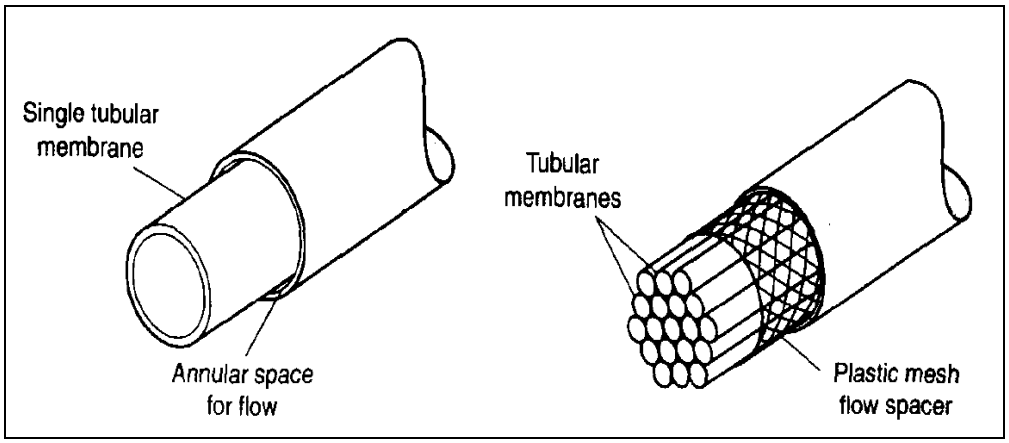
تتكون منظومة الترشيح بالأغشية من:

- طلمبة لضخ المياه الي الأغشية
- أغشية الترشيح

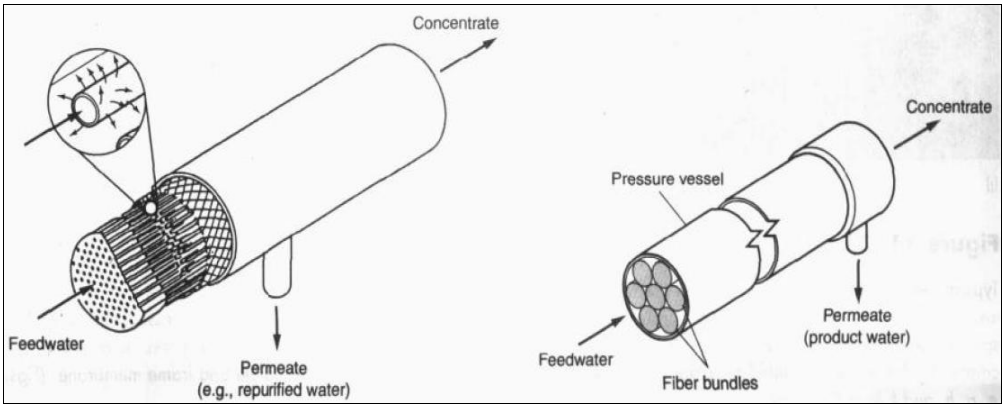
ويوجد عدة طرق لتركيب وتثبيت الأغشية بانواعها المختلفة وهي كالتالي:

- Tubular modules
- Hollow fibers
- Spiral wound

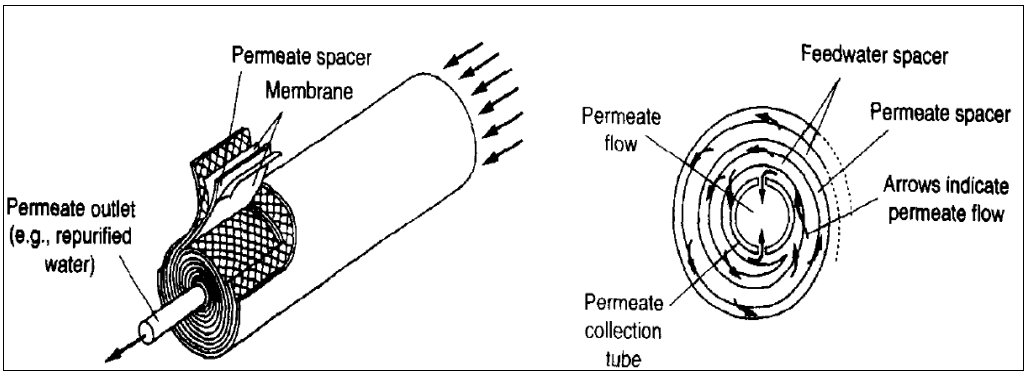
ويوضح الشكل رقم (٣-٣٢) الأشكال المختلفة لتركيب وتثبيت الأغشية



Tubular modules



Hollow fibers



Spiral wound

شكل (٣-٣٢) الأشكال المختلفة لتركيب وتثبيت الأغشية

يحدث مع مرور الوقت زيادة في الرواسب الموجودة في فراغات الأغشية مما تؤدي الي حدوث انسداد للفراغات (Fouling) وتحتاج الي عملية تنظيف أو القضاء علي الملوثات المؤدية الي عملية الانسداد بأحد الطرق الاتية:

- المعالجة الابتدائية أو الثانوية لمياه الصرف قبل مرحلة الأغشية لتقليل نسبة المواد العالقة (TSS) .
- ضخ مياه أو/ و هواء في الاتجاه العكسي لسريان المياه في الأغشية (Membrane backflushing) .
- التنظيف الكيميائي للأغشية.

نظام المعالجه باستخدام الاغشيه للمفاعل البيولوجي Membrane Bio-Reactor

وصف نظام المعالجة الحيوية بالأغشية MBR

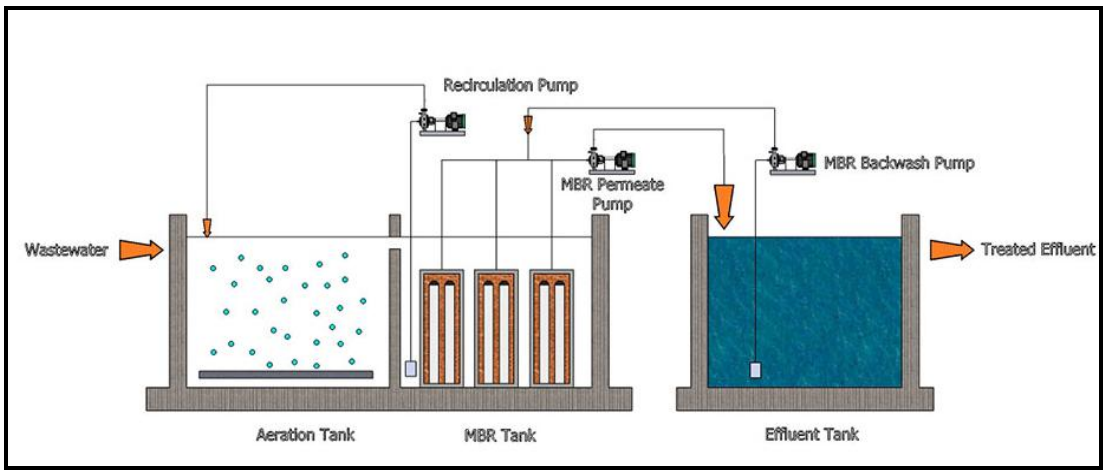
وحدات MBR هي تقنية عالية الجودة تتكون من أحواض للتهوية لنمو الأحياء البيولوجية بالإضافة إلى الترشيح الفائق (الترشيح الغشائي) حيث يحل نظام الترشيح الفائق (Ultrafiltration) محل كل من أحواض الترسيب الثانوية والمرشحات الرملية السريعة في النظام التقليدي.

تكنولوجيا MBR تتغلب بشكل فعال على المشاكل التى تنتج عن عدم الترسيب الكامل للحمأة فى الطرق التقليدية. وفى هذا النظام يسمح للوحدات أن تعمل عند تركيزات عالية من المواد الصلبة (MLSS) والتى تتروح مابين ٨٠٠٠ الى ١٠٠٠٠ جزء بالمليون وهى أعلى من النظم التقيلدية.

وتعتمد فكرة استخدام الأغشية فى معالجة مياه الصرف الصحى على أن هذه الأغشية تحتوى على مسام دقيقة يتروح قطرها مابين ٠,٠٢ الى ٠,٠٤ ميكرون ولهذا فانها تحجز جميع المواد ذات أقطار أكبر من قطر هذه المسام وعلى هذا فإنها تحجز أيضا جميع أنواع البكتريا وبعض الفيروسات بطريقة أفضل بكثير من المرشحات الرملية.

وفي هذا النظام تمر المياه على المصافى لإزالة العوالق والمواد الطافية ثم إلي غرف حجز الرمال والزيوت لإزالتهما، يلي ذلك مرور المياه إلى أحواض التهوية والتي يصل حجمها في هذا النظام إلي حوالي ثلث الحجم في نظام التهوية الممتدة وبالتالي تقلل في المساحات المطلوبة وحجم الأعمال المدنية لمحطة المعالجة بنظام MBR حيث يتم تهوية المياه بالحوض و تبقى المياه فى الحوض لفترة تتروح مابين ٦– ٨ ساعات (مقارنة بحوالي ٢٤ ساعة في التهوية الممتده بنظام الحمأة المنشطة).

تدخل المياه إلي أحواض التهوية والتي يتم إمدادها بالهواء اللازم لنمو الكائنات الحية (البكتريا الهوائية) لإتمام عملية المعالجة البيولوجية الهوائية وتتم التغذية بالهواء عن طريق ناشرات الهواء الموجودة داخل الحوض. ويتم تدوير المياه من والى حوض الأغشية من حوض التهوية بصورة مستمرة وبكمية ثابتة لضمان اكتمال عملية أكسدة النيتروجين والفوسفور من الماء (إذا لزم الأمر) ثم تتحرك المواد الصلبة المتراكمة بعيدا عن الأغشية بفعل دفعات الهواء المستمرة حول الأغشية والتى بدورها تعمل كتنظيف ذاتى للأغشية، وتمر المياه الى حيز الأغشية حيث تسحب المياه من خلال الأغشية عن طريق مضخات سحب مركبة على أنبوب رئيسي على مجموعة من الأغشية وعندما يزيد فرق الضغط بين السحب والطرد للمضخة عن القيمة المحددة بالتصميم يتم ايقاف الوحدة اتوماتيكيا لمدة ثوانى حيث يتم دفع كمية من الهواء الى داخل الأغشية ثم يلحقها دفعه أخرى من الماء لتنظيف الأغشية. ويتم من خلال المعالجة زيادة الكتلة الحيوية التى تتجمع داخل الخزنات والتى يتم نقلها إلى حوض الحمأة أو إلى مدخل أحواض التهوية فى بعض الأحيان لزيادة تركيز الحمأة فى الحوض.



شكل (٣-٣٣) نموذج لوحدة مدمجة تعمل بنظام الأغشية

ووحدة الأغشية هنا تقوم بعمل كبديل جزئى عن حوض التهوية وكبديل كلى عن احواض الترسيب ووحدة الترشيح وكذلك تقوم بفصل جميع البكتريا وبعض أنواع الفيروسات ولذلك فان جرعة الكلور المستخدمة فى المعالجة النهائية يكون قليل جدا لتعقيم المياه المنتجة.

ونتيجة لعملية التشغيل المستمر، وبالرغم من وجود الغسيل المستمر بالهواء والمياه، قد يؤدى لانسداد جزئى للأغشية نتيجة تراكم كمية من الرواسب داخل مسمات الأغشية مما يزيد من فرق الضغط وكذلك معدل التدفق من خلال الأغشية مما يستوجب عمل غسيل كيميائى

للأغشية لازالة التراكمات على الأغشية وتحسين معدل التدفق للمياه. وغالبا مايتم عمل هذا الغسيل كل ستة أشهر أو أكثر حسب ظروف التشغيل وذلك باستخدام وسط حامضى مثل حمض الستريك أو الهيدروكلوريك أو استخدام وسط قلوى من هيدروكسيد الصوديوم وكذلك يتم يوميا عمل تعقيم للأغشية باستخدام الهيبوكلوريت لمدة (١٥) دقيقة للتعقيم .

المميزات والعيوب لنظام الأغشية

المميزات:

- يتطلب مساحة صغيرة لتنفيذ المحطة
- سهولة التشغيل حيث لا تتطلب عدد كبير من المشغلين
- ليست هناك حاجة لإضافة الكائنات الحية الدقيقة (أعادة الحمأة) لتنشيط الحمأة فى حوض التهوية.
- الماء المنتج ذو جودة عالية جدا ولهذا يمكن اعادة استخدامه مرة أخرى
- الماء المنتج خالى من البكتريا وبعض الفيروسات
- لا يتأثر النظام فى حالة الزيادة أو النقص فى المياه الداخلة للمحطة

العيوب:

- يتم تغيير الأغشية كليا أو جزئيا كل ١٠ سنوات أو أقل أو أكثر حسب ظروف التشغيل
- يتم عمل غسيل بالكيماويات للأغشية كل ٦ أشهر أو كل عام حسب ظروف التشغيل
- تتأثر بالدهون الموجودة فى المياه مما يتطلب ازالتها بدقة
- يتطلب تدريب جيد للعاملين

معايير التصميم (البيانات الفنية للأغشية المجوفة المغمورة)

- قطر مسام الغشاء : ٠,٠٢ الى ٠,٠٤ ميكرون
- دراجة الحرارة : ٥– ٤٠ درجة مئوية
- pH للتشغيل : ٥ – ٩
- pH اثناء الغسيل : ٢ – ١٠

- أعلى ضغط تشغيل : ٩ -١٢ (رطل/بوصة مربعة)
- أقصى فترة تعرض للكلور : ٥٠٠ الى ١٠٠٠ ملجم/لتر للساعة
- أقصى جرعة كلور خلال الغسيل : ٢٠٠٠ ملجم /لتر عند درجة حرارة اقل من ٣٠ درجة مئوية, ١٠٠٠ ملجم /لتر عند درجة حرارة أقل من ٤٠ درجة مئوية
- تركيز الاكسجين المذاب : ٢-٣ ملجم/لتر
- تركيز المواد الصلبة العالقة MLSS : ٨٠٠٠ الى ١٠٠٠٠ ملجم / لتر

٣- الكربون المنشط (Activated carbon)

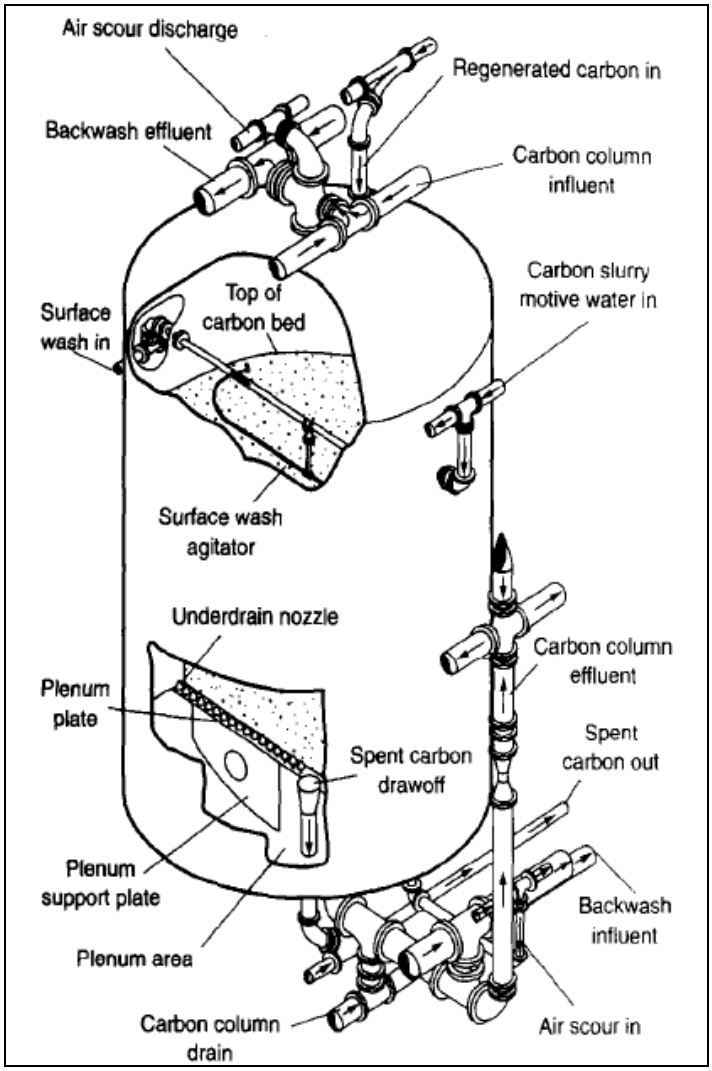
تعتبر عملية الكربون المنشط أحد تطبيقات الامتزاز، وتعتمد فكرة الامتزاز علي ازالة المواد الذائبة في المياه عن طريق الالتصاق علي سطح مادة صلبة، ويكون الكربون المنشط هو أحد أشهر المواد الصلبة المستخدمة بسبب المساحة السطحية الكبيرة والتي تتروح بين (٧٠٠-١٨٠٠ م^{٢}/جرام) والتي تزيد من كفاءة عملية الامتزاز بشكل كبير.

ويتوفر الكربون المنشط في صورة حبيبات (GAC) او مسحوق (PAC).

وتزيل عملية الامتزاز بالكربون المنشط بعض الملوثات مثل:

- بعض المواد العضوية الذائبة
- الرائحة
- الطعم
- المواد الغير قطبية (التي لا تذوب في الماء).

ويوضح الشكل رقم (٣-٣٤) الكربون المنشط

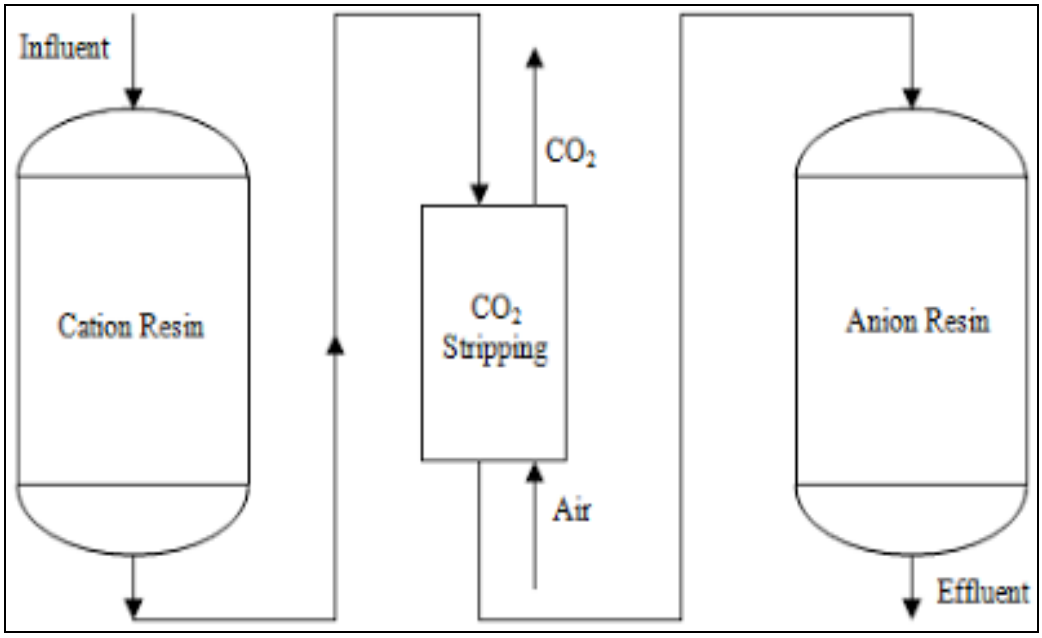


شكل (٣-٣٤) الكربون المنشط

٤- التبادل الأيوني Ion exchange

تستخدم عملية التبادل الأيوني عادة في ازالة بعض المواد الذائبة من مياه الشرب أو الصرف الصحي، عن طريق وضع راتنجات تحتوي علي مركبات قابلة لتبادل الأيونات الموجبة أو السالبة أو كلاهما وذلك للتخلص من بعض المواد الذائبة الغير مرغوب فيها واستبدالها بمواد أخري لا يوجد ضرر من وجودها.

وتستخدم عملية التبادل الأيوني في المعالجة المتقدمة لمياه الصرف الصحي لازالة بعض المواد مثل النيتروجين، المعادن الثقيلة وتقليل نسبة المواد الكلية الذائبة. ويوضح الشكل رقم (٣-٣٣) عملية التبادل الأيوني في معالجة مياه الصرف الصحي



الشكل رقم (٣-٣٥) عملية التبادل الأيوني في معالجة مياه الصرف الصحي

١٢- معالجة الحمأة (Sludge Treatment)

تمر عملية معالجة الحمأة بمراحل ثلاثة هي:

١- التركيز (Thickening)
٢- التثبيت (Stabilization)
٣- فصل المياه (Dewatering)

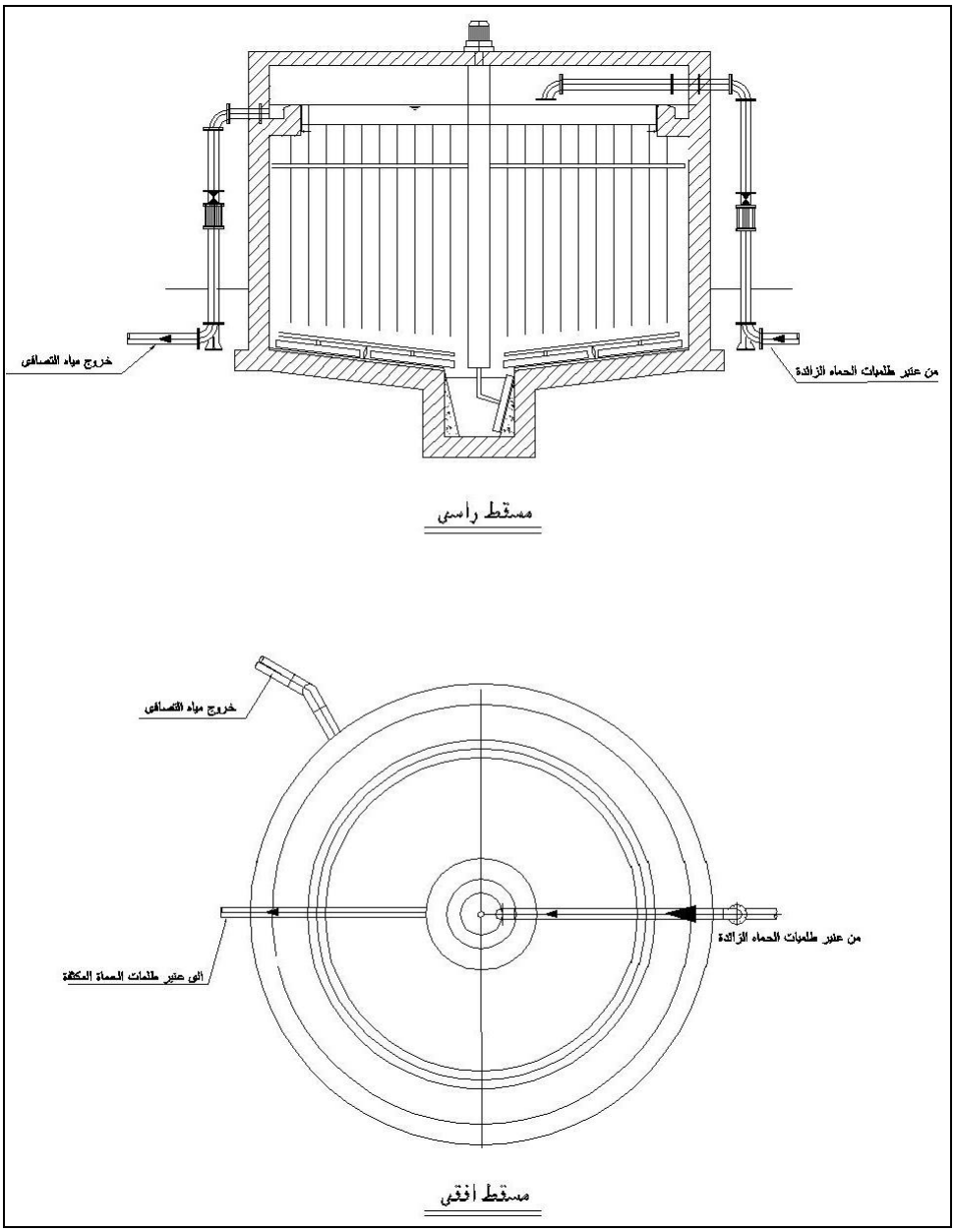
و يراعي في جميع عمليات المعالجة تأثير المياه الزائدة من عمليات معالجة الحمأة و المعادة Supernatant الي مدخل اعمال المعالجة علي خصائص المياه الداخلة لوحدات المعالجة البيولوجية حيث تتميز بقلة التصرف و ارتفاع تركيز الاحمال العضوية و المواد العالقة و لذا يلزم علي المصمم اما تقديرها او اعتبارها حوالي ١٠% من الحمل العضوي الداخل للمعالجة الثانوية.

١-تركيز الحمأة (Thickening)

وهي عملية تهدف إلى إنقاص المحتوي المائي الموجود بالحمأة وزيادة تركيز المواد الصلبة بها مما يؤدي إلى إنقاص الحجم الكلي للحمأة قبل عملية التثبيت ونزح المياه منها وينتج عن ذلك نقص فى تكلفة عمليات التثبيت إن وجدت وفيما يلي إستعراض للطرق المستخدمة:-

١-١ أحواض تركيز الحمأة بالجاذبية الأرضية (Thickeners)

وفى هذه الأحواض تستخدم أذرع لتقليب الحمأة ببطء ينتج عنه فصل للمياه وزيادة تركيز المواد الصلبه العالقه فى الجزء الأسفل من الحوض نتيجة أن كثافة المواد الصلبه أكبر من كثافة الماء ويتم نزح المياه الموجودة فى الجزء العلوي من الحوض وإعادتها الى مدخل المحطة والشكل رقم (٣-٣٦) يوضح حوض تركيز الحمأة الميكانيكي.



شكل (٣-٣٦) أسس التصميم لأحواض تركيز الحمأة بالجاذبية الأرضية (Thickners)

<u>- مدة المكث:</u>

تتراوح بين ١٢-٤٨ ساعة وعادة فى الأجواء الحارة تؤخذ ١٢ ساعه

<u>معدل التحميل السطحي:</u>

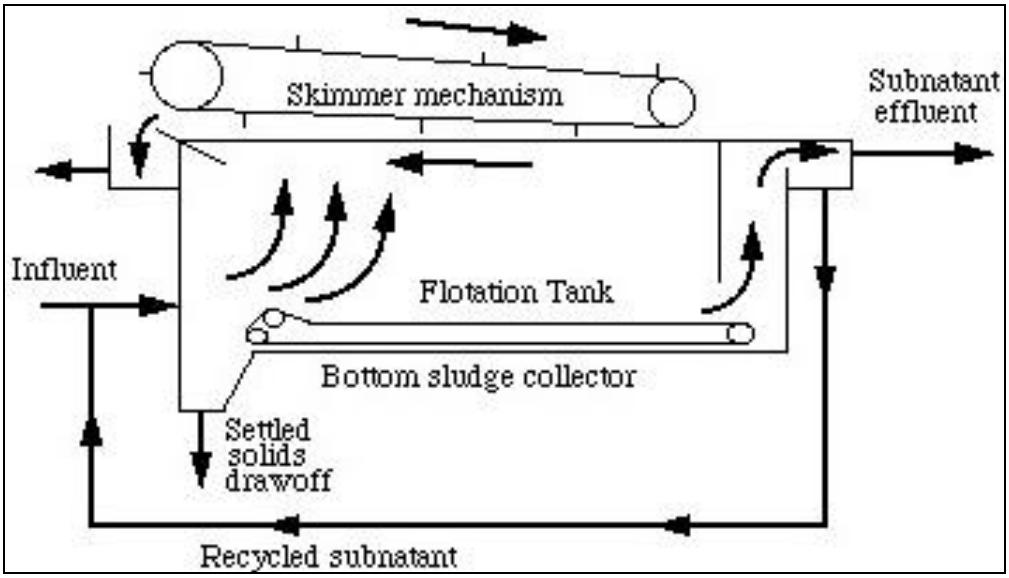
- حمأة مجمعة من أحواض ترسيب إبتدائي (١٠٠ – ١٥٠) كجم مواد صلبة / م^{٢}/ يوم

- حمأة مجمعة من أحواض ترسيب نهائية تعقب مرشحات تلامس بيولوجية (٤٠-٥٠) كجم مواد صلبة/ م^{٢}/ يوم
- حمأة مجمعة من أحواض ترسيب نهائية تعقب احواض حمأة منشطة (٢٠-٣٠) كجم مواد صلبة / م^{٢}/ يوم
- حمأة مجمعة من أحواض ترسيب إبتدائية + حمأة مجمعة من أحواض ترسيب نهائية تعقب أحواض حمأة منشطة (٢٥-٧٠) كجم مواد صلبة / م^{٢}/يوم.
- حمأة مجمعة من أحواض ترسيب إبتدائية + حمأة مجمعة من أحواض ترسيب نهائية تعقب مرشحات زلطية (٦٠-١٠٠) كجم مواد صلبة / م^{٢}/يوم.

- سرعة دوران الأذرع: تؤخذ بحيث لا تزيد السرعة الخطية عند محيط الحوض عن ٣ م/الدقيقة
- عمق المياه / يتراوح من ٢,٥ – ٣,٥م
- ميل أرضية الحوض : ١/٦ أو ١/٤
- ماسورة سحب الحمأة : لا يقل قطرها عن ٢٠٠مم

١-٢ احواض التعويم بإستخدام الهواء (Air Flotation Thickeners)

تستخدم هذه النوعية من الاحواض فى محطات المعالجة الكبيرة وينتج منها كمية من الحمأة كبيرة ويتم فى هذه الاحواض إستخدام فقاقيع من الهواء بحجم معين والشكل رقم (٣-٣٧) يوضح نظام التعويم الهوائي.



شكل (٣-٣٧) نظام التعويم الهوائي

١-٢-١ أسس التصميم

– استخدام الهواء المضغوط يعرض جزء من الحمأة إلى ضغط يتراوح بين ٣-٥ كجم /سم٢.

ويراعي الآتي :

- خلط مياه من غرفة الضغط مع الحمأة الخام قبل إدخالها لأحواض التعويم الهوائي .
- بعد إدخال الحمأة لأحواض التعويم ونتيجة لتخفيف الضغط عليها تطفو المواد الصلبة العالقة نتيجة تشبعها بالهواء وقلة وزنها الحجمي وتكون الحمأة الطافية التي يتم تجميعها باستخدام نظام لتجميع الخبث كما هو موضح بالرسم المرفق.
- يمكن تحسين كفاءة التشغيل لنظام التعويم الهوائي بإضافة المواد الكيميائية مثل كبريتات الألومنيوم والبوليمرات التى تساعد على زيادة كفاءه فصل المواد الصلبة والتى قد تصل نسبتها من ٩٠ -٩٨٪.

١-٣ احواض خلط الحمأة قبل أحواض التركيز (Blending tanks)

يتم استخدام حوض الخلط (Blending tank) في حالة خلط الحمأة الناتجة من الترسيب الابتدائي والحمأة الناتجة من المعالجة الثانوية بأنواعها للحصول علي حمأة متجانسة، ويعتبر

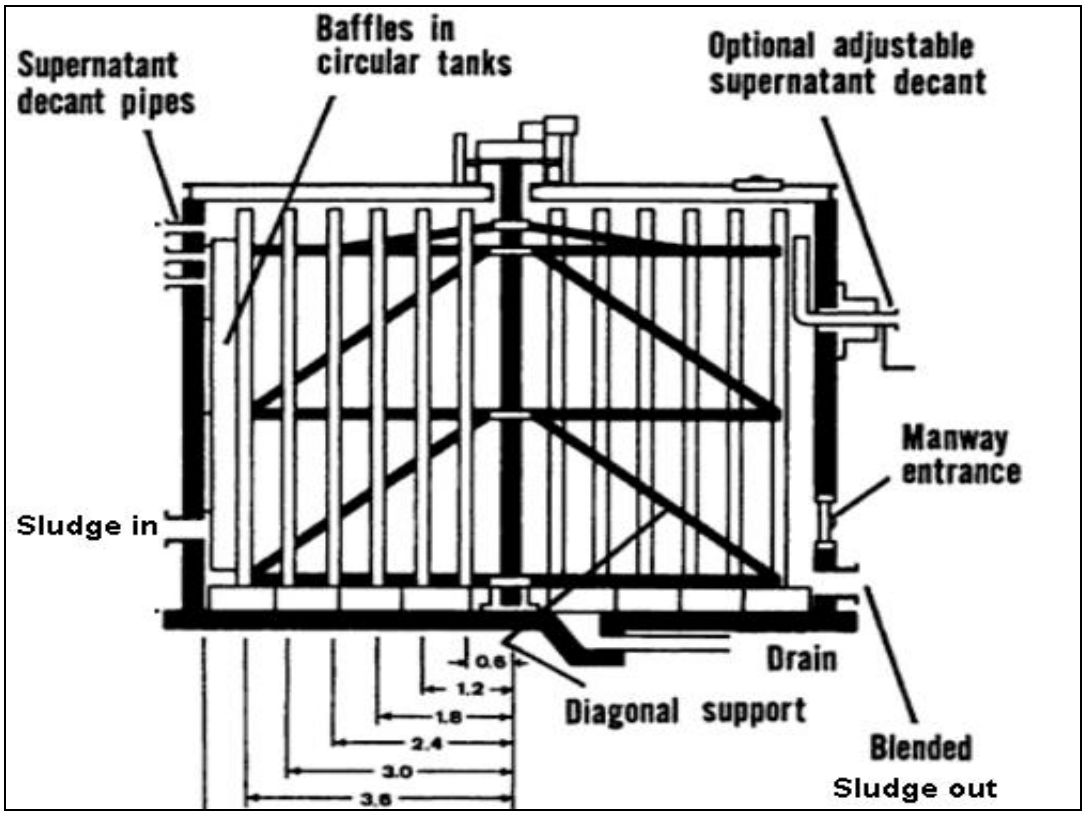
حوض الخلط مكان ملائم لاضافة مواد لتعديل الأس الهيدروجيني للحمأة أ/و إضافة مواد الترويب في حالة الحاجة الي ذلك.

ويتم استخدام قلاب لتقليب الحمأة للحصول على التجانس المطلوب ومنع حدوث ترسيب في الحوض.

أسس التصميم

- زمن البقاء: ١,٥ – ٢ ساعة
- عمق الحوض: ٢,٥ – ٣,٥ متر

ويوضح الشكل رقم (٣-٣٨) حوض خلط الحمأة



شكل (٣-٣٨) حوض خلط الحمأة

٤-١ تصميم مواسير الحمأة

يجب مراعاة الاعتبارات الاتيه أثناء تصميم مواسير الحمأة، نظراً لاختلافها عن المواسير التي تنقل مياه في إمكانية حدوث ترسيب في المواسير.

- يجب ألا يقل قطر المواسير تحت ضغط عن ١٥٠ مم.
- يجب ألا يقل قطر المواسير بالانحدار عن ٢٠٠ مم.
- يفضل تطبيق معادلة (Bingham) لحساب الفواقد في مواسير الحمأة وهي كما يلي:

$$\frac{h}{L} = \frac{16 s_y}{3 D \rho g} + \frac{32 \eta V}{\rho g D^2}$$

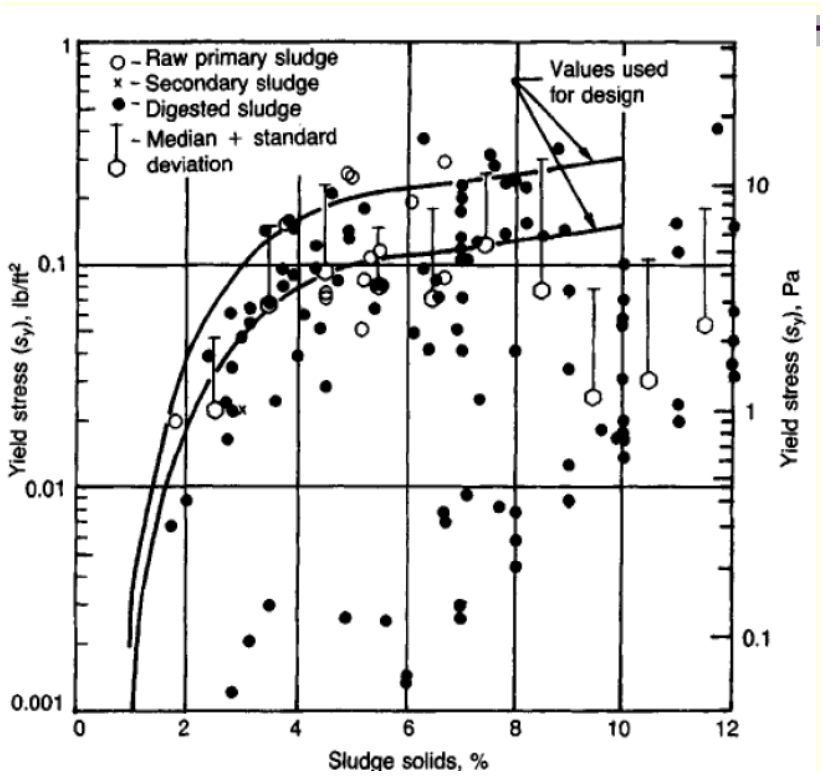
ويتم تطبيق المعادلة في حالة (Laminar flow) ويتحقق ذلك في حالة أن سرعة سريان الحمأة أقل من أو تساوي السرعة المحسوبة من المعادلة التالية:

$$V_{lc} = \frac{1000\eta + 1000\sqrt{\eta^2 + s_y \rho D^2 / 3000}}{D\rho}$$

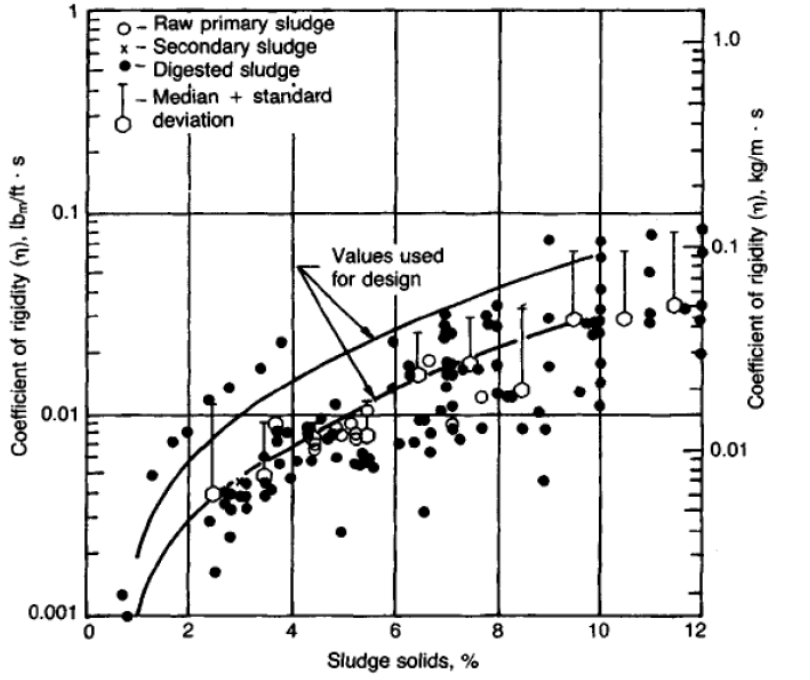
حيث:

h = headless in the pipe, m
L = pipe length, m
s_y = yield stress of the sludge, N/m^2
ρ = sludge density , kg /m^3
D = pipe diameter , m
g= gravitational acceleration,9.81 m/s^2
η= coefficient of rigidity, kg/(m.s)
V = flow velocity, m/s

ويتم تحديد قيم (Sy) و (η) من المنحنيات الاتيه:



شكل (٣-٣٩) منحني العلاقة بين نسبة تركيز الحمأة و المعامل (Sy)



شكل (٣-٤٠) منحني العلاقة بين نسبة تركيز الحمأة و المعامل (η)

في حالة تطبيق معادلة هازن ويليامز (Hazen- Williams) يتم تغيير قيم معامل الخشونة (C) حسب تركيز الحمأة طبقاً للجدول التالي

تركيز الحمأة (%)	قيمة معامل الخشونة الأصلي (C)			
	١٠٠	١٢٠	١٣٠	١٤٠
٠	١٠٠	١٢٠	١٣٠	١٤٠
١	٨٣	٩٩,٦	١٠٧,٩	١٢٩,٥
٢	٧١	٨٥,٢	٩٢,٣	١١٠,٨
٣	٦٠	٧٢	٧٨	٩٣,٦
٤	٥٣	٦٣,٦	٦٨,٩	٨٢,٦٨
٥	٤٧	٥٦,٤	٦١,١	٧٣,٣٢
٦	٤٢	٥٠,٤	٥٤,٦	٦٥,٥٢
٧	٣٧	٤٤,٤	٤٨,١	٥٧,٧٢
٨	٣٣	٣٩,٦	٤٢,٩	٥١,٤٨
٩	٢٩	٣٤,٨	٣٧,٧	٤٥,٢٤
١٠	٢٥	٣٠	٣٢,٥	٣٩

٢- تثبيت الحماة (Sludge Stabilization)

٢-١التثبيت اللا هوائي (التخمير اللا هوائي):

تعرف عملية التخمير اللا هوائي بأنها عملية تثبيت وأكسدة للمواد العضوية فى الحمأة بمعزل عن الأكسجين. وخلال عملية التخمير يتم تحليل المواد العضوية الصلبة والمركبات العضوية الذائبة وتحولها إلى غازات وينتج عن هذه المجموعة من التفاعلات حمأة مثبته ذات تركيز عالي فى المواد غير العضوية، ولا يتم تثبيت كل المواد العضوية فى خلال عمليات التفاعل وذلك نظراً لوجود بعض المواد العضوية المعقدة والتى يصعب تحليلها .

وتنقسم أنواع المخمرات الى نوعين:

٢-١-١ حوض تخمير الحمأة التقليدي (ذو المرحلة الواحدة):

فى هذا النوع من احواض التخمير لا يتم خلط الحمأة فى حوض التخمير أو تسخينها وينتج عن ذلك تكون الطبقات التالية:

- طبقة المياه الرائقة السطحيه.
- طبقة حمأة فى حالة تخمير نشطه.
- طبقة حمأة تم تخميرها.

أسس التصميم:

يتم حساب حجم حوض التخمير الذي يعمل فى درجات حارة تتراوح بين ٣٠–٣٨°م (Mesophilic) باستخدام المعادلة التالية:

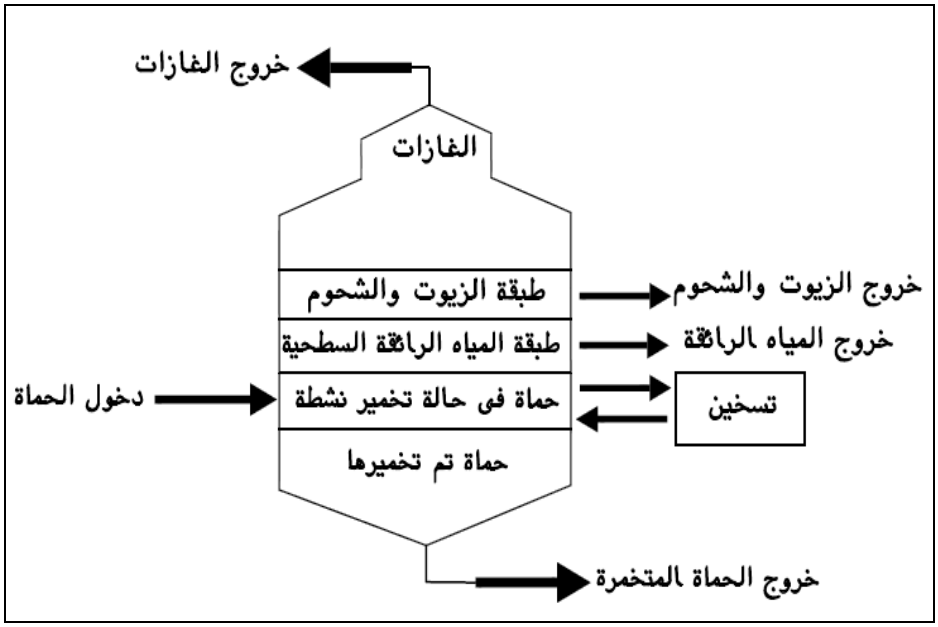
$$V = V_f - 2/3\ (V_f - Vc_1)\ T_1$$

حيث:

- V = حجم حوض التخمير (م^3)
- V_f = حجم الحمأه المضافة يومياً (م^3/اليوم)
- Vc_1 = حجم الحمأه المسحوبه يومياً (م^3/اليوم)
- T_1 = زمن الهضم من ٢٠–٣٠ (يوم)

ويمكن تخمير الحمأه فى النظام ذو المرحلة الواحدة وتستخدم القيم الموضحه فيما يلي للتأكد من صحة حسابات حجم حوض التخمير:

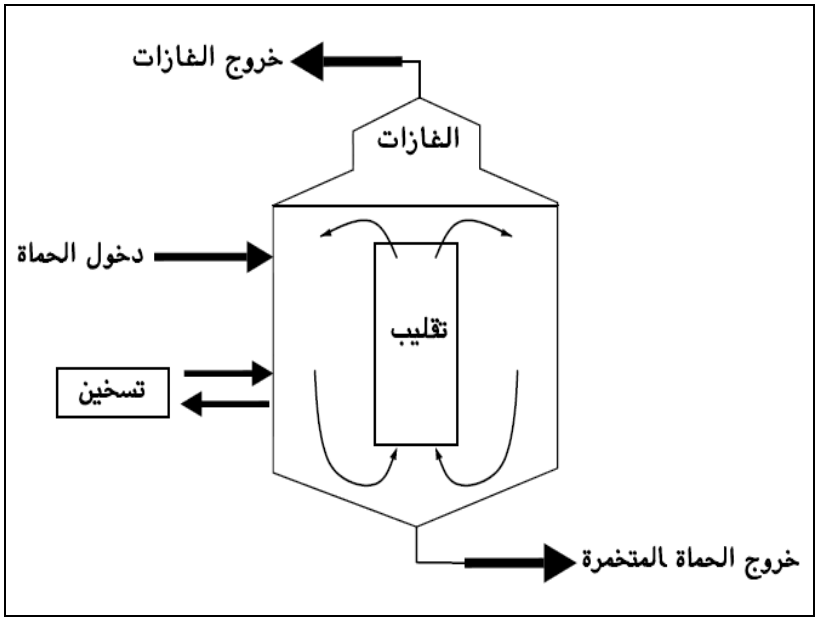
- الحجم المفروض لكل نسمة:
- الحمأه من أحواض الترسيب الابتدائية ٠,٠٥ – ٠,٠٧٥ م^3
- خليط الحمأه الإبتدائية والبيولوجية ١, – ١٥, م^3
- معامل التحميل:
- الحمأه من أحواض الترسيب الابتدائية أو الحمأه المجمعه من أحواض الترسيب الابتدائية والنهائية ٣, – ٧٥, كجم /م^3/يوم. والشكل رقم (٣–٤١) يوضح حوض تخمير الحمأة التقليدي.



شكل (٣-٣٩) حوض تخمير الحمأة التقليدي

٢-١-٢ حوض تخمير الحمأه ذو المعدل السريع

فى هذا النوع من المخمرات يتم خلط الحمأه فى المخمر خلطا جيدا بطرق ميكانيكيه او عن طريق اعادة جزء من الغاز الناتج عن عملية التخمير بعد ضغطه. ويتم تسخين الحمأة بحوض التخمير لجعله يعمل بأقصي كفاءه فى ظروف البكتريا متوسطة الحرارة (البكتريا mesophilic) (٣٠ – ٣٨ درجة مئوية). والشكل رقم (٣-٤٢) توضح حوض تخمير الحمأه ذو المعدل العالي.



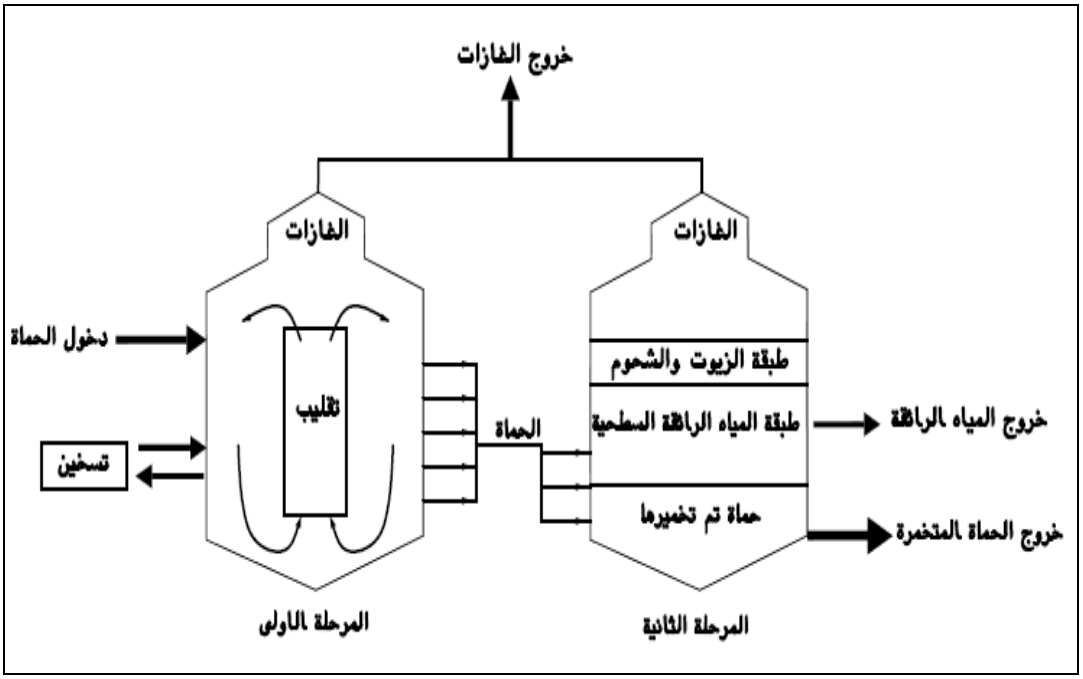
شكل (٣-٤٢) توضح حوض تخمير الحمأه ذو المعدل العالي

ويفضل لخفض زمن البقاء بدرجة كبيرة تكثيف الحمأه فى أحواض تركيز قبل دخولها لحوض التخمير وزيادة نسبة المواد الصلبة بها إلى ٤-٦% وفى هذه الحاله يقل زمن البقاء إلى ١٠-٢٠ يوم.

ونتيجة لمزج وخلط محتويات المخمر بصورة مستمره تتلاشي الطبقات المختلفة فى حوض التخمير مثل:

- طبقة المياه السطحية .
- طبقات الحمأه غير النشطة .

مما يتطلب فصل كميه من المياه عن الحمأة من وقت لآخر لزيادة تركيز المواد الصلبه بالحمأة التى يتم سحبها بمعدل معين لتخرج من حوض التخمير ذو المعدل السريع الى احواض تكثيف او احواض تخمير من النوع التقليدى كمرحلة ثانيه (حوض التخمير السريع ذو المرحلتين شكل (٣-٤٣).



شكل (٣-٤٣) حوض التخمير السريع ذو المرحلتين

أسس التصميم:

حجم حوض التخمير:

$$V_1 = V_f - T_h$$

$$V_{11} = V_f + 2/3\ (V_f - V_d)\ T$$

حيث

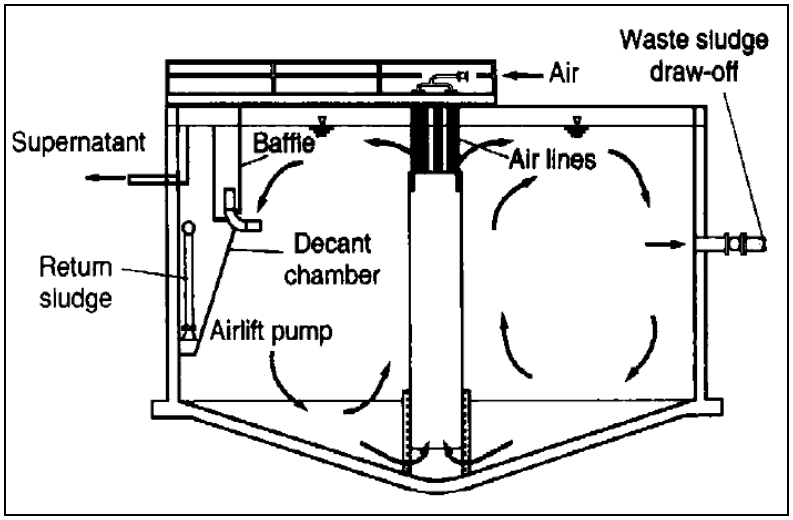
- V_1 = حجم حوض التخمير المرحلة الأولي (م^3)
- V_{11} = حجم حوض التخمير المرحلة الثانية (م^3)
- V_f = حجم الحمأه المضافة يومياً (م^3/اليوم)
- V_d = حجم الحمأه المسحوبة يومياً (م^3/اليوم)
- T = (مده المكث فى المرحلة الثانية (عادة حوالي ١٠ يوم)
- T_h = مدة المكث فى حوض التخمير المرحلة الأولي من ١٠-٢٠ يوم)

- ويستخدم الشكل التقليدي لحوض التخمير الدائري بأقطار تتراوح بين (٦-٥٥م)

- عمق المياه فى حدود من ٤،٥ – ٦ م ويجب الا يزيد هذا العمق عن ٩م
- لايقل الأرتفاع فوق سطح المياة وحتى سطح الغطاء عن ٠,٨م.
- يقدر معدل الانتاج اليومي للغاز بمتوسط قدره ٩,. م^{٣}/كجم من المواد العضوية الطياره المتحلله.
- يصمم قاع حوض التخمير بشكل مائل بحيث لا تقل نسبة الميل عن ١٢:١ وذلك لتسهيل سحب الحمأه.
- يصمم غطاء حوض التخمير فى شكل ثابت من الخرسانة المسلحة على شكل قبه أو مخروط أو سطح أفقي ، أما الغطاء المتحرك فيكون من الصلب ويجب أن يسمح للغطاء بالتحرك على طول مسافة تقدر بـــ ١,٢ – ٢ م ويتم سحب الغاز المنتج من فتحات خروج مركبه على مسافة ١ م من سطح المياه ويزود غطاء حوض التخمير بعدد من فتحات الصيانة والتى لا تقل عن فتحتين ويجب الا يقل قطر الفتحة عن ٠,٧٥ م وذلك لتسهيل أعمال الصيانه
- بالنسبة لأحواض التخمير الكبيره والتى يزيد قطرها عن ٢٥م تزود بعدد أربع فتحات للصيانه على الأقل وتستخدم هذه الفتحات لفصل الخبث الطافي
- قطر مواسير نقل الحمأه لا تقل عن ٢٠٠ مم وتتراوح سرعة الحمأه فى المواسير بين ١,٥ – ٢,٥ متر / ثانية
- مواسير الغاز تكون من الحديد الزهر أو الحديد المجلفن أو الصلب المجلفن ويتم ربط المواسير بإستعمال الفلانشات اذا كان قطر الماسورة أكبر من ١٠٠ مم وفي حالة استخدام مواسير أقل من ١٠٠ مم يتم لحام المواسير، وتربط المواسير المدفونة تحت سطح الأرض بإستعمال وصلات ميكانيكية.

٢-٢ حوض يخمير الحمأه الهوائي

ويطبق عادة عند إستخدام نظام الحمأه المنشطة فى المعالجة البيولوجية فى محطات المعالجة الصغيرة (استخدام الحمأه المخلوطه من أحواض الترسيب الابتدائية والنهائية أو الحمأه الناتجة من احواض الترسيب النهائية فقط) ولكن يصعب استخدام هذا النظام لتخمير الحمأه الناتجة من أحواض الترسيب الابتدائية فقط ويستخدم فى عملية التخمير نظام تهوية مضغوط والشكل رقم (٣-٤٤) يوضح حوض التخمير الحمأه الهوائي.



شكل (٣-٤٤) حوض تخمير الحمأه الهوائي

٢-٢-١ أسس التصميم

- معدل التحميل السطحي : ٤-٦ م^{٣}/ م^{٢}/ يوم
- عمق الحمأه بحوض التخمير: ٣-٦ متر

- مده المكث :

- ٢٥-٤٠ يوم عند درجة حرارة ٢٠م$^{\circ}$
- كفاءة تثبيت المواد العضوية = ٣٥-٤٥٪
- كمية الأكسجين المستهلك = ١,٧ – ١,٩ جم أكسجين/جم مواد عضوية
- معدل الطاقة المستخدم = ٢١ – ٣٢ كيلو وات /الف م^{٣} (حمأه معالجة)
- تركيز الأكسجين بمكونات المخمر = (١-٢) مجم / لتر

٣-فصل المياه من الحمأه (Sludge Dewatering)

تحتوي الحمأه المخمره على نسبة مياه تصل إلى حوالي ٩٠٪ لذلك تستخدم طرق أخري لفصل كمية أكبر من المياه وزياده تركيز الحمأه.

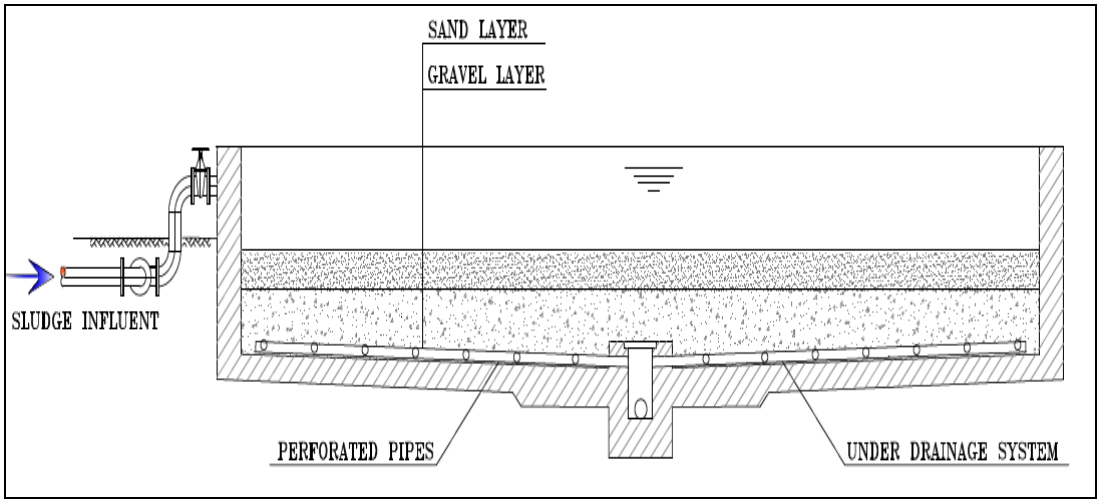
وتستخدم أحواض الرمال كطريقة لتجفيف الحمأه ويؤثر تواجد الشحوم والمواد الزيتية على كفاءة هذه العملية ، وفى حالة عدم توفر المساحة اللازمة لإنشاء أحواض التجفيف يجب

تجهيز الحمأه كيميائياً وحرارياً ثم يتم فصل المياه منها باستخدام الطرق الميكانيكية مثل مرشحات التفريغ الهوائي ونظام الطرد المركزي.

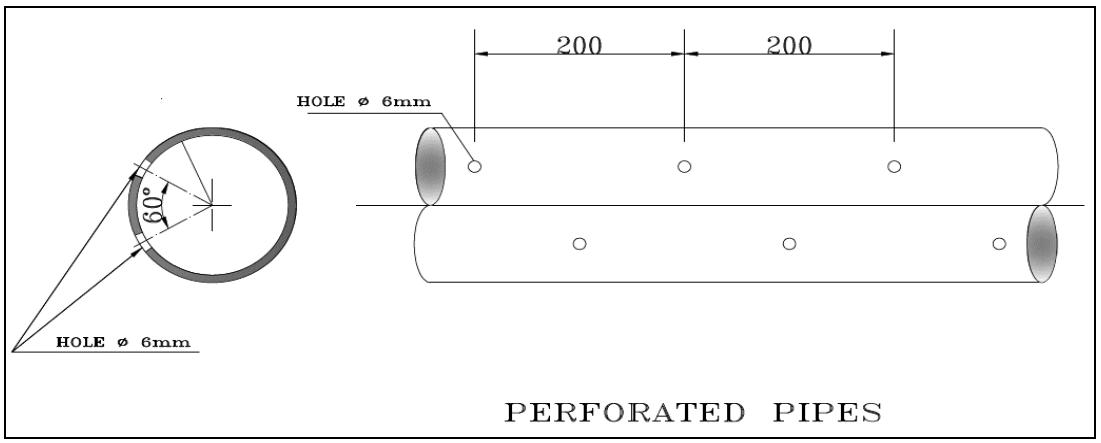
هذا مع العلم أن الظروف المناخية فى أنحاء البلاد تلائم نظام أحواض التجفيف والتى يمكن تشغيلها بصوره إقتصادية عند توافر الأرض اللازمه لانشائها.

٣-١ أحواض تجفيف الحمأه:

يتم تجفيف الحمأه فى هذه الطريقة بطريقة الغمر بتوزيعها على أحواض بها طبقة من الرمل تعلو طبقة من الزلط وينشأ عن ذلك تسرب المياه الموجوده فى الحمأه خلال الطبقه الرمليه بالإضافة إلى البخر و يوضح الشكل رقم (٣-٤٥) و (٣-٤٦) أحواض تجفيف الحمأه والمواسير المثقبة علي الترتيب.



شكل (٣-٤٥) أحواض تجفيف الحمأه



شكل (٣-٤٦) المواسير المثقبة في أحواض التجفيف

٣-١-١ مكونات الوحدة:

- طبقة الزلط : يبلغ عمق طبقة الزلط من ١٥ – ٣٠ سم ويكون الزلط متساوي الحجم من ٣-٦ مم ويوزع الزلط فوق شبكة تصريف المياه بارتفاع لا يزيد عن ١٥ سم للطبقة الواحدة.

- طبقة الرمل : يجب أن تكون طبقة الرمل نظيفه ويكون متوسط حجم حبيباته من (٠،٥ – ٠،٧٥مم) ويتراوح عمق الطبقه الرملية بين ١٥-٣٠ سم ويجب تسوية السطح العلوي للطبقة الرمليه.

- شبكة الصرف : تنشأ شبكة الصرف من مواسير الفخار المزجج أو البلاستيك مع ترك الوصلات غير ملحومه وتكون ذات قطر يتراوح من ١٠٠مم – ١٥٠ مم وتوضع هذه المواسير على مسافات متباعده لا تزيد عن ٦ م.

- حوائط الأحواض: تنشأ حوائط الحوض من الطوب أو الخرسانة بإرتفاع ٤٠سم على الأقل فوق سطح الرمل.

- قاع الأحواض : ينفذ قاع الأحواض من طبقة من الخرسانة العادية فى حالة وجود مياه الرشح قريبة من منسوب سطح الأحواض وفى حالة كون مياه الرشح بعيدة عن سطح الأحواض يكتفي بوضع طبقة من التربة غير المنفذة فى قاع الأحواض.

٣-١-٢ أسس التصميم

- سمك طبقة الحمأه الواحدة يتراوح من ١٠-١٥ سم.

- مده المكث (الفترة الزمنية لطبقة الحمأه قبل غمرها بطبقة أخري ٤-٧ أيام) حسب درجات الحرارة.

- مساحة أحواض التجفيف تؤخذ ضعف المساحة التصميمية بغرض التجفيف وتفريغ الأحواض الا اذا لم تتوافر المساحة فتؤخذ باكبر مساحة متاحة.

- يتم إنشاء طرق بين الأحواض لزوم أعمال تفريغ وتحميل الحمأه.

- مياه التصريف:

يجب اعاده مياه التصريف إلى أحواض الترسيب الإبتدائية.

٣-٢ فصل المياه بإستخدام المعدات الميكانيكية(Mechanical Dewatering)

عند إستخدام المعدات الميكانيكية لفصل المياه من الحمأه لابد من إستخدام المواد المروبه (Coagulants) سواء كانت بوليمرية أو كيماوية.

ويستخدم لذلك عده طرق منها:

١- مرشحات الحمأه التى تعمل بالتفريغ Vacuum filters.
٢- مرشحات الحمأه التى تعمل بالضغط (Filter press).
٣- جهاز الطرد المركزي (Centrifuge).

٣-٢-١ مرشحات الحمأه التى تعمل بالتفريغ: (Vacuum filters)

تتكون من اسطوانه دواره مركب عليها نسيج ترشيحي (Filter media) يتم تصنيعه من إحدي المواد الآتية:

- الصوف – التيل – اللباد – الألياف الصناعية – البلاستيك.
- شبكة من الصلب الغير قابل للصدأ.
- لفائف من اليايات الصلب الغير قابل للصدأ.

بالإضافة إلى الأجزاء الأتية:

- مضخات التفريغ الهوائي .
- مضخات المياه المرشحه.
- مصائد الرطوبه.
- حوض المياه المرشحه.

- سير دوار (Belt conveyor) لنقل الحمأه بعد فصل المياه منها.
- شبكة مواسير وصمامات لنقل الحمأه والمياه المرشحه.

٣-٢-١-١ أسس التصميم

أ- معدل الترشيح

يستخدم معدل ترشيح يساوي ١٥ كجم/م^{٢}/ساعة

ب-سرعة الاسطوانة

- (٧-٤٠) لفه / ساعه

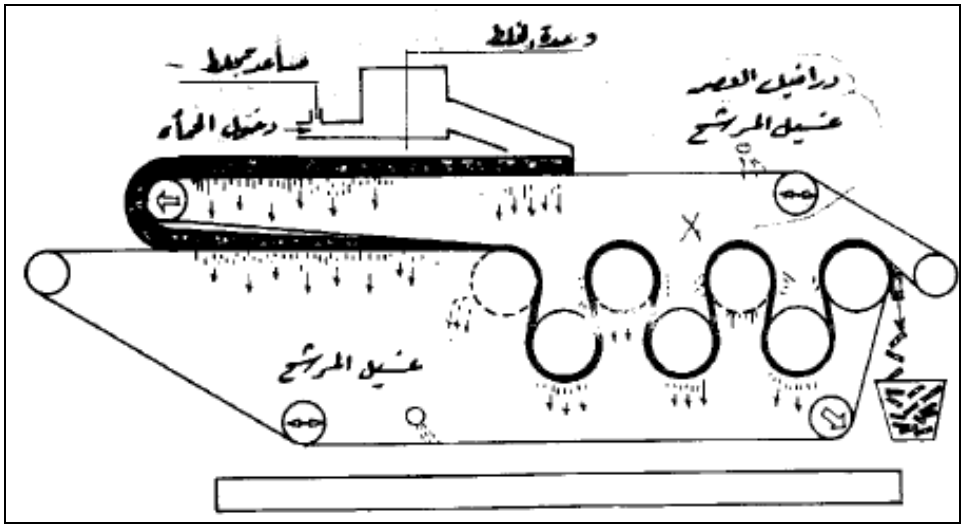
- ضغط التفريغ = ٥٠٠ – ٦٥٠ مم زئبق

- عدد ساعات التشغيل:

- ٣٠ ساعة / اسبوع فى محطات المعالجة الصغيرة < ٥٠٠٠ م^{٣}/يوم.
- ٢٠ ساعة / يوم فى المحطات الكبيره.

- نسبة الرطوبة فى الحمأه المرشحه:
  - ٨٠٪ فى الحمأه الخام
  - ٧٠٪ فى الحمأه المخمره

والشكل رقم (٣-٤٧) يبين مرشح الحمأه الذي يعمل بتفريغ الهواء



شكل (٣-٤٧) مرشح الحمأه الذي يعمل بتفريغ الهواء

٣-٢-٢ مرشحات الحمأه التى تعمل بالضغط (Filter Press)

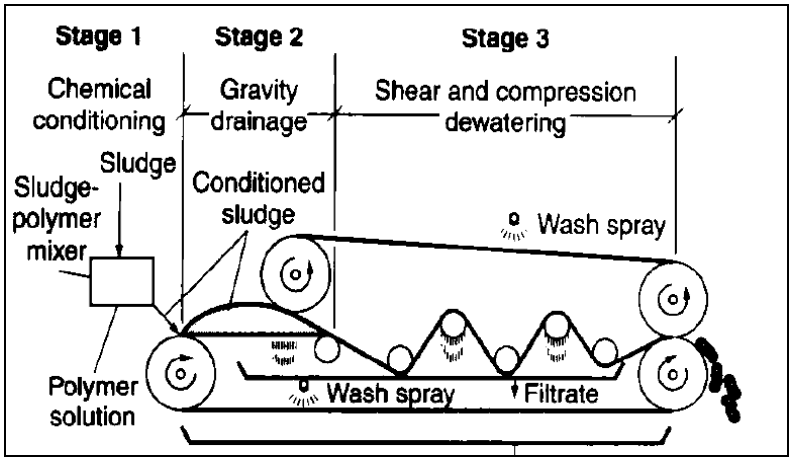
٣-٢-٢-١ مكونات الوحدة

يحتوي المرشح الضاغط على مجموعة من الألواح المعدنية المربعة والمفرغه من الداخل ويتم تثبيت قطع من قماش الترشيح بين الألواح، ويتم وضع الحمأه فى الفراغات الموجودة بين الألواح وقماش الترشيح.

٣-٢-٢-٢ أسس التصميم

- يعمل المرشح تحت ضغط يساوي ٤-١٢ كجم /سم^{٢}.
- زمن دورة التشغيل ١-٣ ساعة.
- نسبة الرطوبة بعد الترشيح حوالى ٧٠٪ .

والشكل رقم (٣-٤٨) يبين مرشح الحمأه الذي يعمل بالضغط.

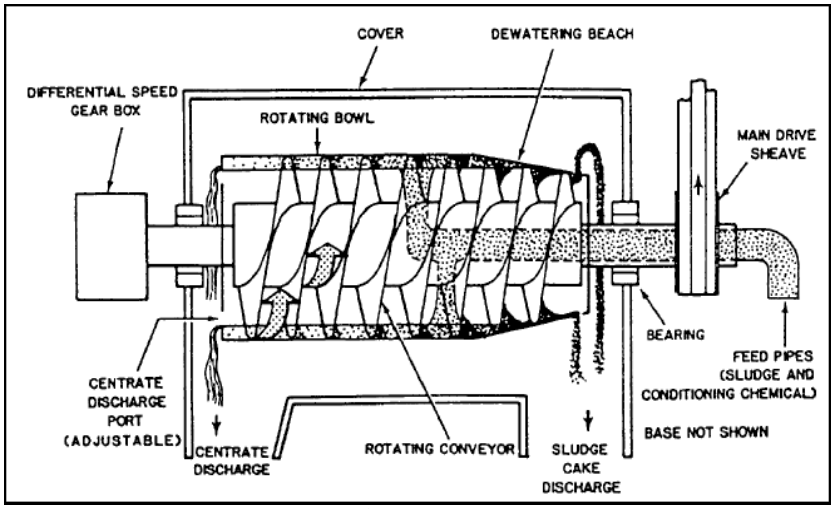


شكل (٣-٤٨) مرشح الحمأه الذي يعمل بالضغط

٣-٢-٣ جهاز الطرد المركزي (Centrifuge)

يستخدم جهاز الطرد المركزي بكفاءة لتخفيض نسبة الرطوبة للحمأة الناتجة الي حوالى ٧٠ %، وتحتوي المياه المرشحة من أجهزة الطرد المركزي علي نسبة عالية من المواد الصلبة تزيد علي نسبة المواد الصلبة في مياه الترشيح من أحواض التجفيف.

وينجم عن إعادة مياه الترشيح من نظام الطرد المركزي الي وحدات المعالجة الابتدائية زيادة في تركيز المواد الصلبة العالقة في أحواض الترسيب الابتدائي وبالتالي يتسبب في زيادة تركيزها أيضاً في المياه المعالجة. والشكل رقم (٣-٤٩) يبين نظام نزح المياه ميكانيكياً بإستخدام قوي الطرد المركزي.



شكل (٣-٤٩) نظام نزح المياه ميكانيكياً بإستخدام قوي الطرد المركزي

الفصل الرابع: التصميم الميكانيكي

الفصل الرابع
التصميم الميكانيكي

١. المصافي الميكانيكية

الغرض من المصافي الميكانيكية هو تخليص المخلفات السائلة من الشوائب العالقة أو الموجودة بها والتى يتم تنظيفها بصفة مستمرة عن طريق إمرار المخلفات السائلة خلال قضبان ذات مسافات بينية محددة طبقاً للتصميم الهيدروليكي لقنوات المصافي حيث تقوم هذه القضبان (الشبك) بحجز هذه الشوائب أمامها ويتم رفعها إلى خارج مجري المصافي بواسطة منظومة ميكانيكية.

وتتكون المصافي الميكانيكية من إطار يتم تثبيته داخل قناة التصفية يحتوي على قضبان حاجزة ويركب أعلي القضبان نظام ميكانيكي لتشغيل مشط تنظيف يقوم برفع الشوائب التى يتم حجزها أمام القضبان الحاجزة بصفة دورية طبقاً لطريقة عمل المصافي سواء كانت على فترات زمنية باستخدام مؤقت زمني أو عن طريق التحكم فى المناسيب أمام وخلف المصافي.

١-١ أسس التصميم

هناك عوامل أساسية يجب مراعاتها قبل إختيار نوع (مصافى واسعة أو دقيقة) وتصميم المصافي الميكانيكية وهي:

- تحديد عمق مجري التصفية وعرضها وأقصي منسوب للمياه داخل المجري.
- تحديد كميات التصرف الواردة للمصافي (تصرفات الذروة)
- تحديد مناسيب التشغيل والايقاف للمصافي
- تحديد مستوى التطبيق للمواد العالقه طبقا للتصميم الهيدروليكى

ويحدد نوع المصافي المستخدمة (تبعاً لزاوية ميل القضبان) وطبقاً لعمق مجري التصفية.

١-٢ أنواع المصافي الميكانيكية

تنقسم المصافي الميكانيكية المستخدمة فى محطات المعالجة إلى نوعين رئيسين وهما :

١- المصافي الواسعة Corse Screens

٢- المصافي الدقيقه Fine Screens

ويتفرع كلا من النوعين السابقين إلى عدة أنواع تبعا لنظام حركة مجموعة التنظيف ووضع القضبان .

١-٣ التصميم الميكانيكي والكهربائي للمصافي

١-٣-١ يجب توافر الشروط الاتية عند تصميم المصافي الميكانيكية

- جميع الأجزاء المتحركة تكون فوق أقصي مستوي للمياه فى قناة التصفية فى حدود من ٣٠ – ٥٠ سنتيمتراً ماعدا المصافي الرأسية العميقة ذات الأمشاط المستمرة الحركة والتى تستخدم عند مدخل محطات الرفع.
- يعمل مشط التنظيف للمصفاه ***Screen Rake*** تحت تأثير دفع هيدروليكي أو قوة زنبركية لضمان رفع الشوائب المتجمعة داخل القضبان أثناء العمل
- تكون قضبان المصفاه ذات مسافات بينيه ثابتة (تحدد طبقاً للتصميم الهيدروليكي) ويتم إحكام المسافات بينها داخل إطار لتسهيل الفك والتركيب لهذه القضبان كجزء واحد ويكون الاطار فى القضبان من مادة واحده .
- يجب أن تكون القدرة المقننة لوحدة الادارة لمجموعة التنظيف أكبر من القدرة اللازمة لادارة المجموعه (المحسوبة) بما لا يقل عن ٥٠٪
- لا تقل درجة التقفيل لمجموعة الحركة عن IP 65 (مضاد للعوامل الجوية)
- تزود المصافي بوسائل الحماية اللازمة للتشغيل الآمن ويشمل ذلك.

  - جهاز تحديد العزم Torque Limiting يعمل فى حالة التحميل الزائد للمشط.
  - فصل الحركة أوتوماتيكياً عن وحدة الادارة فى حالة وجود إعاقة لمجموعة التنظيف وذلك عن طريق عاكس لاتجاه التحرك.

- يجب ألا تزيد السرعة الخطية لمشط التنظيف عن ٠,٠٥ م /ث

١-٣-٢ يجب تحقيق المتطلبات التالية عند تصنيع المهمات الخاصة بالمصافي الميكانيكية

- إمكانية ضبط الوضع لمشط التنظيف فى الاتجاهين الأفقي والرأسي.
- موائمة لمحة (Profile) أسنان المشط لقطاع قضبان المصفاة لضمان التطبيع أثناء العمل.
- يتم التنظيف الاتوماتيكي للمشط عند نهاية مشوار التنظيف باستخدام ماسحة (Wiper).
- وجود منزلق Chute لتلقي المخلفات المتساقطة من المشط وإنزالها الى حوض التجميع أو السير الناقل.
- يتم نقل حركة وحدة الادارة إلى مشط التنظيف عن طريق إتصال متداخل (Link) باستخدام جنزير أو بنوز ولا يسمح بالحبال المعدنية.
- تكون أسنان مشط التنظيف بما يسمح بتغلغلها داخل القضبان لضمان رفع الشوائب المتجمعة فى كل مشوار للتنظيف (لا يقل طول السنة عن ٥٠ مم)
- يزود مشط التنظيف بحركة محورية تمكنه من تجاوز أى تراكم للمخلفات وبما يسمح برفع الكميات الغير عادية من الشوائب على مراحل.

١-٣-٣ الخامات التى تصنع منها مكونات المصافي الميكانيكية

١. مشط التنظيف والمسننات Sprockets والجنزير والدليل وجميع المسامير والصواميل والقضبان والماسحة والمنزلق تكون من الصلب الغير قابل للصدأ Stainless steel ويحدد درجته طبقاً لنوعية المخلفات السائلة والتحليل الكيميائي لها.
٢. الأغطية الخاصة بالأجزاء المتحركة تكون من ألواح الصلب الغير قابل للصدأ ذات سمك لا يقل عن ٤ مم.
٣. الاطار الخارجي للمصافي وأذرع التوصيل والهيكل الخاص بها تكون من قطاعات الصلب المجلفن أو المعالج بالدهانات السطحية المناسبة والتى يحددها المصمم.
٤. فى حالة استخدام السيور الناقلة فان الخامات المصنعة منها تخضع لنفس الشروط.

٢. مهمات أحواض التخلص من الرمال

٢-١ الغرض من مهمات أحواض التخلص من الرمال

هو كسح وتجميع ورفع الرمال المترسبة فى قاع قنوات الراسب الرملي حيث يتم التخلص من هذه الرمال بعد القيام بغسلها وتصفيتها من المياه المسحوبة معها.

ويتم تجميع الرمال عن طريق نظام ميكانيكي يختلف بإختلاف تصميم الأحواض حيث يوجد نوعين رئيسين:-

أ- الأحواض الدائرية ويتكون النظام الميكانيكي فيها من قلاب لاحداث حركة دوامية بهذه الأحواض تعمل على دفع الرمال إلى قاع الحوض حيث يتم سحبها والتخلص منها.

ب- الأحواض الطولية ويتكون النظام الميكانيكي فيها من كوبري متحرك يحمل زحافة سفلية لكسح الرمال المترسبة بالقاع فى إتجاه بئر التجمع ومنه يتم سحب الرمال بواسطة طلمبات رمال أو عن طريق نظام محابس تمهيداً للتخلص منها.

وفى كلا النظامين قد يستخدم الهواء المضغوط المتولد عن طريق ضواغط هواء وذلك للتحكم فى سرعة المياه داخل الأحواض بأحداث الحركة اللولبية لتخليص الرمال من المواد العضوية العالقة بها (الشحوم والزيوت).

٢-٢ أسس التصميم

العوامل التى يجب مراعاتها عند تصميم مهمات أحواض التخلص من الرمال هي:

- تحديد عمق قنوات الرمال وعرضها وأقصي منسوب للمياه بداخلها.
- تحديد التصرفات الواردة لقنوات فصل الرمال (تصرفات الذروة).
- تحديد كميات الرمال المتوقعة وذلك لامكانية حساب سعة وأبعاد ووسيلة سحب الرمال من القاع سواء كانت عن طريق نظام مواسير ومحابس أو بواسطة طلمبات رفع.
- تحديد نوع أحواض فصل الرمال (دائرية أو مستطيلة).

٢-٣ شروط التصميم

يتم مراعاة الشروط الأتية عند تصميم مهمات أحواض فصل الرمال.

- يصمم كوبري الزحافة على حمل فى حدود ٥٠٠كجم /م٢ بالإضافة إلى متطلبات التشغيل (الأحمال الناتجة عن المعدات المركبة على الكوبري).
- تدار عربتي الجر للكوبري (فى حالة الأحواض المستطيلة) بواسطة محركات كهربية مستقلة لكل عربة بينها إتصال كهربي للعمل والوقوف معاً أو بمحرك واحد يتصل بكل من العربتين عن طريق قضيب إلتواء torsion bar لنقل الحركة لكلا العربتين
- الكاسحات السفلية يمكن ضبطها ذاتياً طبقاً لميل قاع القنوات وتعمل هذه الكاسحات بحيث يمكن تجميع الرمال بكفاءة من كل مساحة أرضية الحوض ودفعها إلى بئر التجمع فى نهاية الحوض فى حالة الأحواض المستطيلة وإلى مركز الحوض فى حالة الأحواض الدائرية.
- الحركة الفعالة للزحافة تكون خلال مشوار التحرك الأمامي للعربة فى إتجاه بئر التجميع (فى حالة الأحواض المستطيلة) وترفع الزحافة أتوماتيكا عن قاع القنوات فى مشوار الرجوع.
- تزود قنوات فصل الرمال بهدارات قابلة للضبط وحاجز للخبث والزيوت الطافية .
- تزود كوبرى الزحافة بلوحة تحكم من النوع المقاوم للعوامل الجوية الذي يركب خارج المباني out door مزودة بالحمايات اللازمة ضد زيادة الحمل وقصر الدائرة .
- يكون تشغيل الزحافات اتوماتيكياً عن طريق مؤقت زمني يحدد وقت ومده التشغيل (١٠-١٥ دقيقة) على مدي اليوم وعلى أن يزود الكوبري فى حالة الأحواض المستطيلة بعاكس لاتجاه السير عند وصوله إلى نهاية مشوار الكسح.

وبالإضافة إلى ذلك فإن التشغيل يمكن أن يتم يدوياً وبحيث تقف الزحافة ذاتياً بعد إنتهاء دورة تشغيل كاملة (ذهاب وعودة).

- تزويد كوبرى الزحافة بالتيار الكهربي عن طريق كابل معلق مرن محمول على ركائز على طول جانب الكوبري أو عن طريق بكرة كابل تدار كهربياً ترتبط حركتها مع حركة الكوبري (لا يسمح بإستخدام الزنبرك).

- يجب أن يرتبط تشغيل طلمبات رفع الرمال (فى حالة إستخدامها) بحركة كوبري الزحافة حيث تعمل الطلمبات أوتوماتيكياً عند وصول الزحافة إلى ثلثي مشوار الكسح.
- يجب أن تشمل مهمات فصل الرمال على وسيلة فعالة لغسيل الرمال المجمعة (washing) بعد رفعها من الأحواض وكذلك وسيلة للتخلص من المياه الموجوده معها.
- فى حالة إستخدام الهواء المضغوط فى قنوات فصل الرمال المهواة aerated grit chambers فإن كمية وضغط الهواء المطلوب من ضواغط الهواء يجب تحديده بمعرفة المصمم الهيدروليكي ، ويفضل أن تكون مواسير دخول الهواء للأحواض ذات إتصال مفصلي بالخط الرئيسي القادم من الضواغط لامكان رفعها من القنوات لإجراء الصيانة وإعادتها للعمل دون الإخلال بعمل هذه القنوات.

٢-٤ متطلبات التصنيع

تراعي المتطلبات الأتية عند تصنيع مهمات قنوات فصل الرمال

- يزود كوبري الزحافة فى الأحواض الطولية بعدد ٢ عربة جر transition trolleys لكل منها أربعة عجلات إثنين منها متصلة بحركة وحدة الإدارة والإثنين الأخريين تابعة لها ، وتغلف هذه العجلات بمادة مقاومة للإحكتاك.
- يجب ألا يقل عرض ممشي كوبري الزحافة عن ٧٥٠ مم.
- يزود الكوبري بدرابزين على الجانبين من قطاعات الصلب المجلفن أو الألومنيوم بإرتفاع لا يقل عن ١ متر ويتم الربط بين القطاعات بنهايات تجميع stanchions ولا يسمح باللحام ويتم تثبيت الدرابزين بجسم الكبري عن طريق مسامير الربط
- يزود كوبري الزحافة بعجلات دليل Guide Wheels على جانبي القنوات لمنع الإنزلاق فى أي من الإتجاهين فى المستوي الأفقي.
- تزويد أسلحة الزحافة السفلية بشرائح تأكل من الكاوتش القابل للأستبدال عند البري أو التأكل بسمك لا يقل عن ٨مم وتثبت على حافة سلاح الزحافة بواسطة خوصة صلب قابلة للفك ويجب الأخذ فى الاعتبار إمكانية إعادة ضبط الشرائح لمقاومة التأكل.
- يزود كوبري الزحافة بكاسحة علوية لكشط الشحوم الطافية مركبة على جانب الحوض تكون مزودة أيضاً بشرائح كاوتش.

- تزويد الكباري بمانع إنزلاق للقدم على جانبي الممش بإرتفاع لا يقل عن ١٠٠ مم.

٢-٥ الخامات التى تصنع منها مهمات أحواض فصل الرمال

- الهيكل المعدني لكوبري الزحافة وأذرع التعليق من الصلب الكربوني ومعالج ضد العوامل الجوية أو بإستخدام الجلفنة على الساخن او من الصلب الغير قابل للصدأ 316L.
- الكاسحات السفلية والعلوية تصنع من إلواح الصلب المجلفن بسمك لا يقل عن ٤مم وطبقة الجلفنة لا تقل عن ٢٥٠ ميكرون او من الصلب الغير قابل للصدأ تحدد درجته حسب التحليل الكيماوى للمخلفات السائله.
- هدارات الخروج وحاجز الخبث من ألواح الصلب الغير قابل للصدأ تحدد درجته حسب التحليل الكيماوي للمخلفات السائلة.
- جميع المسامير والصواميل والبنوز وشرائح الضبط والتثبيت تكون مصنعة من الصلب الغير قابل للصدأ يحدد درجته ونوعه طبقاً لظروف التشغيل.

٣. مهمات أحواض الترسيب

الغرض من مهمات أحواض الترسيب هو كسح وتجميع وسحب المواد الصلبة التى يتم ترسيبها وتجميعها فى قاع الأحواض ويتم تجميع هذه الرواسب بواسطة كاسحات سفلية معلقة تقوم بكنس مسطح قاع حوض الترسيب سواء عن طريق الحركة الدائرية فى أحواض الترسيب المستديرة الشكل أو عن طريق الحركة الطولية فى احواض الترسيب المستطيلة الشكل ويتم سحب الرواسب المتجمعة (الحمأه) بواسطة مواسير مثبتة فى قاع الحوض تنتهي الى محابس للتحكم فى كمية الحمأه المستخرجة.

كما أن أحواض الترسيب قد ينتج عنها تعويم المواد الزيتية والشحوم الموجودة فى المخلفات السائلة (كما هو فى أحواض الترسيب الابتدائى) حيث يتم كسحها بواسطة الكاشطات العلوية التى تقوم بتجميع هذه المواد العائمة (الخبث الطافي) فى قمع تجميع ينتهي الى ماسورة تصب فى بئر الرواسب.

وتتكون مهمات أحواض الترسيب أساسا من كوبري ثابت أو متحرك يحمل زحافات مثبت بها كاسحات سفلية وعلوية حيث تتم إدارة الزحافات مركزيا Central drive فى حالة الكوبري الثابت أو بادارة طرفية Peripheral drive للكوبري المتحرك بالنسبة للأحواض المستديرة أو تتم حركة الكوبري طوليا بالنسبة للأحواض المستطيلة .

كما تستخدم الزحافات الدائمة الحركة Flight type والتى تثبت على جنزير متحرك عن طريق وحـــدة إدارة مثبتة بنهاية وبداية حوض الترسيب بالنسبة للأحواض المستطيلة.

كما تشتمل مهمات أحواض الترسيب على هدارات لضبط منسوب خروج المياه من الأحواض بالإضافة الى محابس الدخول ومحابس سحب الحمأه ووسائل التحكم والحماية لتشغيل الزحافات والمحابس.

٣-١ أسس التصميم

العوامل التى يجب مراعاتها عند التصميم

- تحديد قطر الأحواض (فى حالة الأحواض المستديرة) أو أبعادها (فى حالة الاحواض المستطيلة) وكذلك عمق الاحواض والارتفاع الاقصي للمياه داخل الاحواض وميول الارضية لها.
- تحديد كميات التصرف الواردة للأحواض.
- تحديد مناسيب خروج المياه من الاحواض.
- تحديد كميات الحمأه الناتجه وأسلوب سحبها. (متقطع أو مستمر)
- تحديد كميات الخبث من الشحوم والزيوت (فى حالة أحواض الترسيب الابتدائى)

٣-٢ أنواع أحواض الترسيب

تنقسم أحواض الترسيب الى نوعين:

- احواض مستديرة : وهذه بدورها تنقسم الى احواض ذات كوبري ثابت أو كوبري متحرك.
- احواض مستطيلة : وتكون ذات زحافات معلقة على كوبري متحرك أو زحافات طائرة (Flight) مثبته على جنزير يتم إدارته عن طريق مجموعة حركة مثبته على الأحواض.

٣-٣ شروط التصميم

- يجب ألا يقل تقدير الحمل الحي Live Load التصميمى لكوبري الزحافة عن ٣٥٠ كجم/م^{٢}.
- يجب أن يكون تصميم الكاسحات السفلية بحيث يمكن كسح الحمأه المترسبة فى كامل قاع الحوض فى كل دورة من دورات الزحافة فى إتجاه حيز التجميع.

- يجب أن يكون تثبيت أذرع تعليق الزحافة عن طريق مفصلات تسمح بأرجحة حرة لهذه الأذرع لموائمة حركتها مع الكاسحات السفلية على قاع الحوض وذلك لتعويض عدم الانتظام الذي قد يوجد فى أرضية الحوض.
- يجب أن يكون صندوق (قمع) تجميع الخبث الطافي ذو حركة أتوماتيكية مع الكاسحة العلوية بحيث تسمح بخروج كمية مناسبة من المياه مع الخبث لعمل غسيل للقمع وماسورة الخروج Down Flushing
- يجب أن تكون مجموعة الحركة للزحافة من النوع المقاوم للعوامل الجوية ذات درجة تقفيل IP65
- تكون السرعة الخطية لعربة جر كوبري الزحافة (فى حالة الكباري المتحركة) فى حدود من ٠,٠٣ إلى ٠,٠٥ متر/ثانية.
- يجب ألا يقل عرض ممشي كوبري الزحافة عن ٦٠٠ مم.
- يجب ألا يقل إرتفاع سلاح الكاسحة السفلية أو العلوية عن ٣٠٠ مم.
- تكون هدارات الخروج قابلة للضبط فى الاتجاه الرأسي فى حدود $\pm$ ٥٠مم وتصنع على شكل حرف V (أسنان المنشار)
- يجب تزويد الكباري والزحافات بلوحة تحكم تحتوي على وسائل الحماية اللازمة ضد زيادة الحمل وذات درجة تقفيل IP65 مقاوم للعوامل الجوية.

٣-٤ متطلبات التصنيع

تراعي المتطلبات الآتية عند تصنيع مهمات أحواض الترسيب:

- تحمل الكاسحات السفلية على مجموعة عجلات دوارة مصنعة من النيوبرين أو البولي إيثلين تعمل على محور من الصلب الغير قابل للصدأ وبحيث تكون الكاسحة محملة أمام العجلات.

  ويتم تثبيت هذه العجلات بأذرع الزحافة عن طريق مسامير الرباط. وفى بعض الحالات يمكن تثبيت الكاسحات بأذرع التعليق مباشرة (عن طريق مسامير الرباط أيضا) وبحيث تعمل الكاسحات تحت وزنها.

- تزود الكاسحات السفلية بماسحة من المطاط الطبيعي أو الصناعي عالى المقاومة للاحماض بسمك لا يقل عن ٨ مم تثبت علي حافة سلاح الكاسحة بمسامير الرباط مع وجود شريحة صلب للتثبيت.

- تزود الاحواض بمجموعات فرش دوارة تعلق من كوبري الزحافة – لتنظيف هدارات الخـــروج وقناه المخرج وتدار هذه الفرش كهربيا وتصنع من مادة ذات مقاومة عالية للتأكل .
- تزود كباري الزحافات بدرابزينات على طول الكوبري بارتفاع لا يقل عن ١ متر فوق منســـوب الممشي.
- يزود كوبري الزحافات بمانع إنزلاق للقدم على جانبي الممشي بإرتفاع لا يقل عن ١٠٠ مم.
- يستخدم فى تثبيت الدرابزين بالهيكل الرئيسي لكوبري الزحافة مسامير الرباط ولا يسمح باللحام.
- تكون هدارات الخروج حاكمة تماما ضد تسرب المياه بينها وبين جدران الحوض عـــن طريـــق استخدام شرائح مطاطية تثبت بينها وبين الجدران بسمك لا يقل عن ٤ مم.
- تزود أحواض الترسيب الابتدائي بحائل خبث Scum Board يثبت على بعد حوالي ٥٠٠مم من حافة الحوض ولا يقل إرتفاع الحائل عن ٣٠٠ مم ويكون قابلا لضبط منسوبه فى الاتجاه الرأسي فى حدود ±٧٥مم.
- فى حالة احواض الترسيب المستديرة يتم تثبيت كوبري الزحافة (من النوع المتحرك) محوريا عند مركز الحوض بواسطة كرسي إرتكاز محوري له القدرة على إمتصاص الصدمات الناتجة عـــن عدم إنتظام المنسوب الافقي لمسار عربة الحركة للكوبري على حافة الحوض وكـــذلك الإنحنـــاء الذي يحدث فى هيكل الكوبري نفسه فى حدود ١,٥ درجة.
- يجب أن يكون كرسي الارتكاز المحوري لكوبري الزحافة (فى حالة الكوبري المتحرك) مغلـــق تماما ومضاد لنفاذ الأتربة والشوائب ودخول المياه.
- يتم تغذية مجموعة الحركة لكوبري الزحافة بالتيار الكهربي عن طريق حلقات إنزلاق من النـــوع المغلق تماما تحمل على المحور المركزي للكوبري فى حالة الأحواض المستديرة وعن طريـــق بكرة كابل محملة على الكوبري ومزودة بمحرك ادارة مرتبط بحركة الكوبري لفرد ولم الكابـــل الكهربي مع حركة الكوبري ذهابا وعودة فى حالة الاحواض المستطيلة .
- تكون مجموعة محابس سحب الحمأه من الأحواض مكونة من محبس سكينة ومحـــبس تلســـكوبي هيدروستاتيكي ومحبس دفق على التوالي.

٣-٥ الخامات التى تصنع منها مهمات احواض الترسيب

- الهيكل المعدني لكوبري الزحافة وأذرع التعليق والدرابزينات والمشايات تصنع من الصلب العالي الجودة والمعالج ضد العوامل الجوية باستخدام الدهانات المناسبة طبقاً لما سيرد ذكره أو باستخدام الجلفنة على الساخن.
- الكاسحات السفلية والعلوية تصنع من الصاج المجلفن بسمك لا يقل عن ٤ مم وطبقة الجلفنة لا تقل اعن ٢٥٠ ميكرون.
- هدارات الخروج وحواجز الخبث تصنع من الصلب الغير قابل للصدأ بسمك لا يقل عن ٤ مم أو الألومنيوم عالى الجودة بسمك لا يقل عن ٦ مم طبقا لما يقرره المصمم وحسب التحليل الكيميائي للمخلفات السائلة المعالجة.
- جميع المسامير والصواميل والبنوز وشرائح الضبط والتثبيت تكون مصنعة من الصلب الغير قابل للصدأ ويحدد طبقته ونوعة طبقا للظروف المعرض لها أثناء التشغيل.

٤. مهمات احواض التهوية

٤-١ مهمات أحواض التهوية باستخدام وحدات التهوية السطحية

الغرض من وحدات التهوية السطحية Surface aerators هو مد المخلفات السائلة الموجودة بأحواض التهوية بالأكسجين المطلوب طبقاً للكميات المحددة بالحسابات التصميمية لهذه الأحواض ، وذلك عن طريق خلط الهواء الجوي الملامس للسطح بهذه السوائل بواسطة إحداث حركة دورانية على سطح السائل تقوم بسحب الهواء الجوي إلى داخل السائل وفي نفس الوقت تعمل مروحة وحدات التهوية (التربينية) كمضخة لنشر السائل فى منسوب أعلى من مستوي السطح العلوي حيث يحدث تلامس بين جزئيات السائل والهواء الجوي المحيط به مما يؤدي إلى إمتصاص الإكسجين ويتم التحكم فى كمية الأكسجين المضاف عن طريق تغيير منسوب الغمر لهذه التربينات.

٤-١-١ المكونات

وتتكون أساساً من وحدات تهوية سطحية ذات مروحة Impeller مفتوحة (تربينة) تقوم بأحداث التقليب والضخ للمخلفات السائلة عن طريق الحركة الدورانية التى تأخدها عن محركات كهربية متصلة بها

بواسطة مخفضات سرعة للوصول إلى السرعة المقننة لها ، وتشمل هذه المهمات كذلك هدارات التحكم فى منسوب السائل داخل الأحواض والتى يتم تشغيلها يدوياً أو أتوماتيكياً وذلك لخفض أو رفع مستوي سطح السائل وبالتالي منسوب الغمر لتربينات وحدات التهوية أو استخدام محركات متغيره السرعه باستخدام Variable Frequency drive VFD طبقا للتصرفات الوارده ونسبه الاكجسين المذاب المطلوب.

٤-١-٢ العوامل التى يجب مراعاتها عند التصميم

- تصرف المخلفات السائلة.
- الحمل العضوي.
- كمية الهواء (الأكسجين) المطلوب إضافتها طبقاً لنوع المعالجة المطلوب.
- عدد وحدات التهوية السطحية بكل حوض.
- أبعاد أحواض التهوية.
- توزيع وحدات التهوية السطحية داخل الحوض.

٤-١-٣ شروط التصميم

يجب مراعاة الشروط الآتية عند تصميم مهمات أحواض التهوية السطحية.

- يجب أن تعطي التهوية خلط جيد وتقليب تام لمحتويات الحوض وتوزيع كامل للهواء المحمل بالأكسجين خلال محتويات الحوض من المخلفات السائلة وذلك عن طريق الآتي:
- العلاقة بين قطر تربينة (مروحة) وحدة التهوية وعرض حوض التهوية وتكون النسبة بينها فى حدود من ٥-٧ .
- لا تقل القدرة النوعية Specific power عن ٤٠ وات لكل متر مكعب من حجم المخلفات السائلة الموجودة بالحوض.
- أن تكون التربينات من النوع منخفض السرعة (لا تزيد عن ٦٠ لفه / الدقيقة).
- السرعة الدوامية للمياه عند أى نقطة فى الحوض يجب ألا تقل عن ٣.٠ متر / ثانية.

- تتكون التربينة من مروحة على شكل مخروط مقلوب له أسلحة Blades موجهه قطرياً من حدبه Bass مركزية وتمتد خارجياً عبر المخروط حتي الحافة ويمكن أن تشكل المروحة على هيئة أنابيب تعمل على ضخ المياه من داخل إلى خارج التربينة .
- يجب أن تكون التربينة (مجموعة العضو الدوار بالكامل) متزنة إستاتيكياً وديناميكياً لضمان التشغيل المستقر وعدم إهلاك كراس الإرتكاز لوحدة التهوية.

٤-١-٤ متطلبات التصنيع

يجب مراعاة الشروط الآتية عند تصنيع وحدات التهوية.

- تزويد وحدات التهوية بوسائل ضبط المستوي لإمكانية عمل ضبط منسوب Leveling الوحدة.
- يرتبط العضو الدوار (المروحة) بعامود الأدارة عن طريق وصله إتصال (كوبلنج) بالفلنشات ويثبت بعدد كاف من المسامير طبقاً لحسابات العزم للمجموعة.
- يكون عامود الإدارة ذو قطاع مناسب لنقل القدرة المطلوبة بدون إحتمال حدوث الموجات او إهتزازات أثناء التشغيل.
- وحدات تخفيض السرعة (صناديق التروس) تكون من النوع ذات التروس اللولبية Helical gears المصممة للتحميل الرأسي.
- تعمل تروس وحدة تخفيض السرعة داخل حمام زيتي وتستند على محاور مصمته Stub shafts مرتكزة على نقاط إرتكاز (كراس محور) رولمانات بلي وبلح .
- كراسى الدفع تكون ذات سعة كبيرة لتحمل وزن التربينة بالإضافة إلى أى حمل هيدروليكي ناتج عن التشغيل ويستعمل فى ذلك الكراسى ذات النوع المركب (journal/thrust) أو رولمانات بلي البلح المسلوب Taper Roller
- تكون وحدة صندوق التروس مقاومة للعوامل الجوية ويكون لها محبس لمنسوب الزيت وطبة لسحبه (تفريغ) وأنبوب تنفيث ومبين منسوب زجاجي.
- جميع التروس والكراسى البلي تصمم لعمر إفتراضي لا يقل عن ١٠٠٠٠٠ ساعة وصالحة للتشغيل المستمر ٢٤ ساعة تحت الظروف الجوية القارية Tropical Conditions ويؤخذ معامل الخدمة Service Factor لصندوق التروس بما لا يقل عن ضعف قدرة المحرك.

- تدار وحدات التهوية بمحرك كهربي عالى العزم مغلق تماماً يبـــرد بالمروحـــة TEFC ومقـــاوم للعوامل الجوية IP65.
- يجب أن تزيد قدرة المحرك بمقدار ٣٠٪ على الأقل عن أقصي قدرة ممتصة على عامود التربينة عند الغمر الكامل لها.
- تصمم أبعاد هدارات الخروج بحيث تسمح بمرور أقصي تصرف وبحيث يمكن عن طريقها التحكم فى مناسيب سطح المياه داخل الحوض.
- تدار الهدارات كهربياً (مع إمكانية التشغيل اليدوي) وتزود بمبين وضـــع position indicator وقد يعمل الهدار أتوماتيكياً عن طريق التحكم فى المنسوب طبقاً للإشارة الواردة من أقطاب قياس الأكسجين المذاب فى نهاية الخروج من الاحواض.
- وحدات التحكم الخاصة بتشغيل وحدات التهوية تكون من النوع المقاوم للعوامل الجوية ومـــزودة بوسائل الحماية ضد زيادة الحمل وقصر الدائرة.
- تزود وحدات التهوية بازرار وقف طوارئ Emergency stop من النوع ذو المزلاج – Latch off تركب على الأحواض.

٤-١-٥ خامات التصنيع لمهمات التهوية السطحية

- جميع الأجزاء الصلب المستخدمة فى مهمات التهوية الســـطحية تكـــون معالجـــة خصيصـــاً ومدهونة بمادة مقاومة للتآكل ومضادة لتاثير المخلفـــات الســـائلة الخـــام المخمـــرة جزئيـــاً Partially Septic .
- عامود الإدارة للتربينة يصنع من الصلب غير القابل للصدأ ذو درجة ونوعية مناسبة للتعامل مع السوائل الخام طبقاً للتحليل الكيميائي لها.
- تصنع التروس والمحاور الخاصة بصندوق التروس من صلب عالى الشـــد High tensile steel المقسي Case hardened
- يكون جسم صندوق التروس من الحديد الزهر.
- تصنع هدارات الخروج للأحواض من الصلب غير القابل للصدأ وتحدد درجته طبقاً للتحاليل الكيميائية.

- جميع المسامير والصواميل المستخدمة تكون من الصلب غير القابل للصدأ أو يسمح بإستخدام المسامير المجلفنة فى الأجزاء غير المغمورة بالمياه.

٤-٢ مهمات احواض التهوية باستخدام وحدات حقن الهواء (بالدفع النفاث)

الفرص من وحدات التهوية بالدفع النفاث للهواء بالسائل مباشرة Air Injection high speed , jet Aerators هو المخلفات السائلة الموجودة بأحواض التهوية بالأكسجين عن طريق الحقن المباشر للهواء داخل السائل مباشرة بإحداث خلخة جزئية تحت سطح السائل فتقوم بسحب الهواء الجوى عبر عامود الإدارة ونشر الأكسجين بالسائل فى اتجاه أفقى وباستخدام دوران الريش الأمامية للهواية فانها تحدث سريان للأكسجين الجوى عبر فتحات السحب الموجودة على ماسورة عامود الإدارة الموجودة اعلى سطح السائل , وهذا الهواء المسحوب عبر عامود الإدارة يجتاز الريش الدوارة Propeller ويدخل الى السائل على هيئة تيار عالي السرعة من الفقاعات الهوائية الدقيقة والتى يتم انتشارها فى السائل وهكذا يتم انتقال الأكسجين إلى السائل اثناء فترة التلامس مع الفقاعات الدقيقة مما يودى إلى تعظيم عملية معالجة الصرف الصحي .

٤-٢-١ المكونات

تتكون هذه الواحدات من هيكل معدني مركب عليه المحرك الكهربائي ثم جسم الوحدة والذي يحوى عامود الإدارة الدوار، وهذا الجسم يحتوى على الفتحات التي تسمح بدخول الهواء الجوى إلى داخل جسم الإدارة المفرغ ويتصل عامود الإدارة بالمحرك من خلال وصلة عامة Universal Coupling ويورد من الهواية لوح إخماد يركب اعلي الريش لمنع الدوامات وتثبت مجموعة الريش عند النقطة السفلى بواسطة كرسي مركب ويتم حماية عامود الإدارة ضد التآكل عن طريق كم من مادة غير معدنية Non metallic sleeve يسهل استبداله وينتهي جسم الإدارة بناشر لزيادة الضغط ويتم تثبيت على عوامات مصنعة من مادة لدنة من الفينيل او يمكن ان تصنع من مادة حديدية معالجة ضد الصدأ.

٤-٢-٢ متطلبات التصنيع والخامات الخاصة بالهوايات

تصنع جميع أجزاء وحدات التهوية من الصلب غير قابل للصدأ ويكون جسم المحرك الكهربى من الحديد الزهر وتكون جميع مسامير الرباط والصواميل الخاصة بها والكبسات وخلافه من الصلب الغير قابل

للصدأ وتكون محركات الإدارة مقاومة للعوامل الجوية والعمر الافتراضي لجميع كراسى الارتكـــاز ذات عمر افتراضي لايقل عن ٥٠ ألف ساعة وصالحة للتشغيل المستمر ٢٤ ساعة يوميا تحت الظروف الجوية للموقع

٤-٣ مهمات التهوية باستخدام الهواء المضغوط

تزود احواص التهوية فى هذا النظام بمنظومة للهواء المضغوط و الذى يتم انتاجه بواسطة نوافخ هـــواء خارجية Air Blowers يتم من خلاله ضخ الكمية اللازمة من الهواء المراد ادخاله إلى احواص التهوية طبقا للحسابات الخاصة بالتخلص من الحمل العضوى والمقاس بمقدار الأكســيجين الحيــوى المطلــوب BOD ويكون دور الهواء المضغوط هو اعطاء التقليب المطلوب داخل احواص التهوية عن طريق طاقة الحركة الموجودة بهذا الهواء بالاضافة إلى المهمة الاساسية وهى دفع كمية الاكسجين المطلوبـــة لعمليـــة المعالجة البيولوجية بحد ادنى للاكسجين المذاب ٢ ملجم/ لتر

٤-٣-١ المكونات

يتكون نظام التهوية من مجموعة مواسير وناشرات دقيقة يتم تجميعها سويا بحيث تضمن توزيع ونشـــر كيمة الهواء المطلوبة طبقا للتصميم الخاص بهذه الاحواض وبما يضمن توفير الكمية اللازم ادخالها مـــن الاكسيجين بما يناسب الحمل العضوى للمحطة .

ويشمل نظام التهوية المهمات الاتية :

١. العدد الكافى من ناشرات الهواء اللازمة لتوزيع الهواء المضغوط
٢. خط الهواء الرئيس الداخل للاحواض
٣. ضواغط الهواء اللازمة
٤. بوابات الدخول لحوض التهوية
٥. هدارات الخروج القابلة لضبط المنسوب Adjustable outlet weirs or decanter type
٦. المهمات الكهربية اللازمة للتشغيل وتركب أعلى من مستوى المياه

٤-٣-٢ العوامل المطلوب مراعاتها

- تصرف المخلفات السائلة الداخلة للأحواض
- الحمل العضوى للمخلفات السائلة
- كمية الهواء المطلوبة لمجابهة الحمل العضوى
- توزيع ناشرات الهواء فى قاع الحواض
- السرعة الدوامية للمياه عند اى نقطة داخل الحواض يجب الا تقل عن ٠,٣ م/ث

٤-٣-٣ ضغواغط الهواء

تستخدم ضواغط الهواء من النوع ذو العضو الدوار الطارد المركزى أو يكون من النوع ذو الازاحة الموجية ذو قلب دوار لولبى ويدار الضاغط بواسطة محركة كهربى ذو قفص سنجابى ذو درجة تقفيل مغلقة IP54 أو IP55 وتكون القدرة المقننة له بحيث تزيد بمقدار ١٠% على الاقل من اقصى قدرة مستهلكة للضاغط وكفاءة الضاغط لاتقل عن ٧٠% ويزود الضاغط بجهاز فصل حمل اتوماتيكى ومحبس لتنفيث الضغط وعداد قياس ضغط ومرشح لهواء الدخول ومخمد صوت بالدخول ويتم الاتصال بين الضاغط والمحرك الكهربى عن طريق وصلة اتصال مرنة من نوع معتمد كما يتم تزويد الضاغط بانذار صوت فى حالة حدوث عطل.

٤-٣-٤ خامات التصنيع

- جميع اجزاء نظام التهوية تحت مستوى المياه تكون مصنعة من الصلب الغير قبل للصدأ st.st.316 وفوق سطح الماء من الصلب المجلفن
- ناشرات الهواء تكون مصنعة من الصلب غير قابل للصدأ او البولى ايثلين أو UPVC والتى تقاوم مياه الصرف الصحي
- جميع المحابس الخاصة بنظام الهواء تكون ذات جسم مصنع من الحديد الزهر و عامود ادارة من الصلب الغير قابل للصدأ وتتحمل درجة حرارة حتى ١٢٠ درجة مئوية
- تصنع بوابات الخروج والدخول من الصلب الغير قابل للصدأ st.st316 بجميع مكوناتها ويشمل ذلك مانع خروج الخبث Scum Coffection ان وجد بتصميم الحوض

٥. مهمات أحواض تركيز الحمأه Sludge Thickener Equipment

٥-١ الغرض من مهمات تركيز الحمأه

فصل المياه المحيطه بالمواد الصلبه (الحمأه) وذلك لمساعدتها على الترسيب رأسياً مع كسح وتجميع الحمأه المركزة المترسبة بقاع الأحواض حيث يتم سحبها عن طريق نظام مواسير ومحابس إلى غرفة تجميع ومنها إلى مكان معالجة الحمأه . ونظراً لطبيعة ونوعية الحمأه المركزة الناتجة من هذه الأحواض والتى تميل إلى سرعة التجلط والالتصاق وإحداث الانسداد فى المواسير الحاملة لها ، فأنه يجب تقصير مسارتها ما أمكن فى حالة إستخدام خطوط مواسير بالإنحدار الطبيعي ويفضل اللجوء إلى إستعمال المضخات الموجبة الإزاحة Positive Displacement فى رفعها إلى أماكن معالجة الحمأه ويتم التحكم فى المياه ودرجة تركيز الحمأه المترسبة عن طريق تحديد فترات وتوقيتات السحب للحمأه المركزه.

٥-٢ المكونات

كوبري ثابت يصنع من الخرسانة كجزء من المنشأ الخرساني للحوض أو من قطاعات الصلب التى يتم إرتكازها على أطراف الحوض ويحمل الكوبري مجموعة من الأذرع الرأسية الثابتة ومجموعة أخري متحركة متصلة بمركز الإدارة بالحوض للتقليب والكسح حيث يتم تحركها عن طريق إدارة مركزية من وحدة إدارة مكونه من محرك كهربي ومخفض سرعة (صندوق تروس) ومحور دوران مركزي . وتشتمل مهمات تركيز الحمأه على هدارات لضبط منسوب الخروج للمياه المنفصله عن الرواسب (Supernatant) بالإضافة إلى محابس الدخول والخروج ووسائل التحكم والحماية فى التشغيل.

٥-٣ العوامل الواجب مراعاتها عند تصميم المهمات الميكانيكية لأحواض التركيز

- أبعاد الأحواض.
- مدة المكث.
- الحجم الفعال للحوض.
- كميات التصرفات الواردة.
- معدل المواد الصلبة على مسطح الحوض.
- تركيز الحمأة المتوقع فى أسفل الحوض (طبقا لنوع الحمأة)

٥-٤ شروط التصميم

- تنشأ كباري أحواض تركيز الحمأه (فى حالة الكباري الصلب) من قطاعات مناسبة من الصلب الكربوني بحيث تغطي كامل قطر الحوض (كوبري كامل) ومصمم لحمل منتظم ٢٥٠كجم /م٢ بالإضافة إلى متطلبات التشغيل لهذه الكباري .
- مجموعة التقليب والكسح .Raking & Scraping mechanism تحمل أسفل الكوبري بواسطة مفصلات كروية دوراة rotary ball joints .
- تزود مجموعة الإدارة بحماية ضد التحميل الزائد.
- يثبت العامود المركزي عن طريق الفلانشات بوحدة الإدارة المركزية إلى جهاز الدوران الكروي rotary ball device للكوبري وقد يكون على هيئة إسطوانة داخلية دوارة.
- محرك وحدة الإدارة يكون ذو قدرة تزيد ٥٠٪ عن القدرة المطلوبة لتحريك مجموعة الزحافة ويكون من النوع المغلق المضاد للعوامل الجوية.
- وحدة الإدارة للكوبري تحمل عند مركز الكوبري وتكون ذات صندوق تروس محكم الغلق ذو غلاف من الحديد الزهر ويدار الكوبري بوحدة إدارة واحدة أو إثنين حسب التصميم الميكانيكي لمحور الإرتكاز.
- يتم تغذية وحدة الإدارة بالتيار الكهربي عن طريق كابلات أرضية.

٥-٥ متطلبات التصنيع

- عرض ممشى الكوبري لا يقل عن ٧٥٠ مم ويغطي بأغطية شبكية.
- يزود الكوبري بدرابزين مزدوج على جانبيه يتم تجميع أجزاؤه عن طريق وصلات إرتباط (لا يسمح باللحام) وبقطاعات مناسبة.
- لا يقل إرتفاع الدرابزين عن ١١٠٠ مم فوق مستوي الممشي.
- تتصل نهايات التوصيل للدرابزين بهيكل الكوبري نفسه وتثبيت عن طريق مسامير الرباط ولا يسمح باللحام.
- أسلحة الزحافة السفلية (الأرضية) تزود بشرائح تأكل مطاطية قابلة للتغيير والضبط وذات سمك لا يقل عن ٨ مم وتثبت الشرائح فى حدود ٤٠ مم من حافة سلاح الزحافة عن طريق خوصة صلب تربط بالمسامير ولا يقبل اللحام أو الكبس .

- يركب على الكوبري وحدة تشغيل وإيقاف (لفصل تيار التغذية) لإستخدامها فى الطوارئ وتكون من النوع المقاوم للعوامل الجوية.
- يصنع هدار الخروج على شكل مسنن V – notched ويزود بشرائح حاكمة للتسرب من المطاط بسمك لا يقل عن ٤ مم بحيث تكون المجموعة حاكمة ضد تسرب المياه بينها وبين السطح الخرساني.
- يسمح بضبط هدار الخروج رأسياً فى حدود ± ٣٥ مم من مستوي الأصل.
- تزود الأحواض بنظام لتنظيف الهدرات وقناة المخرج تتكون من أكمام (فرش) Breeches تدار كهربياً او مضغوطة Spring Loaded.

٥-٦ خامات التصنيع

- الهيكل المعدني للكوبري والأذرع الدوارة والعامود المركزي تصنع من الصلب الكربوني المعالج لمقاومة العوامل الجوية طبقاً للمواصفات القياسية المعتمدة.
- الكاسحات الأرضية وأذرع التقليب تصنع من الصلب المجلفن ولا يقل سمك الجلفنة عن ٢٥٠ ميكرون.
- هدارات الخروج تكون من ألواح الصلب غير القابل للصدأ بسمك لا يقل عن ٤مم وتحدد درجة ونوع الخامة حسب التحليل الكيميائي للمخلفات الموجودة بالأحواض ونوع مناسب لظروف التشغيل.

٦. طلمبات الأعادة الحلزونية Screw Pumps

١-٦ الغرض من إستخدام طلمبات الأعادة

الإستفادة من الحمأه المنشطة الناتجة من أحواض الترسيب النهائي بإعادة رفعها إلى أحواض التهوية أو إلى أحواض الترسيب الإبتدائي.

ويأتي إستخدام الطلمبات الحلزونية للصفات التى تمتاز بها عن الأنواع الأخري من الطلمبات نتيجة قدراتها على تكييف التصرفات الخارجة منها مع إختلاف منسوب المياه الموجودة ببيارة السحب.

وتتكون الطلمبات الحلزونية من :-

ملف بريمي Helical Winding ملفوف على سطح إسطوانة القلب المفرغة وتسمى هذه التركيبة ما يعرف بالحلزون Screw . يتم تثبيت الحلزون من أعلى وأسفل عن طريق كراسي إرتكاز ويدار الحلزون بواسطة محرك كهربي ووحدة تخفيض للسرعة.

٦-٢ ويجب توافر الشروط الآتية فى تصنيع هذه الطلمبات

- تكون الأسلحة المكونة للحلزون من ألواح صلب تلحم على أسطوانه مركزية مفرغة ويتم تشكيل الحافة الخارجية لهذه الألواح لملأئمة حجم وشكل القلب الأسطواني .
- تزود نهايات الاسطوانة المركزية بألواح نهاية مانعة لتسرب الماء وبها نتوءات تثبيت كراسى الإرتكاز.
- تستند النهاية العلوية للإسطوانة المركزية على كرسى إرتكاز من رولمانات البلي من Thrust and Radial ball ويكون ذو غلاف من الحديد الزهر ويجهز الكرسي للتثبيت على قاعدة خرسانية متينة.
- تستند النهاية السفلية للإسطوانة المركزية على كرسي إرتكاز من النوع ذو الجلب Journal bearing داخل غلاف من الحديد الزهر محمل على وصلة دورانية Swiveling Trunnion مجهزة على لوح تثبيت يركب بالخرسانة المسلحة وبحيث يمكن تغييره دون إحداث إرتباك فى تركيب الحلزون نفسة.
- يكون الكرسي السفلي محكم ضد تسرب الماء وذو ضبط ذاتي Self – alignment ويتم تزييته أتوماتيكاً عن طريق وحدة تزييت مستقلة تربط بجوار وحدة الإدارة للطلمبة.
- تدار الطلمبة الحلزونية بواسطة محرك كهربي من النوع المقفل المبرد عن طريق مروحة TEFC ذو عزل مناسب للمناطق القارية Tropical
- يتصل المحرك بوحدة تخفيض السرعة عن طريق وصلة مرنة (كوبلنج) أو بواسطة سيور حرف (V) طبقاً لنوع المحرك المستخدم .
- وحده تخفيض السرعة تتكون من صندوق تروس ذو غلاف من الحديد الزهر وتصنع التروس من الصلب المقسى عالى الجودة وتكون ذات تروس متوازية التجميع وذات معامل خدمة لا يقل عن ضعف قدرة المحرك.

- يجب أن تزيد قدرة المحرك الكهربي بمقدار ٢٥٪ عن أعلى قدرة مستهلكة للطلمبة.

٧. مهمات قنوات الأكسدة Oxidation Ditches Equipment

وحدات التهوية السطحية أفقية المحور Horizontal Rotor

٧-١ الغرض من وحدات التهوية

إمداد المخلفات السائلة الموجودة بهذه القنوات بالأكسجين اللازم لعمليةأكسدة المواد العضوية بالإضافة إلى إكسابها طاقة الحركة اللازمة لأستمرار تحركها فى الإتجاهات المحددة طبقاً لتصميم هذه الأحواض وذلك لضمان إحداث سرعة كافية لا تقل عن ٠،٣ متر / الثانية تمنع ترسيب المواد الصلبة داخل هذه القنوات.

وتتكون من مجموعة فرش معدنية مثبتة على إسطوانة إدارة Stub Shaft ترتكز على كراسى محور ومجموعة الإدارة مكونة من محرك كهربي ومخفض سرعة مناسب (عدد اللفات ٤٠-٦٠لفة / الدقيقة) وتركب مجموعة الإدارة وكراسى المحور خلف حائط حاجز فى وضع رأسي لحمايتها من الرزاز المتناثر بفعل حركة الفرش الدوارة.

٧-٢ شروط التصميم

- تشمل وحدة التهوية الدوارة على أنبوب صلب ذو قوة عزم عالية ينتهي بفلانشات نهاية وتعمل به بنوز لإدخال خوابير لتثبيت مجموعات أسلحة فرش التقليب والتأكد من عدم وجود إزاحة أو تزحلق لهذه الأسلحة عند حركتها داخل السائل.
- تشكل فرش التقليب على شكل مجموعات نجمية من الأسلحة Blade Assembly Stars تثبت بخابور وبنز واحد أو مسمار قلاووظ ولا يسمح باللحام لعدم إضعاف الأنبوب المجمع.
- تكون عرض أسلحة الفرش بما لا يقل عن ٣ بوصة وتركب على مسافات فى حدود ٦ بوصة بين مراكزها وذلك لعدم إضعاف أنبوب المجمع.
- تثبيت أسلحة كل مجموعة فرش بالأسلحة المقابلة فى المجموعات الأخري عن طريق مسامير تربيط حيث يراعي وجود ثقبين بكل سلاح أحدهما للتثبيت ضمن مجموعه الفرش والأخر للربط مع أسلحة الفرش المجاورة.

- تراعي الإجهادات الناشئة عن دوران مجموعات فرش التقليب وتصمم أسلحة الفرش لمقاومة هذه الإجهادات.
- يصمم الأنبوب الرئيسي لوحدة التهوية بحيث يركب فى نهايتيه عامود مصمت مزود بالفلانشات كقطعة واحده وذو دليل حركة للسماح بتغييره بسهولة فى الموقع ويتم إدخاله عن طريق الشحط دون إستخدام المسامير أو اللحام بين الفلنشات والعامود.
- تستند نهايته الأبنوب على كراسي محور من النوع المنشطر ذو الوساده Spilt Type pillow Block بالنسبة لطرفي وحدة الإدارة وذيل الأبنوب .
- يثبت كرسي المحور بإحكام إلى قاعدة صلب يتم تركيبها على قاعدة خرسانية متينة وتزود بمسامير ضبط منسوب.
- كراسي المحور المستخدم يجب أن تتحمل أى عدم إستقامة فى ضبط محاور وحدة التهوية فى حدود ٣–٥ درجات وتكون مزودة بماسورة على الجانبين للتأكد من إزدواجية الغلق للمسمار الداخلي للمحور المثبت بعامود إدارة الوحدة وتزود كذلك بمانع المياه فى حالة إنعدام الإستقامة.
- أجهزة تزييت كراسي المحاور تركب فى مكان ملائم يسهل الوصول إليه لإجراء أعمال التفتيش والتزييت لها.
- تكون كراسي المحور ذات عمر تشغيل ١٠٠٠٠٠ ساعة على الأقل.
- تتكون مجموعة الإدارة لوحدة التهوية من مخفض سرعة مزدوج المحاور ذو غلاف من الحديد الزهر مزود بتروس بريمية Helical Gears مصنعة من سبيكة صلب عالية التقسيه بنظام تزييت موجب ويزود صندوق التروس بحاكم تسرب للزيت وتدار الوحدة بمحرك كهربي من النوع المقفل يبرد بالمروحة TEFC أفقي المحاور ثابت السرعة لخدمة مستمرة.
- يكون إنتقال طاقة الحركة من المحرك الكهربي إلى مخفض السرعة عن طريق مجموعة طارات وسيور حرف (V) مع وجود شبك حماية لعدم التلامس أثناء الدوران ويراعي أن يكون من الممكن عند الحاجة تقليل سرعة الدوران لوحدة التهوية عن طريق تغيير مقاسات الطارات المستخدمة دون الحاجة إلى إستعمال زرجينة للفك وذلك بإستخدام طارات منقسمة.
- يجب أن تزيد قدرة المحرك الكهربي بمقدار ٢٠ ٪ عن أقصي قدرة ممتصة بواسطة وحدة التهوية عند أقصي غمر ممكن للفرش.

٧-٣ متطلبات التصنيع

- تثبيت على الحوائط الخرسانية الحاجزة الرأسية ألواح لمنع الطرطشة التى تمنع وصول أي رذاذ ماء إلى منطقة الخدمة ومسار الدخول إلى مجموعة الإدارة وكراسي المحور.
- تزود ألواح منع الطرطشة بمانع تسرب كاوتش لإحكام تثبيتها على عامود الإدارة.
- يركب على قنوات الأكسدة مبين لمنسوب غمر وحدة التهوية.
- تزود القنوات بعوارض Baffles للتحكم فى التجانس داخل القنوات.
- تزود القنوات بهدارات خروج مفصليه ذات طارة إدارة (ويمكن إدارتها بمحرك) للتحكم فى منسوب المياه ويصنع الهدار من ألواح مقواة بأعصاب تقوية عند الضرورة ومثبت به مفصلات على اللوح السفلي للهدار كمركز للدوران Pivoting ويجب أن يكون ضبط المنسوب فى حدود ±١٠ بوصة (٢٥سم).
- يصنع إطار حول هدار الخروج لتبطين فتحة الخروج من ألواح من الصلب الغير قابل للصدأ بسمك ٠،٥٠ بوصة (١٢،٥ مم) من أسفل وبسمك ٠،٢٥ بوصة (٦،٣ مم) من الجوانب وتثبت فى الخرسانة مع وجود شرائح حاكمة للتسرب من مادة مطاطية.
- لوحة التشغيل لوحدة التهوية تزود بحماية ضد التحميل الزائد وقصر الدائرة.

٧-٤ خامات التصنيع

- تصنع أسلحة فرش التقليب من صلب ذو قوة تحمل عالية للإجهادات ومعالج ضد التأكل بفعل سوائل المجاري.
- يصنع الهدار من ألواح الصلب الغير القابل للصدأ وبسمك ٤مم على الأقل.
- تغطي وحدة التهوية بطبقتين من الايبوكسي بعد عمل المراشمة والتغطية الأولية بالبرايمر.
- وحدة الإدارة تعالج ضد العوامل الجوية باستخدام دهان الانامل.
- عامود الإدارة وطارة التشغيل لهدار الخروج تصنع من الصلب عالى الشد.
- مسامير الربط ولينات التركيب وشرائح التثبيت تصنع من الصلب المجلفن أو الصلب غير قابل للصدأ.
- أعمدة محاور الأنبوب والفلنشات تصنع من الحديد الزهر المرن.

الفصل الخامس: تصميم الأعمال الكهربائية

الفصل الخامس
تصميم الأعمال الكهربائية

١. المحركات الكهربائية المستخدمة فى محطات رفع الصرف الصحي

تستخدم فى محطات رفع الصرف الصحى محركات كهربائية من أحد النوعين الآتيين:

أ- محركات كهربائية إستنتاجية ذات قفص سنجابى وذلك للمحركات ذات القدرات حتى ٢٠٠ كيلو وات ويجوز تجاوز هذه القيمة فى حالة إستخدام دوائر التحكم الذكية فى تشغيل المحركات (Smart motor control system) .

ب- محركات كهربائية إستنتاجية ذات حلقات إنزلاق وذلك للمحركات ذات القدرات التى تزيد عن ٢٠٠ كيلووات.

١-١ درجات العزل لملفات المحركات الكهربائية Elect. Motors Winding Insulation

تكون ملفات المحركات ذات درجة عزل (class F) على أن يكون الارتفاع فى درجة الحرارة لهذه الملفات بما لا يزيد عن المسموح به لدرجة العزل (class B) كما يمكن إستخدام محركات بملفات ذات درجة عزل (class H) على أن يكون الإرتفاع فى درجة الحرارة لا يزيد عن المسموح به لدرجة العزل (Class F).

وبوضح الجدول (٥-١) درجات الحرارة المسموح بها لدرجات العزل المختلفة

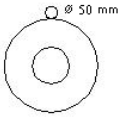
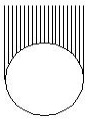
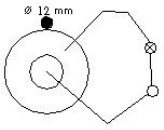
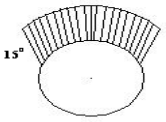
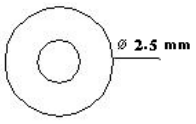
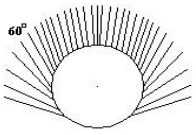
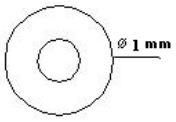
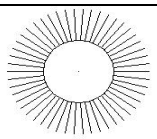
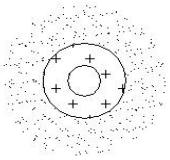
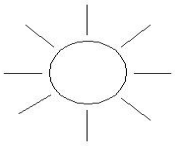
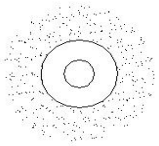
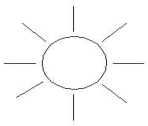
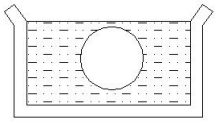
جدول (٥-١) درجات الحرارة المسموح بها طبقاً لدرجات العزل المختلفة للمحركات

Insulation used for motors:		
Class	Maximum Temp.	Materials used
Y	90°C	paper, silk, Cotton, Wood without Impregnated
A	105°C	Cotton, silk ,paper Suitably impregnated Wire, enamel
E	120°C	fibre glass, Mica, Asbestos with suitable coating
B	130°C	Mica,glass fibre asbestos with suitable coating
F	155°C	Mica, glass, asbestos (25° higher than class B)
H	180°C	Combination of materials mica, glass fibre. Asbestos

١-٢ درجة تقفيل المحركات (Enclosure Protection)

- بالنسبة للمحركات التى تركب فى عنبر المحركات فوق مستوى سطح الأرض بالمحطة فإن المحركات المستخدمة تكون من النوع المقفل T.E.F.C ذات درجة تقفيل IP54 or IP44.
- بالنسبة للمحركات التى تركب مباشرة فوق الطلمبة أي بإتصال مباشر (Close coupled)
- وتركب بعنبر الطلمبات تحت مستوى سطح الأرض فإن المحركات المستخدمة تكون من النوع المحكم ضد الغرق (Flood proof) ذات درجة تقفيلIP56.
- بالنسبة للمحركات التى تركب خارج المبانى (out door) ومعرضة للعوامل الجوية فإن
- المحركات المستخدمة تكون من النوع المقاوم للعوامل الجوية weather proof ذات درجة تقفيل IP55.
- بالنسبة للمحركات التى تعمل تحت منسوب سطح الماء فإن المحركات المستخدمة تكون من
- النوع الغاطس ذات درجة تقفيل IP68.
- ويجب فى هذه الحالة تحديد المنسوب الذى يعمل به المحرك تحت منسوب سطح الماء.

جدول (٥-٢) كود درجات الحماية IP طبقا للمواصفات القياسية العالمية IEC

الرمز	الرقم الأول حماية ضد الأجسام الصلبة		الرقم الثانى حماية ضد المياه		الرمز
صفر	لايوجد حماية		لايوجد حماية		صفر
١	أجسام ذات قطر أكبر من ٥٠ مم		سقوط المياه رأسياً		١
٢	أجسام ذات قطر أكبر من ١٢ مم		سقوط المياه من أعلي بزاوية ٥١٥°		٢
٣	أجسام ذات قطر أكبر من ٢,٥ مم		سقوط المياه من أعلي بزاوية ٥٦٠ (مياه الأمطار)		٣
٤	أجسام ذات قطر أكبر من ١ مم		سقوط المياه من كل الأتجاهات		٤
٥	حماية تامة ضد الأتربة		ضخ المياه من كل الأتجاهات (خراطيم أطفاء حريق)		٥
٦	حماية تامة لعزل أي جزء مهما كان حجمه		ضخ المياه بقوة كبيرة من جميع الأتجاهات		٦
			التعوض في للغمر		٧
			الاستمرار فى العمل مغمورا		٨

٥-١-٣ شمعات التسخين للملفات Anti Condensation Hooters.

يجب تزويد المحركات بشمعات تسخين داخل الملفات لمنع تكثيف بخار الماء على ملفات المحرك فى فصل الشتاء (Anti Condensation Heaters) وتعمل هذه الشمعات على ضغط تشغيل ٢٢٠ فولت.

١-٤ كراسى الإرتكاز للمحركات Bearings

أ – عند إستخدام المحركات التى تركب رأسيا" فإنها يجب أن تزود بكراسى ذات رولمان بلى أو بلح من النوع (Thrust).

ب – جميع رولمانات البلى المستخدمة تكون ذات عمر افتراضى١٠٠ ٠٠٠ ساعة تشغيل.

١-٥ تصنيع المحركات Construction

أ – فى حالة إستخدام المحركات الكهربائية ذات حلقات الإنزلاق فإنه يجب أن تكون مزودة بنظام لرفع الفرش الكربونية (Brush Lifting Device) مع وجود حلقات قصر أو تصنع مجموعة من الفرش بحيث تتحمل التآكل فى حالة الحمل الكامل للمحرك لمدة ٥٠٠٠٠ ساعة تشغيل.

ب– فى حالة استخدام المحركات ذات القفص السنجابى فإن قضبان التوصيل للجزء الدوار المكونة للقفص يجب أن تكون من النحاس عالى الجودة.

١-٦ القدرات المقننة للمحركات Motor Ratings

يتم حساب قدرة المحرك اللازمة لإدارة الطلمبة عند نقطة التشغيل من العلاقة:

$$\mathbf{P} = \frac{\omega.Q.H}{\eta_p x102}$$

حيث:

ω = كثافة المياه المتداولة (كجم / لتر).
P = القدرة المستهلكة علي عامود إدارة الطلمبة (كيلو وات).
Q = معدل التصرف للطلمبة (لتر / ثانية).
H = الرفع المانومتري الكلي للطلمبة (متر).
η_p = الكفاءة الكلية للطلمبة عند نقطة التشغيل.

ولحساب قدرة المحرك المقننة (Rated power) فإنة يجب الأخذ في الأعتبار وجود معامل خدمة / معامل امان (service factor/ Safety Margin) قيمتة من ١٥-٣٠% من أقصي قدرة مستهلكة (Max. Power) علي مدي التشغيل للطلمبة .

١-٧ بدء الدوران للمحركات Motor Starting

عند بدء دروان المحرك التأثيرى فإن تيار البدء يكون أضعاف تيار الحمل الكامل الذى يتحمله المحرك وتم تصميمه على تحمله لأى فترة دوران ويصل تيار البدء I_{St} إلى حوالى ٦ أضعاف أو أكثر من قيمة تيار الحمل الكامل I_{In} ولهذا يجب إنقاص تيار البدء خصوصاً إذا كان المحرك سوف يأخذ فترة طويلة فى بدء الدوران.

المحركات التأثيرية صغيرة القدرة حتى حوالى ١٥ حصان – يمكن بدؤها مباشرة بدون أى وسيلة بدء وتسمى Direct on Line Starting خصوصاً إذا كان المحرك يبدأ دورانه بدون حمل ثم يتم تحميله بعد الدوران – وكذلك عندما لا يكون المحرك متكرر البدء Multi Starting والمحرك الأكبر من ذلك أو المتكرر البدء أو التى تبدأ دورانها بحمل كبير العزم عند البدء – يجب أن تستخدم وسيلة لبدء الدوران بهدف إنقاص تيار بدء المحرك وهذا يعنى أيضا إنقاص التيار على الشبكة الكهربية بما تحتويه من محولات توزيع وكابلات وخطوط نقل ولوحات توزيع وخلافه.

وطرق بدء الدوران للمحركات التأثيرية يمكن إستنتاجها من المعادلات التالية :

حيث أن تيار دخل المحرك عند البدء I_{1st} يمكن حسابه من المعادلة :

$$I_{1st} = I_o + I'_{2st}$$

والجمع السابق للتيارات يكون اتجاهيا .

ويتم حساب I'_{2st} طبقا للدائرة المكافئة المقربة من العلاقة:

$$I'_{2st} = v_1 / [(r_1 + r_2{}') + J (X_1 + X_{20}{}')]$$

وعلي ذلك فإن إنقاص I'_{2st} ينقص بالتالي I_{1st} لأن I_o ثابت تقريبا – ويتم الإنقاص بخفض v_1 بأي طريقة أو زيادة أي من مقاومات أو ممانعات المعادلة السابقة الخاصة بحساب I'_{2st} .

إلا أنه من الخطأ جدا زيادة x'_{20} –لأنة برغم أن التيار سوف ينخفض إلا أن العزم سوف ينخفض هو الأخر .

وأهم طرق بدء الدوران الشائعة الأستخدام ما يلي:

أ- طريقة بدء المحرك ذو حلقات الأنزلاق

مقاومة في العضو الدائر Rotor Resistance

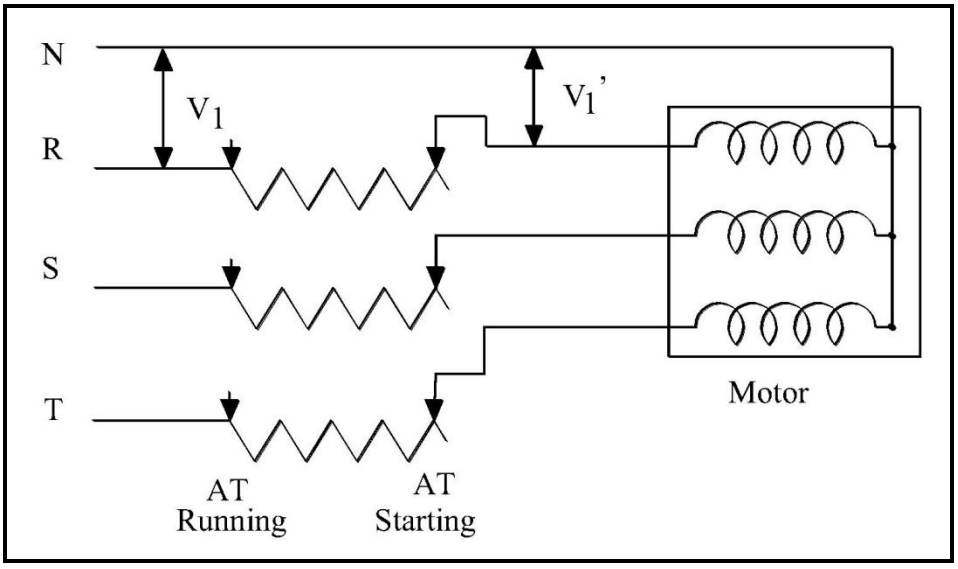
هذه الطريقة لبدء الدوران لا تستعمل إلا مع المحركات ذات حلقات الانزلاق ذو العضو الدائر الملفوف Wound Rotor ولا يجب أن تستعمل أي طريقة اخري مهما كانت مع هذا المحرك – لان هذا المحرك تم تصنيعة بنظام العضو الدائر الملفوف (وهو غالي الثمن عن النوع ذو القفص السنجاب) خصيصاً لكي يعطي عزم بدء دوران عالي طوال فترة تغيير السرعة عند البدء ولكي يستطيع تشغيل الاحمال ذات عزم بدء الدوران العالي مثل الطلمبات وبالتالي لا يجب استخدام أي طريقة اخري لان كل الطرق الأخري سوف تسبب خفض عزم المحرك خلال فترة البدء وهذا لا يجب عمله للمحرك ذو العضو الدائر الملفوف.

ب- طرق بدء محرك قفص السنجاب

في هذا المحرك يجوز استخدام أي من الطرق التالية وجميعها تؤدي الي نقص عزم المحرك خلال فترة البدء وللأسف لا مهرب من هذا العيب.

ب-١ مقاومة فى العضو الثابت Stator Resisantce

فى هذه الطريقة يتم توصيل مقاومة مادية متغيرة فى كل خط من خطوط تغذية المحرك كما بالشكل.



شكل (٥-١) البدء باستخدام مقاومات فى العضو الثابت

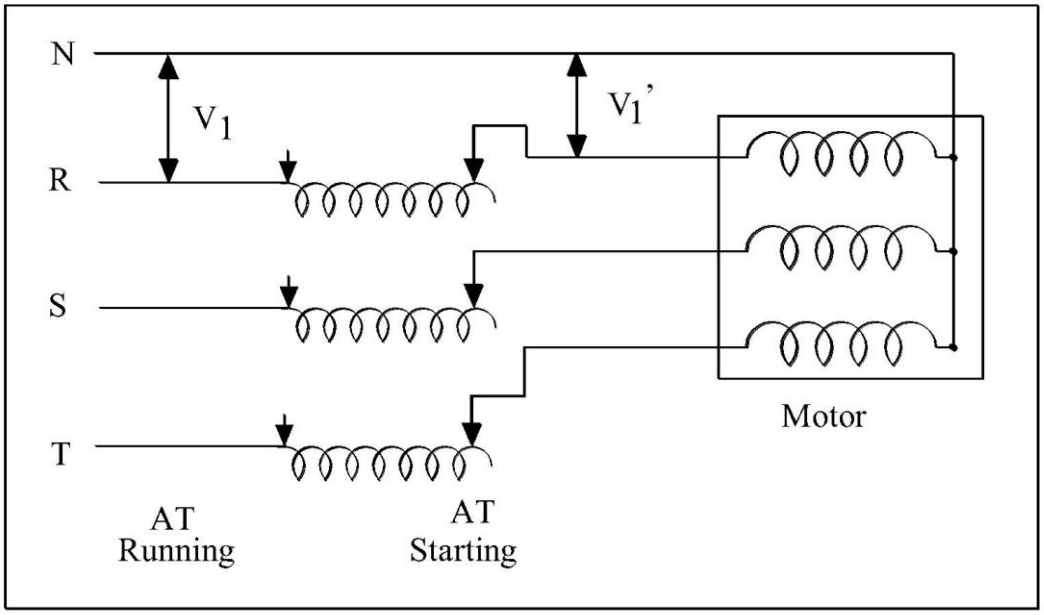
ويعيب هذه الطريقة بالتالى:

- القدرة العالية المفقودة فى مقاومات البدء.
- نقص عزم البدء الذي يتناسب مع مربع الجهد

وتتميز هذه الطريقة برخص ثمنها.

ب-٢ ممانعة فى العضو الثابت Stator Reactance

فى هذه الطريقة تستبدل المقاومات المستخدمة فى الطريقة السابقة بممانعات توصل بالتوالي مع المنبع كما فى شكل (٥-٣٦) – ولكي يكون حجم هذه الممانعات صغيرا يجب أن تلف ملفاتها علي قلب حديدي من رقائق الصلب السليكوني – حيث تصبح بشكل محول الثلاثة أوجه – بملف لكل وجه تخرج منه عدة نقاط لإمكانية تغيير عدد لفات كل ممانعة وبالتالي تغيير قيمة الممانعة بإنقاصها مع زيادة السرعة وتخرج من دائرة المحرك عندما يصل الي أعلي سرعة.



شكل (٥-٢) البدء باستخدام ممانعات فى العضو الثابت

فى هذه الطريقة أيضا يكون العيب هو خفض عزم البدء.

أما مزايا هذه الطريقة فتتركز فى الخفض الكبير فى القدرة المفقودة فى وسيلة البدء مقارنة بطريقة مقاومات العضو الثابت السابقة علي الرغم من أن سعرها أعلي من المقاومات وهي من الطرق الشائعة الاستخدام مع المحركات متوسطة القدرة.

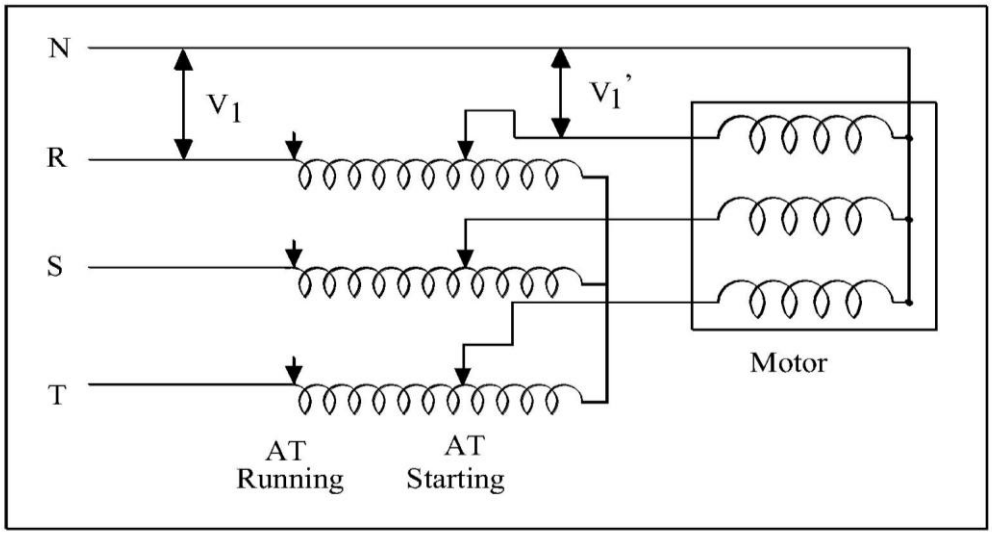
ب-٣ باستخدام محول أوتو Auto Transformer

فى هذه الطريقة يستخدم محول اوتو لخفض الجهد المسلط علي المحرك عند البدء ومع زيادة السرعة يتم زيادة الجهد بالتدريج الناعم أو علي عدة نقاط Tapping – وعندما يصل المحرك الي أقصي سرعة له يكون الجهد قد وصل الي القيمة المقننة وعندها يمكن فصل المحول عن المنبع لتوفير القدرة التي يستهلكها المحول وإن كانت عبارة عن قدرة اللاحمل له إلا أن تيارها يكون بمعامل قدرة صغير مما يخفض من معامل القدرة الإجمالي من الشبكة.

ويلاحظ إن هذا المحول يشبه فى التكوين ممانعات الطريقة السابقة إلا أنه يكون أكبر منها حجما وتكلفة لنفس المحرك لأن ملف المحول ومجاله المغناطيسي يصمم علي جهد وجه من المنبع بالكامل – أما ملف الممانعة فيصمم لجزء من جهد الوجه وبالتالي تكون عدد لفات ملف

الممانعة أقل من عدد لفات ملف محول أوتو مما ينقص من كمية النحاس المستخدمة فى الملفات مع الممانعة – كما أن المجال المغناطيسي الناتج من ملف الممانعة يكون أقل من المحول لنقص عدد اللفات مما يجعل كمية الحديد السليكوني فى حالة الممانعة أقل منه فى حالة المحول.

ويتميز محول أوتو بأن جهد الخرج منه يبقي ثابتاً مع تغير تيار المحرك وخلال فترة البدء مما يمكننا بسهولة من الحصول علي أي جهد مطلوب بثبات – ولهذا تستخدم هذه الطريقة مع المحركات كبيرة القدرة – ويتم توصيلها كما بالشكل (٥–٣٧).



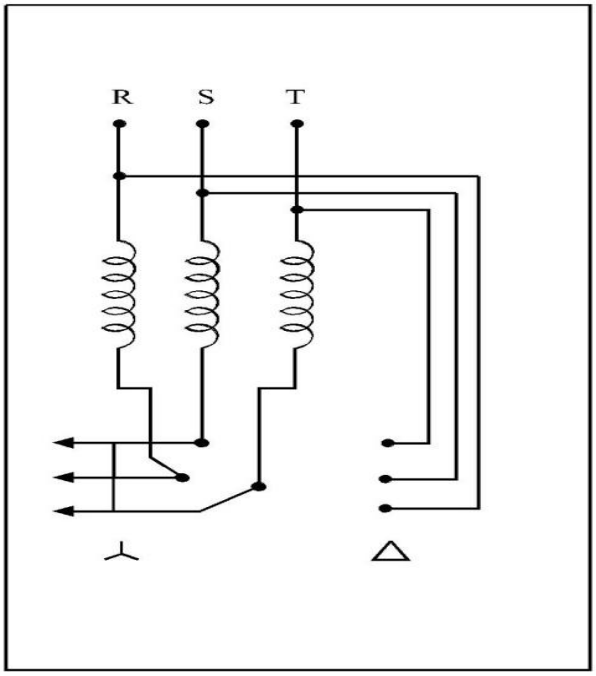
شكل (٥–٣) البدء باستخدام محول أوتو

ب–٤ باستخدام مفتاح نجمة / دلتا Star / Delta Switch

هذه الطريقة من أكثر الطرق المستخدمة لبساطة تكوينها وقلة تكاليفها وعدم وجود أي قدرة مفقودة فيها لانها مجرد مفتاح توصيل. إلا أنه يجب التأكد عند اختيارها أن المحرك يعمل علي المنبع المتاح والمحرك موصل دلتا – فمثلا إذا كان المحرك مدون عليه جهد التشغيل ٢٢٠/٣٨٠ فولت – يجب أن يكون جهد المنبع ٢٢٠ فولت ثلاثي الأوجه – أما إذا كان المنبع ٣٨٠ فولت ثلاثي الأوجه فإن المحرك يجب أن يكون مدون عليه جهد التشغيل ٦٦٠ / ٣٨٠ فولت – او ٣٨٠ فولت دلتا – لأنها تعني نفس الجهود.

وفي هذه الطريقة تخرج الأطراف الستة لملفات المحرك الثلاثي الأوجه ويتم توصيلها بالمفتاح – ويمكن استخدام مفتاح بسيط مع المحركات الصغيرة عبارة عن مفتاح سكينة قلاب ثلاثي

الأوجه يتم توصيله كما بالشكل (٥-٣٨) عند البدء توصل السكينة جهة اليسار فتصبح ملفات المحرك متصلة نجمة – وبعد زيادة سرعة المحرك يتم تعديل التوصيل يدويا جهة اليمين وتصبح ملفات المحرك فى وضعها الطبيعي موصلة دلتا الي المنبع.

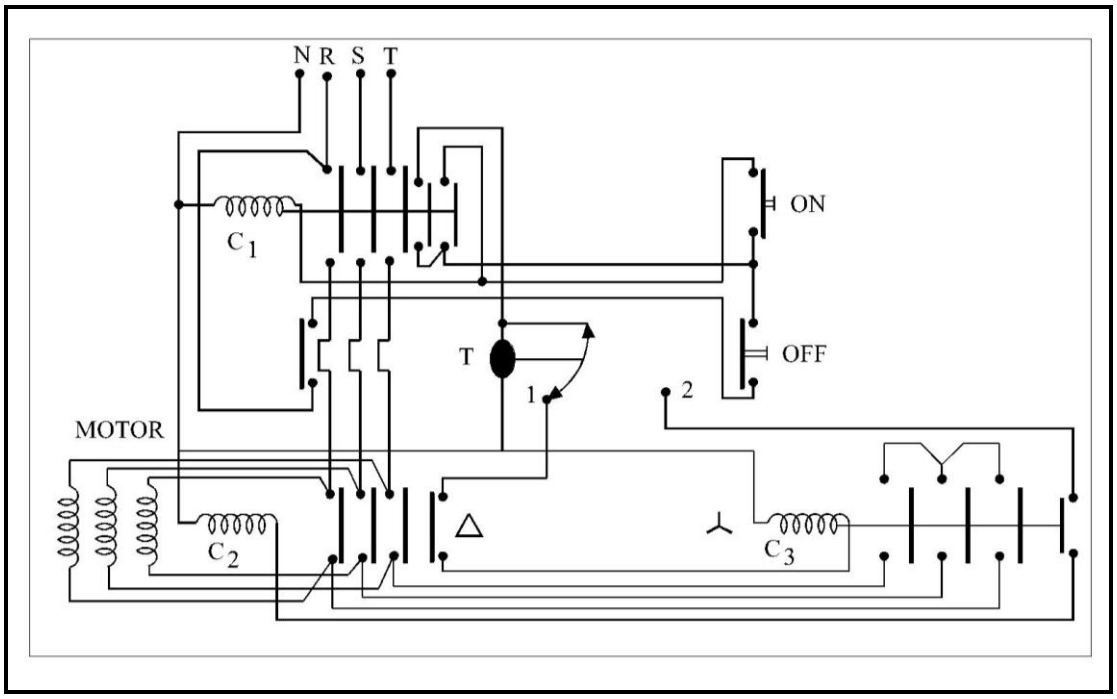


شكل (٥-٤) البدء باستخدام سكينة نجمة/دلتا

إلا أنه مع المحركات الأكبر قدرة يجب أن تتم عملية نقل التوصيل من نجمة إلي دلتا أوتوماتيكيا فى زمن محدد وثابت ومناسب لكل محرك يتم ضبطه عن طريق مؤقت زمني Timer – لأنه إذا بقي المحرك زمنا طويلا وهو موصل نجمة فإن تياره يكون أكبر من التيار المقنن وذلك عندما يكون حمله كبيرا قرب الحمل الكامل – وينقص التيار إلي القيمة الطبيعية المناسبة عند التعديل إلي دلتا.

وفي الطريقة الأوتوماتيكية هذه الموضحة فى الشكل (٥-٣٩) يستخدم عدد ثلاثة كنتاكتور مع أحدهم جهاز حماية Over Load وجهاز مؤقت زمني – ومفتاح – Push Button ON OFF ويكون الكونتاكتور C1 هو الرئيسى والذى يوصل المنبع الى المحرك عند الضغط على المفتاح ON وفى نفس الوقت يوصل الكونتاكتور C_3 الذي يقوم بتوصيل المحرك نجمة – وبعد الزمن المحدد يقوم التايمر بفصل الطرف (1) فاصلا كنتاكتور النجمة – وموصلا الطرف (2)

ليوصل كنتاكتور الدلتا C2 – الذي يبقى موصلا مع الكنتاكتور الرئيسى طوال فترة تشغيل المحرك.



شكل (٥–٥) نظام اتوماتيكى نجمة دلتا باستخدام الكنتاكتور

ب–٥ بادئات الحركة الناعمة soft starting

يعد بادىء الحركة الناعم من البادئات الممتازة فى جميع الحالات التي تحتاج الى عزم كبير نسبيا لبدء الحركة حيث إن العزم يتناسب مع مربع الجهد ($T=KU^2$) و بادىء الحركة الناعم يقوم بضبط جهد البدء . فمثلا فى حالة ستار / دلتا يكون جهد البدء فى حالة الستار=($U/\sqrt{3}$) مما يودى الى إن العزم المتاح = (T/3) اى ثلث العزم المقنن للمحرك عند بدء الحركة اما فى حالة بادىء الحركة الناعم يمكن ضبط عزم البدء المناسب للتغلب على العزم الميكانيكى فى بداية حركة المحرك.

ويصمم بادىء الحركة الناعم لايصال المحرك التاثيرى ذو القفص السنجابى الى السرعة الاعتبارية (Nominal speed) اثناء البدء و كذلك تخفيض سرعته تدريجيا للوقوف دون تحركات مفاجئة وبدون التسبب فى هبوط كبير فى الجهد او زيادة التيارات القصوى . حتى مع الاحمال ذات القصور الذاتى العالى.

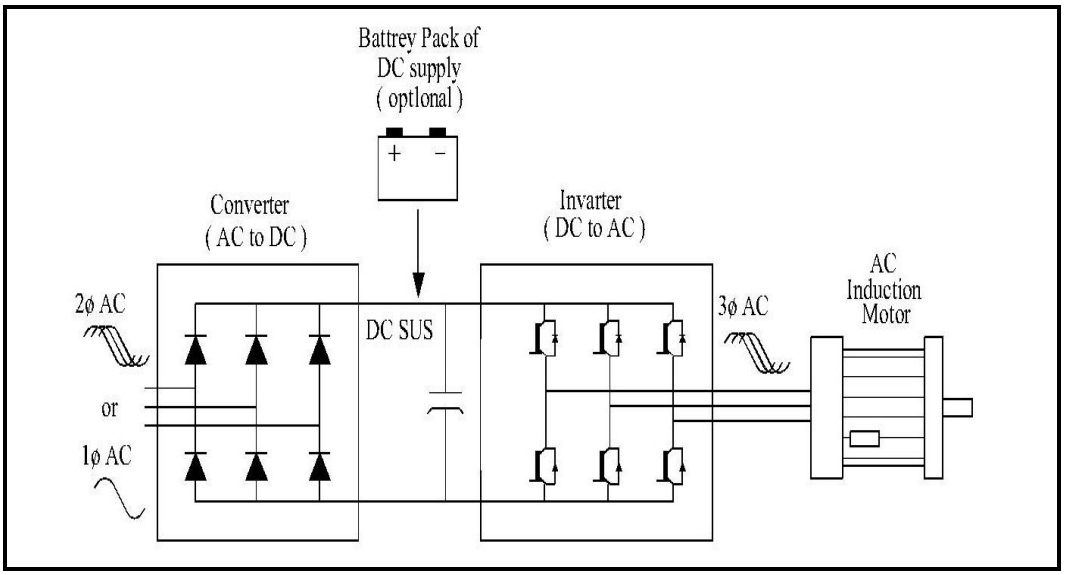
طريقة العمل: يتكون الجهاز من مجموعة من الكروت الالكترونية و ذلك للتحكم و توصيل القوى للمحرك. تتكون دوائر القوى من اثنين من الثيريثتوراث فى وضع متعاكس (BACK TO BACK) وهو يعرف ايضا باسم الترایاك و ذلك لكل فازه ويتم تغيير قيمة الجهد عن طريق تغيير زمن توصيل هذه الثيريثتوراث خلال كل نصف دورة للجهد ويقل جهد الخرج كلما زاد زمن الاشتعال ويتم التحكم فى هذه المنظومة عن طريق معالج دقيق (microprocessor) بالاضافة الى بعض الخصائص الاخرى كالمراقبة والحماية للمحرك.

فوائد استخدام بادئات الحركة الناعمة .

- تقليل تيار البدئ الذي يصل الى ٨٠٠% من التيار المقنن الى ٣٠٠%.
- تقليل عزم البدء الى الحد المناسب للحمل.
- تقليل الاجهادات على المنظومة اليمكانيكية (صندوق التروس. السيور. الخ...).
- امكانية زيادة عدد مرات بدء التشغيل فى الساعة.
- تقليل تكاليف التوصيل (٦ كابلات فى حالة توصيل ستار / دلتا + ٣ كونتاكتور) علاوة على استخدام مقطع اقل للكابلات.
- الايقاف التدريجى الذي يمنع حدوث انزلاقات السيور فى الطلمبات الحلزونية و الدوران العكسى للطلمبات والغلق العنيف لمحابس عدم الرجوع وظاهرة المطرقة المائية Water hammer في حالة استخدامه مع طلمبات المياه أو الصرف الصحي.
- ضمان إعتمادية المنظومة الكهربية فى حالة التغذية بالمولدات الكهربية نتيجة عدم سحب تيار بدء تشغيل عالي.

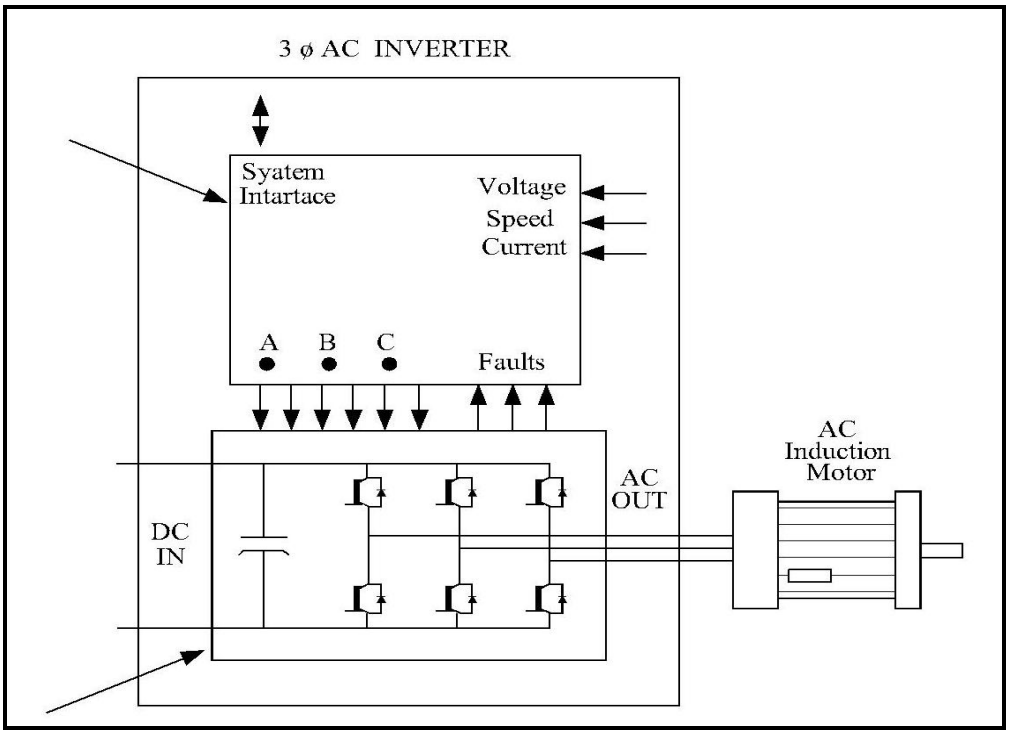
٨-١ التحكم فى سرعة المحرك التأثيري AC Motor Drive

بما أن جهد وتردد الشبكة ثابتين ، لذلك فإن التحكم فى المحرك التأثيري تعتمد على توليد موجات ذات تردد متغير وجهد متغير. علي الرغم من وجود أنواع مختلفة من أنظمة قيادة المحرك التأثيري إلا أن الطريقة الأكثر شيوعاً هي الطريقة التي تستخدم فى تركيبها مبدلة وقالبة (converter-inverter) كما فى الشكل (٥-٤٠).



شكل (٥-٦) نظام قيادة لمحرك تأثيري ثلاثي الطور

تحتوى المبدلة converterعلى مقوم ثلاثى الطور يقوم بتحويل جهد الشبكة المتردد الثلاثى الطور الى جهد مستمر (DC voltage) وتقوم القالبة (inverter) بتشكيل جهد متردد ثلاثى الطور بتردد و جهد متغيرين من الجهد المستمر . ويسبب طبيعة بنية القالبة . فان المحرك التاثيرى الثلاثى الطور يمكن إن يتلائم بسهولة للعمل من منبع جهد متردد احادى الطور, او ثلاثى الطور, او منبع جهد مستمر ويطلق اسم القالبة inverter على انظمة التحكم فى المحرك التاثيرى لان القالبة تشكل العنصر الاساس فى قيادة المحرك وبين الشكل (٥-٤١) قالية الجهد النموذجية المشكلة من مرحلة قدره(power stage) ووحدة التحكم (control unit) ومكثف كبير او علبة مكثفات تتراوح فيمتها من $2x10^3$ μf حتى $2x10^4$ μf



شكل (٥-٧) قالبة جهد ثلاثية الطور

أ) مرحلة القدرة (power stage)

تتالف مرحلة القدرة من ثلاثة موحدات زوجية أو نصف جسرية (half ، Hbridge) ، تستطيع تمرير تيار القدرة اللازم لكل طور من أطوار المحرك. ويتم التحكم بهذه الموحدات عن طريق منظومة ، داخلة فى الدائرة التحكمية ، لتشكيل موجة جيبية ثلاثية الأطوار. ولأن مرحلة القدرة هي التي تمرر التيار الذي يسحبه المحرك ، لذلك تصمم حسب قدرة المحرك المراد قيادته.

ب) وحدة التحكم Control Unit

وحدة التحكم وأنظمتها عوامل مهمة فى تحديد استجابة السرعة أو العزم وفي بعض الوظائف الأخري المتعلقة بالتحكم فى المحرك. تقوم وحدة التحكم بتنفيذ منظومة التحكم ، وبتطبيق الخيارات المطلوبة ، وإصدار إشارات التبديل الي مرحلة القدرة.

ويمكن القول أن التقدم الكبير الذي دخل علي طرق التحكم بالمحرك الاستنتاجي يرجع الي تطور الكترونيات التحكم. ولقد سهلت تقنيات التحكم الرقمي تنفيذ منظومات التحكم وصنع

منظومات اكثر تعقيداً. بالإضافة الي أنها مهدت الطريق لتعديل منظومة التحكم برمجياً دون اللجوء الي إعادة تصميم الدوائر من جديد.

ج) القالبات الترددية Inverters

هو جهاز متكامل متخصص للتحكم بالمحركات التى تعمل على التيار المتردد مهما كانت قدرة المحرك وذلك كوسيلة للتحكم فى سرعة المحرك المتصل بالطلمبة وبالتالى تغيير التصرف للطلمبات، وأدى ظهوره إلى إلغاء جميع الطرق السابقة فى التحكم فى المحركات مثل بدء التشغيل

عن طريق المقاومة (starting resistance) أو عن طريق المحولات الأولية (auto transformers) لأنه عن طريق الأنفرتر أستطعنا التحكم بالتردد والجهد.

مميزات الجهاز

١. وجود برامج ضمن هذا الجهاز للتحكم بسرعة المحرك من ١ دوره بالدقيقة إلى أعلى من طاقة المحرك أحياناً تصل إلى ١٠ أو٢٠ ضعف من سرعة المحرك الأسمية.
٢. وجود برامج ضمن الجهاز تقوم بحماية المحرك من الكثير من الأخطار أشهرها.
   - أنقطاع أحد الاطوار (الفازات).
   - إنقلاب احد الاطوار.
   - الحمل الزائد على إستطاعة المحرك.
   - إرتفاع درجة حرارة المحرك فوق الحد المسموح المعير من الجهاز.
٣. وجود شاشة إما متحركة أوثابتة على الجهاز تقوم بإظهار الكثير من البارامترات أشهرها
   - سرعة الدوران الحاليه.
   - الامبير المسحوب من المحرك أثناء العمل.
   - الاخطاء التى حدثت أثناء العمل والتى تسببت بإيقاف المحرك الفجائى.
   - اتجاه دوران المحرك لليمين واليسار.
٤. وجود جهاز مدخل احادى ٢٢٠ ف ومخرجه ثلاثى ٣٨٠ ف

٥. تفعيل الكثير من البارامترات المتحكمة بالمحركات والتى تقوم بإنجاز العمل المطلوب منها حسب الحاجة والمكان الذى يعمل المحرك ببيئتة
٦. يعمل الجهاز بجهد من ٢٢٠ إلى ٤٦٠ ف
٧. قفل قسم البارامترات بكلمة سر.
٨. إذا أخطئ المبرمج للجهاز يستطيع إرجاع القيم إلى ضبط المصنع بسهولة.

بعض الأستخدامات الإضافية للجهاز

بالإضافة إلى ما جاء عاليه ينبغى الإشارة إلى العديد من أستخدامات الأنفرتر على النحو التالى:

١. التحكم فى سرعات المحركات فى وسائل الرفع وتغيير السرعات لمحركات الطلمبات بغرض تغيير التصرف.
٢. تستخدم الانفرتر بشكل عام للحصول على خرج ثلاثى الطور من تغذية احادية الطور

- تغذية الأنفرتر

تستخدم تقنية التغذية التقطيعية فى تأمين التغذية المناسبة للأنفرتر وبحجم مناسب وسوف نشرح فيما يلى تقنية التغذية التقطيعية:

- وحدة التغذية التقطيعية (Switching Power Supply)

تعتبر وحدة التغذية التقطيعية من أهم المكونات الرئيسية لأغلب الأجهزة الحديثة (PC, PLC Inverter) وذلك بتقديم الجهود المناسبة لكل جزء منها وتتم صناعة وحدة التغذية عن طريق مجموعة من وحدات التغذية التقطيعية.

- أهم مميزات وحدة التغذية التقطيعية

١. تعمل فى مجال واسع من جهود الدخل من ٨٠ فولت AC إلى ٢٥٦ فولت AC.
٢. تحتل حجم أصغر من مثيلاتها من وحدات التغذية التقليدية بنسبة ٦٠%.

٣. مردودها أكبر مقارنه مع مثيلاتها من وحدات التغذية التقليدية حيث تبلغ من ٨٥% إلى ٩٨% بينما فى وحدات التغذية التقليدية لا تتجاوز الـــــ٤٥ % بسبب حدوث فواقد فى المحول.
٤. وزنها أخف من وحدات التغذية التقليدية.
٥. لها مناعة قوية ضد الضجيج (التدخل الراديوى Radio frequency Interference)
٦. استخدام الترانزيزتور ثنائى القطبية ذو البوابه المعزولة (IGBT)

حيث : IGBT(Insulator Gate Bipolar Transistor) ويقوم هذا الترنزيستور بتقطيع التيار المستمر إعتماداً على فكرة التعديل لعرض النبضه ويستخدم لذلك وحدة التحكم والمراقبة التى تتلقى التغذية العكسية من خرج المنظم وتقوم بملاحظة تغيير الجهد بواسطة Vco على خرج الترانزيستور IGBT

١-٩ مهمات التحكم و الحماية للمحركات

يعتبر المحرك التاثيرى ذو القفص السنجابى من اكثر المعدات القوى الكهربية احتياجا الى تنظيم ادائها. عادة ما يتم التحكم فى هذه المحركات , عن طريق بادئات الحركة (المقومات) و على المختص إن ياخذ فى الاعتبار نقاط اساسية تفى بالتحكم والحماية التامة للموتور و للعاملين على تشغيله وصيانته. وقد عرفت المواصفات القياسية العالمية IEC60-947 الوظائف التي يجب إن تحققها بادئات الحركة (motor starters) كالتالى :

١- العزل عن مصدر التغذية
٢- وقاية المحرك.
٣- توصيل وفصل التيار .
٤- ضمان التوافق بين خواص الوظائف الثلاثة السابقة .

١ العزل عن مصدر التغذية isolation

تضمن وظيفة العزل إن لا يحدث اى تسريب للجهد على الشبكة فى حالة إن يكون الجهاز يؤدى وظيفة العزل فى الوضع off وبهذا يتم حماية العاملين بالصيانة ولاجهزة من المخاطر الناتجه

عن الجهد المتسرب كما انه فى حالات كثيرة من الممكن – كعامل امان اضافى – يتم غلق الجهاز فى الوضع off عن طريق وضع قفل او مفاتيح لضمان عدم التعشيق بواسطة شخص غير مسئول بينما لايزال عامل الصيانة يؤدى وظيفته . ويمكن تحقيق وظيفة العزل, حسب المواصفات القياسية IEC 60-947-3 باستخدام:

- سكاكين تعمل بدون حمل off load swtich
- سكاكين تعمل على الحمل on load swtich

٢ وقاية المحرك motor protection

دائما ما تشتمل وقاية المحرك طبقا الى IEC 60-947 علي الآتي :

- جهاز الوقاية من تيارات قصر الدائرة الذي يمكنه إكتشاف وقطع أي تيار غير إعتيادي يزيد عن عشرة أمثال قيمة تيار الحمل الكامل للمحرك.
- جهاز الوقاية من زيادة تيار الحمل الذي يمكنه إكتشاف وقطع أي تيار غير إعتيادي بقيمة حتي عشرة أمثال قيمة تيار الحمل الكامل للمحرك وذلك في الوقت المناسب لضمان عدم إرتفاع فى درجة حرارة ملفات المحرك الأمر الذي قد يؤدي إلي إنهيار عزل الملفات.

حالات خاصة مثل إنهيار عزل الملفات وإنعكاس إتجاه دوران المحرك وإرتفاع درجة حرارة ملفات المحرك ....وهكذا.

- أجهزة محددة الوظيفة : مثل القواطع ، ريليهات الوقاية وريليهات المراقبة.
- أجهزة ذات وظائف متعددة والمزودة بخواص الوقاية.

أ) الوقاية من زيادة الحمل

هذا النوع من ريليهات زيادة الحمل هي الأكثر إنتشاراً بين الريليهات المستخدمة فى الصناعة وتوفر مستوي عال من الوقاية ضد حالات زيادة الحمل قصيرة أو طويلة الوقت. يمكن إستخدام هذه الريليهات بنظم التيار المتردد والتيار المستمر وغالباً ما تكون لها المواصفات الفنية التالية:

- تشغيل وضبط ووقاية ثلاثية الأقطاب.
- تعويض درجة حرارة الجو المحيط بحيث لا يؤثر تذبذب الحرارة علي الأداء العام للريلاي.
- الوقاية ضد التشغيل علي فازة واحدة ، الأمر الذي يمنع المحرك الخاضع للوقاية بهذا الريلاي من الدوران بتغذية من فازة واحدة فقط من أوجه مصدر التغذية.
- زمن بدء المحرك.
- إعادة تشغيل الريلاي بعد الفصل يدوياً أو آلياً.
- وجود تدرج مناسب لتيار الحمل الكامل (FLC) للمحرك ، الأمر الذي يسمح بضبط الريلاي كنسبة من تيار الحمل الكامل كما هو معطي بلوحة بيانات المحرك.
- الضبط

يحتاج ريلاي زيادة الحمل للضبط ليتواءم مع التطبيقات المختلفة وذلك لتحقيق وقاية صحيحة للمحرك ويتم تحقيق عملية الضبط بتحريك مؤشر الضبط علي واجهة الريلاي ويضبط هذه المؤشر مقدار ميل العنصر ثنائي المعدن الذي يسبب فصل الريلاي. يحتوي الريلاي علي تدريج مدرج بنسب من تيار الحمل الكامل للمحرك ويضبط المؤشر تيار الحمل الكامل للمحرك المنصوص عليه فى لوحة بيانات المحرك.

- تعويض درجة حرارة الجو المحيط

يتم تجهيز الريلاي بعنصر ثنائي (Bimetal) المعدن إضافي يعمل معاكساً للعنصر ثنائي المعدن الأساسي وذلك للتخلص من تأثير درجة حرارة الجو. عند درجة حرارة عالية للجو المحيط وبدون مرور تيار بالمحرك يميل العنصر الأساسي ثنائي المعدن بمقدار معين ويعمل العنصر الإضافي ثنائي المعدن (المعوض) بحيث يزيح نقط الفصل بنفس مقدار ميل العنصر الأساسي. وهذا يعني أن تيار المحرك الذي يتسبب فى فصل عنصر زيادة الحمل له نفس القيمة بصرف النظر عن درجة حرارة الجو المحيط.

- الكشف عن سقوط إحدي فازات مصدر التغذية

يحتوي ريلاي زيادة الحمل علي تقنية تسبب فصله فى حال حدوث سقوط لإحدي فازات مصدر التغذية (وقاية ضد التشغيل بفازتين). فى إستخدامات التيار المتردد أحادي الوجه

أو فى إستخدامات التيار المستمر لابد من توصيل الثلاثة دوائر بريلاي زيادة الحمل علي التوالي ليمر نفس التيار فى كل عنصر من العناصر الثلاثة . وكحل بديل يمكن فى هذه الحالات إستخدام ريلاي زيادة الحمل بدون تقنية الكشف عن سقوط إحدي فازات مصدر التغذية.

- زمن بدء المحرك

لابد أثناء مرحلة بدء حركة المحرك أن يسمح ريلاي زيادة الحمل بمرور تيارات بدء الحركة اللحظية عالية القيمة دون فصل ولكنها لابد أن تفصل الدائرة بسرعة إذا ما إستمرت هذه التيارات العالية لفترة زمنية طويلة. ولضمان الإختيار الصحيح لريليهات زيادة الحمل ، عرفت المواصفات القياسية IEC 60-947 ثلاثة تقسيمات لأنواع الفصل لريليهات زيادة الحمل الحرارية كالآتي:

- الريليهات Class 10

هذا النوع من الريليهات مناسب للإستخدامات التي لا يزيد فيها زمن بدء حركة المحرك عن ١٠ ثوان.

- الريليهات Class 20

هذا النوع من الريليهات مناسب للإستخدامات التي لا يزيد فيها زمن بدء حركة المحرك عن ٢٠ ثانية.

- الريليهات Class 30

هذا النوع من الريليهات مناسب للإستخدامات التي لا يزيد فيها زمن بدء حركة المحرك عن ٣٠ ثانية.

علماً بأن كل محرك تحتوي بياناته إما علي زمن بدء التشغيل أو الـــ Class المناسب للتشغيل.

ب) الوقاية من تيارات قصر الدائرة

لتفادي تلف المعدات لابد لأي جهاز وقاية من تيارات قصر الدائرة أن يكون قادراً علي إكتشاف وكذلك الفصل السريع لأي تيارات عطل ذات قيم عالية قبل أن تصل الي قيمتها القصوي. من أمثلة أجهزة الوقاية :

- الفيوزات
- القواطع الكهربية

كما يمكن أن تزود الأجهزة متعددة الوظائف مثل القواطع الكهربية للمحركات والكونتاكتورات بخواص وقاية من تيارات قصر الدائرة.

- الفيوزات Fuses

لا يوصي باستخدام الفيوزات فى وقاية المحرك حيث أثبتت التجربة أن الفيوز ، إن عاجلاً أو آجلاً ، سوف يحترق ويكون من اللازم إحلاله (وفي هذه الحالة يجب إستبدال الثلاث فيوزات وليس فيوز واحد). ولا يمكن ، فى الواقع ، ضمان أن الإحلال سوف يتم بفيوز له نفس خواص الفيوز الأصلي والذي يحقق توافق أجهزة الوقاية ومن ثم فإنه يفضل إستبعاد إستخدام الفيوزات فى وقاية المحركات خاصة وانها علي المدي الطويل تكون تكلفتها أعلي من القواطع نتيجة تغييرها المستمر.

- القواطع الكهرومغناطيسية Magnetic circuit breakers

تحتوي هذه القواطع علي جهاز فصل مغناطيسي علي كل من الفازات يكتشف ويفصل تيارات قصر الدائرة العالية بقيم فى حدود سعة قطع القاطع وبذلك يتم حماية نظم القوي الكهربية من تأثير تيارات الأعطال.

وعادة ما تحتوي القواطع الكهربية علي مجسات منفصلة علي كل فازة بحيث ينتج عن عمل أي من الفواصل المغناطيسية أحادية الفازة فصلاً آلياً متزامناً للأقطاب الثلاثة . كما إن بعض القواطع المخصصة لحماية المحركات تحتوي علي حماية ضد تيار القصر.

٣ التحكم فى توصيل وفصل التيار Power switching

تمكن هذه الوظيفة من توصيل وفصل أي معدة قوي كهربية إضافة الي إنها تستخدم أحياناً ، عند التحكم فى المحرك ، في تغيير قيمة الطاقة الكهربية المغذاة للمحرك وذلك بغرض تنظيم سرعته وعزمه... وهكذا.

يمكن تحقيق هذه الوظيفة ، إعتماداً علي احتياجات التطبيق ، باستخدام :

- منتجات كهروميكانيكية : مثل الكنتاكتورات وبادئات الحركة اليدوية للمحرك.
- منتجات إلكترونية : مثل بادئات الحركة الناعمة Soft starters ومغيرات السرعة / مغيرات التردد (وقد سبق شرحها تفصيلياً فى الفصل ٢-٢-١-٧).
- توصيل وفصل التيار بعمليات On – Off

صممت أجهزة التوصيل والفصل للتحكم فى تغذية المحركات أو أي من معدات القوي الكهربية عن طريق عمليات توصيلها وفصلها عند الحاجة. وتمثل الكونتاكتورات أكثر الأجهزة شيوعاً فى تأدية هذه الوظيفة. ويمكن لهذه الوظيفة أن تتحقق عن طريق منتجات متعددة الوظائف مثل قواطع المحركات والكونتاكتورات القاطعة

- الكونتاكتور الكهرومغناطيسي Electromagnetic contactor

يمثل الكونتاكتور جهاز توصيل وفصل ميكانيكي يتم التحكم فيه بواسطة مغناطيس كهربي . عند تغذية ملف الكونتاكتور الكهرومغناطيسي تغلق أقطابه الرئيسية Power Contact ومن ثم توصل الدائرة بين مصدر التغذية الكهربية والحمل الخاضع للتنظيم (محرك ... وهكذا) . ويتكون المغناطيس الكهربي من جزئين : المغناطيس الثابت والحافظة المتحركة . تحمل الحافظة أقطاب التوصيل والفصل الرئيسية وكذلك ايه نقاط مساعدة التي يمكن تحميلها علي الكونتاكتور الكهرومغناطيسي.

- النقاط المساعدة Auxiliary contacts

للنقاط المساعدة العديد من الوظائف حيث تستخدم النقطة المساعدة من النوع (المفصول عادة N/O) غالباً لتأكيد وجود التغذية الكهربية لملفات الكونتاكتور. كما تستخدم النقاط المساعدة لتحقيق التحكم التتابعي والتشابك (الربط) الكهربي ووظائف الإشارة.

يوجد ثلاثة أنواع رئيسية من النقاط المساعدة.

- نقاط توصيل مساعدة لحظية مفصولة (مفتوحة الأقطاب) عادة N/O:

تفصل (تفتح أقطاب) هذه النقاط المساعدة عندما يقطع التيار عن الكونتاكتور الكهرومغناطيسي وتفصل (تفتح أقطابها) عند تغذية الكونتاكتور الكهرومغناطيسي بالتيار الكهربي.

- نقاط توصيل مساعدة لحظية معشقة (مغلقة الأقطاب) عادة N/C :

تعشق (تغلق الأقطاب) هذه النقاط المساعدة عندما يقطع التيار عن الكونتاكتور الكهرومغناطيسي وتفصل (تفتح أقطابها) عند تغذية الكونتاكتور الكهرومغناطيسي بالتيار الكهربي.

- نقاط توصيل مساعدة لحظية تحويلية C/O:

تحتوي هذه النقاط المساعدة علي نقطة توصيل N/O ونقطة توصيل N/C يعملان بالنظام المعرف لكل منهما أعلاه . لهذه النقاط المساعدة التحويلية ثلاثة أنواع من الأطراف (أي أن لها طرف مشترك).

إضافة الي ذلك تجهز الكونتاكتورات الكهرومغناطيسية بنقاط مساعدة زمنية (عادة من النوع C/O) التي تتبدل حالتها إما عند تغذية الكونتاكتور الكهرومغناطيسي أو فصل التيار عنه ولكن بعد مرور فترة زمنية . وغالباً ما يمكن ضبط فترة التأخير الزمنية بواسطة مستخدم الكونتاكتور الكهرومغناطيسي.

- مخمدات الطاقة المختزنة Coil Suppressor

عند إيقاف عمل ملف الكونتاكتور تتحول الطاقة المختزنة ($1/2\ Li^2$) فى الملف الي صورة جهد. يتسبب هذا الجهد فى إحداث تداخل (interference) مع عمل أجهزة التحكم الآلي. يتم إستخدام أجهزة مخمدات الطاقة المختزنة Coil Suppressor للحد من قيمة الجهد مما يقلل أو يمنع التداخلات.

أنواع مخمدات الطاقة المختزنة :

- دائرة RC
- Varistor or bidirectional diode
- Diode (fly wheel diode)
- عوامل إختيار الكونتاكتور الكهرومغناطيسي

لابد من الأخذ فى الإعتبار العوامل التالية عند اختيار الكونتاكتور الكهرومغناطيسي المناسب ويتم اختياره حسب المواصفات القياسية العالمية IEC 60-947:

- طبيعة ونوع الحمل : قيمة تيار الحمل وجهده. خواص بدء حركة الحمل ....الخ.
- أي حالات تشغيل خاصة : عدد مرات تكرار دورة التشغيل فى الساعة ، هل يتم التعشيق علي تيار الحمل أو بدونه ، نوعية الاستخدام ، نوع التوافق المطلوب ، العمر الافتراضي المطلوب ....الخ.
- العوامل الجوية المحيطة : درجة حرارة الجو المحيط ، معدل الرطوبة...الخ.

تعتمد أهمية كل من العوامل السابقة علي التطبيق. وفيما يلي بعض امثلة التطبيق المختلفة:

أ) التحكم فى حمل ممثل بمقاومة أومية AC-1 :

تقع هذه النظم فى مجال استخدام الكونتاكتورات الكهرومغناطيسية من النوع AC-1 المخصصة عادة لأحمال بعدد قليل من تكرار دورات التشغيل فى الساعة.

ب) التحكم فى محرك تأثيري بحلقات أنزلاق (Slip ring motor) AC-2 :

يستخدم فى هذه التطبيقات كونتاكتورات كهرومغناطيسية من النوع AC-2 (التي تسمح ببدء الحركة والتعشيق بدائرة العضو الدوار أو العضو الثابت والضبط دقيق المراحل للمحركات التأثيرية بحلقات تزلج).

جـــ) التحكم فى محرك تأثيري ذي قفص سنجابي (Squirrel cage motor) AC-3/4:

يستخدم فى هذه التطبيقات إما الكونتاكتورات الكهرومغناطيسية من النوع AC-3 (التي تقطع تيار الحمل الكامل FLC للمحرك) وإما الكونتاكتورات الكهرومغناطيسية من النوع AC-4 (التي تقطع تيار خنق العضو الدوار). وفي هذه الحالة ، لا يتحدد التأثير الحراري علي الكونتاكتور الكهرومغناطيسي بتيار التشغيل المستمر للحمل ولكنه يعتمد علي خواص بدء الحركة للمحرك أو فرملته وعدد مرات تكرار عمليات بدء / ايقاف الحمل فى الساعة. وعليه فإن أهم عاملان لاختيار هذا الكونتاكتور الكهرومغناطيسي هما نوعية إستخدام التطبيق وعدد مرات تكرار دورة التشغيل.

د) التحكم فى أحمال تأثيرية Reactive loads ذات تيارات إندفاع عالية عند توصيلها علي مصدر التغذية:

تتمثل هذه الأحمال التأثيرية فى الملفات الإبتدائية للمحولات ودوائر تحسين معامل القدرة (المكثفات). يجب أن تكون سعة التعشيق (Making Capacity) للكونتاكتور الكهرومغناطيسي قادرة علي استيعاب تيارات الإندفاع هذه دون حدوث إرتداد غير مسموح به للأقطاب الرئيسية بالكانتاكتور الكهرومغناطيسي وبدون حدوث المخاطر المصاحبة مثل إلتحام الأقطاب.

وعليه فإن سعة التعشيق (Making capacity) تصبح أهم عوامل اختيار الكونتاكتور الكهرومغنلطيسية فى هذه التطبيقات.

٤ ضمان التوافق Coordination

- تعريف التوافق

تتطلب أساسيات التوافق ، تجانس معدات الوقاية الرئيسية من قصر الدائرة (فيوزات أو قاطع) مع جهاز تعشيق وفصل مناسب (كونتاكتور كهرومغناطيسي) والريلاي المصاحب للوقاية الحرارية من زيادة الحمل. وبهذا التوافق نضمن أفضل طرق تشغيل وحماية المحرك، ويتم التوافق عن طريق إختبارات معملية لمكونات بادئات الحركة معاً وليس علي حدة وذلك لمعرفة أداء المجموعة بعد فصل التيارات الغير إعتيادية.

- أنواع التوافق

تم توصيف هذه الأنواع من التوافق بالمواصفات القياسية IEC 60-947-4 وهي تحدد درجة التلف بالمعدة المسموح به والناتج عن قيم محددة من قصر الدائرة.

- نوع التوافق رقم ١ Type 1 coordination:

(سابقاً التوافق درجة a ومعرف بالمواصفات القياسية السابقة IEC 292-1) لابد لمعدات الوقاية الكهربية فى حالات قصر الدائرة من فصل العطل دون حدوث أية خطورة علي المنشأة أو الأفراد. وبعد فصل العطل لا يمكن إعادة التشغيل إلا بعد قيام فني علي مستوي عالي جداً من الكشف علي المكونات السابقة.

- نوع التوافق رقم ٢ Type2 coordination :

(سابقاً التوافق درجة c ومعروف بالمواصفات القياسية السابقة IEC 292-1) لابد لمعدات الوقاية الكهربية فى حالات قصر الدائرة من فصل العطل دون حدوث أية خطورة علي المنشأة أو الأفراد . وبعد فصل العطل لا يجب أن تعاني المعدات اية تلفيات أو أي تغيير فى الضبط ومن ثم فإنه يمكن إعادة إدخالها الخدمة. من المفهوم أنه لا يسمح بإحلال أي من معدات الوقاية خلال الإختبارات فيما عدا الفيوزات التي لابد من إحلالها ، بينما فى حالة القواطع فإنه يعاد توصيلها.

مما سبق فإنه يوصي باستخدام التوافق رقم ٢ حيث أنه يضمن إستمرارية التشغيل للمحركات حتي بعد حدوث فصل لتيار القصر بالاضافة الي أنه لا يحتاج الي مستوي عال من فني الصيانة ومن ثم ضمان عمل المحرك. علماً بأن أي نوع من أنواع التوافق يجب أن يتم تقديمه فى جداول من مصنعي بادئات الحركة ولا يمكن أن يتم عن طريق استخدام كونتاكتور من ماركة وقاطع تيار (أو ريلاي زيادة الحمل) من ماركة أخري.

- التوافق الكامل

المقصود بالتوافق الكامل ، طبقا للمواصفات القياسية IEC 60 -947-6-2 أنه فى حالات قصر الدائرة لابد أن تكون مجموعة معدات القطع والوقاية قادرة علي فصل العطل دون خطورة كما يجب ألا تتأثر المعدات ولا أن يحدث إلتحام فى الكونتاكتورات وهي أعلي وأفضل أنواع التوافق.

٢. معدات التشغيل الكهربائية Switchgear

وتشمل أجهزة الفتح والغلق (المفاتيح) وملحقاتها ومهمات التحكم والقياس والحماية والضبط وكذلك تجميع هذه الأجهزة والمهمات مع توصيلاتها والمستلزمات والمنشأت الحاوية والمثبتة لها.

وفيما يلي تعريف لهذه المعدات

أ- أجهزة التشغيل ذات السياج المعدني (Metal enclosed)

وهي أجهزة التشغيل المجمعة داخل غلاف معدني خارجي موصل بالأرض .

وتكون كاملة التوصيلات عدا التوصيلات الخارجية لها.

ب- أجهزة التشغيل داخل المحتوي المعدني (Metal clad)

وهي أجهزة التشغيل التى يتم فيها تركيب المكونات داخل مقصورات Cubicles منفصلة يحويها سياج معدني موصل بالإرض ، ويراعي وجود مقصورات منفصلة لكل من المكونات التالية باللوحة:

- كل مفتاح رئيسي
- المكونات الموصلة على أحد جوانب المفتاح الرئيسي كدائرة التغذية .
- المكونات الموصلة على الجانب الأخر الخارج من المفتاح الرئيسي .

جـ – قواطع التيار للدائرة (Circuit breakers)

وهي أجهزة تشغيل ميكانيكية قادرة على توصيل وحمل وقطع التيار الكهربي المار بها تحت الظروف المعتاده للدائرة الكهربية كما أنها قادرة أيضاً على توصيل وحمل قطع التيار الكهربي لفترة محدودة تحت ظروف غير عادية للدائرة الكهربية (قصر الدائرة).

د– قواطع التيار المركبة داخلياً Indoor circuit breakers

وهي القواطع التى تصمم للتركيب داخل المباني أو داخل حيز مغلق حيث تكون محمية ضد الرياح والأمطار والأتربة وتكاثف البخار وغيرها من العوامل الجوية المختلفة.

ه– قواطع التيار المركبة خارجياً Outdoor circuit breakers

وهي القواطع التى تصمم للتركيب فى الأجواء المفتوحة وتكون قادرة على تحمل العوامل الجوية المختلفة.

و– المفاتيح Switchs

وهي أجهزة تشغيل ميكانيكية قادرة على توصيل وتحمل وفصل التيار الكهربي تحت الظروف المعتادة للدائرة الكهربية وقادرة أيضاً على تحمل تيارات القصر لفترة زمنية محددة.

ز– فواصل الدائرة Isolators أو Disconnector

وهي أجهزة تشغيل تعمل ميكانيكيا تعطي فى وضع الفتح Open Position مسافة فاصلة تمنع مرور التيار الكهربي عند الجهد المقنن ويكون فاصل الدائرة قادر على فتح وغلق الدائرة الكهربية فى حالة اللاحمل No load أو عندما يكون التيار المار بها مهملاً (أقل من ½ أمبير) حيث يكون فرق الجهد عبر طرفي كل قطب غير ذي قيمة.

ح – قطع الدائرة Circuit breaking

تعرف قواطع التيار (cbs) طبقاً لتصميمها وطريقة تشغيلها لفصل تيارات القصر للدائرة الكهربية وتصنف القواطع عادة حسب الوسط المستخدم فى إطفاء الشرارة المتولدة عند الفصل ، ويعتبر القوس الكهربي (الشرارة) المتولدة عند فصل الدائرة وطريقة إخمادها هو العنصر الرئيسي فى عمل قاطع الدائرة حيث يسمح للتيار فى الدائرة الكهربية بإستمرار المرور بعد فصل التلامسات وحتي الوصول بهذا التيار إلى الصفر .

وقاطع التيار المثالي هو الذي يعمل كموصل تام حتي الوصول إلى التيار صفر وعند هذه النقطة يتحول إلى عازل تام ، وحيث إنه لا يمكن عملياً الوصول إلى القاطع الذي يحقق هذا الشرط فانه يراعي أن يكون القاطع أقرب ما يمكن لهذه الحالة مع ضرورة إيجاد الظروف اللازمة للتخلص من نواتج التأين فى فجوة التلامس وإستخدام وسط يتحمل جهد الإسترجاع العارض Transient recovery voltage

٢-١ معدات تشغيل الضغط العالي High Voltage Switchgear

يراعي فى تصنيع لوحات أجهزة التشغيل للضغط العالي أن تحوي على مجموعة من المقصوررات أو الحجرات Cubicles تسمح بإحتواء قواطع التيار ومحولات الجهد (الموجودة فى جانب التوصيل) بالإضافة إلى تزويدها بالتجهيزات اللازمة لتحميل أجهزة القياس والمرحلات مع عمل الاستعدادات اللازمة لتوصيل أطراف الكابلات المغذية والخارجية من اللوحة.

تكون اللوحات ذات سياج معدني metal enclosed أو محتوي معدني metal clad وعمليا فأن الفرق المعتاد أن محولات التيار وأطراف توصيل الكابلات تبيت فى مقصورة (أو حجرة) واحدة فى حالة اللوحات ذات المحتوي المعدني . وفى جميع أنواع قواطع الدائرة يجب توافر إمكانية فصل هذا القاطع عن قضبان التوصيل بأحد الأشكال الأتية :

- سحب رأسي
- سحب أفقي
- إستخدام فاصل دائرة أو مفتاح بين قاطع الدائرة من النوع الثابت وقضبان التوصيل.

- فى حالة قواطع الدائرة ذات المحتوي الزيتي Bulk oil c.b. تستخدم طريقة السحب الرأسي.
- فى حالة القواطع المغناطيسية الهوائية Magnetic air cb وقليلة الزيت Min. or low oil c.b. تستخدم طريقة السحب الأفقي.
- فى حالة القواطع الغازية فإنه يمكن إستخدام إما السحب الرأسي أو السحب الأفقي.
- وفى حالة إستعمال قواطع الدوائر من النوع المفرغ Vacuum cb تستخدم عادة القواطع من النوع الثابت مع وجود فاصل دائرة بين القاطع وقضبان التوصيل للاستفادة من ميزة قلة إحتياج هذا النوع إلى الصيانة.
- يراعي توافر تجهيزات أمنة للوصول إلى قضبان التوصيل الرئيسية للوحات التوزيع وذلك لأجراء القياسات والأختبارات المطلوبة وفى حالة قواطع الدائرة القابلة للسحب فأن الوصول إلى هذه القضبان يكون من خلال الثغرات التى يتم من خلالها تعشيق القاطع.

٢-١-١ الرباط والغلق Interlocking & Padlocking

للتأكد من التشغيل الأمن للوحات الكهربية وخاصة عندما يراد الوصول إلى قضبان التوصيل لتحديد الأعطال أو لتوصيل وجه من أوجه الدائرة أو إختيار الكابلات فإنه يلزم تزويد اللوحات برباط ميكانيكي أو قفل للتحكم فى دخول التغذية العمومية لهذه اللوحات.

المطلب الأول للرباط فى جميع أنواع اللوحات ذات القواطع القابلة للسحب هو التأكد من أن القواطع لا يمكن سحبها أو تعشيقها بينما تكون موصلة للتيار (مغلقة) ويجب تزويد اللوحات بحوائل حماية Shutters معدنية يتم عن طريقها تغطية ثغرات التوصيل إلى البارات تلقائياً عندما يتم سحب قواطع التيار من حجرة التشغيل الخاصة بها وبالمثل فأنه يتم عمل التجهيزات اللازمة بحيث تغلق هذه الحوائل فى وضع عدم التوصيل لضمان الأمان التام للمهمات المحتواه بالحجرة.

٢-١-٢ أنواع قواطع الدائرة Types of circuit breakers

الأنواع الشائعة الإستخدام فى الوقت الحالي هي :

أ- قاطع التيار الزيتي Oil circuit breaker

وينقسم إلى :

- قاطع تيار مغمور كليا فى الزيت Bulk oil c.b.
- قاطع تيار قليل الزيت Minimum oil c.b.

ويستخدم فى هذه القواطع زيت هيدروكربوني له لزوجة منخفضة نسبياً وخواص عزل جيده.

ويعيب هذا النوع أنه عند إرتفاع درجة حرارة الملامسات فأنه يترتب على ذلك تبخر الزيت وتحلله إلى مكونات من الايدروجين والكربون حيث يتأين الأيدروجين حرارياً لينتج الإلكترونات والأيونات الموجبة التى لها القدرة على حمل التيار الكهربي خلال المسافة بين الملامسات محدثة قوساً كهربياً وللتحكم فى إنسياب الغازات فى منطقة الشرارة فأنه يجب أن تغلف الملامسات داخل نطاق للتحكم فى القوس الكهربي arc control device لزيادة كفاءة التشغيل لقاطع التيار.

ب– قاطع التيار الهوائي المغناطيس Magnetic air circuit breaker

ويعتمد فى نظرية عمله على خلق جهد عالي جداً للقوس الكهربي يصعب الحفاظ عليه بجهد التشغيل المستخدم ومن ثم لا يمكن للقوس الكهربي الأستمرار ويمكن الوصول إلى ذلك إما بإجبار القوس الكهربي بالامتداد للإقتراب من مواد صلبة تستخلص الحرارة من القوس أو بتكسير القوس الكهربي إلى سلسلة من الأقواس ويمكن الجمع بين الطريقتين فى بعض التصميمات وتعمل الدوائر المغناطيسية على خلق مجال داخل مدي القوس لتوجية القوس الكهربي داخل نطاق هذا المدي وفى حالة التيارات الكهربية المنخفضة (فى حدود ١٠٠ أمبير) فأنه يلزم إضافة نفاخ هوائي متصل بفواني أسفل الملامسات لتوجية القوس الكهربي.

جـــ– قاطع التيار التفريغي Vacuum circuit breaker

وتكون الملامسات فى هذا النوع داخل وعاء محكم ذو جدران عازلة مفرغ منها الهواء وتكون إحدي الملامسات مثبتة بنهاية التوصيل للقاطع والأخري حرة الحركة فى إتجاه محوري ، ويتم الحفاظ على التفريغ عن طريق حاشيات معدنية موصلة بين الملامس المتحرك والنهاية الأخري للتوصيل ، ويعتمد أداء القاطع التفريغي على ثلاث عوامل :–

- وجود تفريغ كافي داخل الجهاز.
- إختيار خامة الملامس المناسبة.
- توفير تحكم مغناطيس فى القوس الكهربي.

وتكون فجوة التلامس فى حدود ١٠مم للجهود حتي ١١ ك .ف وعلى ذلك تقل القدرة اللازمة للتشغيل على مثيلتها فى الأنواع الأخري من القواطع ويحقق هذا النوع أعلي كفاءة تشغيل كجهاز فصل للتيار حيث يتم إستعادة القوة العازلة للفجوة التلامسية فى خلال (١) ميكروثانية عندما يعمل فى حدودة تيار القطع المقنن وللقدرة العالية على الأحتمال لهذا القواطع أنها لا تحتاج إلى أي صيانة خلال عمر التشغيل لها ولا يوجد إحتمال لحدوث حريق بسبب عدم وجود مواد قابلة للإشتعال.

د- قاطع التيار الغازي Sulphur hexa floride . SF6 – cb

ويحتوي على غاز سادس فلوريد الكبريت الخامل والغير قابل للأشتعال عديم اللون والرائحة ويستخدم الغاز تحت ضغط حوالي ٣ بار للوصول إلى نفس قوة العزل للزيت المعدني ولهذا الغاز خاصية إمتصاص الإلكترونات الحرة المتولدة فى مسار القوس الكهربي مكونا أيونات سالبة الشحنة وهذا يؤدي إلى سرعة إستعادة قوة العزل بعد حدوث القوس الكهربي وتستعمل الأمونيا المنشطة لإمتصاص الغازات الفلوريدية الأقل درجة (SF2& SF4) التى قد تحدث نتيجة تحلل الغاز الأصلي SF6 وعلى ذلك فيمكن لهذا النوع من القواطع أن يتحمل عدد لا بأس به من مرات القطع فى حالات قصر الدائرة دون الحاجة إلي تغيير الأجزاء الفعالة به.

يبين الجدول (٥-٣) مقارنة بين خواص الأنواع السابق ذكرها لقواطع التيار.

جدول (٥-٣) مقارنة بين أنواع قواطع التيار المستخدمة فى الضغط العالي

م	الخواص	قاطع التيار الهوائي I	قاطع التيار الزيتي II	قاطع التيار التفريغي III	قاطع التيار الغازي SF6 Iv
١	توصيل وفصل التيار حثي Inductive Current	عند التيارات الصغيرة تكون له خاصة إطفاء هادئة للشرارة لعدة أنصاف دورة وهذا ينتج عنه قيمة مهملة تلاطم التيار Current Chopping ومن ثم دفق جهد مهمل Voltage – Surge	حيث ان الزيت عازل جيد فإن إطفاء الشرارة (القوس الكهربي) يكون أكثر فعالية عن القاطع الهوائي وهذا يعطي فترة شرارة أقصر درجة أعلي لتلاطم التيار ويكون الارتفاع فى الجهد محسوساً لكن قيمته غير كافية لاحداث تدمير للعزل.	يسمح القاطع بالفصل دون إعتبار قيمة التيار المار ويتوقف إستقرار القوس الكهربي (الشرارة) عند القيم الصغيرة للتيار على خامة الملامسات المستخدمة فى القاطع حيث أن بلازما (وسط) الشرارة تتكون من بخار الفلز المصنوع منه الملامسات.	يعتمد مسلك تلاطم التيار على طريقة إطفاء الشرارة ويكون لها بصفة عامة نفس القدر كما فى القاطع الزيتي أو التفريغي.
٢	توصيل وفصل التيارات السعويه Capacitance Currents	يميل إلى إعادة الشرارة بعد الاطفاء وعلى ذلك فله سعة محدودة جداً فى أداء هذه الوظيفة.	يكون له قوة عزل عبر كل قطب كافية للتأكد من قطع التيار السعوي بلا عودة للشرارة.	إستعادة قدرة العزل للفجوة التفريغية سريعة جداً وهذا يعطي قطع بلا عودة للشرارة للتيارات السعوية	نظراً للخواص سالبة الكهرباء فإن الفجوة التوصيلية يعاد تأينها بسرعة وهذا يحقق قطع

م	الخواص	قاطع التيار الهوائي I	قاطع التيار الزيتي II	قاطع التيار التفريغي III	قاطع التيار الغازي SF6 Iv
				حتى الحمل الكامل للتيار المقنن للقاطع.	بلا عودة للشرارة.
٣	المسلك الميكانيكي	المواصفات القياسية تتطلب تحقيق ١٠٠٠ عملية فصل وتوصيل بلا حمل دون تأثير على القاطع وبدرجة بري للملامسات مهملة . التزييت المنتظم خلال هذه الفترة يجب أن أخذه فى إعتبارات التصميم.		المشوار القصير للفصل والتوصيل ومتطلبات الطاقة المنخفضة تساعد المصمم على بناء ميكانيكي قوي قادر على الموافقة مع عمر طويل بدون صيانة لهذه القواطع . ويتم فى المعتاد ١٠٠٠٠عملية فصل وتوصيل على الأقل دون الحاجة إلى الصيانة.	متطلبات الطاقة تقع بين تلك الخاصة بالقاطع الزيتي والخاصة بالقاطع التفريغي ومعظم الطاقة المطلوبة تلزم لإطفاء الشرارة وتزيد هذه الطاقة بزيادة مقنن القاطع وتتطلب هذه القواطع الصيانة على فترات تصل إلى ١٠٠٠٠عملية فصل وتوصيل فى المعتاد.
٤	الاختلاف فى القاطع خلال العطل (Fault)	التواجد السريع لقوس كهربي ذو تيار كبير فى	تفكك الزيت إلى هيدروجين	تكون الزيادة فى كثافة البخار الفلزي المنتج خلال	الضغط الداخلي المتكون خلال فترة العطل يبلغ

م	الخواص	قاطع التيار الهوائي I	قاطع التيار الزيتي II	قاطع التيار التفريغي III	قاطع التيار الغازي SF6 Iv
	(أ) قيمة الضغط المنتج	منطقة الشرارة – arc chute ينتج عنه ضغط عالي وموجات تصادميه يجب أخذها فى الاعتبار فى البناء الميكانيكي للقاطع مما يزيد فى التكلفة.	وهيدروكربونات عن طريق تيار القوس الكهربي ينتج ضغط عالي جداً داخل جهاز التحكم فى الشرارة وهذا يؤثر على قدرة الاطفاء وينتقل جزء من هذا الضغط إلى الخزان المعدني ولكن وجود وسادة مناسبة من الهواء قرب غطاء الخزان تساعد على الحفاظ على الضغط داخل الخزان . وإستخدام خزان إسطواني تجعل إحتواء هذه الزيادة فى الضغط امر بسيط.	حدوث القوس الكهربي فى منطقة التلامس متزامنه مع التيار ولا يوجد إرتفاع عام فى الضغط داخل القاطع.	مرتين أو ثلاثة مرات الضغط الإستاتيكي المعتاد وتكون غرفة العازل مصممه للسماح بذلك.

م	الخواص	قاطع التيار الهوائي I	قاطع التيار الزيتي II	قاطع التيار التفريغي III	قاطع التيار الغازي SF6 Iv
	(ب)إنبعاث غازات العادم.	الكمية الكبيرة من الهواء المتأين المتدفقة من منطقة الشرارة تخلق ضرورة الحاجة إلى تبريد للعزل ووجود خنادق تسمح بالاندفاع الأمن لهذا الهواء	تندفع كميات متوسطة من غازات العادم حيث يتم مرورها على حجرة حاجزة بالسطح العلوي للقاطع وهذا يعمل على تبريد الغازات وفصلها عن الزيت.	القاطع تام الاحكام وجميع الأبخرة الفلزية المنتجة خلال القوس الكهربي (الشرارة) تتكثف فورياً ولا يوجد إنبعاث من أي نوع لهذه الأبخرة.	القاطع مغلق كليه ومن ثم لا يوجد إنبعاث للغاز وقد يتفكك بعضه إلى مكونات الكبريت والكبريت الحر وهذه يتم إمتصاصها بواسطة مرشحات خاصة داخل القاطع.
	(جـ) التأثير على قواعد تثبيت القواطع. (د) توليد الضوضاء	وبيل جداً وبيل	وبيل معتدل	مهمل مهمل	خفيف خفيف
٥	إحتمال الحريق	حيث لا يستعمل زيت ولا يوجد غازات قابلة للاشتعال فإن غازات الاحتراق الساخنة المنتجة خلال العطل تحتوي على	إستعمال الزيت كوسط قطع وبالتالي إنبعاث غازات قابلة للاشتعال هيدروجين – أستلين – مثيان .... الخ) خلال هذه	مخاطر حدوث الحريق مهملة حيث لا توجد مواد قابلة للاشتعال أو غازات من أي مصدر يحتمل وجودها	كالسابق فى القواطع التفريغية III

م	الخواص	قاطع التيار الهوائي I	قاطع التيار الزيتي II	قاطع التيار التفريغي III	قاطع التيار الغازي SF6 Iv
		درجة قليلة من إحتمال الحريق.	العملية تحوي مخاطرة حدوث الحريق. والتصميمات الجيده للقواطع نادراً ما تعطي زيادة فى الغازات تسمح بالحريق إلا إذا حدثت أخطاء جسيمة . ويجب مراعاة وجود ضوابط وإحتياطات ضد الحريق إذا إستخدمت هذه القواطع فى بيئات يكون تأثير الحريق فيها رخيماً.		
٦	متطلبا الصيانة (أ) الصيانة الروتينيه	تشتمل الصيانة الروتينية فى القواطع التقليدية على النظافة والتزييت للأجزاء الميكانيكية مع فحص الملامسات وجهاز التحكم فى الشرارة والوسط العازل	والعوازل الكهربية وربما ملامسات القاطع لملاحظة حدوث البري. ويمكن حفظ		متكررة وفى الغالب فإن دوره صيانه كل عشر سنوات تكون مناسبة لهذا

م	الخواص	قاطع التيار الهوائي I	قاطع التيار الزيتي II	قاطع التيار التفريغي III	قاطع التيار الغازي SF6 Iv
			والإحلال إذا لزم الأمر . ويعتمد معدل هذا الاجراء على الأداء المطلوب ويتراوح بين خدمة شهرية فى حالة الخدمة الشاقة (عمليات تحميل وفصل عديده كل يوم) إلى فترات ما بين ٣–٥ سنوات فى التغذية العمومية . ويلزم تغيير الزيت دورياً فى حالة قواطع التيار الزيتية فى الإستخدام المتكرر أكثر من أي إعتبار أخر والانواع قليلة الزيت تحتاج إلى العناية أكثر منها فى الأنواع المغمورة كلياً.	تسجيل لعدد عمليات التشغيل لتحديد فترات إجراء الفحص وفى حالة اللوحات العمومية للتغذية فإنه لا يتم إجراء إحلال خلال العمر الافتراضي للقاطع بينما فى حالة الخدمة الشاقة (تحميل متكرر يومياً) فإنه قد يلزم إجراء الاحلال كل عدة سنوات.	النوع الإ إنه يلزم إجراء فحص بصري بصورة منتظمة . ويجب مراعاة ضوابط أمنية فى حالة وجود مدخل لتزويد الغاز ويستخدم لذلك مهمات تخصصية.
	(ب) صيانة بعد العطل Post – Rault		يقترح عادة ان تجري الصيانة بعد عملية الفصل للعطل فى أقرب فرصة لذلك لامكان استعادة حالة القاطع للمستوي المعتاد والآمن.	ليس من الضروري اجراء هذه الصيانة ومن المستحسن ان يجري التفتيش على القواطع التى	مماثلة للقواطع التفريغية.

م	الخواص	قاطع التيار الهوائي I	قاطع التيار الزيتي II	قاطع التيار التفريغي III	قاطع التيار الغازي SF6 Iv
				جري تشغيلها على العطل حين تكون الفرصة مواتيه فى فترة التشغيل العادية.	
٧	المناسبة لظروف البيئة الخطرة والتشغيل المتكرر	تتطلب مراعاة إجراء صيانة متكررة وخاصة بالنسبة لأسطح العوازل بالقاطع.	مناسب جداً إلا أنه يحتاج إلى تزويد الزيت ضبط منسوبه دائما وتغيير الملامسات خاصة فى ظروف الخدمة الشاقة وتكون الصيانة اكثر تكرارية فى حالة القواطع قليلة الزيت.	مميزات القاطع أكثر وضوحاً فى هذه الظروف وتكلفة التشغيل السنوية بالتالي أقل منها فى الأنواع الأخري.	لا يحتاج إلى صيانة متكررة إلا أنه يجب إعطاء عناية للأجزاء الميكانيكية فى حالة التشغيل المتكرر خاصة إذا كانت طاقة الغلق عاليه.
٨	إمكانيات التشغيل (أ) التوصيله الأرضية المتكاملة Integral Fault – making	نادراً ما يكون لها هذه الخاصية وعند اللزوم تستخدم وحدات تأريض منفصلة.	يسهل إمداد القاطع بتأريض تكاملي فى حالة القواطع ذات السحب الرأسي.	تزود بهذه الخاصة فى حالة القواطع الثابتة . اما فى حالة القواطع القابلة للسحب فتكون كالحالة	كالسابق فى I , II على حسب نظام السحب رأسي أو أفقي.

م	الخواص	قاطع التيار الهوائي I	قاطع التيار الزيتي II	قاطع التيار التفريغي III	قاطع التيار الغازي SF6 Iv
	earthing Facilities			المبينة فى I , II	
	(ب) إمكانية إجراء إختيار الحقن Injection – test	تحتاج الي نوع قاطع التيار عن اللوحة ثم ادخال عصا الاختبار الى مقتبس الفصل.		فى حالة القواطع الثابتة يتم تزويدها بفتحات اختبار تمكن من ادخال عصا الاختبار بينما تكون الدائرة ارضية وفى الانواع القابلة للسحب تكون كما فى , II I	كالسابق فى I , II
٩	تصميم مبني للوحات	يتوقف عرض المبني على حسب عمق depth مجموعة التشغي Switch – gear مع وجود مسار دخول لنهايات الكابلات فى خلفية اللوحة وممر عريض امام اللوحة لاعطاء فسحة لامكان سحب قاطع التيار وصيانته . ويترتب على الاحمال الديناميكية لمجموعة التشغيل على الارضية خلال التشغيل انشاء قواعد مكلفة وقوية . كما يتم تركيب مهمات مكافحة حريق مثل		فى حالة القواطع الثابتة لا تحتاج فى التصميم إلى وجود فسحة للسحب أو الصيانة ومن ثم يكون عرض المبني اقل منها فى حالة القواطع القابلة للسحب. ويكون التحميل	مجموعة التشغيل باستخدام القواطع الغازية تكون ذات قواطع قابلة للسحب ويحتاج فى إنشاء المبني الى ترك فراغ لهذا الغرض ولكن إحتمال الحريق يكون مهملاً ولا

م	الخواص	قاطع التيار الهوائي I	قاطع التيار الزيتي II	قاطع التيار التفريغي III	قاطع التيار الغازي SF6 Iv
		طفايات ثاني أكسيد الكربون أو استخدام نظم اخري كالرشاشات او الغاز فى حالة وجود احتمال للحريق واذا لم يكن خطر حدوث الحريق كبير فانه يتم تقسيم لوحات التشغيل الكبيرة بواسطة جدران مانعة للحريق تبني عبر المبني لتخفيض مخاطر تدمير اللوحة فى حالة حدوث الحريق . يعتمد طول المبني على عرص كل وحدة (خلية) فى مجموعه التشغيل بالاضافة الى الفراغ اللازم لحوائط الحريق (ان وجدت) ومسارات قضبان التوصيل ويلاحظ أن عرض الخلال يكون أقل في حالة القواطع المغمورة فى الزيت عنها فى القواطع الهوائية أو قليلة محتوي الزيت.	على الارض خفيفا ولا يتطلب الأمر وجود حوائط للحريق أو مهمات لمكافحة الحريق وحيث أن عرض الخلايا صغير فإن طول المبني أصغر وأخف إنشائياً عنها فى حالة مجموعات التشغيل التقليدية وتقلل بدرجة ملموسة تكلفة المبني. فى حالة القواطع القابلة للسحب فإن المباني تكون أكثر عرضاً ولكن التوفير فى حوائط الحريق ومهمات مكافحة الحريق	يكون هناك حاجة إلى حوائط الحريق أو مهمات مكافحة الحريق وتكون المباني بالتالي أكثر إندماجا وبساطة.

م	الخواص	قاطع التيار الهوائي I	قاطع التيار الزيتي II	قاطع التيار التفريغي III	قاطع التيار الغازي SF6 Iv
				تظل قائمة وبالتالي مباني أكثر إقتصاداً.	

٢-١-٣ بناء اللوحات فى الضغط العالي Switchboard Construction (H.V)

تتكون كل لوحة من عدد من الخلايا تشكل كل منها من هيكل معدني مبطن بالواح من الصلب المسحوب على البارد ذات سمك لا يقل عن ٢مم وتزود اللوحة بابواب من الأمام والخلف لتسهيل الصيانة كما أنها تكون مزوده بالأحتياطات اللازمة لسلامة التشغيل والصيانة وتركب مهمات كل خلية بحيث تكون منفصله ومعزوله تماماً عن الخلية المجاوره ويراعي أن تظل الاجزاء الحامله للجهد بعيده عن متناول الأيدي بعد سحب المفتاح من داخل الخلية.

وتشكل قضبان التوزيع من النحاس جيد التوصيل للكهرباء وتكون مغلفة بكامل طولها بمادة عازلة مناسبة ويجب أن تكون نقط التماس من النوع ذاتي الضبط (Self Alignment) محملة بسوستة ضاغطة قوية ومطلي بطبقة سميكة من الفضة المرسبة وتزود اللوحات بوسائل الربط الميكانيكية والكهربائية لضمان الأمن عند التشغيل.

٢-٢ معدات تشغيل الضغط المنخفض Low Voltage Switchgear

تخضع مواصفات معدات تشغيل الضغط المنخفض لمتطلبات الهيئة الدولية للكهرباء IEC ويتم تصميم قواطع التيار للضغط المنخفض وتصنيعها وإختبارها طبقاً للمواصفات القياسية

IEC 157-1 لسنة ١٩٧٣ وتعديلاتها وهناك بعض الإعتبارات للمواصفات السارية والتى يجب الأخذ بها وهي:

(أ) فئات (طبقات) قصر الدائرة Short circuit categories

(ب) طريقة إختبارات قصر الدائرة Method of short circuit tests

(جـــ) محدادات الإرتفاع فى درجة الحرارة والمقننات الحرارية

Temperature – rise limitations / Thermal ratings

- يوضح الجدول (٥-4) نوعان من فئات أداء قصر الدائرة ويتبين منه أن قاطع التيار فئة الأداء P1 له القدرة على إختبار نوعي O – CO عند أقصي مقنن لقصر الدائرة له بينما أن قاطع التيار فئة الأداء P2 له القدرة على إختبار نوعي O – Co – Co والفارق

الجوهري بين الفئتين P1 , P2 أنه فى حالة قاطع الدائرة فئة P1 يكون له القدرة على العمل بعد الإختبار النوعي مع تقليل ظروف الخدمة بينما فى الفئة P2 فأنه يكون قادر على أستمرار الخدمة فى الظروف المعتادة وعلى ذلك يجب الأخذ فى الأعتبار هذا الفارق وتحديد الفئة المطلوبة بوضوح عند وضع المواصفات الخاصة بهذه القواطع.

- يجب الأخذ فى الأعتبار عند إجراء إختبارات قصر الدائرة لقواطع التيار أن تجري هذه الأختبارات فى نفس ظروف العمل التى سوف يكون عليها عند التركيب للخدمة.
- يحدد الجدول (٥-٥) حدود الإرتفاع فى درجة الحرارة طبقاً لمواصفات IEC ويراعي دائماً أن الإرتفاع فى درجة الحرارة للملامسات لا تؤدي إلى إعطاب العزل أو الإجزاء المجاورة للملامس.

٢-٢-١ المقنن الحراري والمقنن داخل المحتوي لقواطع التيار

Thermal rating & enclosed rating

وهو سعة القاطع بالإمبير التى يتم تدوينها على لوحة البيانات الخاصة بالقاطع وهي التيار الحراري المقنن للأجهزة الغير مغلفة والمزودة بفاصل زيادة تيار مناسب إذا لزم الأمر وهو أقصي تيار يمكن مروره بالقاطع لمدة ٨ ساعات عندما يختبر فى الهواء الطلق دون أن تتجاوز الزيادة فى درجة الحرارة لجميع الأجزاء الحدود المقرره فى الجدول السابق (٥-٥) . وعلى ذلك يجب مراعاة أن هذا المقنن لا يعبر عن سعة القاطع عند تركيبة داخل لوحات التشغيل. ويعرف المقنن داخل المحتوي enclosed rating لقاطع التيار على أنه التيار الحراري المقنن داخل القواطع المغلفة ، وهو أقصي تيار يمكن للقاطع إمراره لمدة ٨ ساعات تشغيل عندما يتم تركيبة داخل محتوي ذو مواصفات محددة دون أن ترتفع درجة الحرارة لأجزائه المختلفة عن الحدود المقررة المبينة بالجدول (٥-٥) . وعلى ذلك فيجب ألا يزيد تيار الحمل الكامل المعتاد لقاطع التيار عن المقنن داخل المحتوي والذي يقل بدرجة كبيرة عن المقنن الحراري للقاطع وللحصول على تشغيل مرضي تماماً لقواطع التيار فإن سعة القاطع بالإمبير يجب أن تؤخذ داخل لوحة التشغيل حيث أن المقنن الخاص به يتأثر بدرجة التهوية وحجم التوصيلات لهذا القاطع ومقاس الكابل المستخدم فى التوصيل يعتمد على عدد القواطع المركبه فى نفس الصف وللوصول إلى أداء جيد ومرضي لمعدات التشغيل الكهربائية فأنه يجب ضمان قاطع التيار فى جميع ظروف التشغيل المحيطة به وإجراء الإختبارات عليه داخل نفس اللوحة التى يتم تركيبة بها.

وعلى ذلك يجب أن يعطي صانع لوحات التشغيل سواء كان هو المصنع لقاطع التيار أو يقوم بالتجميع فى لوحات من تصميمه – شهادة إختبار مرتبطة مباشرة بالمتغيرات الخاصة بالبيئة (الظروف) المحيطة بقاطع التيار عند تشغيله فعلياً وأن يضمن الأداء المرضي فى ظروف العمل الفعلية.

جدول (٤–٥) فئات أداء قصر الدائرة

Short-Circuit Categories

IEC 157-1 has two categories of short-circuit performance outline in table12.2

Short-circuit performance category	Rated Operating sequence for short-circuit making and breaking capacity tests	Condition after short-circuit tests
P1	o - t - co	Required to be capable of performing reduced service
P2	o - t - co - t - co	Required to be capable of performing normal service

o Represents a breaking operation

co Represents a making operation followed, after the appropriate opening time (or immediately, that is without any international time delay, in the case of a circuit-breaker not fitted with integral overcurrent releases) by a breaking operation.

t Represents a specified time interval

جدول (٥-٥) يوضح حدود الإرتفاع في درجة الحرارة طبقا لمواصفات IEC

Type of material description of part	Temperature-rise limit (measured by thermocouple)
Contact parts in air (main, control and auxillary contacts):	
Copper	45° C
silver or sillver-faced	(1)
All other metals or sintered metals	(2)
Contact parts in oil	65° C
Bare conductors including non-insulated coils	(1)
Metallic parts acting as springs	(3)
Metallic parts in contacts with insulating materials	(4)
Parts of metal or of insulating material in contact with oil	65° C
Terminal for external insulated connections	70° C (5)
Manual operating means :	
Parts of metal	15° C
Parts of insulating material	25° C
Oil in oil-immersed apparatus (measured at the upper part of the oil)	60° C (6)

The experession "silver – faced" includes solid silver inserts as well as electrolytically depostited silver, provided that a continuous layer of silver remains on the contacts after the endurance tests and the short-circuit tests. Contacts faced with other materials, the contact reaictance of which is not significantly altered by oxidation, are treated as silver-laced contacts.

1. Limited solely by the necessity of not causing any damage to adjacent parts.
2. To be specified according to the properaties of the metals used and limited by the neceaslty of not causing any damage to adjacent parts
3. The resulting temperature shall not reach a value such that the elasticity of the material la impaired
4. Limited solely by the neceasity of not causing any damage to insulatin materials
5. The temperatureriae limit of 70° c is a value bassed on the conventional test a C.B used or tasted under installation conditions may have connection the type, hature and disposition of which will not be the asmeas those adopted for the test a different temperature rise of terminals may resuit and this will have to be agreed
6. May be measured by thermometer.

٢-٢-٢ بناء لوحات التوزيع الكهربائية جهد ٣٨٠ فولت

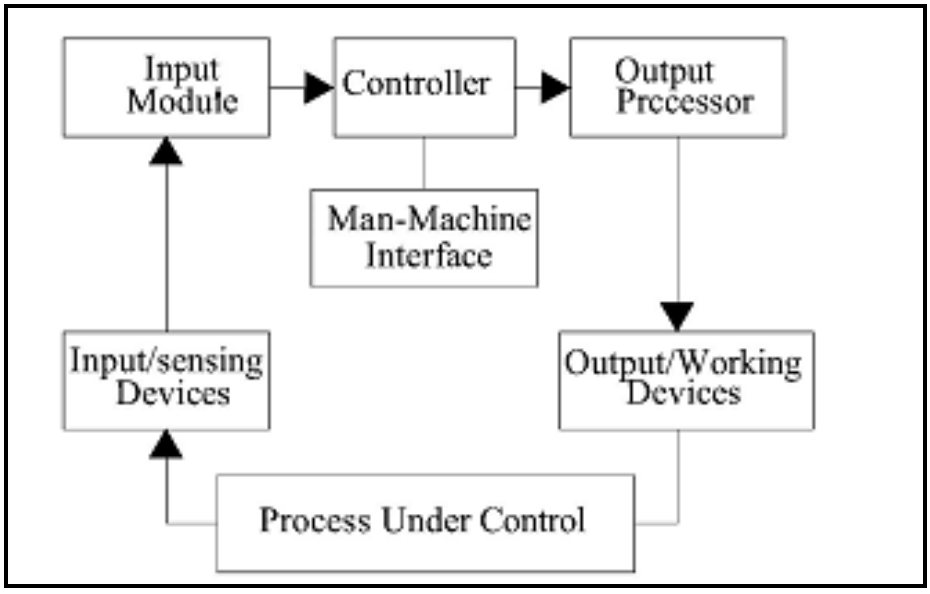
تكون جدران وسقف لوحات التوزيع من الصاج الصلب بسمك لا يقل عن ١,٥م ومدهون من الخارج والداخل بطبقتين من مادة طلاء معتمدة ويكون هيكلها من زوايا صلب قوية تلحم أو تربط مع الجدران على أن تكون كل خلية قائمة بذاتها مع تثبيتها مع الخلايا الأخري المجاورة بطريقة مناسبة وتحتوي جميع الأجهزة اللازمة لها بحيث تسمح بسهولة تشغيل وصيانة أجهزة اللوحة جميعها بمعرفة القائم بمراقبتها وتشغيلها ويراعي تزويد كل خلية بباب خلفي من الصاج ذو فاتيح وعلي أن تركب وتثبت فى اللوحة المفاتيح والاجهزة المطلوبة وما يلزمها من توصيلات

ومحولات وعوازل وقواطع ومصهرات وصناديق نهاية الكابلات لخلية الدخول وما يلزم لتشغيلها وجميع الاجهزة تثبت داخل كل خلية خلف السطح الامامي للوحة ولا يظهر منها على السطح الا أجهزة القياس ذات الطراز الغاطس واكر مفاتيح التشغيل ولمبات البيان وتكون قضبان التوزيع وتوصيلاتها من النحاس الجيد التوصيل ومثبته على عوازل من الصيني أو البكاليت المناسب لجهد التشغيل ولا يسمح بارتفاع درجة الحرارة لقضبان التوزيع عن ٤٠ درجة مئوية زيادة عن حرارة الجو المحيط المأخوذه ٤٥ درجة مئوية كما أنه غير مسموح بعمل لحامات فى قضبان التوزيع ويكون مقطع النحاس حسب التصميم على الا يتجاوز كثافة التيار ٢ أمبير لكل ١ مم٢ من المقطع وعلى الا تقل هذه المساحة عن ٢٥٠ مم٢ كما يجب أن يكون نظام التوصيلات يسمح بتتبعها بسهولة ويكون لون كل وجه على حده هو الأحمر والأزرق والأصفر بالتوالي وقضيب التعادل باللون الأسود على ألا يتغير مقطع النحاس الأساسي فى جميع أجزاء اللوحة.

٢-٣ نظام التحكم الأتوماتيكى (Automation system)

يحتوي أي نظام بإشراف المتحكم المنطقي المبرمج PLC علي العناصر الأساسية التالية:

- التطبيق أو العملية الخاصة بالمستخدم.
- أجهزة الإدخال مثل المفاتيح أو أزرار التشغيل
- وحدات الإدخال التي تعمل كواقي بيني Protective interface وكمحول إشارات.
- المتحكم المنطقي المبرمج PLC الذي يحتوي علي نظام الإتصال ووحدة المعالجة المركزية ومصدر التغذية.
- برنامج التطبيق الخاص بالمستخدم (أو المنطق المعرف بواسطة المستخدم).
- وحدات الخرج التي تعمل كوحدة وقاية بينية وكمحول إشارات.
- أجهزة الخرج مثل الإضاءات والملفات اللولبية Solenoids وبادئات حركة المحركات.
- الـــــــــــــ interface بين الإنسان والآلة للبرمجة ومراقبة نظام التحكم والعمليات.



شكل (٥-٧) نظام تحكم اتوماتيكي متكامل

المتحكم المنطقي المبرمج PLC

يستخدم الـــــــــ PLC وحدات المعالجة الإلكترونية لمعالجة البيانات علماً بأن تشغيل المعدات المبنية بهذه التقنية لا يعرف برسم الدائرة الكهربية كما يحدث فى دوائر التحكم التي تتصل مكوناته بأسلاك حسب دائرة كهربية معينة بل يعمل حسب برنامج يتم تحميله فى ذاكرة وحدة المعالجة المركزية. ويعتبر المتحكم المنطقي المبرمج المكون الأساسي لنظم التحكم الأتوماتيكي الالكترونية.

تعريف الـــ PLC

الـــ PLC عبارة عن آلة إلكترونية متخصصة فى أعمال التحكم فى الزمن الحقيقي ومراقبة العمليات الصناعية. ينفذ الـــ PLC مجموعة من التعليمات تخزن فى ذاكرته علي شكل برنامج هي:

- يمكن توصيل الـــ PLC مباشرة الي مجسات وأجهزة تفعيل من خلال وحدات الإدخال والإخراج بمواقع التشغيل.

- يتم تصميم الــ PLC للعمل فى البيئة الصناعية القاسية (درجة حرارة وإهتزازات وإنقطاعات دقيقة ، بأزمنة قصيرة جداً فى التيار وسوء الجهد الكهربي والتداخل وغيرها).
- وأخيراً فإن الــ PLC مترجم بلغات تم تطويرها خصيصاً لمعالجة وظائف التحكم الاتوماتيكي وبشكل لا يحتاج الي مستوي عال من معرفة مسبقة بالبرمجة عند التركيب والتشغيل.

التركيب الأساسي

التركيب الأساسي ل PLC يعتمد علي ثلاثة عناصر وظيفية أساسية ويتم التوصيل الكهربي بين هذه العناصر بإستخدام نظام توصيل إلكتروني وتقوم وحدة تغذية القوي بإمداد المتحكم بالجهود اللازمة لتشغيله.

المعالج CPU

المعالج أو وحدة المعالج المركزي CPU مصممة فى الأساس لمعالجة التعليمات التي تكون البرنامج العامل للتطبيق لكن إضافة إلي هذه المهمة الأساسية ، يقوم المعالج بأداء الوظائف التالية:

- إدارة المداخل / المخارج.
- مراقبة وتشخيص أداء الــ PLC بواسطة مجموعة من الاختيارات تبدأ مباشرة مع بدء عمل الــ PLC أو بشكل متكرر أثناء عمل الــPLC.
- التحادث مع طرف البرمجة أثناء الكتابة الأولية والتعديل بالبرنامج وكذلك أثناء عمل المعالج لمراجعة أو إحداث ضبط البيانات.
- التحادث مع أنظمة أخري (نظم المراقبة والتشغيل SCADA ، مبرمجات صناعية أخري...).

يقوم بتنفيذ هذه الوظائف معالج دقيق واحد أو عدة معالجات دقيقة من خلال Firmware (برنامج علي رقيقة الذاكرة التي تقرأ فقط ROM) يتم برمجتها مسبقاً داخل نظام التحكم أو الذاكرة. وتعرف هذه الرقيقة ROM وظائف الــ PLC ولا يمكن للمستخدم الوصول اليها.

الذاكرة الخاصة بالمستخدم

يتم توجيه الذاكرة الخاصة بالمستخدم لتخزين التعليمات المكونة لبرنامج التشغيل لنظام الأتمتة وكذلك للبيانات التي قد تكون :

- معلومات يراد تطويرها أثناء دورة التشغيل للتطبيق . وهذه هي الحالة عندما يتم المعالجة بواسطة وحدة المعالجة المركزية CPU وتخزين النتائج لإستخدامها فى مرحلة تالية. ويسمي هذا النوع من البيانات بالمتغيرات الداخلية أو الكلمات الداخلية.
- معلومات لا تتطور أثناء التشغيل ولكن يمكن تعديلها عندما يري المستخدم ذلك ضرورياً كالحالة فى رسائل الإظهار وقيم الضبط ..... وهكذا وهذه الكلمات ثابتة.
- جداول صورة الدخول / الخروج والتي يصير تحديثها بواسطة المعالج فى كل عملية فحص للبرنامج.

إن العنصر الأساسي فى الذاكرة هي الحرف (Bit) والتي يمكن أن تأخذ أحد قيم المنطق صفر أو ١ ، ويتم تجميع هذه الحروف مع بعضها لتكون كلمات (١٦ حرف) او لتكون بايت (٨ حروف) وكل من الكلمات أو البايت يتم تميزها بعنوان.

ويتم التعبير عن حجم الذاكرة إما بالكيلو كلمة (١ كيلو كلمة = $٢^{١٠}$ كلمة = ١٠٢٤ كلمة) أو بالكيلو بايت وهذا التعبير ينطبق علي كل من ذاكرة البرنامج أو ذاكرة البيانات ويتم استخدام نوعين من الذاكرة فى الـــ PLC :

- الذاكرة الحية أو الذاكرات من النوع RAM (الذاكرة التي يتم الوصول إليها عشوائياً). ويمكن قراءة محتويات هذه الذاكرات وكذلك تعديلها ولكنها تفقد مع فقد جهد التغذية (ذاكرة من النوع المتطاير). ومن ثم فإن هذا النوع من الذاكرات يحتاج الي بطارية كمصدر بديل الجهد , ويتم استخدام الذاكرات الحية أثناء كتابة وتنقيح البرامج وكذلك لتخزين البيانات.
- الذاكرة الميتة والتي يتم الحفاظ علي محتوياتها (ذاكرة من النوع الغير متطاير) مع فقد جهد التغذية . ويمكن القراءة فقط لمحتوي هذا النوع من الذاكرات.

إعادة الكتابة علي هذا النوع من الذاكرات يحتاج أولاً لمسح كامل للبيانات الموجودة عليها باستخدام وسائل أكبر من إمكانيات الـــ PLC وذلك باستخدام الأشعة فوق البنفسجية (في الذاكرات من النوع EPROM) أو بوسائل كهربية (للذكرات من النوع EEPROM).

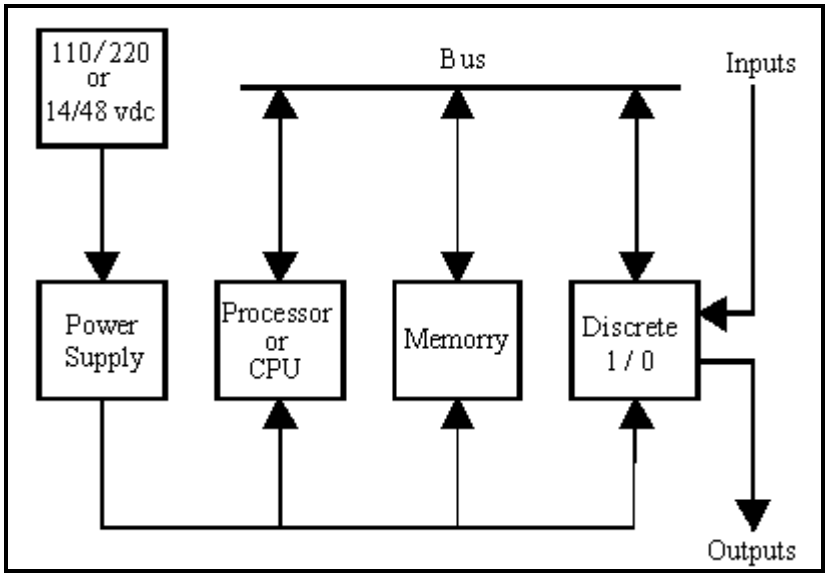
وقد تم تصميم هذا النوع من الذاكرات لتخزين البرامج بعد الوصول الي المرحلة الأخيرة من التنقيح.

وذاكرة البرنامج تحتوي ضمن كارت أو عدة كروت والتي يتم إدخالها داخل الـــ PLC أو داخل وحدة تمديد الذاكرة . أما ذاكرة البيانات، وفي حالات معينة ذاكرة البرنامج ، تتكامل علي كارت الـــ PLC وتسمي On board memory.

وحدات الادخال / الاخراج للإشارات الغير متصلة (Discrete I/0)

تمكن وحدات الإدخال / الأخراج (I/0) للإشارات الغير متصلة من توصيل الـــ PLC مباشرة مع بيئتها الصناعية وذلك بإيجاد interface بين العملية الصناعية و الـــ PLC جميع وحدات الإدخال / الإخراج لها دور مزدوج وذلك بشكل عام كالتالي:

- وظيفة الـــ interface وذلك لإستقبال وتحويل الإشارات من العالم الخارجي (مجسات ، وزراير التشغيل....الخ) ثم الإشارات مرة أخري الي العالم الخارجي (التحكم فى أجهزة الفصل والتعشيق ، إشارات ، ولمبات ...الخ). ويتم تصميم مهمات الـــ interface بخصائص مثل العزل الجلفاني أو العوازل الضوئية وذلك لحماية الـــ PLC من ضوضاء التداخل.
- وظيفة الإتصال وذلك لتبادل الإشارة مع وحدة الـــ PLC المركزية علي قضبان المداخل والمخارج



شكل (٥-٨) التركيبة الأساسية الـــ PLC

القضبان الإلكترونية Bus

القضبان الإلكترونية عبارة عن مجموعة من الموصلات التي تخلق إتصال بين الوحدات المختلفة فى الـــ PLC ، وتأخذ القضبان فى الـــ PLC المكون من وحدات منفصلة Modular PLC ، شكل لوحة دوائر إلكترونية مطبوعة ومثبتة علي قاعدة الحامل لتوصيل مقابس ليدخل عليها وحدات الـــ PLC المختلفة : لمعالج وإمتداد الذاكرة ووحدات الإدخال / الخروج ووحدات الذكاء.

ترتب القضبان علي شكل مجموعات مختلفة وكل مجموعة مصممة لتحمل نوع من البيانات:

- قضبان بيانات لإشارات الإدخال / الإخراج.
- قضبان العناوين لعناوين الإدخال / الإخراج.
- قضبان التحكم لإشارات الخدمة مثل نبضات التزامن وإتجاه تبادل البيانات وصحة التبادل .... وهكذا.
- قضبان لتوزيع الجهود من وحدة مصدر التغذية بالتيار.

وحدة التغذية بالتيار Power Supply

يوفر مصدر التغذية بالتيار ، المغذي من مصدر تيار متردد ٢٢٠/١١٠ فولت أو من مصدر تيار مستمر ٤٨/٢٤ فولت ، الجهود الداخلية التي تستخدم داخل الـــــــــــــــ PLC ووحداته ولضمان مستوي الأمان اللازم يحتوي مصدر التغذية بالتيار أجهزة التي تستكشف الهبوط فى الجهد وإختفاء الجهد وكذلك لمراقبة جميع جهود الداخلية.

وعند حدوث عطل يمكن لهذه الأجهزة أن تحدد أفضلية أوضاع الرجوع إلي الوضع الأصلي Fall – back position بشكل تلقائي.

أساس التشغيل

شكل التعليمات

التعليمات هي الأوامر التي يجب أن ينفذها معالج الـــ PLC . وبذلك فإنها تخبر المعالج " ماذا يجب أن يعمل" و " بأي أدوات يجب أن يقوم بالعمل".

معالجة التعليمات يتكون البرنامج من مجموعة من التعليمات. ويقوم المعالج بتنفيذ التعليمات حسب البرنامج Firmware الذي يتم قراءته من الشريحة ROM، وذاكرة النظام وذلك بعد تحديد شفرة التشغيل والحصول علي عناوين المتغيرات من ذاكرة البيانات . وتحتوي برنامج Firmware علي جميع الدالات اللازمة لكل من التعليمات التي يمكن للمعالج إدارتها. ويمكن إستخدام نتيجة معالجة التعليمات مباشرة لتحديث المتغير أو يمكن تخزينها بالذاكرة لتستخدم فيما بعد. وبعد معالجة أحد التعليمات يقفز المعالج آليا إلى التعليمات التالية.

ويختلف زمن المعالجة حسب طبيعة التعليمات وطراز الـــ PLC ويمكن لهذا الزمن أن يكون صغيراً مثل بضع مئات من النانو ثانية (النانو ثانية = ١ / $١٠^{٩}$من الثانية) وذلك للتعليمات البسيطة مثل إختيار حالة حرف أو تغيره من الحالة صفر الي الحالة ١ أو أن يكون الزمن طويلاً مثل عدة عشرات من الميكرو ثانية (الميكرو ثانية = ١ / $١٠^{٦}$ من الثانية) وذلك للتعمليات الأكثر تعقيداً.

دورة الـــ PLC

زمن الدورة فى الـــ PLC وهو الزمن اللازم للتنفيذ الكامل للبرنامج. و هذا الزمن يعتمد مباشرة علي عدد وطبيعة التعليمات المطلوب معالجتها.

وتحتوي الدورة علي ثلاثة مراحل يتم تنفيذها علي النحو التالي:

- إكتساب حالات جميع وحدات الإدخال.
- معالجة (أو فحص) البرنامج.
- تحديث جميع الخروجات.

ويتم إعادة هذه العملية آلياً ما لم يعطي أمر ايقاف. ثم يتم متابعة حالة المدخلات فى بداية كل دورة وذلك لتفادي أية مشاكل خلال أعمال المعالجة. ويتم عمل ذلك بتخزين صورة من المدخلات وتظل فى حالة ثابتة طوال باقي زمن الدورة أينما كانت حالتها فى الواقع والتي يمكن أن تتغير خلال نفس الدورة أينما كانت حالتها فى الواقع والتي يمكن أن تتغير خلال نفس الدورة . ويتم تحديث المخرجات فى آخر الدورة عندما يتم التحديد الكامل لجميع الاشارات الي العالم الخارجي. يتم إكتساب المدخلات وتحديث المخرجات ضمنياً أي أن ذلك يتم بدون الحاجة الي تدخل من المستخدم.

تركيبة المعالجة

الـــ PLC مجهز بمعالج واحد من النوع أحادي – الواجب ويقوم بتنفيذ البرنامج به بطريقة تتابعية . وتعتبر هذه التركيبة أحادية المعالج أحادية الواجب بسيطة للتشغيل وتبقي مناسبة لجميع التحكم الأتوماتيكي المبسطة ومتوسطة التعقيد.

٢-٤ التأريض Earthling

يجب توصيل جميع أجزاء اللوحات الكهربائية غير الحاملة للتيار وكذا أحد أطراف الملفات الثانوية للتيار والجهد وأجهزة القياس إلى الأرض ويجب تنفيذ هذه التوصيلات بحيث تكون متصله بطريقة مضمونه.

يتم عمل سلك أرضي نحاس عادي أو ضفيرة بقطاع مناسب يوصل لجميع أبواب لوحة التوزيع والأجهزة المعرضة للمس وجانب واحد من الملف الثانوي لمحولات الجهد والتيار وأجهزة التسجيل والقياس ..... الخ.

٢-٤-١ مكونات نظام التأريض

يمكن الحصول علي أرضي مناسب باستخدام أسياخ أرضي Earth rods (واحد أو أكثر) يدفن فى التربة بغرض تحقيق التماس مع الأرض وتتوفر في هذه الأسياخ بأشكال مستديرة المقطع يمكن ربطها ببعضها البعض عن طريق جلبة Coupling بغرض الحصول علي الطول المناسب للسيخ ، تغرس الاسياخ فى الأرض بواسطة الدقة للوصول الي طبقات الأرض ذات المقاومة النوعية المنخفضة وبالتالي الحصول علي مقاومة أرضية منخفضة وللحصول علي مقاومة كلية أقل تستخدم عدة أسياخ توصل علي التوازي بواسطة موصلات أرضي.

في حالة التربة الجافة الخالية من الرطوبة تحاط الأسياخ بمخلوط من ملح الطعام والفحم المجروش الناعم أو كبريتات المغنسيوم أو كبريتات النحاس او إضافة برادة الحديد علي ألا يكون هناك أتصال مباشر بين المواد الكيماوية والأسياخ حتي لا يتسبب ذلك فى تكوين طبقة من الصدأ العازل.

يتم توصيل سلك التأريض بالأسياخ عن طريق مسامير الرباط أو الكبس أو اللحام بالكهرباء ولا يسمح باستخدام لحام القصدير.

يتم تزويد نظام الأرض بغرف تفتيش من الخرسانة سابقة الصب أو البلاستيك ذات غطاء يتحمل الأحمال الثقيلة وذلك بغرض الوصول الي نقاط التوصيل عند إجراء القياسات أو أعمال الصيانة.

سيخ أرضي

سيخ أرضي يتكون من عمود من الصلب مغطي بطبقة من النحاس بسمك ٢٥,٠مم حيث أن الصلب مادة تتحمل الدق عليها كما أنها لها رأس مدبب بشكل معين ليسهل من اختراقها للتربة كما أنها مغلفة بطبقة من النحاس لتكون عازل للقضيب الصلب لحمايته من التأكل كما يلاحظ أن السيخ به قلاووظ من الطرفين ليسهل من عملية تزويد طوله عن طريق الجلبة.

ROD DETAIL

CAT . NO.	WGT (kg) PER ROD	SHANK DIA (B)	THREAD DIA (A)	DIM LEGTH (mm)	NOMINAL DIA (Inch)
RB 205	1.53	14.2	5/8	1200	5/8
RB 210	1.88	14.2	5/8	1500	5/8
RB 235	3.79	14.2	5/8	3000	5/8
RB 305	2.19	17.2	3/4	1200	3/4
RB 310	2.73	17.2	3/4	1500	3/4
RB 335	5.44	17.2	3/4	3000	3/4

جلبة

جلبة توصيل مكونة من سبيكة نحاس معالجة ضد التأكل كما أنها تتحمل الصدمات والطرق عليها كما أنها جيدة التوصيل كهربياً وتستخدم لتوصيل الأسياخ الأرضي بعضها البعض.

مسمار دق

مسمار دق مصنوع من الصلب القوي يستخدم فى دق الاسياخ وذلك بعد توصيله بالسيخ عن طريق الجلبة والدق علي المسمار بمطرقة.

٢-٤-٢ بئر الأرضي

يمكن أن توصل أسلاك الأرض إلى بئر خاص ينشأ بجوار المحطة بالمواصفات التالية:-

يتكون بئر الأرض من ماسورة حديد مجلفن بقطر لا يقل عن ٢ بوصة تدفن داخل الارض بطول ٤ م أو حتي تصل الى أسفل منسوب المياه الجوفية بما لا يقل عن ٨٠ سم ويكون الطول المغمور

بالمياه الجوفية مثقباً بما لا يقل عن خمس ثقوب على المحيط بكل ٢ سم من الطول المحوري للماسورة.

تحاط الماسورة من الخارج بمخلوط من ملح الطعام والفحم المجروش الناعم فى حالة التربة الجافة شحيحة الرطوبة.

ويمتد بداخل ماسورة الأرض قضيب نحاس عادي ويربط بأعلي الماسورة حيث تركب جلبة من الحديد المجلفن وغير مسموح بإستخدام اللحام.

الجزء الأعلي من الماسورة بطول ٢٠ سم يبرز بداخل صندوق من الزهر ذو غطاء مفصلي وأبعاد الصندوق لا تقل عن ٣٥ سم × ٢٢ سم ويركب هذا الصندوق بحيث يكون الغطاء بمستوي سطح الأرض.

يتم توصيل سلك الأرض الخاص بالمحطة إلى ماسورة الأرض المذكورة ويكون الرباط بواسطة اللحام بالكهرباء أو بمسامير الرباط ولا يسمح بإستخدام لحام القصدير.

٢-٥ حساب تيار القصر وتيار الوقاية للدوائر الكهربائية

حتي يمكن تحديد مقننات أجهزة الوقاية ضد زيادة الحمل وقصر الدائرة فإنه يلزم حساب قيمة تيار الوقاية وتيار القصر للدوائر الكهربية المستخدمة ولحساب هذه القيم يرجع فى ذلك إلى كود التركيبات الكهربائية بند (٦-٤)، (٦-٨).

٣. المحولات الكهربائية

محولات التوزيع Distribution Transformers

تستعمل محولات التوزيع للإستخدامات العامة والصناعية وعادة ما يكون قدرتها ١٦٠٠ ك.ف.أ أو أقل . ويمكن أيضا لأسباب إقتصادية أن تستخدم المحولات ذات القدرات حتي ٢٥٠٠ ك.ف.أ.

تعريف المحولات

تعرف المحولات بأنها الجزء الإستاتيكي من الأجهزة التى يمكنها بواسطة الحث الكهرومغناطيسي تحويل الجهد المتغير والتيار بين إثنين أو أكثر من الملفات عند نفس التردد وعادة عند قيم مختلفة من الجهد والتيار.

٣-١ أنواع المحولات المستخدمة

هناك نوعان أساسيان من محولات التوزيع وهي:

- النوع الأول Liquid Filled وفيه يكون القلب والملفات مغمورة داخل محتوي مملوء بالسائل والذي يمنحها التبريد والعزل فى نفس الوقت.
- النوع الثاني Dry Type وفيه يكون القلب والملفات تبرد مباشرة بالهواء (محولات جافة).

وينقسم النوع الأول إلى وحدات تستخدم زيوت معدنية قابلة للإشتعال وأخري تستخدم أنواع مختلفة من السوائل المقاومة للحريق مثل السوائل السيليكونية أو المركبات الهيدروكربونية.

كما ينقسم النوع الثاني إلى قسمين الأول تكون فيه الملفات المعزولة معرضة مباشرة للتلامس مع هواء التبريد والثاني يكون فيه الملفات الكاملة مغلفة داخل كابسولة من مادة مقاومة للرطوبة مصنوعة من راتنج الأيبوكسي Cast –resin.

٣-٢ القدرات الشائعة للمحولات

بين الجدول التالي القدرات المقننه شائعة الإستخدام للمحولات الكهربية المنتجة تجاريا جدول رقم (٥-٦).

٣-٣ التقسيمة Tapings

تشتمل ملفات الضغط العالي للمحولات على تقسيمة لتغيير نسبة اللفات بين ملفات الضغط العالي والضغط المنخفض ومن ثم لمعادلة التغيرات فى الجهد الأولي للمنبع للحفاظ على الجهد الثانوي للمستهلك فى الحدود المقننة. ويتم إختيار الأقسام عن طريق جهاز دائرة خارجية ويجب مراعاة فصل المحول عن المنبع قبل تغيير الأقسام.

٣-٤ ملفات المحولات Windings

يتكون المحول من قلب ذو ثلاثة شعب مصنوعة من رقائق الصلب المعزولة كهربيا ويحمل كل شعب ملفين ملفوفين محوريا ، ويكون الملف الثانوي (الضغط المنخفض) من الداخل قريبا من القلب الحديدي ويكون الملف الإبتدائي (الضغط العالي) من الخارج وتوضع هذه التركيبة داخل غلاف من الصلب.

فى حالة المحولات من النوع المغمور يتكون هذا الغلاف من خزان مانع للتسرب مملوء بالسائل وفى حالة المحولات الجافة فان الغلاف يتكون من غطاء مهوي لإحتواء الأجزاء الحية.

جدول (٥-٦) القدرات المقننة شائعة الإستخدام لمحولات التوزيع

KVA	KVA	KVA
5.0	31.5	200
6.8	40	250
8	50	315
10	63	400
12.5	80	500
16	100	630
20	125	800
25	160	1000 etc

تصنع موصلات الملفات من النحاس إلا فى حالات خاصة فانه يمكن إستخدام شرائط الألومنيوم الرقيقة.

٣-٥ أداء المحولات Performance

عند إختيار المحول فيجب ألا تكون التكلفة الأولية هي الإعتبار الوحيد وفي كثير من الحالات فانها تكلف جزء صغير من التكلفة الكلية.

العوامل التى تحكم إختيار محول معين يجب أن تتضمن معامل الحمل وتكلفة الفواقد والكفاءة وتكلفة الصيانة وجودة مقاومة الحريق وما يتطلبة من تكلفة مباني والمساحة المتاحة للإنشاء ودرجة الحرارة الجو وذلك بالإضافة الى التكلفة الأولية.

٣-٦ الفواقد فى المحولات Losses

– تمثل فواقد اللاحمل وفواقد الحمل فى المحول فقد فى الكفاءة وهي السبب فى الجزء الأكبر من تكلفة التشغيل للمحول. وتتحول هذه الفواقد الى حرارة يتم التخلص منها عادة عن طريق الإشعاع فى الجو المحيط بالمحول.

– تتم المقارنة بين المنتجين المختلفين للمحولات المغمورة عن طريق تقييم إستهلاك الكهرباء والناتج عن فواقد اللاحمل فى حالة التنشيط المستمر لهذه المحولات.

– تعتمد تكلفة فواقد الحمل على معامل الحمل (L.F.) وهي لا تختلف بصورة كبيرة بين منتج وآخر لنفس القدرة فى حالة المحولات المغمورة فى الزيت أما فى حالة المحولات المغمورة فى مواد مقاومة للحريق فان هذه الفواقد تتفاوت بدرجة كبيرة نسبيا.

– تقل الفواقد فى المحولات الجافة عنها فى حالة المحولات المغمورة.

– ويبين الجدول التالي رقم (٥-٧) مقارنة بين الأنواع المختلفة للمحولات ذات القدرة ١٠٠٠ ك.ف.أ. ويراعي إجراء نفس المقارنة بين أنواع المحولات لجميع القدرات الأخري قبل إتخاذ قرار تفضيل نوع على آخر كأحد العوامل المرجحة.

٣-٧ الإرتفاع فى درجة الحرارة Temperature Rise

– فى الأجواء المعتدلة يكون الفرق فى الإرتفاع فى درجة الحرارة المسموح لها بين المحولات المغمورة والمحولات الجافة غير ذو أهمية فى التركيبات.

– تؤدي الزيادة فى درجة الحرارة فى الجو المحيط بالمحولات إلى الحد من القدرات المقننة لها حيث تقل عن القيمة الموضحة على لوحة البيانات للمحولات كما تؤثر الحرارة المنبعثة نتيجة الفواقد على الأجهزة الكهربائية لهذه المحولات.

– فى حالة المحولات التى تركب داخل المباني وعندما تكون درجة حرارة الجو المحيط عالية جدا فانه يفضل إستخدام المحولات الجافة مع الأخذ فى الإعتبار النزول بقدراتها إلى القيمة المكافئة لهذه الحرارة مع مراعاة الصيانة أماكن صغيرة جدا فانه من الأنسب إستخدام محولات مصنعة خصيصا لدرجات الحرارة العالية والمغمورة فى السوائل السيليكونية.

جدول (٥-٧) يبين مقارنة بين الأنواع المختلفة للمحولات ذات القدرة (١٠٠٠ ك. ف. أ)

	Losses In Kilowatts at operating tamperature								
	No load	1/4 Load		1/2 Load		3/4 Load		Full Load	
Oil	2.6	No load	2.8	No load	2.8	No load	2.8	No load	2.8
Askarel		Load	0.6	Load	2.3	Load	5.2	Load	9.1
Silicone		Total	3.4	Total	5.1	Total	8.0	Total	11.9
dry – type, 150°	3.2	No load	3.2	No load	3.2	No load	3.2	No load	3.2
		Load	0.8	Load	3.3	Load	7.4	Load	13.2
		Total	4.0	Total	6.5	Total	10.6	Total	16.4
Epoxy dry-type	3.2	No load	3.2	No load	3.2	No load	3.2	No load	3.2
		Load	0.7	Load	3.0	Load	6.7	Load	11.8
		Total	3.9	Total	6.2	Total	9.9	Total	15.0

جدول (٥-٨) جدول الارتفاع في درجة الحرارة للمحولات الجافة

1	2	3	4
Parts	Cooling method	Tesperature class of insulation	Maximum temperature rise (°C)
Windings (temperature rise measured by the resistance method)	Air, natural or forced	A	60
		E	75
		B	80
		F	100
		H	125
			150+
Cores and other parts			
(a) adjacent to windings	All		(a) same values as for windings
(b) Not adjacent to windings			(b) the temperature shall, in no case, reach a value that will damage the core itself other parts or adjacent matertials

جدول (٥-٩) حدود الإرتفاع في درجة الحرارة للمحولات المغمورة في الزيت

1	2	3	4
Parts	Cooling method	Tesperature class of insulation	Maximum temperature rise (°C)
Windings (temperature rise measured by the resistance method)	Air, natural or forced	A	60
		E	75
		B	80
		F	100
		H	125
			150+
Cores and other parts			
(a) adjacent to windings	All		(a) same values as for windings
(b) Not adjacent to windings			(b) the temperature shall, in no case, reach a value that will damage the core itself other parts or adjacent matertials

٣-٨ دليل التحميل للمحولات Loading Guide

– يجب تحديد الظروف المختلفة لدرجة حرارة الجو المحيط وظروف الخدمة التى يمكن للمحولات المغمورة فى الزيت أن تعمل فيها دون حدوث إتلاف لعزل الملفات الخاصة بها بسبب التأثيرات الحرارية فى حالة تعدي الحدود المسموح بها . ويمكن تطبيق نفس الوحدات فى حالة إستخدام أنواع أخري من سوائل التبريد.

– الهدف من دليل التحميل هو إعطاء التحميل المسموح به تحت ظروف معينه من درجة حرارة وسط التبريد ونسبة التحميل الأولية من القدرة المقننة للمحول (التى يعمل عليها فى الوضع العادي للتشغيل) بحيث يمكن للمصمم أن يختار القدرة المقننة لأي إنشاءات جديدة.

– تحدد درجة حرارة وسط التبريد المعتادة (وهي ٢٠° مثلا) والحيود عن هذه القيمة يتم بحيث يحدث توازن بين إطالة العمر الافتراضي فى حالة العمل تحت درجة حرارة أقل وتقصير هذا العمر فى حالة العمل فى درجة حرارة أعلي.

– لا يتم فى التطبيقات العملية تشغيل المحولات بصفة مستمرة تحت ظروف الحمل الكامل . ويعطي الدليل مقترحات الدورة والتحميل اليومية أخذا فى الإعتبار التغير فى درجة حرارة الجو المحيط خلال فصول السنة.

– يبين الجدول رقم (٥-١٠) دليل التحميل للمحولات المغمورة فى الزيت عند درجة حرارة لوسط التبريد مقدارها ٢٠°م.

– عن طريق الجدول السابق يمكن تحديد إما نسبة التحميل الزائد لمحول ذو قدرة مقننة محددة خلال فترة زمنية معينة أو تحديد القدرة المقننة المطلوبة لمحول يعمل وفق دورة تحميل يومية معينة وذلك عن طريق رسم منحني للعلاقة بين K2,K1 عند القيم المختلفة لفترات التحميل t (شكل رقم ٢-٢٥).

جدول (٥-١٠) دليل للمحولات المغموره فى الزيت

K_1 =	Initial load power as a fraction of rated pwoer
K_2 =	Permissible load power as a fraction of rated power greated than unity)
T =	Duration of K_2 in hours
Θ_a =	Temperature of cooling medium (air or water)

Note

K_1 = (S_1/ S_r) and $K_2 - S_2/ S_r$ where S_1 is the initial load power

S_2 = Is the permisable load power and S_r is the rated power

Values of K_2 for given values K_2 and t

	K_1 = 0.25	K_1 = 0.50	K_1 = 0.70	K_1 = 0.80	K_1 = 0.90	K_1 = 1.00
t = 0.5	+	+	**1.93**	**1.83**	**1.69**	1.00
t = 1	**1.89**	**1.80**	**1.70**	**1.62**	1.50	1.00
t = 2	**1.59**	**1.53**	1.46	1.41	1.32	1.00
t = 4	1.34	1.31	1.27	1.24	1.10	1.00
t = 6	1.23	1.21	1.10	1.16	1.12	1.00
t = 8	1.16	1.15	1.13	1.12	1.09	1.00
t = 12	1.10	1.09	1.00	1.07	1.05	1.00
t = 24	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

ONAN and ONAF transformer : Θ_a = 20 ºC

Note	In normal cyclic duty the value of K_2 should not be greater than 1.5. the values or K_2 greater than 1.5, underlined, apply to emergency duties The + sign indicates that K_2 is higher than 2.0.

٣-٩ مقاومة الحريق Fire Resistance

المحولات الجافة والمغمورة (عدا الزيوت المعدنية) تعتبر مقاومة للحريق ولكن ذلك لا يعني أن تلك المواد غير قابلة للإحتراق رغما عن أن لهذه المواد نقطة إشتعال (وهي درجة الحرارة التى يتم عندها الإحتراق المستمر للمادة عندما تتعرض للهب عند سطحها) ويعتبر العامل المهم عند الأخذ فى الإعتبار مقاومة المادة للحريق وأن تكون نقطة الأشتعال للمادة أعلي بكثير من أقصي درجة حرارة يمكن الوصول إليها لمحول يعمل عند أقصي تحميل له فى أقصي ظروف جوية محيطة.

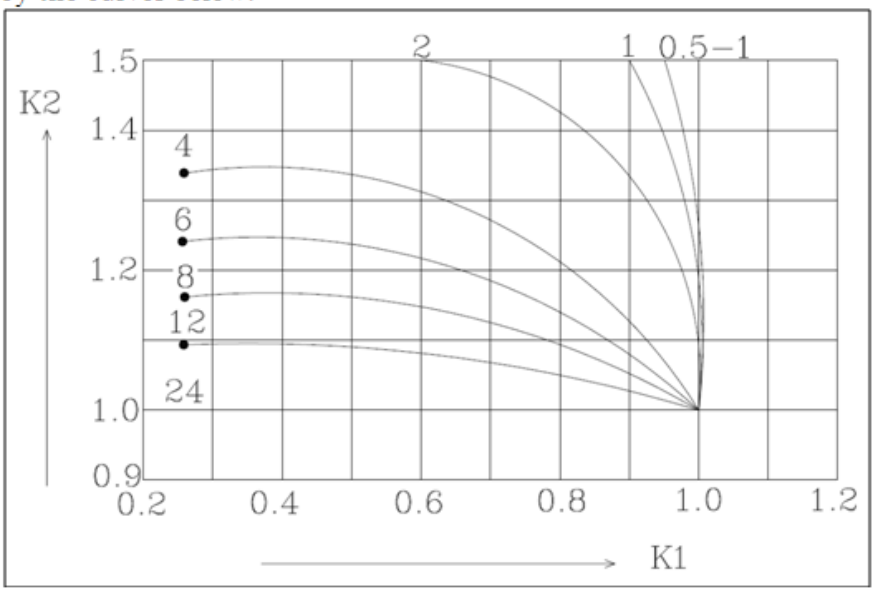
- يبين الجدول رقم (٥-١١) نقطة الإشتعال لبعض المواد المقاومة للحريق (بعد إستبعاد المركبات الكربونية لخطورتها على البيئة) ويتضح منه عدم وجود فرق كبير بينها عدا

العزل H الذي يمكن إعتباره عمليا مضاد للحريق. وعلى ذلك فيجب الأخذ فى الإعتبار التأثير السام للأدخنة المنبعثة نتيجة لإحتراق هذه المواد والخطر الناجم عن ذلك بالإضافة للمميزات الأخري عند مقارنة الأفضلية.

يعتبر معدل التخلص من الحرارة للمادة المحترقة عاملا هاما حيث أنه يتوقف عليه حجم وطبيعة مأوي المحولات ويتكون هذا المعدل من مكونين أحدهما توصيلي والأخر إشعاعي والمكون الأول أكبر فى القيمة ويعتبر مقياسا لمدي التدمير الذي يلحق بأسقف مباني الأيواء ولهذه المحولات بينما يبين المكون الثاني التأثير التدميري للحريق على الحوائط والمهمات المحيطة بالمحول.

- ويوضح الجدول رقم (٥-١٣) قيم هذه المكونات لبعض المواد المقاومة للحريق.

Assuming the same service life as for continuous operations at rated power and at an ambient air temperature of 20° C, the transformers may be subjected to a load cycle as shown by the curves below:



The curves air in accordance with the IEC recommendation of 1972 which permits a hot-spot temperature in the windings of 140° C

In which :

K1 : initial load referred to rating
K2 : max, permissible load referred to rating
I : duration of K2 in h

Note:
In certain Cases the permissible overload obtained from the above carves may be limited by the tap changer and bushings, therefore if it is intended to opera in the Transformer with a load cycle involving overloads, the height of the latter and the nature of the load cycle should be stated

شكل (٥–٩) قيم هذه المكونات لبعض المواد المقاومة للحريق

جدول (٥–١١) نقطة الأشتعال لبعض المواد المقاومة للحريق

Material*	Fire point (°C)
Silicone liquid	360
Midel 7131	310
Cast resien	350
Class (II)	+
* For comparison purposcs mineral oil is 170°C Askarel is non-flammable + These designs are virtually lire proof	

جدول رقم (٥-١٢) قيم معدلات التخلص من الحرارة لبعض المواد المقاومة للحريق

Material	RHR	
	Convactive (Kw/m)	Radiative (Kw/m)
Silicone 561	53	25
High fire point hydrocarbon	546	361
Epoxy resin	--	--

٥-١٠-٣ التوصيلات Connections

– يتم توصيل الملفات الثانوية لمحولات التوزيع وهي جانب الضغط المنخفض بتوصيلة ستار (Y) ومن ثم يتم تأريض النظام عن طريق نقطة التعادل وذلك حتى يمكن الحصول على الجهد الأحادي.

– ويتم توصيل الملفات الإبتدائية وهي جانب الضغط العالي يتوصيلة دلتا (Δ) حتى يمكن تلاشي التوافقيات الثلاثية.

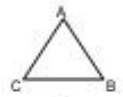
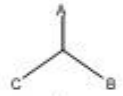
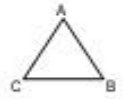
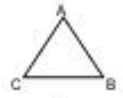
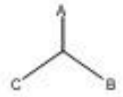
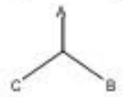
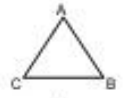
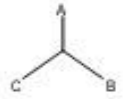
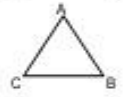
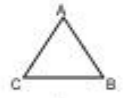
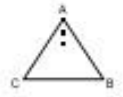
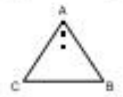
– التوصيلات الشائعة الإستخدام هي كالأتي طبقا للإزاحة بين نفس الوجه فى الملفات الإبتدائية والثانوية Dy11, Dy 5 Or Dy 7 وتعتبر التوصيلة Dy11 أو ما يماثلها هي الأكثر شيوعا فى العالم.

– ويبين الشكل رقم (٥-١٠) هذه التوصيلات بالإضافة إلى التوصيلات الأخري الممكن الحصول عليها.

فى هذا الشكل يؤخذ المتجه الخاص بملفات الضغط العالي كمتجه الأصل وينسب الوجه المماثل فى ملفات الضغط المنخفض إليه طبقا لوضع عقارب الساعة.

- إختيار الإزاحة بين الوجه للملفات الإبتدائية (الضغط العالي) والثانوية (الضغط المنخفض) غير ذي أهمية فى حالة إستخدام محول واحد لشبكة المنطقة . ولكن إذا أشتملت الشبكة على أكثر من محول واحد فانه يجب أن تكون جميع المحولات لها نفس علاقة الوجه والا فانه لا يمكن أن تعمل هذه المحولات على التوازي أو تحويل التغذية للشبكة من محول إلى أخر.

THREE-PHASE TRANSFORMER CONNECTIONS

Connection IEC 60076		Vector diagram Primary	Vector diagram Secondary	Connection diagram Primary	Connection diagram Secondary
0	Dd 0				
	Yy 0				
	Dz 0				
5	Dy 5				
	Yd 5				
	Yz 5				
6	Dd 6				
	Yy 6				
	Dz 6				
11	Dy 11				
	Yd 11				
	Yz 11				

شكل (٥-١٠) مجموعات شائعه الأستخدام فى محولات التوزيع

٣-١١ نهايات التوصيل Terminals

- تكون نهايات التوصيل للضغط المنخفض فى المحولات على هيئة جراب من راتنج الإيبوكسي يحوي مجموعة لقم توصيل تربط بها أطراف موصلات الكابلات بالمسامير.

- بالنسبة لنهايات التوصيل للضغط العالي فانها إما أن تكون عن طريق صندوق كابلات مملوء بالكومباوند فى حالة كابلات الضغط العالي المعزولة بالورق.

أو صندوق كابلات هوائي فى حالة كابلات XLPE أوP.V.C تكون ذات جلب أو أكمام قابلة للإنكماش بالحرارة.

٣-١٢ تبريد المحولات Cooling

تعرف المحولات طبقا لطريقة التبريد المستخدمة ويبين الجدول رقم (٥-١٣) الأحرف الهجائية المستخدمة كرموز للدلالة على طريقة التبريد.

- أبسط طرق التبريد تكون عن طريق تبريد الملفات بالهواء الطبيعي الذي يمر فوق الأسطح الساخنة لملفات وقلب المحول حيث تنتقل الحرارة الى الهواء المحيط بالمحول عن طريق التوصيلة والإشعاع وتوصف هذه الطريقة بأنها طبيعية بالهواء (.A.N).
- للتغلب على العوائق التى تؤدي إلى تقليل إنتقال الحرارة من الملفات الي الهواء فانه يتم إستخدام هواء مدفوع فوق هذه الملفات وذلك لتحسين إنسياب الحرارة وزيادة معدلات التبريد بدرجة محسوسة وتعرف هذه الطريقة بالهواء المدفوع (.A.F).
- يمكن الخلط بين هاتين الطريقتين فى حالة المحولات الجافة وذلك باستخدام التبريد الطبيعي بالهواء مع تشغيل مروحة أتوماتيكية فى حالة إرتفاع درجة حرارة المحولات عن حدودها المعتادة وتسمي هذه الطريقة (AN/AF).
- فى حالة المحولات المغمورة فى السائل فانه يجب إستخدام مجموعتين من الأحرف الأولي تصف طريقة تبريد الملفات والثانية لوصف طريقة تبريد سطح السائل. وعلى ذلك فانه فى حالة الملفات المغمورة فى الزيت لتبريدها طبيعيا وفى نفس الوقت فان هذا الزيت يبرد طبيعيا أيضا عن طريق الهواء فان الأحرف الدالة على ذلك هي ONAN وإذا كان الزيت يبرد عن طريق الهواء المدفوع فان طريقة التبريد تكون ONAF ويمكن الخلط

بين الطريقتين عن طريق تشغيل مروحة أوتوماتيكية لدفع الهواء فوق سطح السائل فى حالة زيادة درجة حرارة السائل عن حد معين وتعرف الطريقة بأنها ONAN/ ONAF وبذلك يمكن زيادة قدرة نفس المحول بقيمة محسوسة.

- عند إستخدام طلمبة للمساعدة على سريان الزيت داخل المحول بالإضافة إلى مروحة لدفع الهواء فان الطريقة تصبح OFAF.
- فى حالة المحولات ذات القدرات ٥٠ك.ف.أ. وأكثر فان الطريقة الطبيعية فى التبريد ONAN تحتاج الى سطح تبريد أكبر بالنسبة لخزان الزيت من السطح العادي لهذا الخزان، ويمكن الحصول على هذا السطح الإضافي إما بإستخدام أنابيب ملحومة بجدران الخزان تحمل الزيت الساخن من أعلي الخزان إلى أسفله كما كان يستخدم فى الماضي أو بإستخدام ألواح التبريد المماثلة لتلك المستخدمة للمياه الساخنه التى توضع على هيئة مجموعات (Banks) على جانبي الخزان لرفع كفاءة التبريد وتقليل التكلفة عنها فى حالة إستخدام الأنابيب. وتستخدم فى الوقت الحالي خزانات زيت مصنوعة من ألواح الصاج الرفيعة (١,٢مم) عميقة التعريج للحصول على أعلي كفاءة تبريد طبيعية لزيت التبريد الخاص بالمحولات.

جدول (٥-١٣) الأحرف الهجائية المستخدمة كرموز لدلالة على طريقة التبريد لمحولات التوزيع

Kind of Cooling medium	**Symbol**
Mineral oil or equivalent flammable synthetic insulating liquid	O
Non- Flammable synthetic insulating liquid.	L
Gas	G
Water	W
Air	A
Kind of Circulation	
Natural .	N
Forced (Oil not directed).	F
Forced – directed Oil.	D

٣-١٣ تهوية مأوي المحولات Ventilation of Transformer enclosure

- المحولات التى تعمل داخل مكان مغلق من المحتم أن تصل إلى درجة حرارة أعلى عند نفس الحمل من تلك التى تعمل فى الهواء الطلق. وعلى ذلك فمن الضروري لإطالة عمر المحولات أن تؤخذ هذه الحقيقة فى الإعتبار ويتم عمل الترتيبات اللازمة عند تصميم غرف المحولات لان تكون هذه الزيادة فى درجة الحرارة محدودة.

يجب عمل الموازنة بين مميزات إستخدام مراوح تهوية لهذه الغرف فى الحد من مشكلة إرتفاع درجة الحرارة وبين مميزات التهوية الطبيعية التى لا تعتمد على كفاءة أداء وصيانة هذه المراوح وما ينتج عن توقفها المفاجئ من أخطار.

- الزيادة فى درجة الحرارة لغرف المحولات تتوقف على الأتي:

أ- الفواقد الكلية للمحول.
ب- المساحة الصافية لفتحات التهوية (دخول وخروج).
جـ– المسافة الرأسية الفعالة بين فتحات الدخول والخروج للتهوية.

- الوضع المثالي لفتحة دخول التهوية يكون منخفضا وأسفل خط التماثل C.L لردياتير المحول مع وضع المحول أقرب ما يمكن منها.
- فتحة خروج التهوية تكون عالية يراعي ألا تكون فوق المحول مباشرة بل توضع فى الحائط البعيد عن فتحة الدخول بحيث يمر الهواء البارد فوق المحول أثناء مروره من فتحة الدخول إلى فتحة الخروج.
- أقل إرتفاع لفتحة الخروج عن فتحة الدخول يكون فى الحالة المثالية مساوياً مرة ونصف إرتفاع المحول.
- تحسب المساحة الصافية لفتحة الدخول أو فتحة الخروج من العلاقة التجريبية الأتية:

$$A = 0.06*P$$

حيث

- P = الفقد الكلي المنبعث من المحولات مقدرا بالكيلو وات

- A = المساحة مقدرة بالمتر المربع.

كما يمكن إستخدام العلاقة

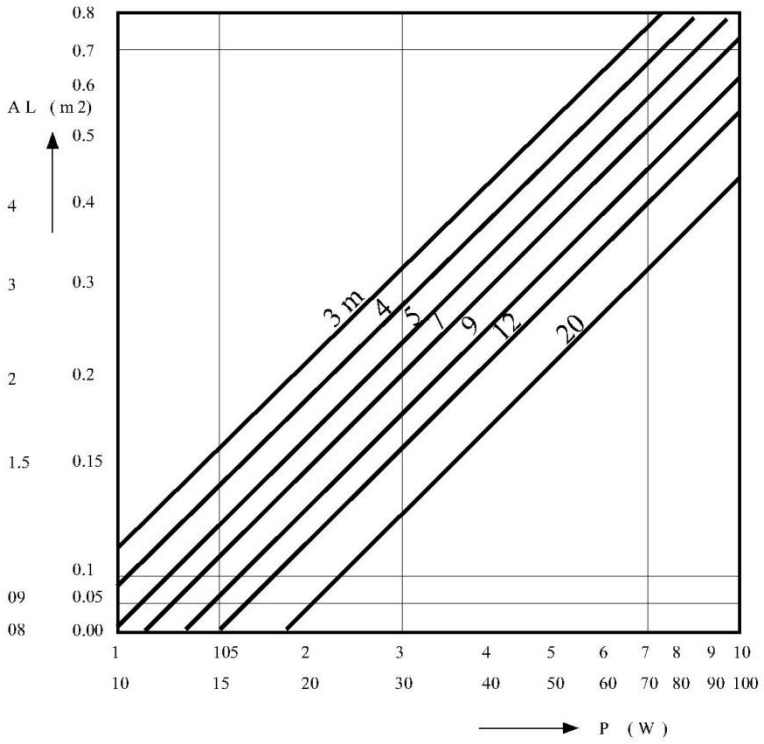
$$AL = 0.188 \frac{P}{\sqrt{H}}$$

حيث

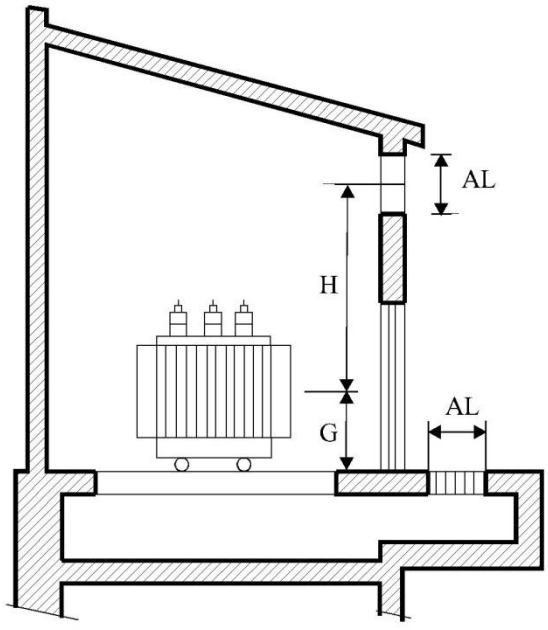
- AL = مساحة مقطع كل من فتحتي التهوية (دخول – خروج) بالمتر المربع.
- P = الفقد الكلي للمحول (بالكيلو وات).
- H = المسافة بين منتصف المحول إلى منتصف فتحة الخروج (بالمتر).

– بتحقيق الشروط السابقة فإن درجة الحرارة لهواء غرفة المحول لا تزيد عن درجة حرارة الجو الخارجية بأكثر من ٧–٨ درجات مئوية.

والشكل رقم (٥–١١) يوضح نوموجرام تحديد مساحتي دخول وخروج الهواء. والشكل رقم (٥–١٢) يوضح تركيب المحولات فى مأوي مغلق.



شكل (٥-١١) نوموجرام تحديد مساحة فتحتي دخول وخروج الهواء للمحول



شكل (٥-١٢) تركيب المحولات في مأوى مغلق

٣-١٤ قوة (شدة) العزل للمحولات Insulation Strength

يتم إختبار مستوي قوة العزل للمحولات والتى يجب أن يجب أن تؤخذ فى الإعتبار عند التصميم عند مستوي ٧٥ كيلو فولت للمحولات التى تركب داخل الغرف ويتم توصيل التيار الكهربي لها عن طريق كابلات . وعند مستوي ٩٥ كيلو فولت للمحولات التى تركب على الأعمدة أو خارج المباني ويتم توصيل التيار الكهربي لها عن طريق الخطوط الهوائية.

٣-١٥ تشغيل المحولات على التوازي Parallel Operation

– يعني التشغيل المرضي للمحولات على التوازي أن يحمل كل محول نصيبه من الحمل حسب القدرة المقننة له ولتحقيق هذا الشرط فانه يلزم أن تكون المحولات الموصلة على التوازي متساوية فى الأتي:

- نفس النسبة التحويلية للجهد.
- نفس إزاحة الوجه.
- نفس قيمة الممانعة.

وعلى ذلك فان أي محولين من المحولات ثلاثية الأوجه والتى لها خواص متماثلة ولها أيضا نفس رموز التوصيل يمكن أن تعملا معا على التوازي (مثال ذلك فان التوصيلتين Dy11 و Yd11 يمكن تشغيلهما على التوازي بأمان).

تحكم قيمة الممانعة نسبة المشاركة فى الحمل الكلي التى يتحملها كل محول ويجب فى هذه الحالة أن تكون مقاومة كل وحدة متماثلة.

– هناك نقاط أخري يجب أخذها فى الإعتبار عند التشغيل على التوزاي وهي:

أ- يمكن أن تتغي الممانعة للمحولات بين ± ١٠٪ من القيمة المضمونة طبقا لإختبار الممانعة. وعلى ذلك فانه يمكن وجود محولين بهما نفس قيمة الممانعة طبقا للأختبار رغم إختلافهما فى الممانعة بما يقرب من ٢٠٪ .

ب- طول ونوع الكابل المستخدم فى توصيل المحول يجب أخذه فى الإعتبار عند حساب الممانعة فى حالة إدخال محول جديد على التوازي إذا ما كان هذا المحول فى موقع بعيد عن المحولات العاملة.

جـ– بالنسبة للمحولات التى لها نظام تقسيم لمدي يزيد عن ١٠٪فأنها تحتاج إلى أخذ التغيير فى الممانعة خلال هذا المدي.

وعلاوة على ما سبق فانه يوجد تفاوت كبير بين منتجي المحولات من حيث ترتيب الملفات الخاصة بها مما يترتب عليه تغيير ملحوظ فى خواص المحول.

٣-١٦ حماية المحولات Transformers Protection

تزود المحولات بالحمايات الأتية:

٣-١٦-١ الحماية ضد التفاوت Differential Protection

الحماية ضد التفاوت تستند على قاعدة المقارنة بين التيارات الابتدائية والثانوية للمحول وفى حالة حدوث خلل فى التوزان فإن ذلك يعني حدوث عطل خارجي عن المحول. وحيث أن توصيل ملفات المحول الإبتدائية والثانوية تختلف عادة فيجب أن يتم معادلتها عن طريق توصيل محولات تيار (CTS) مناسبة.

٣-١٦-٢ الحماية ضد عطل الأرضي المقيد Restricted Earth Fault Protection

يتم تجميع الملفات الثانوية لمحولات التيار (CTS) الثلاثية على كل جانب من ملفات المحول مع مرحل (Relay) يوصل عبرها ويوصل محول تيار (CT) رابع على نقطة التعادل neutral للملفات الموصلة على هيئة T وتعمل المرحلات فقط فى حالة وجود عطل أرضي داخلي حيث أنه فى هذه الظروف فقط فان خرج محولات التيار لا تعطي مجموع صفر مما يتسبب فى سريان تيار فى دائرة المرحل.

٣-١٦-٣ الحماية ضد عطل الأرضي غير المقيد

Unrestricted Earth Fault Protection

يعطي محول تيار (CT) واحد مركب على نقطة التعادل للملفات الموصلة على هيئة γ مقياسا للحماية ضد عطل الأرضي ولكن المرحل فى هذه الحالة يعمل أيضا فى حالة حدوث اعطال خارج المحول.

٣-١٦-٤ الحماية ضد زيادة الحمل (التيار) Over Current Protection

يجب ضبط أوضاع مرحل زيادة الحمل بحيث يمكن تمييز الحماية فى جانب الحمل للمحول (وليس لحماية الشكبة وراء المحول).

٣-١٦-٥ مرحل الغاز والزيت (بوخلز) Gas and Oil Relay

يتم تركيب مرحل بوخلز فى الأنبوبه الموصلة بين خزان الزيت الرئيسي للمحول وخزان الإستعواض ويوجد عادة فى المحولات المغمورة فى الزيت ذات القدرة من ١٥٠٠ ك.ف.أ. فأكثر ويزود المرحل بعوامتين تحملان مفاتيح Switches إما أن تكون مفتوحة فى الوضع العادي أو مغلقة فى الوضع العادي تعمل إحدي العوامتين عندما يصل منسوب الزيت فى خزان الإستعواض وبالتالي المرحل الى منسوب منخفض غير مرغوب ويتم توصيل المفتاح عند المنسوب المنخفض عادة بدائرة إنذار تعطي تحذيرا عند إنخفاض منسوب الزيت فى المحول وتعمل العوامة الأخري عندما يكون هناك إنبعاث مفاجئ للغاز داخل المحول وذلك فى حالة وجود عطل خطير أو إحتراق فى ملفات المحول وتوصل ملامسات المفتاح فى هذه العوامة عادة الى دائرة لقط Trip Circuit فى لوحة التشغيل الخاصة بالمحول والتى تقوم بفصل المحول عن منبع التيار ويجب الأخذ فى الاعتبار أنه بدء تشغيل المحول فإنه ينبعث عادة بعض الغاز الناتج عن فقاقيع الهواء الموجودة بالزيت والتي قد تعمل على تشغيل مرحل بوخلز وإعطاء إنذار زائف.

٣-١٦-٦ أجهزة تنفيث الضغط Pressure – Relief Devices

يركب الجهاز على غطاء او جدران الخزان الرئيسي للمحول ويعمل عندما يزيد الضغط داخل الخزان حيث تفتح اللقم الحاكمة Seal Snaps مما يتيح تفريغ الغاز المستجمع من خلال فوهة متسعة بمعدل يصل الى ٢٨٣ م٣ /دقيقة.

٣-١٦-٧ مبينات درجة حرارة الملفات Winding Temperature Indicators

حيث أنه يتعذر قياس درجة حرارة الملفات بالتلامس المباشر لموصلات هذه الملفات فان مبين درجة حرارة الملفات يمكن إعتباره مؤشرا أقرب الى الدقة وذلك خلال شريحة ضيقة لتحميل المحول.

هناك نوعان رئيسيان لبيان درجة حرارة الملفات:

أ- الطريقة المباشرة حيث توضع مجسات الجهاز أقرب ما يمكن من ملفات الضغط المنخفض.
ب- الطريقة غير المباشرة حيث يقوم جهاز للصورة الحرارية بتمثيل أو تقليد الفارق فى درجة الحرارة بين الملفات واعلي منسوب الزيت.

وتستخدم الطريقة (أ) فى أغلب الأحيان مع المحولات الجافة حيث تسمح ممرات التبريد الواسعة بوضع مجسات الجهاز الحرارية بحيث لا تتلف عوازل مجموعة ملفات المحول.

- تستخدم الطريقة غير المباشرة تركيبة قياسية مكونة من مبين لدرجة الحرارة ذو قرص بمؤشر ومحول تيار (CT) مركب على التوصيلة الحية لأحد ملفات المحول حيث يمر التيار المقابل من ملفه الثانوي الى ملف حراري ملفوف على المخدات الخاصة بجهاز القياس ، وتقوم بمقاومة معايرة بضبط التيار فى الملف الحراري الى قيمة تنتج الفارق الصحيح بين الملفات والزيت.
- هناك طرق أخري مناسبة للمحولات الكبيرة. حيث يتم إستخدام مقاومة بلاتينية قياسية مقدارها ١٠٠ أوم كمجس تثبت أقرب ما يمكن لملفات المحول حيث يقيس الجهاز مقاومة هذا المجس التى تتغير بتغير درجة حرارة الملفات.

- يتم توصيل مبينات درجة الحرارة الى دوائر إنذار او فصل ويمكن أيضا توصيلها الى ثلاثة او أربع مفاتيح لتشغيل مراوح او مضخات للهواء المدفوع أو الزيت المدفوع لدورة تبريد خارجية للمحولات.

٤. الكابلات الكهربية

٤-١ التيار المقنن المسموح بمروره

- عند مرور تيار كهربي خلال موصل الكابل تتولد حرارة فى هذا الموصل وتتناسب كمية الحرارة المتولدة فى وحدة الزمن مع حاصل ضرب مربع شدة التيار المار فى الموصل مضروبا فى مقاومة الموصل.

وعلي ذلك فان

$$\frac{W}{t} = I^2 R \quad \ldots\ldots (1)$$

حيث

$\frac{W}{t}$ = كمية الحرارة المتولدة فى وحدة الزمن (وات/الثانية)

I = التيار المار فى الموصل (أمبير)

R = مقاومة الموصل (أوم)

- الحرارة المتولدة ترفع درجة حرارة الموصل وينتج عن ذلك فوق فى درجة الحرارة بالمقارنة مع درجة حرارة الوسط المحيط بالموصل (هواء أو أرض) حيث تنساب الحرارة المتولدة خلال المواد المغلفة لموصل الكابل.
- تتناسب كمية الحرارة المنسابة فى الثانية مع الفرق فى درجة الحرارة الناتج عن مرور التيار ويتبع ذلك أن الفرق فى درجة الحرارة ΔT عند شدة تيار معينة تتزايد حتي يمكن

الوصول الى توازن فى درجة الحرارة عند نقطة تكون فيها الحرارة المنسابة الى الوسط المحيط فى وحدة الزمن مساوية لكمية الحرارة المتولدة فى الموصل

أي أن :

$$\theta = \frac{W}{t} \quad \text{.....(2)}$$

حيث θ = الانسياب الحراري فى الثانية

- بتطبيق قانون أوم فان الانسياب الحراري يمكن أخذه كالآتي:

$$\theta = \frac{\Delta T}{R_{th}} \quad \text{.....(3)}$$

حيث R_{th} هي المقاومة الحرارية للموصل (الأوم الحراري) وتحسب بالدرجة المئوية /الوات.

وتتكون المقاومة الحرارية من مقاومة حرارية داخلية (R_{thi}) من الموصل الى السطح الخارجي للكابل ومقاومة حرارية خارجية (R_{the}) من السطح الخارجي للكابل الى الوسط المحيط.

- عند الوصول الى التوازن فى درجة الحرارة وبتطبيق العلاقات (3),(2),(1) فان :

$$I^2 R = \frac{\Delta T}{(R_{thi} + R_{the})}$$

أو

$$\Delta T = I^2 R \quad (R_{thi} + R_{the}) \quad \text{.....(4)}$$

ملاحظة :

في حالة التيار المتردد فانه يجب حساب الممانعة Impedance الخاصة بالموصل وكذلك التيارات التأثيرية فى الاغلفة المعدنية للكابل إلا أنه لتسهيل الحسابات فانه يمكن استخدام العلاقة (4)لاعطاء نتائج مقبولة وكافية من الناحية العملية.

- تحدد خواص مواد العزل المستخدمة فى الكابلات أقصي درجة الحرارة يسمح أن يصل اليها الموصل ومن ثم فان الفرق فى درجة الحرارة بين الوسط المحيط بالكابل والموصل تكون مقيدة وهذا يمكن تحقيقه فقط بتقييد توليد الحرارة داخل الموصل وبمراعاة العلاقة (4) فان القيمة I^2R يجب أن تخفض وهذا يمكن تحقيقه بواسطة الأتي:

أ- تقييد قيمة المقاومة R للموصل باختبار موصل ذو مساحة مقطع كبيرة بدرجة كافية.
ب- تقييد أقصي شدة تيار مسموح بها I_{max} عند مساحة مقطع محددة للموصل.

- المقاومة الحرارية الداخلية R_{thi} تعتمد على بنية الكابل ويمكن حسابها من أبعاد الكابل والمقاومة النوعية للمواد المستخدمة فى العزل والتغليف ، والمقاومة الحرارية الخارجية R_{the} للكابل تعتمد على عدد كبير من العوامل الخارجية ذات التأثير على عملية الانتقال الحراري.
- تحديد التيار المسموح بمروره فى الكابل يعتريه صعوبات لا ترتبط فقط بالكابل نفسه ولكن أيضا بمعدل إنسياب الحرارة Θ وهي مشاكل تبريد اساسا ويمكن تجنب هذه الصعوبات فى الكابلات العادية المستخدمة على نطاق إقتصادي بواسطة إيجاد التيار المسموح بمروره باستخدام قواعد تسري فى الظروف المعتاده وقد تم وضع جداول لمقننات التيار المسموح بمرورها فى المقاطع القياسية للكابلات تم إيجادها بهذه الطريقة.

وتطبق نفس هذه الجداول على كابلات الضغط المنخفض دون اعتبار لمادة العزل المستخدمة.

يجب التمييز بين نوعين من نظم التركيب للكابلات:-

- كابلات ممدة فى الهواء.
- كابلات ممدة فى الارض.

وقد تم أخذ هذا المبدأ فى جداول التيار المقنن المسموح بمروره فى الكابلات.

- أقصي تيار مسموح بمروره لكل مساحة مقطع للموصلات النحاسية قد تم وضعه بحيث أن الفرق فى درجة الحرارة بين الموصل والوسط المحيط ΔT فى حالة التشغيل العادي لا تتجاوز ٣٥°م ومن ثم فانه فى درجة حرارة للجو ٢٥°م بالنسبة للكابلات الممدة فى الهواء فان درجة حرارة الموصل تكون على الأكثر ٦٠°م وذلك بالنسبة للكابلات المعزولة بالـــ .P.V.C.
- يجب ملاحظة أن مادة العزل يمكن أن تؤثر على درجة الحرارة للكابل حيث تزيد درجة الحرارة بزيادة المقاومة الحرارية لهذه المادة.

وقد تم وضع جداول خاصة للتيار المقنن لكابلات الضغط المنخفض بعزل من نوع XLPE على أساس أقصي درجة حرارة للموصل النحاسي ٨٥°م.

- يوضح الجدول (٥-١٤) مقننات التيار للكابلات النحاسية المعزولة بمادة P.V.C والممدة فى الهواء.
- يوضح الجدول (٥-١٥) مقننات التيار للكابلات النحاسية المعزولة بمادة P.V.C والممدة فى الأرض.
- يوضح الجدول (٥-١٦) مقننات التيار للكابلات النحاسية المعزولة بمادة XLPE والممدة فى الهواء.
- يوجد الجدول (٥-١٧) مقننات التيار للكابلات النحاسية المعزولة بمادة XLPE والممدة فى الأرض.
- يوضح الجدول (٥-١٨) مقننات التيار للكابلات متعددة الأقطاب المعزولة بمادة PVC أو XLPE فى درجة حرارة للوسط المحيط ٢٥°م.

جدول (٥-١٤) مقننات التيار للكابلات النحاسية المعزولة بمادة PVC والممدة في الهواء

Current ratings and protection for cables laid in air with rubber, PVCX or paper insulated conductors, in accordance with NEN 1010 (2nd edition). Art. 152'

Nominal cross geoclinal area of copper conductor	Single–core cables		Twin–core Cables		There and four core Cables	
	Current rating	Highest nominal value of the fuse	Current rating	Highest nominal value of the fuse	Current rating	Highest nominal value of the fuse
mm^2	A	A	A	A	A	A
1.5	27	25	24	20	20	16
2.5	40	35	31	25	27	25
4	52	50	40	35	36	35
6	65	63	52	50	46	35
10	88	80	72	63	62	50
16	115	100	96	80	80	63
25	150	125	--	--	105	100
35	185	160	--	--	125	100
50	230	200	--	--	155	125
70	280	250	--	--	195	160
95	335	315	--	--	235	225
120	385	355	--	--	270	250
150	440	400	--	--	310	250
185	500	450	--	--	345	315
240	585	500	--	--	385	355
300	670	630	--	--	425	400
400	790	710	--	--	490	450
500	900	800	--	--	--	--
625	1040	1000	--	--	--	--
800	1200	--	--	--	--	--
1000	1360	--	--	--	--	--

جدول (٥-١٥) مقننات التيار للكابلات النحاسية المعزولة بمادة PVC والممدة في الأرض

Current ratings and protection for cables laid in the ground with rubber, PVC or paper insulated conductors, in accordance with NEN 1010 (2nd edition). Art. 153'

Nominal cross geoclinal area of copper conductor	Single–core cables		Twin–core Cables		There and four core Cables	
	Current rating	Highest nominal value of the fuse	Current rating	Highest nominal value of the fuse	Current rating	Highest nominal value of the fuse
mm^2	A	A	A	A	A	A
1.5	34	35	30	25	25	20
2.5	50	50	38	35	35	35
4	65	63	50	50	45	35
6	82	80	65	63	57	50
10	110	100	90	80	76	63
16	145	125	120	100	100	80
25	190	160	--	--	130	125
35	230	225	--	--	155	125
50	205	250	--	--	195	160
70	350	315	--	--	245	225
95	420	400	--	--	295	280
120	480	450	--	--	340	315
150	550	500	--	--	385	355
185	625	500	--	--	430	400
240	730	710	--	--	480	400
300	835	710	--	--	580	500
400	985	900	--	--	615	500
500	1130	1000	--	--	--	--
625	1300	--	--	--	--	--
800	1500	--	--	--	--	--
1000	1700	--	--	--	--	--

جدول (٥-١٦) مقننات التيار للكابلات النحاسية المعزولة بمادة XLPE والممدة في الهواء

Current ridings and protection for cables laid in air with (cross – Linked polyethylene) insulated conductors						
Nominal cross geoclinal area of copper conductor	Single–core cables		Twin–core Cables		There and four core Cables	
	Current rating	Highest nominal value of the fuse	Current rating	Highest nominal value of the fuse	Current rating	Highest nominal value of the fuse
mm^2	A	A	A	A	A	A
1.5	30	25	30	25	25	20
2.5	45	35	40	35	35	25
4	55	50	52	50	45	35
10	75	62	70	63	60	50
6	100	80	95	80	80	63
16	135	100	125	100	105	80
25	185	160	--	--	135	100
35	225	200	--	--	165	125
50	270	250	--	--	205	160
70	340	315	--	--	255	200
95	400	355	--	--	310	250
120	480	400	--	--	355	315
150	550	450	--	--	405	355
185	615	500	--	--	450	400
240	745	630	--	--	505	450
300	850	710	--	--	--	--
400	1000	800	--	--	--	--

جدول (٥-١٧) مقننات التيار للكابلات النحاسية المعزولة بمادة XLPE والممدة في الأرض

Current ratings and protection for cables laid in the ground with cross linked polyethylene) insulated conductors

Nominal cross geoclinal area of copper conductor	Single–core cables		Twin–core Cables		There and four core Cables	
	Current rating	Highest nominal value of the fuse	Current rating	Highest nominal value of the fuse	Current rating	Highest nominal value of the fuse
mm^2	A	A	A	A	A	A
1.5	43	35	38	25	31	25
2.5	63	50	48	35	44	35
4	82	63	63	50	57	50
6	103	80	82	63	72	63
10	138	125	113	100	96	80
16	182	160	151	125	126	100
25	240	200	--	--	163	125
35	290	250	--	--	195	160
50	360	315	--	--	245	200
70	440	355	--	--	310	250
95	530	450	--	--	370	315
120	600	500	--	--	430	355
150	690	630	--	--	485	400
185	790	710	--	--	540	450
240	920	800	--	--	600	500
300	1050	900	--	--	670	630
400	1240	1000	--	--	775	710
500	1420	--	--	--	--	--

جدول (٥-١٨) مقننات التيار للكابلات النحاسية المعزولة بمادة XLPE أو PVC في درجة حرارة للوسط المحيط ٢٥°م

Current rating in multi-core cables laid in air at an ambient temperature of 25°C				
Number of cores	Current per core in A			
	Rubber or PVC – Insulated cables		(XLPE) Insulated cables	
	1.5 mm^2	2.5 mm^2	1.5 mm^2	2.5 mm^2
6	15	21	18	25
7	14	19	17	24
8	13	18	16	23
10	12	16	14	20
12	11	15	13	19
14	10	14	12	18
16	10	13	12	17
19	9	12	11	16
24	8	11	10	14
30	7	10	9	13
37	7	8	8	11

٥-٢-٤ معاملات الخفض Derating Factors

عندما يكون تبريد الكابل معاقا بدرجة ما فان التيار المسموح بمروره بهذا الكابل يجب أن يخفض وذلك لمنع الموصل من الوصول الى درجة حرارة عالية أكثر من الحدود المقررة لنوع العزل المستخدم.

والعوامل التى تعوق التبريد بالمعدل المعتاد هي :

- الارتفاع فى درجة حرارة الوسط المحيط
- تأثير الكابلات المجاورة والتى يمر بها تيار كهربي سواء كان تمديد الكابلات على حوائط أو سراير أو فى الأرض.
- قلة الرطوبة بالأرض الممد بها الكابلات.
- محيط الكابل موضوع كليا أو جزئيا على بكرة أو أسطوانة.

وفى جميع هذه الحالات فان أقصي حد لمقننات التيار المسموح بها فى الجداول يجب أن تخفض بنسبة معينة.

- يستخدم الجدول (٥-١٩) كدليل عملي لمعاملات الخفض فى حالات إرتفاع درجة حرارة الوسط المحيط أو تأثير مجموعات الكابلات وكذلك الاختلاف فى المقاومة الحرارية للتربة نتيجة تغير نسبة الرطوبة بها وتأثير لف الكابلات على البكرات.
- وفى حالة وجود أكثر من عامل مؤثر فى أن واحد فانه يتم الآخذ فى الاعتبار عوامل الخفض المقابلة لها لجميع هذه المؤثرات فى الحساب.
- يجب الاحتياط فى حالة تركيب أكثر من كابل فى خندق أو فاروغة واحدة حيث يكون من الصعب توقع درجة التهوية ومن ثم تحديد معامل الخفض بدقة.

جدول (٥-١٩) دليل عملي لمعاملات الخفض في حالات إرتفاع درجة حرارة الوسط المحيط – تأثير مجموعة الكابلات – المقاومة الحرارية للتربة نتيجة تغير نسبة الرطوبة – تأثير لف الكابلات على البكرات

De-rating factors for the variation in ambient temperature exceeding 25°C

Temperature (°C)			25	30	35	40	45	50	60	70
De-rating factor	XLPE	11	1	0.95	0.91	0.87	0.82	0.76	0.65	0.50
De-rating factor	PVC	12	1	0.93	0.85	0.76	0.65	0.50		

De-rating factors for grouping of cables lay in air

Number of cables			2	3	4	5	6
Clearance equal to cable diameter	XLPE	13	0.94	0.90	0.87	0.85	0.83
Cables type	PVC	14	0.81	0.78	0.77	0.75	0.73

De-rating factors for grouping of cables laid direct in the ground (depth up to 70 cm, distance between cables up to 10 cm)

Number of cores and size of the conductor				Number of cables							
Single Core	Three and four cores			2	3	4	5	6	7	8	9
		15	XLPE and PVC	0.90	0.82	0.78	0.74	0.72	0.70	0.68	0.66
		16		0.88	0.80	0.75	0.71	0.68	0.66	0.64	0.62
		17		0.87	0.78	0.72	0.68	0.64	0.62	0.60	0.58

De-rating factors for variation to the heat resistivity of the soil

Specific heat resistivity of the soil (°C.cm/W)			50 (damp)	100	150	200 (very day)
De-rating factor	XLPE and PVC	18	1	0.8	0.7	0.6

De-rating factors for cables on racks

Number layers on racks			1	2	3	4	5
De-rating factor	XLPE and PVC	19	0.56	0.38	0.32	0.27	0.24

٤-٣ التنزيل فى الجهد Voltage drop

يقصد بالتنزيل فى الجهد فى الكابل الفرق فى قيمة الجهد المقاس عند بداية ونهاية الكابل.

وينص على التنزيل المسموح به بنسبة مئوية من جهد الدائرة المقنن وتؤخذ كالتالي:

بحد أقصي ٥٪ لنظم الانارة

وبحد أقصي ٢٪ لنظم القوي.

- ويمكن حساب التنزيل فى الجهد بصورة دقيقة من المخطط المتجهي للدائرة وفى معظم الحالات فان الحساب الدقيق ليس ضروريا ويكتفي بالتحديد التقريبي على الوجه الآتي:

أ- بالنسبة للتيار المستمر

$$\Delta \upsilon = 2.I.l. \frac{r}{1000}$$

حيث $\Delta \upsilon$ النزول فى الجهد بين بداية ونهاية الكابل بالفولت (مقاس بين الأقطاب)

I التيار المقنن بالآمبير

l طول الكابل بالمتر

r مقاومة الكابل بالأوم / الكيلو متر

ب- بالنسبة للتيار المتردد أحادي الوجه

$$\Delta \upsilon = 2.I.l. \frac{r\cos\phi}{1000}$$

حيث $\Delta \upsilon$ النزول فى الجهد بين بداية ونهاية الكابل بالفولت (مقاس بين الوجه ونقطة التعادل)

I التيار المقنن بالأمبير

l طول الكابل بالمتر

r مقاومة الكابل بالأوم / الكيلو متر

Cosø معامل القدرة للحمل الموصل على الكابل .

جـــ- بالنسبة للتيار المتردد ثلاثي الأوجه

$$\Delta\upsilon = \sqrt{3}\frac{r\cos\phi}{1000}$$

حيث Δ υ النزول فى الجهد بين بداية ونهاية الكابل بالفولت (مقاس بين الوجه ونقطة التعادل)

l التيار المقنن بالأمبير

l طول الكابل بالمتر

r مقاومة الكابل بالأوم / الكيلو متر

Cos Ø معامل القدرة للحمل الموصل على الكابل.

ملاحظة :

القيم المبينة أعلاه دقيقة بدرجة كافية عندما تكون الممانعة (X) للكابل يمكن إهمالها بالنسبة الى مقاومة الكابل (r) وهي الحالة المعتادة مع الكابلات ذات مساحة المقطع التى لا تزيد عن ٧٠مم٢ أما بالنسبة للكابلات ذات مساحة المقطع الأكبر فانه يتم حساب النزول فى الجهد كالأتي:

(١) بالنسبة للتيار المتردد أحادي الوجه

$$\Delta\upsilon = 2.1.1.\frac{r\cos\phi + \chi\sin\phi}{1000}$$

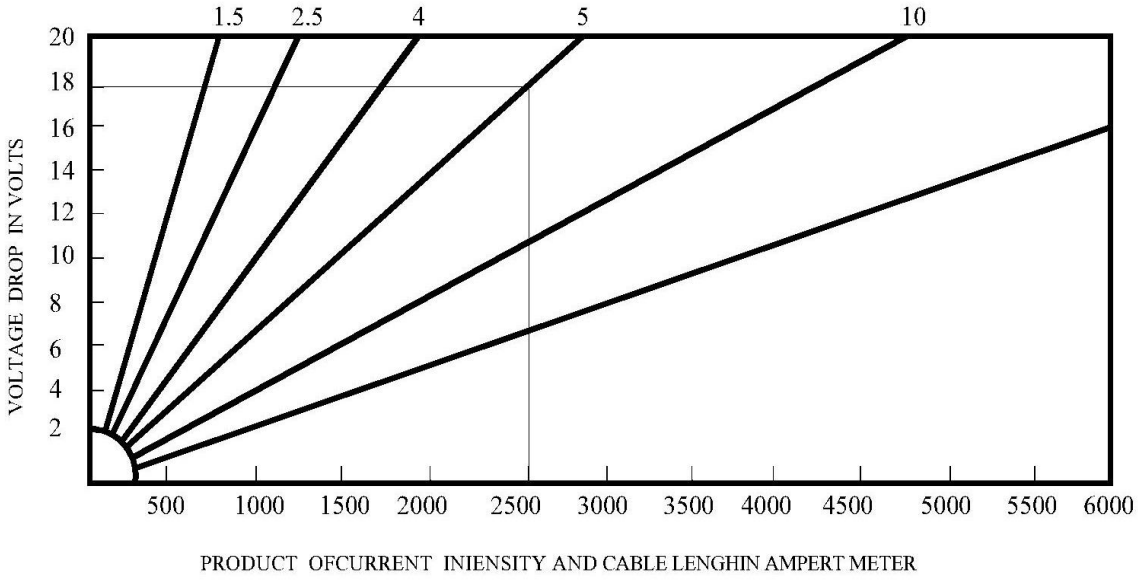
(٢) بالنسبة للتيار المتردد ثلاثي الأوجه.

$$\Delta\upsilon = \sqrt{3}.1.1.\frac{r\cos\phi + \chi\sin\phi}{1000}$$

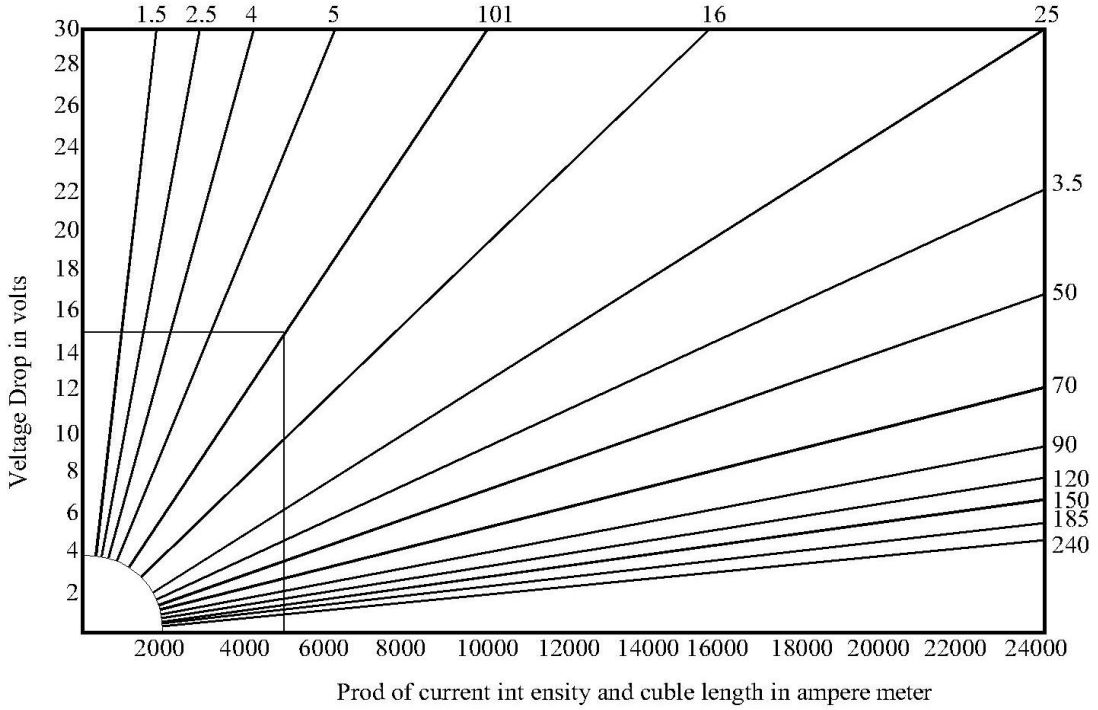
حيث X ممانعة الكابل بالاوم / الكيلو متر.

ويمكن أخذها 0.1 أوم / الكيلو متر

- للتطبيق العملي يمكن استخدام النوموجرامات المبينة بالأشكال (5-١٣) ، (5-١٤)



شكل (٥-١٣) نوموجرام حساب الفقد في الجهد للكابلات ثنائية القطب لإمرار التيار ذو الوجه الواحد عند معامل قدرة واحد صحيح



شكل (٥-١٤) نوموجرام حساب التنزيل في الجهد للكابلات ثلاثية الأقطاب لإمرار التيار المتردد ثلاثي الوجه عند معامل قدرة ٠،٨

٤-٤ تيار القصر للكابلات

٤-٤-١ تيار القصر الحراري المقنن للكابلات المعزولة بالـــــ PVC

Thermal short circuit rating of Pvc

يتم حساب تيار القصر الحراري المقنن من العلاقة

$$IK = \frac{109}{\sqrt{t}}.q$$

حيث IK = تيار القصر المقنن بالكيلو أمبير

t = وقت مرور تيار القصر بالثانية.

q = مساحة المقطع الأسمي للموصل النحاسي بالمم المربع.

وتسري هذه العلاقة لزيادة فى درجة الحرارة بين ٧٠ – ١٥٠°م ويبين الشكل (٥-١٥) نوموجرام العلاقة بين تيار القصر والزمن ومساحة مقطع الموصل فى حالة الكابلات المعزولة بالـــــ PVC بتطبيق العلاقة السابقة.

٤-٤-٢ تيار القصر الحراري المقنن للكابلات المعزولة بالـــــ XLPE

Thermal short circuit rating of XLPE

يتم حساب تيار القصر من العلاقة

$$IK = \frac{\sqrt{t}}{144}.q$$

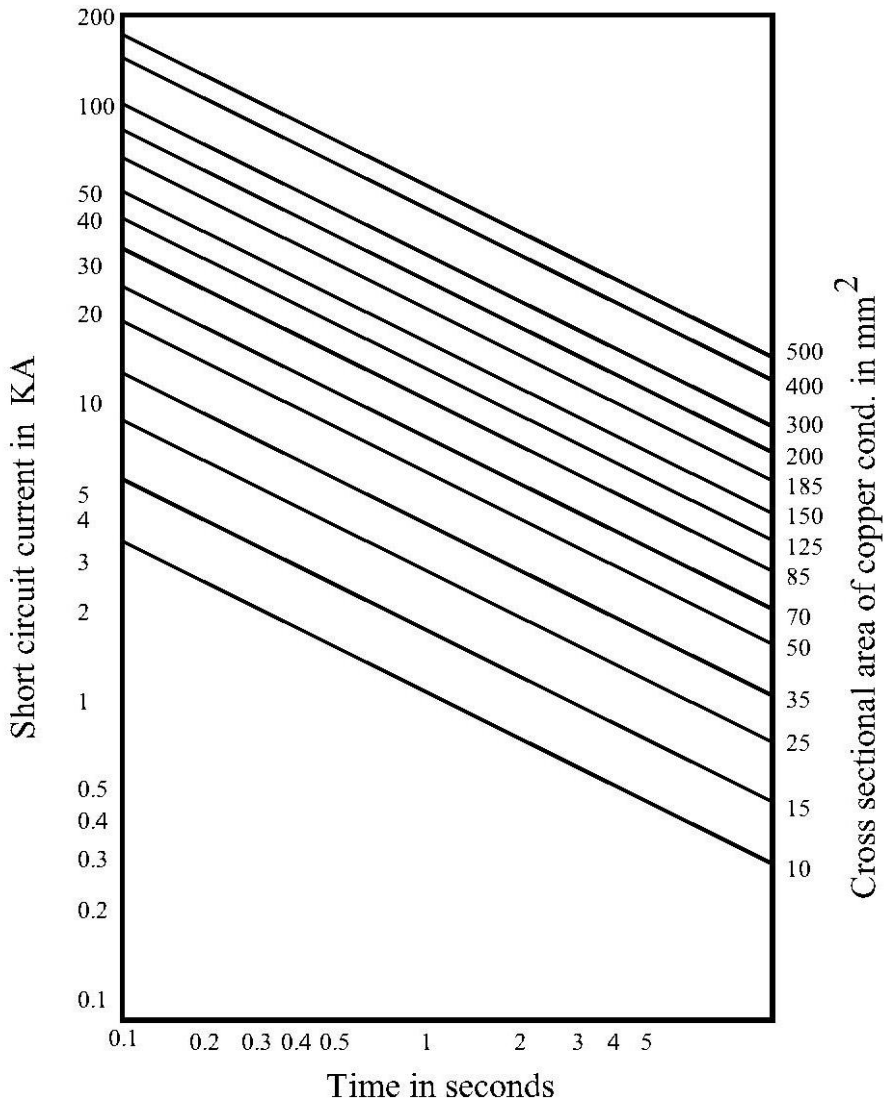
حيث IK تيار القصر المقنن بالكيلو أمبير

t زمن مرور تيار القصر بالثانية

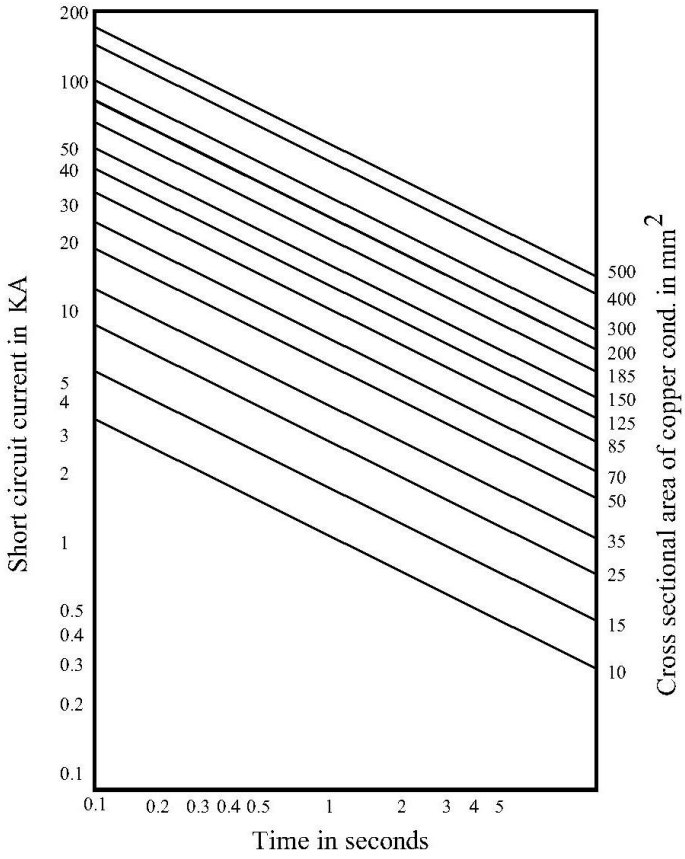
q مساحة مقطع الموصل الاسمي مم مربع

وتسري هذه العلاقة لزيادة فى درجة الحرارة من ٨٥-٢٥٠°م.

وبين الشكل (٥-١٦) نوموجرام العلاقة بين تيار القصر وزمن المرور ومساحة مقطع الموصل فى حالة الكابلات المعزولة بالـــــ XPLE بتطبيق العلاقة السابقة.



شكل (٥-١٥) نوموجرام العلاقة بين القصر والزمن ومساحة المقطع للموصلات المستخدمة في حالة الكابلات المعزولة بمادة PVC (للكابلات ذات الموصلات النحاسية ضغط منخفض)



شكل (٥-١٦) نوموجرام العلاقة بين القصر والزمن ومساحة المقطع للموصلات المستخدمة في حالة الكابلات المعزولة بمادة XLPE (للكابلات ذات الموصلات النحاسية ضغط منخفض)

٥-٤ الاعتبارات التصميمية لتركيب الكابلات والمواسير والمجاري الخاصة بها.

يجب مراعاة ما ورد بكود أسس التصميم وشروط التنفيذ للتركيبات الكهربائية فى المباني وذلك عند تحديد المواصفات الخاصة بتركيب الكابلات ومشتملاتها والمواسير والمجاري الخاصة بها.

٥. محطة التوليد الكهربائي

٥-١ مقدمة

نظراً لأهمية وضرورة إستمرارية معالجة مياه الصرف الصحي عند إنقطاع تيار المدينة المغذي لمحطة المعالجة، فلابد من توافر مصدر كهرباء بديل لتشغيل محطة المعالجة وذلك بإنشاء محطة توليد كهرباء إحتياطية وتعتبر جزءاً لا يتجزأ من المحطة لضرورتها الفائقة للتشغيل المستمر.

٥-٢ قدرة محطة التوليد الإحتياطية

– يجب أن تكون محطة التوليد الكهربائية ذات قدرة تناسب تشغيل جميع الطلمبات والأجهزة العاملة بمحطة المعالجة.

٥-٣ عدد وحدات محطة التوليد الكهربائية

طبقا للقدرة المطلوبة الإحتياطية المذكورة بعالية لتشغيل محطة معالجة مياه الصرف الصحي فإنه يتم تحديد أقل عدد من وحدات التوليد بما يحقق الموازنة بينا الناحية الإقتصادية وتأمين التشغيل ومراعاة المساحة المتاحة.

٥-٤ المواصفات المطلوبة لمحركات وحدة التوليد

القدرة : القدرة المطلوبة الإحتياطية / عدد وحدات التوليد

الدورة : رباعية الأشواط

الوقود : ديزل / سولار بالحقن برشاشات وطلمبة وقود مع شاحن هواء جبري (Turbo charger)

التبريد : مياه أو هواء طبقا لموقع المحطة ومدي تتوفر مياه التبريد.

بادئ الإدارة : كهربائياً أو بالهواء المضغوط

ترتيب الإسطوانات : طبقا للقدرة والمساحة المتاحة يتم الإختبار اما صف أو حرف V

سرعة الماكينة N : تحدد سرعة الماكينة باللفة / د حسب ذبذبة التيار (f) (٥٠ ذبذبة / ث) وعدد ازواج أقطاب المولد الكهربية(P) طبقاً للمعادلة :

$$f = \frac{P.N}{60} Hz$$

وتؤخذ السرعات كالاتي:

للمحركات أقل من ٣٠٠ كيلو وات تؤخذ ١٥٠٠ ل/د

أكبر من ٣٠٠ كيلو وات حتي ٦٠٠ كيلو وات تؤخذ ١٠٠٠ ل/د

أكبر من ٦٠٠ كيلو وات حتي ١٥٠٠ كيلو وات تؤخذ ٧٥٠ ل/د

أكبر من ١٥٠٠ تؤخذ ٦٠٠ ل/د

٥-٥ ملحقات محرك الديزل

مأخذ هواء المحركات

- تقدر متطلبات الهواء بحوالي ٠٧. م٣ / دقيقة / حصان فرملي من قدرة المحرك
- يزود مأخذ الهواء بمرشح فلتر تنقية الهواء الداخل
- عند إستخدام شاحن هواء جبري (Turbo charger) يراعي توفر طول مستقيم لا يقل عن ٥ سم قبل توصيلة مع مأخذ هواء المحرك.
- يتم تصميم توصيلات مواسير الهواء بطريقة تيسر عملية تغيير المرشح بالاضافة إلى عزل إهتزازات وضوضاء المحرك.

عادم المحرك

- مراعاة العزل الحراري لمواسير العادم ومخفض الصوت الشكمان silencer لحماية العاملين فى عنبر وحدة التوليد ولعدم رفع درجة حرارة العنبر حتي لا يؤثر على درجة حرارة هواء المأخذ أو بطاريات بدء التشغيل.

- يجب أن يكون مسار مواسير العادم بعيداً عن أي مواد قابلة للإشتعال بمسافة لا تقل عن ٢٥سم.
- يجب أن يكون تمرير مواسير العادم داخل غلاف قطرة مره ونصف قطر مواسير العادم على الاقل عند إختراقها الحوائط أو الجدران أو الأسقف.
- نهاية مواسير العادم يتم شطفها بزاوية من ٣٠° إلى ٤٥° للتقليل من الدوامات الغازية وتخفيض الضوضاء وحمايتها من الأمطار.

تهوية العنبر

- يجب الإهتمام بتهوية عنبر وحدات التوليد حيث أن التهوية الجيدة تؤدي إلى توفير من ٦٪ إلى ١٠٪ من إستهلاك الوقود نظير الحرارة المشعة فى العنبر ، وتحسين إنتاجية وحدة التوليد ولوحات التوزيع وتهيئة جو مناسب لعمال التشغيل والصيانة بالعنبر.
- يجب المحافظة على تهوية العنبر عند درجة حرارة ٣٨°م.

تبريد المحرك

- يجب إحتواء دورة التبريد على ثرموستات يسمح لها بالعمل بعد ٨٠°م للحفاظ على كفاءة المحرك عند بدأ التشغيل.
- يجب أن يتراوح الفرق بين درجات حرارة مياه التبريد الداخلة والخارجة بين ٥ إلى ٨°م
- يجب أن يكون ضغط مياه التبريد بين ٠,٢٥ إلى ٠,٤٥ كجم /سم٢ وذلك للمحافظة على عدم تكوين بخار فى رديايتر وقيمص تبريد المحرك.
- يجب أن تكون درجة الحرارة فى الجزء العلوي للردايتر أقل من ١٠٠° لمنع التكهف فى مضخة مياه التبريد وزيادة كفائتها.

- سرعة مياه التبريد بين ٠,٦م/ث و ٢,٥م /ث بينما تكون من ٠,٦م/ث إلى ١,٩ م/ث فى حالة إستخدام مياه عكرة غير نقية.
- يراعي نوعية مياه التبريد (نقية أو عكرة) عند تحديد السرعات فى مواسير دورة التبريد.

٥-٦ نظام الوقود

التخزين الرئيسي

- يخزن الوقود فى خزانات كبيرة يكفي حجمها لتشغيل جميع ماكينات التوليد بالحمل الكامل لها لمدة أسبوع إلى أسبوعين بصفة مستمرة متصلة وذلك حسب البعد أو القرب من مصادر التموين.
- يراعي أن تكون خزانات الوقود الرئيسية إما أعلي أو اسفل مستوي السطح الأرض,
- يصنع خزان الوقود من الواح الصلب المعالج ولا يستخدم الحديد المجلفن للبعد عن التفاعلات الكيميائية مع الوقود.
- يراعي أن تكون الخزانات الرئيسية أعلي سطح الأرض فى حالة توافر المساحة اللازمة بعيدة عن الحركة السطحية وتكون أسفل سطح الأرض عند توافر المساحة السطحية اللازمة لها.

ملحقات الخزان

- ماسورة ملء الخزان ، وتوضع بحيث تحقيق عمليات التشغيل الآمن.
- مواسير تهوية الخزان.
- فتحة القياس
- صمام تصافي أسفل الخزان لسحب الرواسب على فترات.
- طلمبات كهربائية لنقل الوقود من الخزانات الرئيسية إلى الخزانات اليومية.
- تصنع ملحقات الخزان من الحديد الصلب المعالج (الغير المجلفن) أو الصلب أو النحاس.

التخزين اليومي

- يوضع الخزان اليومي فى عنبر محركات التوليد.
- أقطار مواسير سحب وارتجاع الوقود لا يقل عن اقطار مواسير وملحقات المحرك وبكامل أطوال المواسير.
- تزداد أقطار المواسير فى حالة تغذية أكثر من محرك بالوقود، كذلك فى حالة إنخفاض درجة الحرارة.

الفلاتر (المرشحات)

- توضع الفلاتر لمنع رواسب الوقود التى تتسب فى سد فواني رشاشات حقن الوقود وطلمبات الحقن.
- تزود الفلاتر بمصافي سلكية بأبعاد ٠,٣مم.
- تزود المحركات الكبيرة بعدد ٢ فلتر مع وسيلة لتغيير أستخدام أى منهما لتسهيل عملية تنظيف أو إستبدال الفلتر التالف أثناء التشغيل لتجنب تعطل المحرك.

٥-٧ نظم بدء الإدارة

يتم بدء إدارة محرك التوليد بإحدي طريقين:

- كهربياً (بطارية + بادئ الحركة) للمحركات حتي قدرة ١٥٠٠ ك.وات.
- بالهواء المضغوط للمحركات ذات القدرة أكبر من ١٥٠٠ ك.وات.

بدء الإدارة كهربائياً

يراعي إتباع النقاط التالية عند إستخدام هذه الطريقة

- تفضل البطاريات ذات ألواح الرصاص الشائعة لقلة تكلفتها عن البطاريات النيكل كاديروم.
- يجب ألا تتعدي درجة حرارة عنبر محركات التوليد ٣٨°م للمحافظ على قدرة وكفاءة تشغيل البطاريات.
- يجب إستعمال كابلات نحاس فى التوصيل بين البطاريات وبادئ الحركة.
- يلزم تشغيل شاحن للبطاريات بعنبر ماكينات التوليد لشحن البطاريات أثناء عدم تشغيل محركات التوليد ، وذلك بالاضافة إلى مولد التيار المستمر الذي يقوم بشحن البطاريات أثناء تشغيل المحركات.

بدء الإدارة بالهواء المضغوط

يراعي إتباع الأتي عند إستخدام هذه الطريقة:

- توافر ضغط هواء يتراوح بين ٧كجم /سم٢ إلى ١٦ كجم /سم٢ من ضاغط هواء (كومبرسور) وخزانات هواء ومحابس عدم رجوع بينهم.
- يراعي أن يكون حجم خزانات الهواء طبقا لكمية الهواء اللازمة للإدارة فى المرة الواحدة ، وعدد مرات الإدارة وضغط الخزان والضغط الجوي. ويحدد هذا الحجم بمعرفة الشركة الموردة للماكينات.
- يتم تشغيل ضاغط الهواء الرئيسي (الكومبرسور) بماكينة إحتراق داخلي تعمل إما بالبنزين أو الكيروسين أو السولار.
- يجب توفر ضاغط هواء إحتياطي يعمل بمحرك كهربائي.

الفصل السادس

شروط الطرح والعطاءات ومراحل المشروع التصميمية والتنفيذية ـ اعمال التصميمات المعماري والانشائي

الاعتبارات البيئية والصحية

الفصل السادس
شروط الطرح والعطاءات ومراحل المشروع التصميميه والتنفيذية – التصميم المعماري والانشائي - الاعتبارات البيية والصحية

١- مراحل المشروع التصميمية والتنفيذية

من المعلوم أن مشروعات المياه والصرف الصحي سواء أعمال الشبكات او الخطوط الناقلة او محطات الروافع و محطات تنقيه مياه الشرب او محطات الروافع و محطات معالجه الصرف الصحي تمر بمراحل انتاج وهي:

- **مرحله إعداد مستندات الطرح**

ويقصد بها المستندات التي تقيم بأعدادها الاستشاري المصمم وتتضمن الرسومات قوائم الكميات والمواصفات الفنية لبنود الإعمال و الشروط العامه و الخاصة

- **مرحلة طرح الإعمال**

ويقصد بها المرحلة التي يتم فيها طرح مستندات الاعمال علي المقاولين المتخصصين لدراسة الإعمال محل المشروع دراسة تامه و التحقق من كل المتطلبات ويسمح خلال هذه الفترة بأن يقوم المقاول بتكليف استشاري (كأستشاري مقاول) يقوم بمساعدته والدعم الفني للمقاول ويقوم بدارسة ألإعمال واستيضاح ما يتطلب ايضاحة والاستفسار من الاستشاري المصمم عما قد يكون مبهما وغير واضحا ومن ثم تعد الاستفسارات والردود الرسمية عليها من المالك و/او الاستشاري المصمم بمثابه مستند رسمي مكمل لمستندات طرح العطاء بل ويجب أن تكون أولويتها في ترتيب أهمية و أولوية ترتيب مستندات العطاء في درجة متقدمة و أن ما بها من معلومات يجب و يلغي ما قد يكون قد سبق في مستندات الطرح .

ومن المفترض خلال هذه الفترة أن تنتفى إيه شبهه فنية للمقاول في قدرته على استيفاء الإعمال محل الطرح و تنفيذها متكامله بلا اي خلل مهما قد يكون قد شاب مستندات الطرح من نقص او عدم اكتمال او خلل او عدم ملائمه خامات او مهمات او بيانات

فنية لأي اعمال للتنفيذ بالنظر لطبيعه و منطقة المشروع و بصورة تضمن تشغيلها فينا وبصورة أمنه تحقق الهدف التشغيلي للمالك منها.

ويفضل خلال هذه المرحلة أن يتقدم المقاول في عطائه ببعض الرسومات التوضيحية لنطاق الاعمال تظهر قدرته وقدرة استشاريه على فهم و ادراك حدود الاعمال محل الطرح و يعد هذا ضروريا و ملزما في حالة مشروعات التصميم والبناء Design and build

- **مرحلة رسو العطاء**

يقوم المالك وحده او يعاونه الاستشاري المصمم أو استشارى أعمال الإشراف علي التنفيذ ويفضل أن يكون الاستشاري المصمم هو نفسه استشاري الإشراف على التنفيذ بإعداد التعاقد مع المقاول الذي تم الترسيه عليه موضحا به كافة الالتزامات و ترتيب أولويات بنود مستندات الطرح والمدد الزمنية المستحقات المالية .

- **مرحلة التنفيذ**

من المعلوم أن المقاول مسئول مسئولية تامه غير منقوصه هو واستشاريوه (استشاري المقاول) عن أعداد الرسومات التنفيذية Construction Drawings و التشغيلية Shop Drawingsو التفصيلية Detailed Drawings اثناء و قبل الشروع في التنفيذ و بما يضمن للمالك امكانية تنفيذ كافة الاعمال بلا خلل او نقص او يحد من اداء المشروع لوظيفته و ايضا الرسومات طبقا للمنفذ بعع انتهاء التنفيذ As Built Drawings و هذه الرسومات جميعها تتضمن درجات من الإيضاح والبيان لكل بنود وعناصر و خامات و مهمات المشروع تبعا للحاجة بحيث تضمن هذه الرسومات اكتمال التنفيذ بما يحقق الهدف من المشروع متضمنه كافة الأعمال و الإجراءات و المحاذير مع ضرورة الاخذ في الاعتبار كافة المستجدات التي قد تنشا نتيجة ظهورانشطه محيطه بنطاق المشروع او تغير طبيعه التربة او الاعمال المساحية او الظروف البيئية جميعها أو تغير ظروف تحيط بالمشروع أو حدوث مستجداث لم تكن منظورة وقت إعداد مستندات الطرح للعطاء او وقت إعداد مستندات العطاء بمعرفه استشاري المقاول (قبل الترسية)، وفيما يلى بيان بمستندات اللازمة لكل مرحلة من مراحل الاعمال.

٢- إعداد مستندات الطرح

تحتوى مستندات العطاء التى يتم طرحها وإعدادها بمعرفة الأستشارى المصمم على المعلومات الفنية المبدئية (concept design)عن المشروع والشروط العامة والخاصة والتى تعتبر الحكم الذى يحتكم إليه كل من أطراف التعاقد ويستند إليها عند الإقتضاء علاوه علي الردود علي الاستفسارات و العرض الفني للمقاول تبعا لأولوية و ترتيب المستندات.

٣- مكونات مستندات الطرح

تتكون مستندات الطرح من المجلدات الآتية

- دفتر الشروط العامة والخاصة والمواصفات الفنية
- جداول الكميات التقديرية
- البوم الرسومات التصميمية للمشروع
- أى مستندات أخرى يقوم المصمم بإعدادها مثل تقارير الجسات الأسترشادية المبدئية والتحاليل للتربة والمياه الجوفية.

٣-١ دفتر الشروط العامة والخاصة والمواصفات الفنية للمشروع

لا بد وأن يتضمن هذا المجلد الآتى:

أ- الدعوة الى المناقصة.
ب- نموذج العطاء.
ج- تعليمات الى مقدمى العطاءات.

أ- الدعوة الى المناقصة

تكون الدعوة الى المناقصة فى صفحة أو صفحتين بوصف مختصر موجز عن المشروع والإجراءات الخاصة للمناقصة، كما تتضمن طريقة الحصول على نسخة من مستندات العطاء وتسعيرها وموعد ومكان تسليم هذه المستندات. كما يتم الإعلان عن هذه المناقصة فى الصحف اليومية (جريدتين واسعتى الانتشار) طبقا لمتطلبات القانون المعمول به لدى المالك.

ب- نموذج العطاء

يحدد نموذج العطاء الصيغة الموجودة التى بموجبها يتقدم المقاولون بأسعارهم وعروضهم الى صاحب العمل والتى تسهل أعمال المقارنه الفنية أو السعرية وذلك لتكافؤ الفرص بينهم.

ت- تعليمات الى مقدمى العطاءات

تعتبر تعليمات مقدمى العطاءات الأساس الثابت للعطاءات والتى تساعد على ترتيب محتويات العطاءات ترتيباً قياسياً طبقاً لنموذج العطاء، حيث تحتوى هذه التعليمات على البنود التى تغطى الأتى:

- تعاريف
- عرض المتقدمين فى العطاءات
- مستندات العطاء
- إجراءات العطاء
- الاعتبارات الواجبة للعطاءات
- تعليمات البريد
- التأمين الإبتدائى والتأمين النهائى
- نموذج التعاقد بين المالك والمقاول
- تعليمات إضافية

٣-٢ البوم الأعمال

أ – رسومات العطاء Tender Drawings

تعبر الرسومات عن العلاقة بين المكونات المختلفة للمنشأ، حيث توضح أماكنها وأبعادها. ويجب أن تكون الرسومات كاملة الى حد كبير ودقيقة ومرسومة بمقياس رسم مناسب وموضح عليها الأبعاد الكافية و المناسيب المطلوبة.

حيث تعتبر دليل المقاول فى تقديراته وحساب الكميات أثناء تجهيز العطاء ومرشدة له فى أعمال الإنشاء والتنفيذ، كما تحتوى على رسومات توضيحية لكل الاعمال الصحية و المعمارية و المدنية و الكهروميكانيكية تبعا للتخصصات التصميمية بالمشروع.

ب- المواصفات الفنية

تعتبر المواصفات الفنية مكملة للرسومات التصميمية حيث تعبر عن المتطلبات بالكلمات وتوضح جودة الخامات والمهات والمعدات وطرق الإنشاء الفنية للأعمال المطروحة. وتعتبر المواصفات الفنية أكبر أجزاء العقد وتعد هذه المواصفات طبقاً للتقسيمات الآتية:

المواصفات المدنية، أعمال الموقع، أعمال الخرسانة، الأعمال التكميلية Masonary الأعمال المعدنية، الأعمال الخشبية، العزل والحماية، الأبواب والشبابيك، أعمال خاصة (Special Works)، المعدات، الأثاث، إنشاءات خاصة (Special Construction)، نظم الربط (Conveying Systems)، الأعمال الميكانيكية، الأعمال الكهربائية.

ج- جداول الكميات التقديرية

- تحتوى جداول الكميات التقديرية على بنود الأعمال ووصف موجز لكل بند وطريقة المحاسبة عليه سواء بالوحدة أو بوحدة المساحة أو وحدة الحجوم أو بالمقطوعية او بالوزن ، والكمية التقديرية لكل بند من هذه البنود.
- يقوم المقاول بتسعير هذه البنود كل على حده.
- يشترط فى هذه الجداول أن البند الذى لا يقوم بتسعيره المقاول يعتبر محملاً سعره على باقى أسعار بنود العقد عند التنفيذ وذلك بالرغم من وضع أعلى سعر لهذا البند من العطاءات الأخرى عند تقييم هذا العطاء فى لجنة البت والترسيه.
- تعتبر الكميات المدرجة فى جداول الكميات تقديرية، ويتم المحاسبة طبقا للمنفذ تبعا للقانون.

د- نماذج التأمين

تحتوى مستندات العطاء على نماذج صيغة التأمين الإبتدائى الذى سيقدم مع العطاء والتأمين النهائى الذى سيقدمه المقاول الفائز بالعطاء من بنك معتمد وتشترط الصيغة أن يكون لصاحب العمل حق صرف هذا التأمين لصالحه عند أول إشعار للبنك بذلك ولا يعتد بأى اعتراض من المقاول أو الاستشارى، وكذلك ضرورة إستمرار هذا التأمين ليتزامن مع الغرض منه.

٤- التعاقد بين المالك والمقاول

يعتبر هذا التعاقد من الأهمية بحيث يعتبر وثيقة مستقلة بذاته. حيث يغطى هذا التعاقد خمسة أسس أساسية هى:

- التماثل والتطابق بين الموقعين على هذا التعاقد من الناحية القانونية ومدى أهلية الموقعين على التعاقد فى تنفيذه، ويتم التوقيع على عدد من الأصول تكفى ليكون مع كل من المالك والمقاول والمهندس المشرف (إن وجد) وإدارة العقود والمشتريات ومجلس الدولة نسخة أصل من كل منه.

- وصف موجز واضح للمشروع.

- زمن التنفيذ المتوقع الإنتهاء خلاله ويعتبر هذا الجزء هام جداً، حيث يترتب عليه توقيع غرامات التأخير أو تمديد العقد أو ما شابه ذلك.

- السعر سواء سعر ثابت شامل للمشروع بالكامل أو سعر لكل بند من بنود الأعمال أو سعر مقطوعية لكل بند أو مجموعة بنود متشابهه من الأعمال حسبما يتم الاتفاق عليه.

- شروط دفع عن طريق المستخلصات الدورية تبعاً لتقدم الأعمال وما يتم الاتفاق عليه من خصم نسبة معينة تتراكم لحين الاستلام الإبتدائى وما يتم خصمه كنسبة من الدفعة المقدمة للمقاول .... وهكذا.

وكذلك نظام المستخلص الختامى للعملية الذى يعتبر من أهم المستخلصات القانونية فى حياة المشروع.

كما يتضمن هذا التعاقد مدى العلاقة بين هذه الوثيقة وبين باقى مستندات العطاء وذلك للصفة القانونية حيث أن هذه الوثيقة هى الوحيدة الموقعة من أطراف التعاقد.

و – شروط التعاقد

تنقسم شروط التعاقد الى قسمين : شروط عامة وشروك خاصة أى مكملة.

ز – الشروط العامة

تغطى الشروط العامة حقوق والتزامات كل من المالك والمقاول كما توضح إطار أعمال مسئوليات المهندس الاستشارى المشرف على التنفيذ (إن وجد) وأعمال ومسئوليات مدير المشروع.

وأهم بنود محتويات هذه الشروط العامة ما يلى:

تعاريف

يتم التعريف بدقة وبوضوح البنود الهامة مثل :

المالك – المقاول – مقاول الباطن – المهندس المشرف – العمل – المشروع – مستندات العطاء – البوم الرسومات – بدء التنفيذ للمشروع – موعد الانتهاء من المشروع.

الحقوق والمسئوليات

يتم توضيح الحقوق والمسئوليات لكل الأطراف بشئ من التفصيل لكى يفهم كل طرف مدى حقوقه ومسئولياته تجاه العقد وكذلك العلاقات مع مقاولى الباطن الذين تمتد إليهم حقوق ومسئوليات المقاول الأساسى.

العمل بآخرين

بصفة عامة فإن للمالك الحق فى القيام ببعض الأعمال المتعلقة بالمشروع بمعرفته أو بواسطة مقاول أخر منفصل تابع له.

لذلك فإن المشاكل الناجمة عن التداخل أو تعاون الجهود والتى يمكن أن تؤثر على أعمال الأخرين يتم إضافتها وتوضيحها فى الشروط العامة.

فض المنازعات

يتم وضع شروط توضح طريقة فض المنازعات الناجمة عن العمل بشئ من التفصيل سواء سلمياً أو بالتحكيم.

الوقت

يتم توضيح تاريخ البدء فى المشروع وتاريخ الانتهاء ومنها يتم توضيح المدة اللازمة لتنفيذ المشروع والتى بناء عليها يقوم المقاول بعمل جداول البرامج الزمنية اللازمة للانتهاء من المشروع والذى يجب إعتمادها من الاستشارى (إن وجد) والمالك أو من يمثله والتى بموجبها يتحدد أى تأخير فى العمل وأسبابه ومدى استحقاق المقاول لتمديد الزمن طبقاً لهذا التأخير أو مدى خصم غرامات التأخير عليه طبقاً للحالة، ويجب أن يتم توضيح الظروف القهرية التى تكون خارجة عن الإرادة والتى يتعطل فيها العمل.

المستخلصات والدفع

يتم توضيح طريقة إعداد المستخلصات طبقاً لتقدم العمل بطريقة واضحة ومحددة ومتى يتم تقديم هذه المستخلصات الدورية وأقل قيمة لها والمدة اللازمة لمراجعتها من المالك أو من يمثله من الشئون الفنية والمالية وإجراءات إرتجاع هذه المستخلصات عند ظهور أخطاء بها فى مراحل المراجعة المختلفة .

ويجب توضيح أن موافقة المالك على صرف هذه المستخلصات لا تعتبر موافقة منه على قبول العمل.

كما يوضح الأسباب التعاقدية والقانونية التى تتيح للمالك حق تعليق مستحقات المقاول وعدم صرفها ومنها على سبيل المثال عدم إصلاح الأعمال المعيبة، الدعاوى المرفوعة من طرف ثالث، وفشل المقاول المستمر فى الخضوع لشروط وأحكام العقد.

عند إنتهاء الأعمال جميعها يتم عمل المستخلص النهائى بعد قيام المقاول بتسليم شهادة مخالصة الى المالك بأنه قد تسلم جميع حقوقه المالية وليس له الحق فى الرجوع على المالك بأي صورة من الصور، وأحياناً كثيرة يتم عمل إتفاق بين كل من المالك والمقاول بتنازلهما عن جميع الدعاوى المرفوعة من كل منهما على الآخر قبل الموافقة على المتسخلص النهائى.

إجراءات التسليم المؤقت (الإبتدائى)

يتم التسليم الإبتدائى للمشروع كما يلى:

- بعد إتمام الأعمال وذلك بقيام المقاول أو من يمثله بإخطار المالك كتابة بأن كافة الأعمال وضعت موضع التشغيل وجاهزة لإجراء التجارب التى تتم بمعرفته وفى حضور المالك أو من ينوب عنه والمهندس المشرف على التنفيذ (إن وجد).
- بعد ثبوت نجاح التجارب وقيام المقاول بتوريد قطع الغيار والأجهزة المساعدة والرسومات المنفذه (As Built Drawings) يتم اثبات ذلك فى محضر تجارب للمشروع.
- بعد استقرار التجارب الفترة اللازمة التى يتفق عليها بين المالك والجهة التى سوف تتسلم المشروع لتشغيله والانتفاع به أو إذا ما كان المقاول هو الذى سوف يقوم بالتشغيل لفترة معينة منصوص عليها بالتعاقد.
- فى حالة عدم نجاح التجارب يلتزم المقاول بإعادة التجارب على نفقته الخاصة حتى نجاح التجربة بعد الفترة اللازمة لها.
- يتم التسليم المؤقت (الإبتدائى) للانتفاع بالمشروع وتشغيله وإثبات أى ملاحظات أو أعمال ناقصة لم تتم وذلك بكشف للملاحظات وبحيث لا تكون لهذه الملاحظات أى تأثير على تشغيل المشروع والانتفاع به وفى حالة ما إذا كان المقاول لم يقم بتوريد أى من الأجهزة المساعدة أو قطع الغيار أو إعداد الرسومات أو أى مستندات يتعهد المقاول أو من يمثله بنهوها خلال فترة يتفق عليها وتكون هذه الفترة خلال سنة الضمان.
- يكون للمالك الحق فى خصم مبالغ أو تعليتها بالأمانات من مستحقات المقاول نظير نهو وإتمام هذه الأعمال أو استمرار خطاب الضمان وترد هذه المبالغ بعد إنجاز المقاول لكافة هذه الالتزامات.

- فى حالة ظهور أى جزء من أجزاء العمل معيبة أو تالفة خلال سنة الضمان فعلى المقاول استبدال المعيب أو التالف أو القيام بإصلاحها فى حالة ثبوت جدوى هذا الإصلاح على حسابه الخاص وفى حالة رفضه يتم الإصلاح خصماً من مستحقاته أو طبقاً لما ينظمه العقد فى هذا الخصوص ويمتد ضمان الجزء المستبدل لمدة سنة من تاريخ الاستبدال.

التسليم النهائى

- قبل الإنتهاء من مدة الضمان وبعد قيام المقاول بنهو كافة التزاماته يقوم المقاول بإخطار المالك كتابة لتحديد موعد للمعاينة وتشكل لجنة الاستلام النهائى بحيث تتضمن الجهة المالكة والجهة المستفيدة من المشروع والتى قامت بالتدريب على التشغيل والصيانة طوال سنة الضمان والمقاول والاستشارى (إ ن وجد).
- فى حالة ظهور أى أعمال أو التزامات لم تستكمل يؤجل التسليم النهائى حتى يفى المقاول بجميع الالتزامات المقررة طبقاً للتعاقد والشروط الفنية وأصول الصناعة وتمد فترة الضمان تبعاً لذلك.
- متى اسفرت المعاينة عن مطابقة الأعمال للشروط والمواصفات الفنية الأصلية أو تعديلاتها التى تضاف أثناء التنفيذ للمشروع واتضح للجنة أن المقاول أنهى جميع التزاماته يتم تحرير محضر الاستلام النهائى موقعاً من المقاول والمالك والجهة المستفيدة القائمة على التشغيل مستقبلاً والمهندس المشرف على التنفيذ (إن وجد).
- لا يخل هذا التسليم النهائى بمسئولية المقاول بمقتضى القانون المدنى المصرى.
- بعد إتمام التسليم النهائى يعمل المستخلص الختامى بين المالك أو من ينوب عنه وبين المقاول أو من يمثله وطبقاً للموضح فى البند سابقا.

التأمين

توضح الشروط العامة المجالات التى يلزم تغطيتها بالتأمين على الأعمال والعمال بما فيهم موظفى المقاول والاستشارى والمالك المعينين بالمشروع والطرف الثالث ضد جميع المخاطر ومنها الحوادث والسرقة والحريق ... الخ لدى شركة تأمين مقبولة من المالك وإصدار شهادات

التأمين باسم المالك وتوضح أيضاً التعويض المناسب لكل حالة، كما تغطى جميع إلتزامات المالك والمقاول والطرف الثالث ويتم إرسال شهادات التأمين الى طرفى التعاقد.

التغيرات

توضح الشروط العامة أسلوب عمل أوامر التغيير للأعمال التى تتغير فى العقد ومدى الوقت اللازم لهذا التغيير لإضافته الى أو خصمه من مدة العقد وكذلك التغيير المطلوب لإضافته الى أو خصمه من قيمة العقد وذلك دون التأثير على وثيقة التعاقد نفسها.

كما توضح أسلوب التفاوض بين الأطراف المختلفة للاتفاق على الآثار الناجمة عن التغيير من حيث الوقت والتكلفة.

تصحيح الأعمال

يعطى هذا البند من الشروط العامة الحق للمالك فى رفض الأعمال المعيبة أو الغير مطابقة لشروط العقد والتى يلزم استبدالها أو إصلاحها بمعرفة المقاول وعلى حسابه، وذلك خلال مدة المشروع بما فيها سنة الضمان.

إلغاء العقد

يجب أن تتضمن الشروط العامة هذا البند الذى يتيح للمالك الحق فى إلغاء العقد نتيجة فشل المقاول، وعلى سبيل المثال فشل المقاول فى إتمام العمل فى موعده المحدد أو عدم إنجاز الأعمال كما يتيح للمقاول الحق فى الإلغاء فى حالة فشل المالك فى الوفاء بالتزاماته.

س- الشروط الخاصة المكملة

تعتبر الشروط الخاصة مكملة للشروط العاملة لتلائم القوانين المحلية والظروف البيئية والظروف الخاصة بكل مشروع على حدة، وتكون أرقام بنود هذه الشروط مماثلة لما يشابهها من الشروط العامة وذلك عند إضافة أو حذف بعض نصوص الشروط العامة.

٥- طرح الاعمال

يلزم على مقدمى العطاء المتناقصين القيام بمعاينة المشروع معاينة نافية للجهاله والاطلاع على مستندات طرح العطاء بإصدار مجموعة من الاستفسارات التي تهدف إلى ايضاح الاعمال سواء عن طبيعة المشروع ومكوناته وعن كافة مستندات طرح العطاء – ويلزم على المالك و استشاري المصمم الرد على كافة هذه الاستفسارات بوضوح وبلا غموض و يحق له ان يعدل و يصوب ما دعت الحاجه شريطة اخطار كافة المتناقصين بهذه التعديلات و هذا يشمل الخامات و البيانات و التصميمات و كافة بنود الاعمال لكافة التخصصات الهندسية كما و انه يحق للمقاول اعادة الاستفسار اكثر من مره وصولا به في النهاية لادراك طبيعه المشروع و يحجب عنه اى لبس قد ينشأ من تعارض أو تضارب معلومات أو بيانات بما يمكنه من وضع اسعار عطائه بصورة سليمة تعكس ادراكه للمشروع ومكوناته.

كما يمكن قيام المتناقص و استشاريه بتضمين عرضه الفني للعطاء بنماذج من تصميماته و رسوماته التنفيذية المقترحه و يعد هذا ملزما في حاله المشروعات المطروحة بنظام التصميم و البناء Design and Build .

٦- التنفيذ

بعد رسو العطاء يكون من واجبات المقاول– بنفسه – اعادة دراسة المشروع بكافة مكوناته و بنوده و مقوماته و التأكد من الملائمه الكاملة لتنفيذ جميع الاعمال و تشغيلها بامان محققه الهدف المرجو من المشروع للمالك و بلا ضرر منها او علي ما حولها من ممتلكات و افراد و مرافق و عليه الافصاح للمالك عن إيه مشكلاته تنفيذيه قد يراها أو مستجدات قد تمنع تحقيق المروع لهدفه او تنفيذه او قد توثر على سعره (والتي تدرس بمعرفه لجان متخصصة لبيان احقيته من عدمه للتعديلات السعرية claims) كما يحق للمقاول التقدم بمقترحات او تعديلات على التصميم بما يحقق مفهوم الهندسة القيميه value engineering و لا يخل بالتعاقد او القوانين المعمول بها و التي تم الطرح والترسيه بموجبها و بخاصة ما قد يودى هذا التعديل إلى وفر في تكاليف الاعمال المتعاقد عليها أو سهولة في التنفيذ أو تحسين اداء المشروع لوظيفتة المطلوبة او نجاحه و يمكن اذا ارتأت الجهه الطارحه –

المالك – ذلك و وافقت عليه فيجب ان يتضمن هذا المبدأ في مستندات التعاقد قبل الطرح و ينص عيه صراحه ان هذا المبدأ من مبادئ التعاقدات الدولية و الفيديك و الهندسة القيميه معمول به و بالتالي يحق للمقاول أن يصرف له مقابل الوفر المتحقق ما قيمتة ٥٠% من هذا الوفر على أن تكون ال ٥٠% الاخرى من نصيب المالك

ويلزم أن يقوم المقاول با ستكمال مايلى بمعرفته او بمعرفه استشاريوه والتي تصدر بمعرفته و كأنه هو من قام بأعداد التصميمات بنفسه و تصبح مسئوليته عنها خالصه عليه و علي ان تعتمد من المالك او استشاري الاشراف علي التنفيذ :

- تقديم البرنامج الزمني التفصيلي للاعمال باحد البرامج و بما في ذلك جميع الاعمال الحقلية و التصميمية التالية.
- القيام باعادة جميع الاعمال المساحية والتحقق منها و رصد اي تغيير قد يطرأ لها او عليها أو حولها من منشأت او ممتلكات او مرافق بما قد يوثر علي تحقيق المشروع لمتطلبات التشغيل الامن و التام و المحقق للهدف منه. و الذي في حاله حدوثه يقدم للمالك لتقييمه و البت فيه و توجيه المقاول بالرأي الفني و اثره المالي و التعاقدي .
- القيام بإعمال الجسات التأكيديه للتحقق من إيه حيود قد يطرأ علي الجسات الاسترشادية الوارده بمستندات الطرح و ما بها من توصيات . و الذي في حاله حدوثه يقدم للمالك لتقييمه و البت فيه و توجيه المقاول بالرأي الفني و اثره المالي و التعاقدي
- ٤- اعادة تصميم المشروع والتحقق من ملائمتة للوظيفة المطلوبه منه بصورة أمنه فنيا و تشغيليا وبما يحافظ على الافراد و الممتلكات والمرافق في نطاق الإعمال
- ٥- تقديم النوت الحسابية في جميع التخصصات المؤيده لذلك بعد اقتراح التغير أن وجد.
- تقديم الرسومات التنفيذة و التشغيلية والتفصيلية تبعا لما يضمن له التنفيذ الجيد للاعمال او ما قد يطلبة منه اضافه المالك .
- تقديم الكتالوجات والبياناتو جداول الضمان و كافة المعلومات عن كافة التوريدات و المهماتو خلافه .
- انتاج رسومات طبقا للمنفذ بعد انتهاء اعمال التنفيذ و تراجع وتعتمد من المهندس المشرف (المالك أو استشاري الإشراف على التنفيذ)

و يسن لاستشاري الإشراف التنفيذ (سواء كان هو عينه المصمم او لا) دراسة مقترحات المقاول وتقييمها فنيا وماليا و الوصول إلى توصيات بشأنها حتى لو ادت إلى تعديلات أو تغييرات أو تطوير و من ثم عرضها على المالك لاتخاذ الصواب بشأنها الذي يضمن نحاج المشروع وتحقيقه لاهدافة.

وتتضمن نطاق الاعمال المنتجة من المقاول ما يلى:

أ – الرسومات التفصيلية **Detailed/ Shop Drawings**

نظراً لعدم احتواء الرسومات التصميمية للتفاصيل الدقيقة الواضحة لكل جزء من مكونات المنشأ المختلفة، لذلك يجب على المنفذ بعد رسو العطاء (المقاول – مقاول الباطن – المورد – المصنع ...) إعداد رسومات تفصيلية دقيقة واضحة تحتوى على كل المعلومات التفصيلية اللازمة للتنفيذ بما فيها المنحنيات البيانيةلطرق الإداء والجداول المتضمنه الخامات للمكونات وطرق التركيب ونظام التشغيل التى سيتم إعتمادها واستعمالها وتسليم هذه الرسومات الى الاستشارى أو المالك للاعتماد. ويظل المقاول مسئولا وحده عن دقة الرسومات و مابها من معلومات فنية او تحديد للخامات او المواد او المهمات المدنية و الكهروميكانيكية وملائمتها للتنفيذ من عدمة.

ب– الرسومات طبقاً للمنفذ **As Built Drawings**

يجب أن يقوم المقاول بإعداد رسومات كاملة الأبعاد والتفاصيل الدقيقة طبقاً لما تم تنفيذه على الطبيعة وتقديمها الى المالك كمستندات يحتفظ بها ويسترشد بها فى أعمال الصيانة والتشغيل.

٧– الاعمال المعمارية

١-٧ الموقع العام

يجب توزيع الوحدات بالموقع العام لمحطات التنقية بطريقة تسمح بتوافر العناصر التالية:

- مراعاة عمل مطالع (Ramp) فى الأرصفة .
- مراعاة أن يكون إرتفاع الارصفة بوجه عام مناسب وغير مرتفع حتى لا يعوق إستخدامه من السيارات فى حالات الطوارئ .

- يضاف غرفة أمن بجوار المداخل الفرعية للمحطة .
- توفير المسطحات الخضراء بين وحدات المحطة فى الموقع العام.
- تزويد موقع المحطة بمصدر كهرباء (خط كهرباء عمومى) إضافى ليكون إحتياطياً فى حالة أى عطل فى الخط الرئيسى وتوصيل هذا الخط بالمبانى والوحدات الهامة وبممرات الهروب، ليعمل أتوماتكيا عند أى إنقطاع بالخط العمومى وبما يتماشي مع تصميم أعمال الكهرباء.
- مراعاة الجانب الجمالى فى عمل سور الموقع وتصميم ابراج الحراسة الخاصة بالموقع.
- يراعى الأعتماد قدر الأمكان على الإضاءة الطبيعية و التهوية الطبيعية فى وحدات المبانى .
- يتم تحديد المواصفات الخاصة بمواد التشطيب والخامات المستخدمة داخلياً (داخل المبانى) وخارجياً (واجهات المبانى والفراغات الخارجية) كل فراغ حسب وظيفته .
- يراعى إستخدام مواد نهو (بالذات الخارجية فى الواجهات) التى يسهل صيانتها، أن تكون غير مكلفة إقتصادياً، ويفضل إستخدام مواد وخامات طبيعية لذلك .
- الطرق الرئيسية والفرعية تكون بالعرض الذى يسمح بدخول وخروج السيارات والمعدات وعمل المناورات اللازمة لذلك، مع مراعاة ربط مناسيب الطرق والأرصفة مع مناسيب المنشآت التى سيتم تنفيذها (ولا يقل عرضها عن 6متر بخلاف الأرصفة)
- وجود غرفة الأمن والاستعلامات بجوار المدخل الرئيسى للمحطة.
- يتم تنسيق وحدات المحطة بطريقة تسمح بسهولة الحركة داخل المحطة بين وحداتها المختلفة وللاقتصاد فى خطوط المواسير المختلفة.
- فى حالة إنشاء مبانى سكنية للعاملين يجب أن تكون وحدات سكن العمال والمشرفين والمهندسين بعيدة عن وحدات التنقية ويفضل أن يكون لها مدخل مستقل محاط بسور خاص مع دراسة اتجاه الرياح لتفادى التعرض للغازات إذا حدث تسرب لغاز الكلور.
- يلزم تزويد الموقع بشبكات التغذية – الرى – الصرف الصحى – غسيل الوحدات و تجميع مياه الفائض – الكهرباء القوي –الإنارة – الاتصالات – مقاومة الحريق.
- وجود أماكن لانتظار السيارات.

فيما يلى توضيح يعض الشروط الواجب إتباعها عند تصميم بعض الوحدات والتى يراعى فيها الناحية الجمالية (تنسيق الألوان والارتفاعات)

٧-٢ عنبر المضخات

- يراعي سهولة توصيل الكهرباء من مصادرها مع مراعاة النواحى الاقتصادية.
- مراعاة أن تكون المسافة مناسبة بين كمرة الونش وأوطى نقطة بكمرة السقف بحيث لا تعوق التشغيل الآمن خاصة فى حالة وجود ونش بعربة متحركة عرضياً.
- مراعاة التهوية والإضاءة الكافية داخل الوحدة.
- مراعاة وجود درابيزينات حول السلالم وأماكن رفع ونزول المعدات وأى فتحات أخرى.
- يجب أن تكون مجارى الكابلات غاطسة بالأرضيات ومغطاه بأغطية منسوبها مع أرضية العنبر ولها مقابض متحركة.
- يجب أن تكون أرضية عنبر المضخات من النوع السيراميك المقاوم للأحماض والحوائط من السراميك بالارتفاع المناسب.

٧-٣ مبنى المحولات والتوليد

- مراعاة أن تكون أبعاد المبنى مطابقة لمواصفات هيئات وشركات وزارة الكهرباء.
- مراعاة وجود أبواب مبنى المحولات على السور الخارجى وعلى احدى الطرق الرئيسية أو الفرعية يسهل الوصول إليها.
- مراعاة الارتفاع المناسب بين كمرة الونش وأعلى وأوطى نقطة فى كمرة مبنى التوليد.
- مراعة التهوية والإضاءة داخل الوحدة.
- التشطيبات الداخلية من مواد ملائمة للمنشآ والأرضيات غير قابلة للانزلاق وأن تكون أغطية مجارى الكابلات مع نفس منسوب الأضية.

٧-٤ الورش والمخازن

- – مراعاة أن تكون المسافة مناسبة بين كمرة الونش وأوطى نقطة لكمرة السقف.
- – مراعاة التهوية والإضاءة الكافية.
- – قريبة ما أمكن من غرف خلع الملابس.
- – التشطيبات الداخلية من مواد ملائمة للمنشأ والأضيات غير قابلة للانزلاق وعمل مجارى الكابلات فى منسوب الأرضية ولها مقابض متحركة

٧-٥ مبنى الكيماويات والكلور

- سهولة دخول وخروج السيارات الحاملة للمهمات واسطوانات الكلور وأدوات الصيانة.
- يلزم استخدام مواد التشطيب المضادة للكيماويات بعمل الأرضيات من السيراميك المقاوم للأحماض و كذلك الحوائط بالارتفاع المناسب ولا يقل عن جلسة الشبابيك.
- يلزم أن تكون القواعد الحديدية الحاملة للاسطوانات مزودة بأربعة درافيل دوارة (عجل حديد) لكل أسطوانة وعلى أن تبعد القواعد مسافة لا تقل عن ١،٠٠ متر من الحوائط الجانبية لتسهيل الحركة وضبط وضع الأسطوانة والصمامات على وضع التشغيل السليم.
- يفضل عمل ونش علوى (مونوريل) بمسافة مناسبة بين كمرة الونش وأوطى نقطة فى كمرة المبنى لكل صف اسطوانات وبحيث لا تتعارض الكمرات الساقطة فى مدخل مبنى الكلور مع مسار كمرة الونش وعلى ارتفاع مناسب لسهولة تداول الاسطوانات من سطح السيارات.
- يجب أن تمتد كمرة الونش خارج المبنى لمسافة كافية تسمح بالتحميل والتفريغ الآمن.
- عمل تصميم جيد لشبكة مضخات الصودا الكاوية الخاصة بالتعادل بحيث يسهل الكشف عليها دورياً.
- عمل مجارى خرسانية ذات أغطية سهلة الرفع لمرور مواسير حقن الكلور من النوع الـــ PVC أو ما يماثله.
- يلزم أن تكون فتحات التهوية بارتفاع يزيد على ٥٠سم من أرضية مبنى الكلور وبفتحة لا تقل عن ٣٥×٣٥ سم وعلى أن لا تزيد المسافة بين كل فتحتين على ٢,٠٠ متر.
- فى حالة وجود غرفة معادلة غاز الكلور المتسرب يلزم أن تكون فتحة الباب لها من الخلف خارج العنبر وأن يكون ارتفاع الشفاطات الموجودة بهذه الغرفة من ناحية عنبر الاسطوانات وعلى نفس منسوب صمامات تشغيل الاسطوانات العاملة.
- يجب توافر الشروط الأتية فى قاعدة برج التعادل:

  - أن تكون القاعدة الخاصة بتثبيت برج التعادل بارتفاع لا يقل عن ٢,٠٠ متر من أرضية مبنى الكلور.
  - أن تكون الحوائط الداخلية معالجة بمواد مقاومة للأحماض.
  - أن تكون الفتحة العلوية الخاصة بتثبيت البرج مبطنة بمادة مطاطية (كاوتش) مانعة لتسرب الهواء.

٦-٧ مبنى الإدارة والمعمل

- يجب الا تقل مساحة المعمل عن متطلبات فرش الاجهزة المعملية المطلوبة لأعمال التشغيل و الصيانة و طبقا لكود التشغيل و الصيانة لمحطات تنقية مياه الشرب و معالجة الصرف الصحي .
- مراعاة قربه من المدخل الرئيسى للمحطة لسهولة السيطرة على العمل والعاملين والوصول لباقى المبانى المختلفة وتسهيل أخذ العينات سواء يدوياً أو بواسطة مضخات ومعدات خاصة.
- دراسة اتجاه الرياح لتفادى تعرض المبنى لأى غازات متسربة مع ضرورة تزويد المعمل بنظام خاص لتصريف الغازات.
- توفير التهوية والإضاءة الكافية داخل الوحدة.
- يلزم استخدام مواد التشطيبات للأرضيات من السيراميك المقاوم للأحماض والاحتكاك وكذلك الحوائط.
- يلزم وجود فتحات علوية جانبية لتركيب شفاطات لطرد الغازات والأبخرة بحيث يكون منسوب هذه الفتحات أقل من منسوب سقف المعمل بمسافة كافية.
- مراعاة توافر التوصيلات الصحية الخاصة بالأحواض (مياه – صرف صحى) التى تلائم المعمل.
- يجب تكسية أسطح ترابيزات المعمل بالرخام الطبيعى أو السيراميك أو ما يماثلهم.
- يفضل أن يكون المعمل بالدور الأرضى فى حالة إنشائه مع مبنى الإدارة، وأن يكون له مدخل مستقل وأن يقسم إلى عدة معامل فرعية مثل الكيماوى والبكتريولوجى والبيولوجى والطبيعى وحجرة الغسيل وحجرة الموازين ومكاتب الكيماويين والمشرفين.

٨- الأعمال الإنشائية

يرجع للكودات المصرية الخاصة بأعمال البناء.

٩- الاعتبارات البيئية والصحية

من خلال الاهتمام بمشروعات البنية الأساسية والحفاظ على الصحة العامة تأتى الاشتراطات البيئية والصحية لمشروعات الصرف الصحى نتيجة تعاون بين الوزارات والجهات المعنية

وذلك بغرض الاهتمام صحياً وبيئياً بهذه المشروعات وليتم تلافى الآثار السلبية الناتجة عن عدم تطبيقها.

يعرض هذا الباب الاشتراطات الصحية والبيئية الواجب توافرها عند إنشاء محطات الصرف الصحى بهدف التوسع فى البنية الأساسية مع مراعاة المحافظة على الصحة العامة والبيئة.

أولا: الاشتراطات البيئية والصحية الواجب مراعاتها عند إنشاء محطات معالجة مياه الصرف الصحى

- يجب أن يكون الموقع مستوفى للاشتراطات الصحية الواردة بقرار وزير الصحة رقم ١٩٩٧/٢٧ وما يطرأ عليه من تعديلات من حيث شرط المسافة عن الكتلة السكنية وفي حالة تعذر هذا الشرط يجب أن يراعي تصميم المحطة بطريقه تضمن الحفاظ علي البيئة المحيطة والصحة العامة.
- يجب أن لا تمر مواسير الصرف على مسطحات المياه العذبة .
- يجب الحصول على موافقة وزارة البيئة على دراسة تقييم الأثر البيئى للموقع **على ان يستوفى الشروط الآتية:-**

- يراعي أن يكون موقع المحطة فى الجهة الجنوبية أو الجنوبية الشرقية بالنسبة للكتلة السكنية بحيث يكون معاكساً لاتجاه تيار الرياح السائدة بالمنطقة .
- تقديم طريقة التخلص النهائى من المياه المعالجة طبقاً للمعايير المتضمنة فى القوانين المعمول بها أو استخدامها طبقاً للكود المصرى لإعادة الاستخدام.
- تقديم طريقة التخلص الآمن النهائى من المخلفات الصلبة ومخلفات عملية المعالجة المختلفة.
- تقديم طريقة معالجة الحمأة وكيفية التخلص الآمن منها.
- أن يتم تقديم كيفية التعامل مع مياه الصرف الخام الداخل إلى المحطة فى حالة حدوث طوارئ تتسبب فى تعطيل المحطة بالكامل.

ثانيا: بيئة العمل

اتخاذ الاحتياطات اللازمة لحماية العمال من الانبعاثات الغازية الضارة

ينتج عن بعض عمليات معالجة مياه الصرف الصحى انبعاث غازات ضارة مثل غاز الميثان وكبريتيد الهيدروجين والذى يؤدى إلى حدوث إختناقات .

كما يمكن أن يؤدى تسرب غاز الكلور شائع الاستخدام فى تطهير مياه الصرف الصحى من الميكروبات والمسببات المرضية المختلفة إلى الاصابة بضيق التنفس وبعض أعراض الاختناق والتى قد تصل إلى الموت السريع فى حالة التعرض لجرعات عاليه منها .

لذلك يجب اتخاذ الاجراءات الوقائية الآتى بيانها لحماية العاملين بالمحطة

- الرصد المستمر لنوعيه الهواء بالمحطة وداخل عنابر التشغيل .
- حظر تناول الغذاء أو التدخين إلا فى الاماكن المخصصة لذلك .
- رصد نوعيه المياه الخام للتأكد من عدم القاء مواد متفجرة أو مواد ضارة لعملية المعالجة أو العمالة داخل المحطة.
- توفير الملابس المناسبة التى تمنع وصول الكلور للجسم حيث انه يصيب الجلد بالالتهابات .
- توفير أجهزة التنفس الصناعى .
- ضرورة تزويد الموقع بأجهزة قياس تركيز الغازات المختلفة .
- يجب ان يشتمل الموقع على جهاز لقياس تركيزات الغازات السامة والخطرة ومن الافضل ان يتوفر جهاز واحد يقوم بقياس عدد من الغازات ويكون سهل التشغيل وتدريب العاملين على تشغيل الجهاز.
- زرع الاشجار حول المحطة لصد الرياح والتقاط الايروسولات والجسيمات .

الضوضاء:

- يجب الالتزم بالحدود القصوى للضوضاء للبيئة الداخلية للعمل (محطة المعالجة) والبيئة المحيطة بالسكان كما ورد بالتشريعات المصرية مع اخذ الاحتياطات الواجبة للتخفيف من الاثار المترتبة عن ذلك.

- ضرورة الالتزام باختيار معدات لا تزيد درجة الضوضاء الخاصة بها عن الحد المسموح به بالكود.

الاشتراطات اللازمة لحماية البيئة المحيطة:

- عند انشاء محطات الصرف الصحى يجب مراعاة الخطط المستقبلية للطاقات الاستيعابية للمحطات .
- التعامل مع التدفقات المفرطة لشبكة المجارى .
- التعامل مع تراكم الغازات السامة و المتفجرة فى مواسير المجارى .
- إتاحة منطقة فاصلة كالأشجار او الأسيجة بين مناطق التجهيز و المستقبلات المحتملة .
- يجب الالتزام بالاشتراطات الصحية لمواقع محطات معالجة الصرف الصحى و البعد عن الكتلة السكنية
- عمل برنامج توعية صحية و بيئية للكتلة السكنية المحيطة لتجنب الحد من المخاطر المعرضون اليها
- تركيب سور (سياج) حول محيط المحطة بارتفاع كاف ومن مادة مناسبة، وله بوابه تقفل بالأقفال.
- استخدام سجل لزائري الموقع.
- إضاءة الموقع حيثما يلزم ،وحيث إن ذلك قد يمثل إزعاجا ضوئيا للجيران ،فيجب اختيار تركيبات الإضاءة مما يقلل التلوث الضوئي المحيط.
- تطبيق نظام مراقبه جودة المياه المنصرفة والرقابة الداخلية من قبل القائمين على التشغيل.

الإجراءات الملزمة للمقاولين أثناء مرحلة الإنشاء:

- تنفيذ كل اجراءات التخفيف (الواردة بعاليه فى خطة الإدارة البيئية والإجتماعية أثناء مرحلة الإنشاء) أثناء عمليات الحفر والإلتزام بإجراءات التخفيف الممكنة للحد من التأثيرات البيئية والاجتماعية السلبية الهامة للوصول إلى الحدود المقبولة.
- استخراج التراخيص اللازمة لتنفيذ المشروع ومنها وزارة الموارد المائية والرى ، إدارة المرور ، هيئة السكك الحديدية ، الهيئة العامة للآثار ، وخلافه.

- إجراء التحاليل للمياه الناتجة من الحفر لتحديد مكان صرفها على مصارف أو ترع طبقاً لمعايير القانون ١٩٨٢/٤٨ وتعيلاته ، والخاص بحماية نهر النيل وفروعه وروافده والترع والمصارف والمياه الجوفية ، وتبعاً للقرارات الوزارية المحددة للحدود القصوى للملوثات.
- تنفيذ خطة الإدارة البيئية والاجتماعية بكل محتوياتها (خطة الطوارئ – الخطة المرورية – اجراءات التخفيف من التأثيرات السلبية – ادارة المخلفات الصلبة العادية والخطرة – توزيع المهام والمسئوليات ...).
- أن لا يعوق الطريق أو يدمره بل عليه حمايته وتأمينه للمشاه ، بوضع التحذيرات للمشاه سواء نهاراً أو ليلاً (علامات تحذيرية وشرائط وأنوار) ويعين عامل مسئول عن ذلك ، وأن يحافظ على البنية التحتيه (خطوط انابيب الغاز وخطوط النقل أو غيرها) من الإستثمارات ذات الصلة ، يعتبر المقاول مسئولاً أمام الشركة عن أى أضرار تلحق بالطرق أو الجسور أو المبانى نظراً لنقل الأحمال الثقيلة.
- إتمام الحفر ، وإعادة الردم بطريقة آمنة.
- تجنب إستخدام المعدات الثقيلة أو المقلقة للراحة ، فى مناطق محددة ، فى الليل أو فى المناطق الحساسة مثل المستشفيات أو المدارس ، تجنباً لشدة الصوت (الضوضاء).
- بالحد من أعمال البناء حتى الساعة الخامسة مساءاً إذا ما أريد للمشروع أن ينفذ فى المناطق السكنية أو بالقرب منها ، تجنباً لشدة الصوت (الضوضاء) وتضرر السكان المحيطين.
- منع التلوث بالغبار والأتربة العالقة المستنشقة ، بالقيام برش المياه حتى تخمد الأتربة وفى حالات النقل على الطرق الخاصة ، يجب أن تغطى الشاحنات بالمشمع (الطربال) لمنع إنسكاب المواد وتوليد الغبار.
- بأن تستخدم المعدات المناسبة فى الحفر بحيث لا يؤثر على اساسات المنازل.
- بتوفير مهمات الوقاية اللازمة للعاملين وإلزامهم بإرتدائها وتوفير الإسعافات الأولية وإتباع كل ما جاء بقانون العمل رقم ١٢ لسنة ٢٠٠٣.
- بعدم إستخدام الإسبستوس نهائياً فى المشروعات.

- بإستخدام الطرق المحددة – خط السير – إلى موقع المشروع ، على النحو المتفق عليه مع المهندس الإستشارى وتكون المركبات بحجم مناسب للطرق ، ويجب أن يتقيد بالأحمال المنصوص عليها لمنع الأضرار التى تلحق بالطرق والجسور.
- يجب على المقاول عمل دفتر للزيارات لتسجيل الزيارات التى يقوم بها أخصائى البيئة بالشركة ومهندس الإشراف على تنفيذ المشروع ، ويطلب منهم التوقيع باليوم والتاريخ ، وأية ملاحظات لهم ، ويقدم هذا الدفتر عند الطلب للشركة القابضة للإطلاع.
- بالحفاظ على مراقبة الحركة ومراعاة إشتراطات السلامة والصحة المهنية من قبل المقاول طوال مدة العقد وهذه الإجراءات تتم تحت إشراف المهندس الإستشارى.
- الإلتزام بمطابقة مياه الصرف الناتج مع المعايير الواردة بأحكام القانون رقم ٩٣ لسنة ١٩٦٢ والقرار رقم ٤٤ لسنة ٢٠٠٠ والقرار رقم ١٦٩ لسنة ١٩٩٧ والقرار رقم ١٧ لسنة ٢٠٠٥ والقرار رقم ٩٢ لسنة ٢٠١٣ والقرارات الوزارية الأخرى المنظمة للصرف وما يطرأ عليها من تعديلات.
- يلزم اتخاذ كافة التدابير من تغطية الشاحنات بالمشمع لمنع انسكاب المواد وتولد الغبار بالاضافة الى استخدام المعدات المناسبة فى الحفر حتى لايتم التأثير على اساسات المنازل وخاصة القديم منها. وكذلك استخدام طرق محددة كخط سير الى موقع المشروع والالتزام بالاحمال المنصوص عليها لمنع الاضرار الى تلحق بالطرق بالاتفاق مع ادارة المرور التابعة.
- يلزم اتخاذ كافة تدابير الامن والسلامة من مهمات الوقاية اللازمة للعاملين وإلزامهم بارتدائها وكذلك توفير الإسعافات الاولية واتباع كل ما جاء بقانون العمل رقم ١٢ لسنة ٢٠٠٣.
- يلزم اتخاذ كافة التدابير وطبقا لأصول الصناعة فى عزل احواض المعالجة وبيارات التجميع الرئيسية بمحطات الرفع والمعالجة لمنع حدوث أى تسريب ينجم عنه تلوث التربة المحيطة.
- إلزام المقاولين بعمل كافة تدابير الامن والسلامة، انه يتم اعاقة الطرق وتدمير المرافقات لعامة والممتلكات الخاصة وتأمين المشأه ووضع العلامات التحذيرية والشرائط والاضواء وكذلك تعيين شخص مسئول عن ذلك ، كما يكون من مسئولية المقاولين اعادة الاشياء الى اصلها وعن أى اضرار تلحق خلال التنفيذ او الناتجة عن سوء التنفيذ.

خطة الاستجابة للطوارئ

قد تتسبب حالات الطوارئ المحتملة في أي مشروع أو تركيب لتلفي وقوع إصابات أو خسائر في الأرواح أو تلف الممتلكات أو العرقلة داخل وخارج حدود المشروع . ويحتمل أن تنتج الطوارئ عن تشغيل غير عاد يداخل الموقع أو بسبب طرف ثالث أو بالعوامل الطبيعية . وإذا أصبحت الطوارئ خارج نطاق التحكم - ويمكنه إحداث خسائر في الأرواح والممتلكات والمنشآت المجاورة –يمكن في هذه الحالة تعريفها كطوارئ خارجية . أما الطوارئ التي يمكن التحكم فيها بالوسائل المتاحة والتي لا تمتد خارج حدود المنشأة الصناعية يمكن تعريفها كطوارئ داخلية.

أهداف خطة الطوارئ في الموقع

١- السيطرة على حالات الطوارئ.
٢- حماية حياة الإنسان.
٣- تقليل الضرر في الممتلكات والبيئة.
٤- استعادة الحالة الطبيعية.

علي أن يتم إعداد خطة الطوارئ في الموقع للتعامل مع حالات الطوارئ بفعالية، ومن ثم تفادي الطوارئ خارج حدود الموقع . وستتضمن مستلزمات تنفيذ الخطة مايلى:

- أجهزة الإنذار والكشف المبكر قبل الإنذار، إجراءات إيقاف التشغيل الغير آمن، توفير تيار كهربائي مستمر أثناء مرحلة التصميم . وستوصل كافة عمليات التشغيل الحرجة بوحدة توليد كهرباء للطوارئ.
- حفظ مياه احتياطية لمكافحة الحريق :

  - تركيب خزان مياه إطفاء أرضى
  - تركيب أجهزة الكشف عن الدخان وأجهزة إنذار للحريق في عدة أماكن من المنشأة.
  - تزويد المنشأة بنظام آلي للكشف عن الحريق والإطفاء.
  - تعاون المنشأة مع الإدارات الحكومية المحلية في إعدادها لخط الطوارئ

Reference

- **الكود المصري لمعالجة مياه الصرف الصحي – إصدار ١٩٩٧**

- **Water and Wastewater Engineering. Design Principles and Practice. Mackenzie L. Davis. Copyright @ 2010.**

- **Wastewater Engineering. Treatment and Reuse (Fourth Edition). Metcalf &Eddy Inc. Copyright @ 2003.**

- **Wastewater Treatment Plant, Planning, Design and Operation. Sayed R. Qasim. Copyright @ 1994.**

ملحق رقم (١)

(أنواع المصافى الميكانيكية)

Wastewater Screens

General Information

Screens in sewage plants retain coarse substances and thus perform several functions:
- Protection of plant components against coarse substances which would otherwise lead to adverse effects during further treatment (activated sludge process, digestion).
- Reduction of the pollution load to be treated.

Considerable importance is attached to the choice of the open space with its effect on an increased quantity of retained minute debris substances in view of further wastewater and sludge treatment (for example denitrification/nitrification, digestion, dewatering behaviour of the excess sludge).

The choice of the type of screen, such as for example front cleaned or back cleaned screen (action of the screen rake in the direction of the current or against it) is a function of, among others:
- Wastewater flow per screen (size of plant)
- Maximum water depth
- Inlet conditions
- Required discharge height
- Possible building height
- Selected open space

Table 1 supplies preliminary information regarding the above.

1. Layout Notes

The number and dimensions of screens are a function of, among other things, the wastewater flow (with its daytime fluctuations) and of the selected open space. The maximum flow speed between screen bars should not exceed 1.2 m/sec, whilst lower values are recommended in the case of coarse screens (as otherwise the screenings retention would be reduced). The minimum speed in front of the screen should not be less than 0.5 m/sec in order to avert sand deposits. Screen installations should comprise several lines. In the case of small installations, one screen with additional emergency by-pass (manually cleaned screen) is sufficient.
Depending on the size of the plant and potential screenings quantity, the coarse and fine screens should be arranged in series (e. g. open spaces 40 mm / 6 mm).

1.1 Bar Rack Dimensions

The required bar rack dimensions can roughly be determined as follows:

$$b = \frac{Q^*(s+e)}{W^*v^*e^*(1 - f_B)}$$

In which:
b = Bar rack width (m) Q = Flow (m^3/sec)
s = Bar thickness (mm) e = Open space (mm)
W = Water depth (m)
v = Admissible flow speed (m/sec)
f_B = Assumed load factor (for clogging) (refer to DIN 19569-2, section 2.2)

1.2 Screen Types

In accordance with DIN 19569-2, screens are differentiated according to:
- the open space
  - Coarse screen, open space 20 mm to100 mm
  - Fine screen, open space 8 mm to 20 mm
  - Very fine screen, open space < 8 mm
- the cleaning action
  - Front cleaned screens
  - Back cleaned screens

Manually cleaned screens) are only used as bypass screens mostly of larger open spaces.

1.3 Quantity of Screenings

The quantity of retained screenings is chiefly a function of the open space. Recommended values:
2 to 5 litres/P a for coarse screens
5 to 15 litres/P a for fine screens
Allowance has to be made for sporadic screenings incidence (according to drains), for example following storm rainfall, and has to be taken into consideration when selecting the capacity utilization factor f_B.

1.4 Screenings Dewatering

When retained by the screen, the screenings have a water contents of approximately 85 – 95% which can be reduced by the use of screenings presses.
stems for this purpose.

2. Technical Data

2.1 Screens

Fig. 2 to 9 illustrate proven designs which provide a matching solution for all cases of application of screenings separation in sewage plants.

- Front cleaned screens clean the bar rack with the aid of the cleaner rake acting in the flow direction. The bar rack is inclined (75°) in the flow direction or is standing vertically.
- Back cleaned screens clean the bar rack with the aid of the cleaner rake acting against the flow direction. The bar rack is in most cases slightly inclined (approximately 5°) against the flow direction.
  screen drums clean the drum with the aid of a doctor blade, as well as based on the self-cleaning effect (the waste water flows through the screening cylinder at first from the outside to the inside and subsequently on the underside of the screen drum from the inside to the outside).

Table 1 provides some preliminary information concerning the choice of the appropriate type of screen.

2.2 Bar Racks

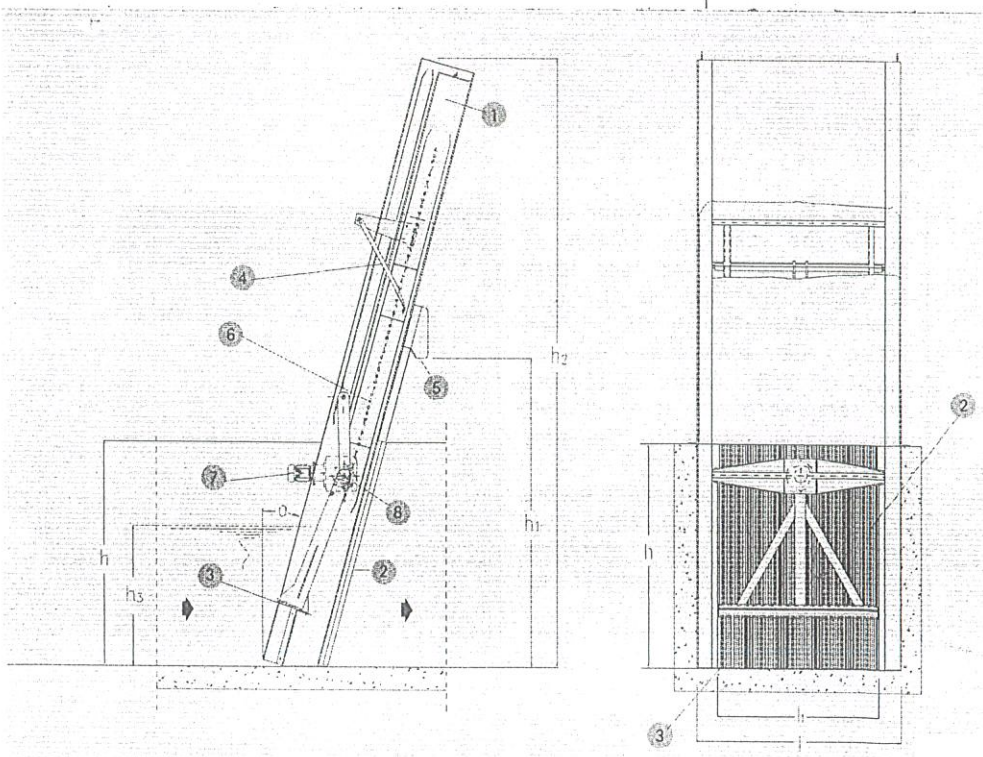
Bar racks consist of vertical parallel equidistant rows of bars. Screen bar profiles according to figure 1 have proved themselves. In view of the system-based penetration of the cleaner rake from downstream to the upper side, bar racks for back cleaned screens can only be supported at the base. It follows that the bar rack height for this type of screens is restricted (also refer to DIN 19554-3).

Bar racks for front cleaned screens can be designed for higher static loads also in the case of larger bar rack heights by the addition of intermediate supports. As far as all mechanically cleaned screens are concerned, the bar racks are formed of several interchangeable sections in order to be able conveniently to replace individual sections if damage has occurred.

The screen cylinders are wound out of trapezoidal wedge wire into bar screen drums The bar racks for the fine screens are manufactured from similar wedge wire sections.

2.3 Screen Control

All mechanically cleaned screens are controlled automatically with the aid of a water level differential measuring unit. If the set limit value (approximately 5 to 10 cm) is exceeded, the level differential measuring instrument (e. g. ultrasonic level measurement in front of and behind the screen) gives the order to start a cleaning cycle. In addition, the screen is switched on by a time switch also if the differential pressure switch does not respond following expiry of a given period. The cleaning cycle takes place fully automatically and stops in the rest position of the screen when the value of the level differential has dropped below the set value.
units are controlled as a function of the water level in the inlet, with additional safeguard against overflow.
All automatic controls also make it possible to control operations in situ.



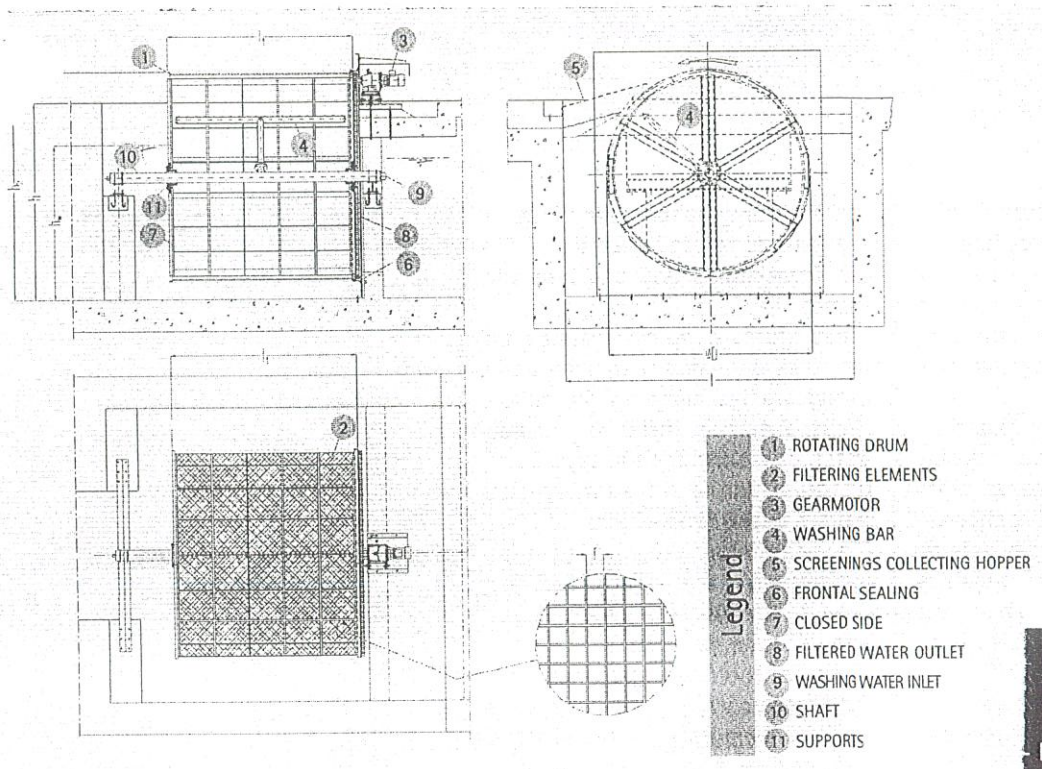
Legend

1. FRAME
2. SCREEN PANEL
3. RAKE
4. RAKE CLEANING DEVICE
5. SCREENED MATERIAL DISCARGED
6. COG RAIL
7. GEARMOTOR
8. RAKE CARRIAGE

SUB-VERTICAL PLANE CLIMBER SCREEN

Table 1

Specification	Suggested Screen Type
Bypass, emergency flow	Manually cleaned screen (cleaning with handrake)
Open space:	
very fine screen: 2,5 mm	
very fine screen: 6; 8 mm	front cleaned fine screen
	grab bar screen front cleaned headstock screen
fine screen and coarse screen: ≥ 10 mm	grab bar screen
	front cleaned headstock screen
	back cleaned screen
max. water depth: ≤ 1,2 m	grab bar screen front cleaned headstock screen
	back cleaned screen type RB and TRG
> 1,2 m	grab bar screen front cleaned headstock screen
Chamber depth: > 4 m	special design
	cable operated bar screen



ROTATING DRUM SCREEN

GPSR Sub-vertical plane climber screen

The sub-vertical plane climber screen GPSR type is installed on medium and large size civil or industrial wastewater treatment plants and complies with macro-screening requirements.
This screen consists of a sturdy frame properly sized, made of steel standard sections and press-bended metal sheets, a filtering screen, a rake-carriage, a gear motor, a system of cog rails, a system for rake cleaning and a dynamometric torque limiting device.
The filtering screen, inclined on the downstream, consists of a group of bars of rectangular profile fixed together to provide the required clear spacing between the bars.
The rake-carriage is equipped with a system for climbing on the vertical cog rails complete with guide rollers, cog wheels, drive, and arm with rake.
They are not necessary transmission chains, but the gearbox, installed on rotates around the bottom dead center the rake arm rotates to the bars causing the rake teeth to engage the bars, so the rake moves upward cleaning the bars and lifting the screenings to the discharge point where it engages the scraping blade, it is cleaned and then it moves to the park position out of water.
The mechanism is designed in such a way that the rake can climb over and be free of materials encountered that cannot be removed.
After the object has been by-passed, the rake will engage again the screen and will continue the cleaning of the bars.
In case the load on the rake carriage mechanism increases beyond a set value the load limiter stops the motor.
When the overload condition has been corrected, the motor can be activated again by a manual push button.
If necessary the operator can reverse

Strengths

- ABSENCE OF TRANSMISSION CHAINS;
- EASY MAINTENANCE;
- POSSIBILITY TO REACH HIGH DISCHARGE LEVEL;
- ABSENCE OF MECHANICAL PARTS MOVING IN WATER;
- STURDINESS.

GRSI Rotating drum screen

The rotating drum screen "GRSI" type for micro-screening is installed in water intake from sea, rivers or lakes, to be used in drinking water treatment systems, irrigation and for production processes.
The inlet is axial into the drum; the frontal surface of the screen is closed to impose to this flow to cross the cylindrical surface, composed of filtering elements, from outside to inside. The water flow becomes one again after the filtration and goes on along the axe of the drum, inside the screen, leaving it downstream. The screenings retained on the external side of the screen are pushed into an hopper by the washing water spraying from inside to outside of the drum.

and a filtering panel made of square net or perforated sheet;
- a fixed supporting shaft of the frame;
- two sturdy supports instaled on the drum, provided with self-lubricating brasses allowing the continuous operation inside or outside water, duly sized for the support of the drum during its rotation with respect to the fixed shaft;
- a gearmotor helical gear type complete for the rotation of the drum by means of a pinion engaging with the cog rail;
- a bar for filtering surface washing in counter current, from inside to outside, complete with nozzles high pressure type;
- a screenings and washing water collecting hopper;

Strengths

- LOW MAINTENANCE THANKS TO THE ABSENCE OF MECHANICAL PARTS MOVING IN WATER.
- POWER SAVINGS AND EXPECTED LONG LIFE. THE DRUM IS STATIC DURING OPERATION AND ROTATING ONLY FOR WASHING CYCLE.
- HIGH SPECIFIC FLOW RATES.
- EFFECTIVE AND COMPLETELY AUTOMATIC CLEANING.
- LOW HEAD LOSSES.
- HEAVY DUTY CONSTRUCTION.

For obstruction-free screening of solids from polluted water and other liquid media

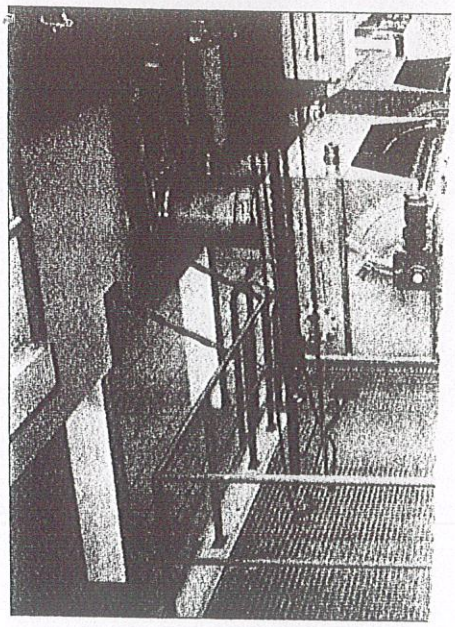
When using normal screening media, such as wire mesh, perforated metal plates etc. to retain solids, there is a risk of reducing the open mesh due to obstructions.

Thanks to the self-cleaning feature of the Rotopass, solids depositing in the gaps between the wedge-shaped wires are continuously washed out and removed by the doctor blade resp. so that they can be transported away with a minimum of water or liquid.

The polluted water fed to the Rotopass enters the steel tank through the inlet(s) and flows over the distributor blade to the screening cylinder. The water flows through this cylinder from the outside to the inside and then leaves through the bottom section. During this phase, the screen cylinder is coated with solids and debris which result in water level rise in front of the cylinder.

Due to the rotation of the screening cylinder, the solids having accumulated on the surface are carried along the cylinder's periphery and are removed by the doctor blade.

As the accumulation on the cylinder increases, the level measuring device – which is available as an accessory – automatically speeds up the electric drive. As a result of doubling the number of revolutions and thus also the peripheral speed of the screening cylinder, the effective surface section is replaced and cleaned more quickly. This raises the

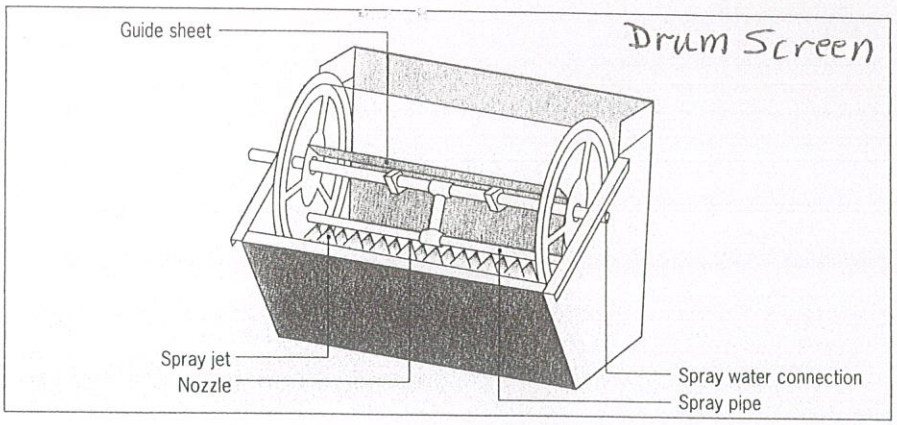


Rotopass stainless steel wedgewire scree

throughput performance of the Rotopass. If, despite twice the number of revolutions, the accumulation in front of the screening cylinder continues to increase, an alarm is triggered before the water level reaches the upper edge of the cylinder. The (waste water) feed pump can then either be switched off or a bypass can be opened.

This operation mode of the pump can be incorporated in the control cabinet. Following switch off by the alarm contac the pump starts up again after a delay.

The decisive advantages of the Rotopas include its selfcleaning ability. The constant flushing effect of the falling water liquid medium effectively prevents any obstruction of the screen cylinder.



The diagrammatic view illustrates the self-cleaning principle of Rotopass-wedgewire screen.

Design

- Steel tank:
  Sheet metal housing is made of stainless steel, material No.1.4301/1.4541 (stainless steel 304/stainless steel 321), in the shape of a trough. The housing incorporates the components and is mounted on four legs. The flange connections are designed as loose flanges. The outflow flanges can be adapted to local conditions.

- Type:
  The inflow and outflow can be supplied in different variants arrangements, following request.

- Dimensions:

Diameter mm	Length mm
360	500; 750; 1000
627	500; 750; 1000; 1500; 2000
1250	1500; 2000; 2500

- Wedgewire screening cylinder:
  The distorsion-free screen cylinder is made of stainless steel, material No. 1.4301/1.4541 (stainless steel 304/stainless steel 321). A strand of wedge-shaped sectional wire forms a spiral round the horizontal inner support bars and is welded at the crossing points resulting in radial screen gaps.

- Openings available (mm):
  0.25, 0.50, 0.75, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0

- Drive:
  Standard worm geared motor of 2 speeds, directly coupled to the screen cylinder drive shaft.

- Doctor blade:
  The scraper is pressed against the surface of the revolving cylinder and thus scrapes off the accumulated solids.

- Spray pipe 1" including solenoid valve.

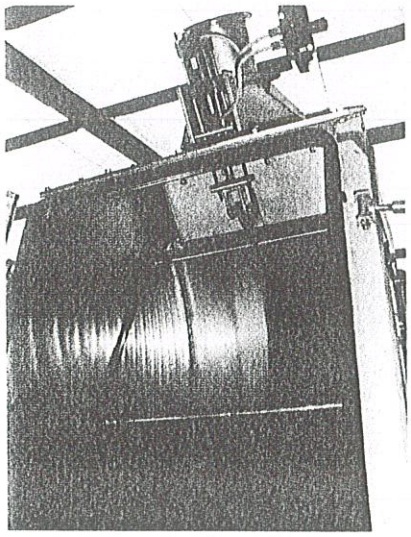
- Seals:
  In order to seal the screen cylinder against the steel tank, seals made of cast polyamide/Viton are used. PTFE seals can be supplied for an extra.

Printed on chlorine-free bleached paper with colours free of heavy metal

Microscreen

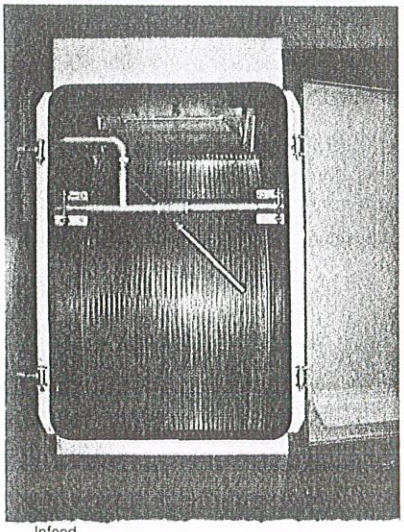
High-Performance Screen with Modular Design

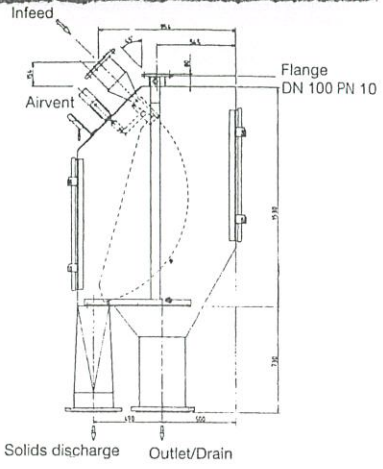
The Microscreen is a high-performance static screen with modular design and without moving parts. It is especially suitable for separating solids containing fibers and is used for low volume flows.



Function:

The medium is pumped onto the screen by a 4-nozzle-feeder-line. Each nozzle can be closed separately with a globe valve in order to optimize the desired throughput capacity. The inlet stream meets the screen panel tangentially and the solids are held back on the surface. The main dewatering process takes place at the upper part of the screen surface. The solids slide to the solids discharge and the filtrate is evacuated through to the outlet/drain.



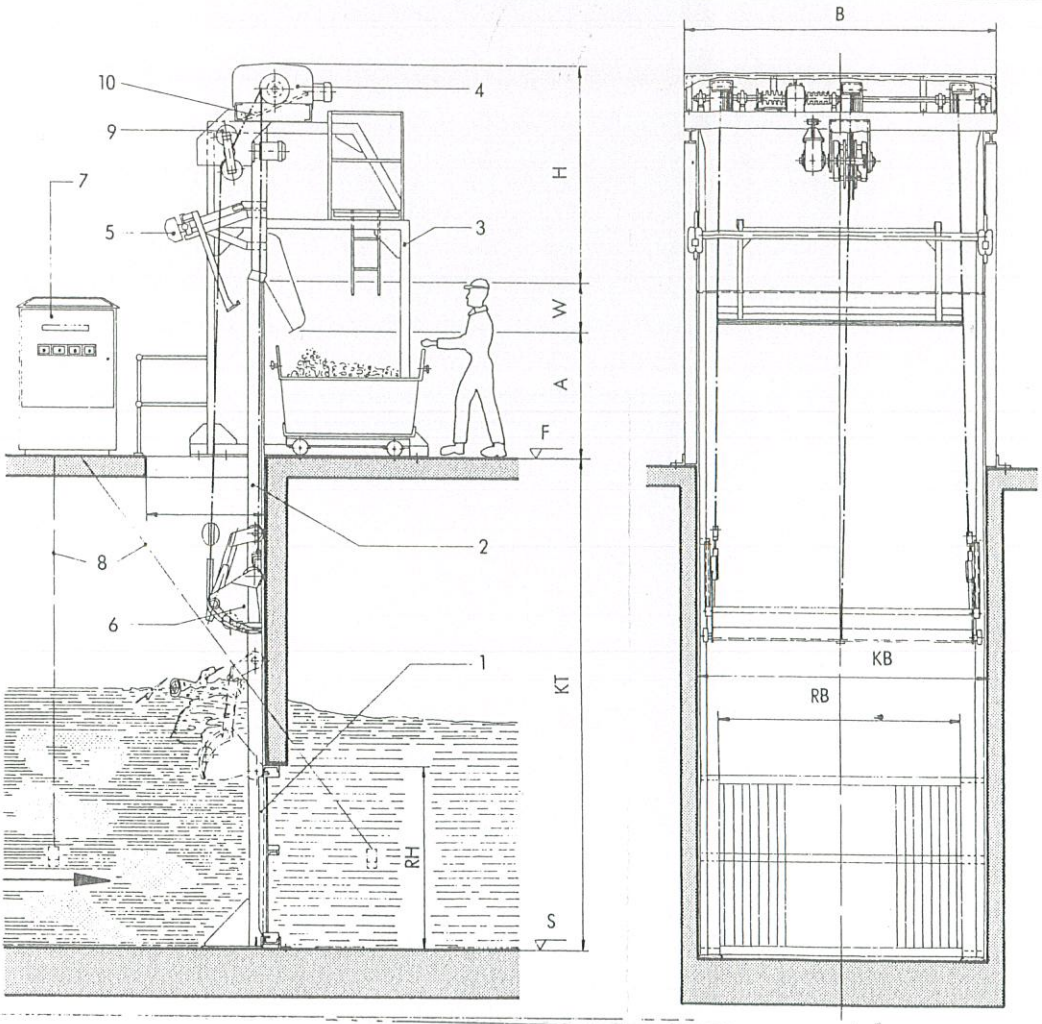


Advantages:

- Micro-screening in the range of 50 to 150 µm
- Throughput capacity of up to 35 m^3/h
- Module size 600 mm to 1620 mm
- Combination of up to three modules possible
- Self-cleaning
- Simple screen replacement
- Long-life due to minimum wear
- Low maintenance costs
- Stainless steel body and panel

Cable Operated Bar Screen

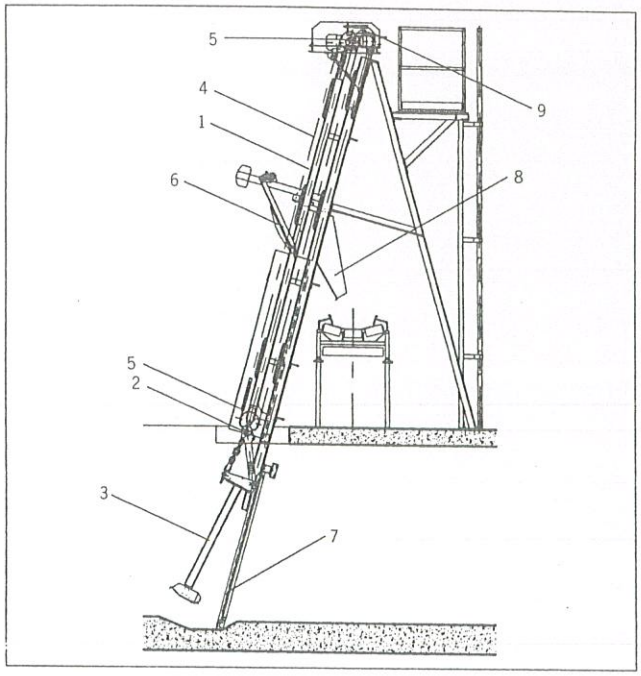
1.0



1 *Bar rack*
2 *Screen frame with guide*
3 *Top steel frame with platform*
4 *Swivelling rollers drive*
5 *Wiper*
6 *Cleaner carriage*
7 *Control panel*
8 *Sensors for water level differential measurement system*
9 *Swivelling rollers, opening and closing mechanism*
10 *Slack rope sensor and actuator*

F *Operating level*
S *Chamber floor*
KT *Channel depth*
A *Discharge height (optionally: into trough, conveyor, container)*
H *approx. 2.5 m*
B *Screen width = chamber width + 0.4 m*
W *Chute height approx. 0.6 m*
KB *Chamber width*
RB *Clear bar rack width*
RH *Bar rack height*

Systematic: view grab bar screen



Grab Bar Screen Design

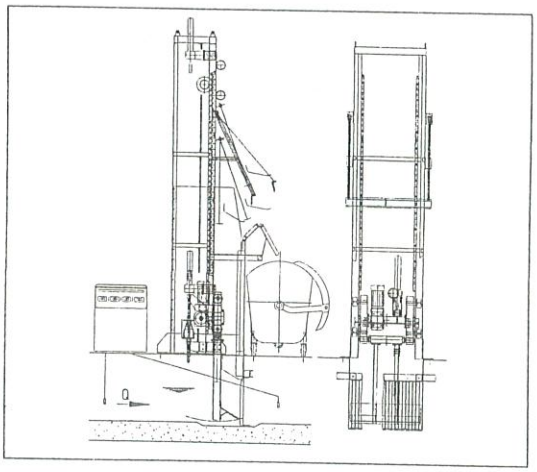
- ***Frame (1):*** *Built of structural steel with cover plates between bar rack and discharge chute.*
- ***Guides (1):*** *Built of structural steel to guide the drive carriage. Dimensions of guides acc. to type of screen.*

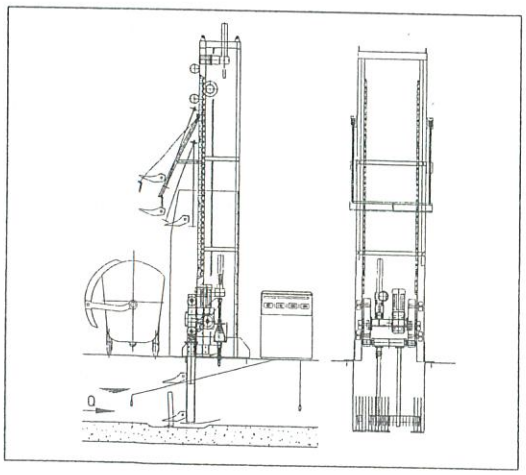
- ***Drive carriage (2), Rake (3):*** *Rollers running in ball bearings; the rake is pressed against the bar rake by adjustable springs (*). Rake with replaceable tines blades. Service load of rake acc. to DIN 19569-2.*

- ***Chains (4), Sprockets (5):*** *Even at maximum water level the lower sprockets do not immerse wastewater (*). Sprockets made of steel or polyamide (type GR 10). Each chain can be tightened separately.*

- ***Wiper (6):*** *Is moving by rising of the rake. The wiper blades are adjustable and made of plastic or rubber.*

- ***Bar rack (7):*** *Installed by means of dowels; exchangeable in pieces. Bars made of flat material. Open space: 6–100 mm; Structural design is capable of withstanding 0.5 m hydraulic head (*).*
- ***Discharge chute (8):*** *Discharge height: 1,500 mm (standard); others possible.*
- ***Drive (9):*** *Geared motor flange-mounted type. Some types with intermediate drive.*
- ***Overload protection:*** *By electronic true power control (*).*





Front cleaned headstock screen

open space:	*(6,8) – 60 mm (and over)*
chamber width:	0,6 – 4,0 m
water depth:	*up to* 3,2 m
length of bar rack:	0,4 – 3,4 m
chamber depth:	*0,8 – 3,8 m (and over)*
max. flow:	*up to* 36.000 m³/h

Back cleaned headstock screen

open space:	10 – 30 (40, 50) mm
chamber width:	1,4 – 3,2 m
water depth:	bis / *up to* 1,2 m
length of bar rack:	bis / *up to* 1,4 m
chamber depth:	*1,0 – 2,0 m (and over)*
max. flow:	3.000 – 11.000 m³/h

Screenings Washing Press Type WP

Application

The Screenings Washing Press Type WP serves for washing out soluable organic matter from coarse and fine screenings.

The screenings washing press is designed as screw washing press. The screenings to be treated will be washed out by intensive mixing. The separated organic matter will be returned together with the wash water to the waste water flow. This results in an increase of the hydrocarbon compounds in the waste water (in relation to nitrogen) and optimises thus the denitrification.

After compression, the washed out screenings can be discharged via a transportation pipe directly into a container or other transportation devices.

It is recommended to use clean filtered water as wash and spray water, e.g. filtered water from the final sedimentation.

Dimensions and Technical data:

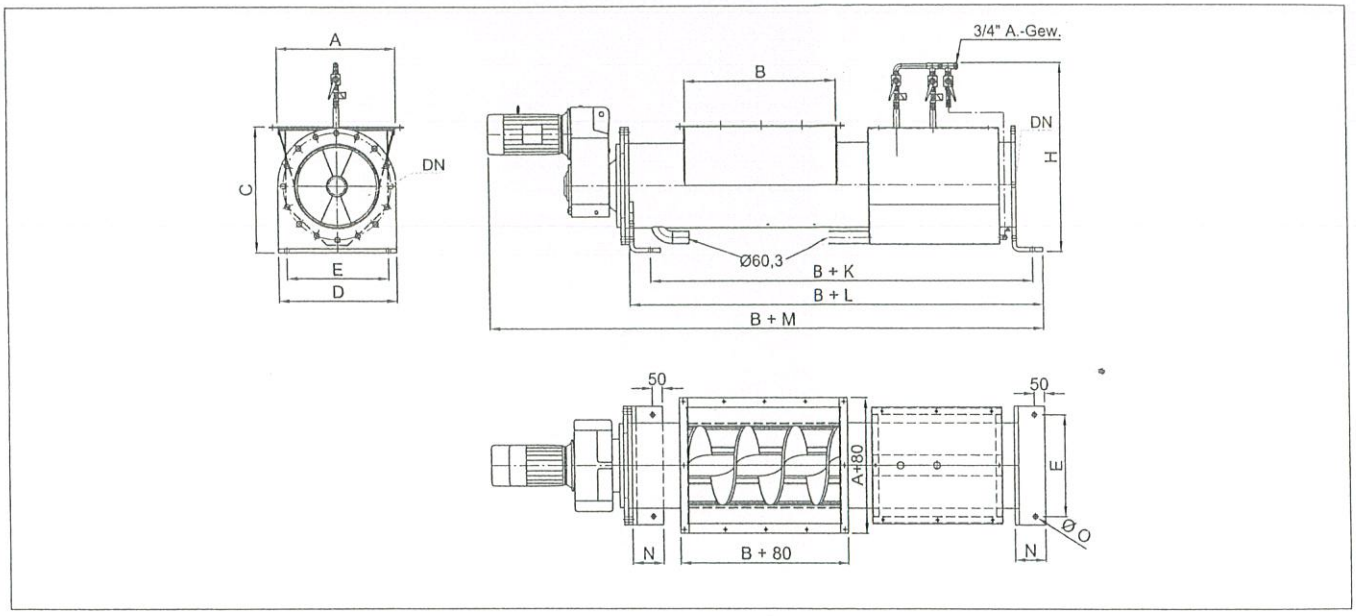
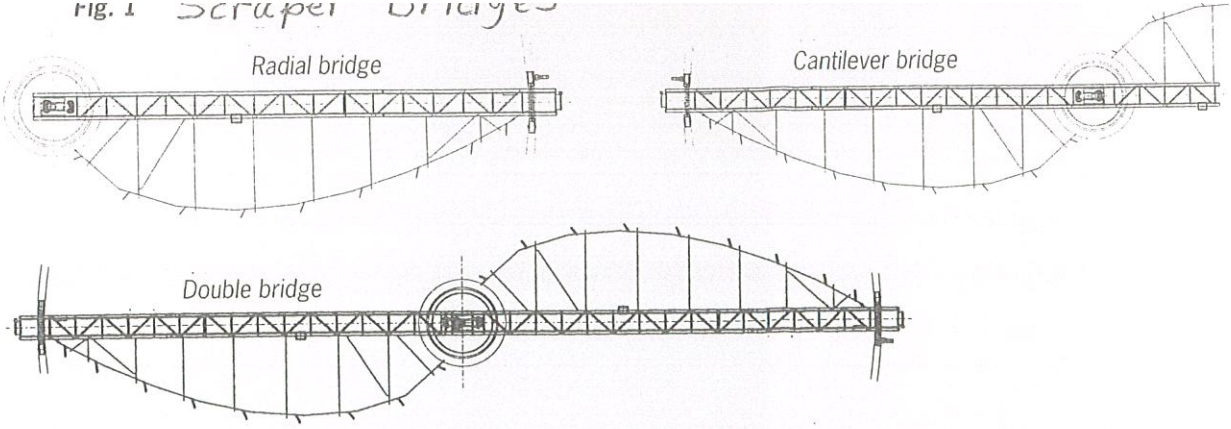


Fig. 1 Scraper Bridges



Rundräumerbrücken werden ausgeführt als (s. Abb. 1):
- Radiusbrücken (überspannen den halben Beckendurchmesser)
- Kragarmbrücken mit Vorräumschild (Länge nach DIN 19551-1)
- Doppelbrücken (überspannen den ganzen Durchmesser)

Je nach Belastung und Spannweite werden die Brücken hergestellt in den Bauarten (s. Abb. 2):
- U-Profilbrücke
- Kantprofilbrücke
- Rohrprofilbrücke

Alle Brückenbauarten sind so konzipiert, daß die nachfolgenden Baugruppen angebracht werden können
- Bodenräumwerke (s. 01-8012.01 PAN 4-461931)
  - nachgeschleppte Bodenräumwerke mit oder ohne Hubwerk
  - starres Bodenräumwerk
  - Saugräumung: s. 01-8002.01 D/E PAN 4-4614
- Schwimmschlammräumwerke (s. 01-8013.01 PAN 4-461932) z.B.:
  - Stationäre Auffangtasche mit starrem Schild, Schaber und Tasche
  - Stationäre Abzugsrinne mit Zwangszuführung
  - Skimrinne
  - Skimrinne mit Zwangsräumung, System „Scheibenwischer"
  - Skimrinne mit Vorläuferbrücke
- Zusatzaggregate wie z.B.
  - Rinnenreinigungsgeräte
  - Schneekehr- und Fahrbahnenteisungsgeräte
  - Strömungszylinder für den Einlauf

Circular scraper bridges are available as (see Fig. 1):
- *radial bridge construction (spanning half the tank diameter)*
- *cantilever bridge with pre-scraping blade (length of bridge acc. to DIN 19551-1)*
- *double bridge (spanning the full tank diameter)*

Depending on the load and span, the bridges are built of

- *U-shaped beams*
- *folded profile beams*
- *tubular profile*

All types of scraper bridges are designed to be combined with the following types of
- *scraper systems*
  - *dragged scraper blades (without or with blade lifting gear)*
  - *fixed scraper blade assembly*
  - *suction-type sludge collector system:*
- *scum removal systems*
  - *scum removal by a rigid blade, pivoting scraper and scum hopper*
  - *positive scum removal with a stationary radial discharge channel*
  - *scum removal by skimming troughs*
  - *positive scum removal by a "screen wiper" system*
  - *positive scum removal by means of a "precursor" bridge system*
- *Accessories as*
  - *weir and channel cleaning systems*
  - *snow sweeping and de-icing appliances*
  - *influent cylinders*

1. Dragged Scraper Blades

1.1 Dragged Scraper Blades without Blade Lifting Gear (See Fig. 1):

The continuous scraper blade in the approximate shape of a logarithmic spiral runs on self-adjusting rollers is connected to the bridge with tie rods and is thus dragged along the tank bottom.

Bottom end of scraper provided with an adjustable bar (acc. to DIN 19569-2).

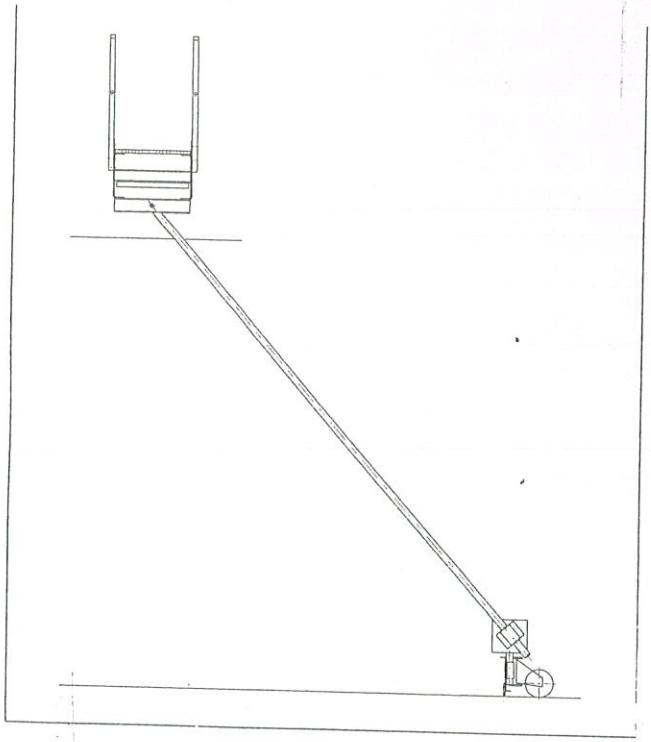


Fig. 1

1.2 Dragged Scraper Blades with Blade Lifting Gear (See Fig. 2):

In this case the scraper blade assembly is designed to be capable of being raised segmentally above the water level by a lifting gear; thus enabling inspections and repairs being performed from the bridge without draining the tank.

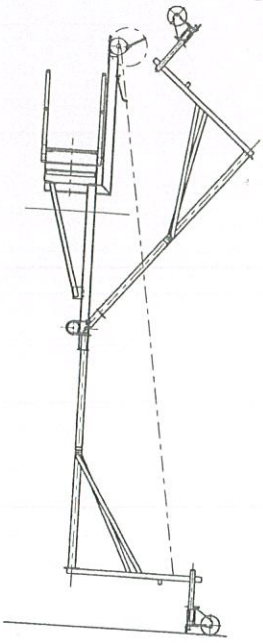


Fig. 2

2. Fixed Scraper Blade Assembly (See Fig. 3):

The continuous scraper blade in the approximate shape of a logarithmic spiral is rigidly suspended from the bridge and its distance to the tank bottom is adjustable. Hence this design does not contain any parts subject to wear and facilitates plant operation; all underwater parts are generally made of stainless steel 316.

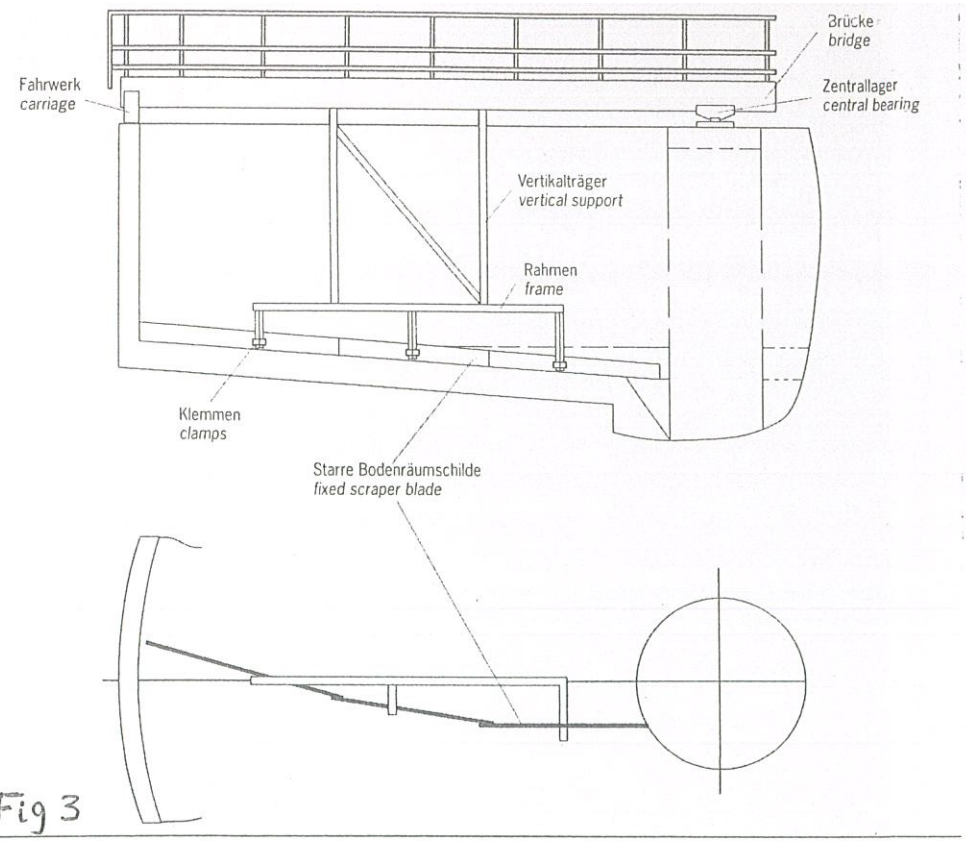


Fig 3

Clarification in Rectangular Tanks

Sludge Removal by Means of Rectangular Scrapers

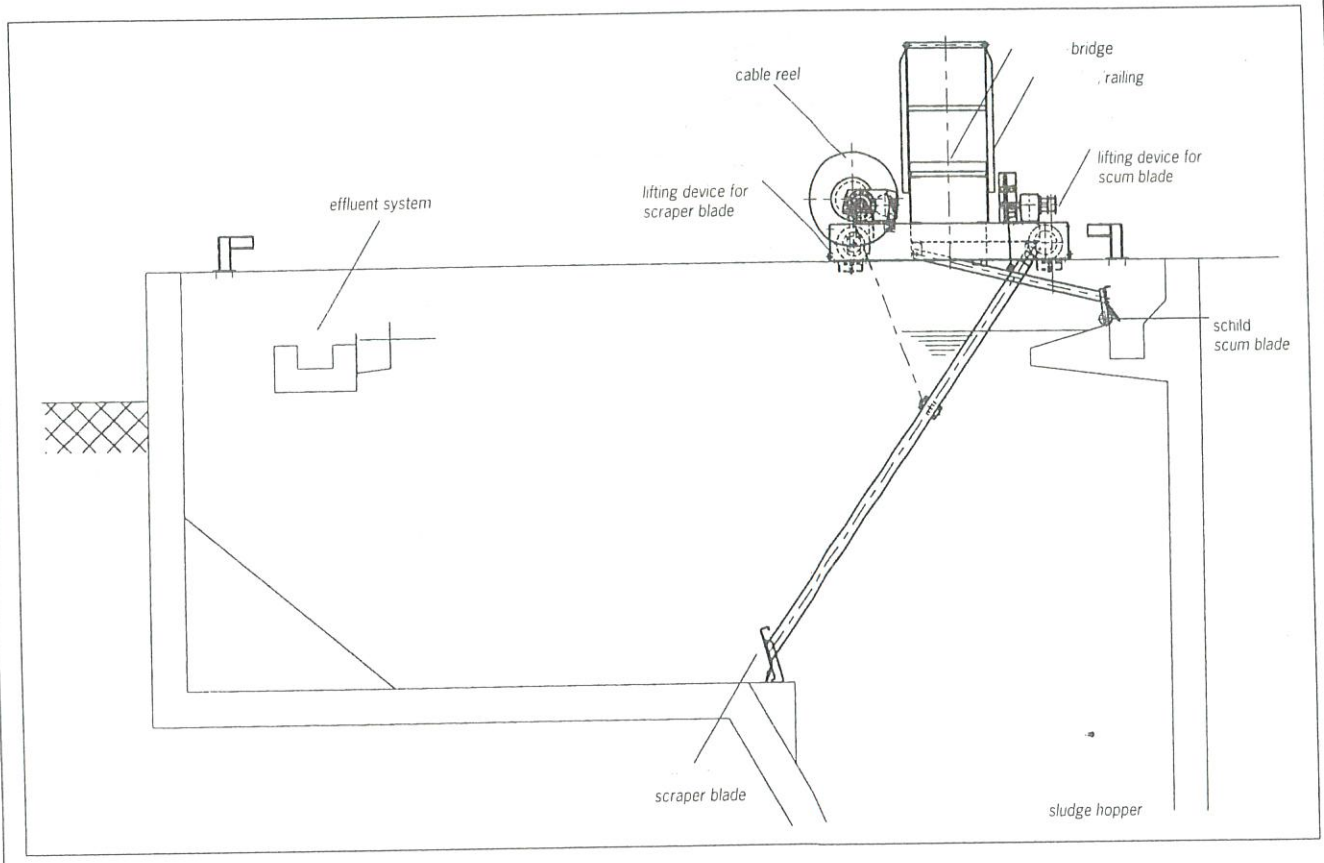


Fig.

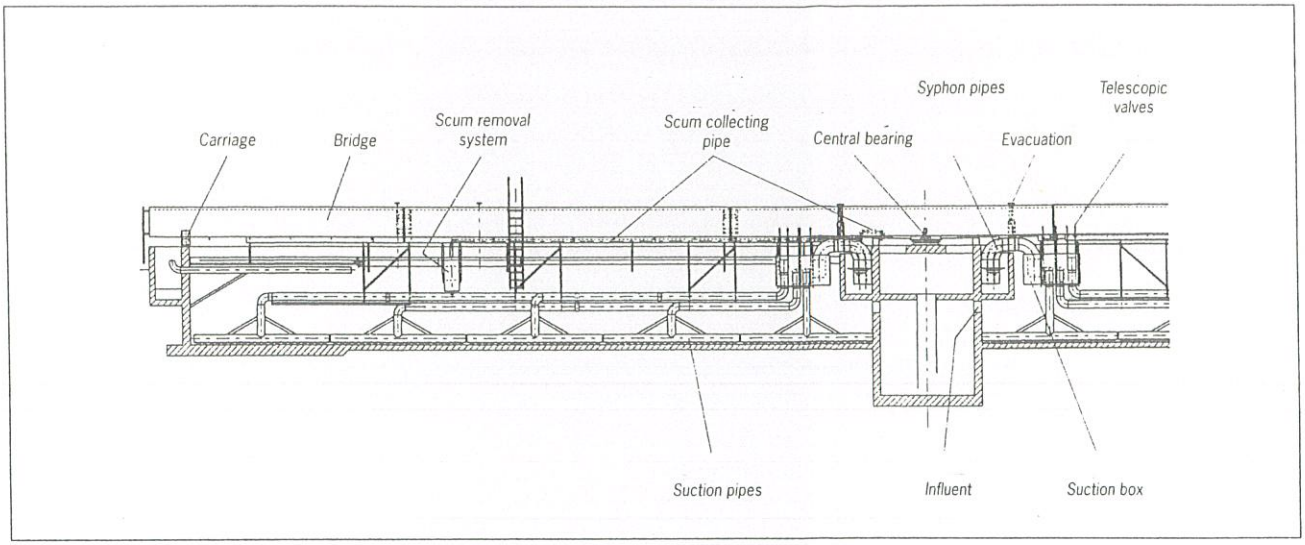


Fig. 1: *Diagrammatic view of a suction-type sludge collector for circular tanks*

1. General Information

When removing sludge in circular tanks, collectors with suction systems are increasingly used as alternative to blade-type scrapers, particularly in secondary sedimentation tanks. In addition to consideration being given to the technological advantages and disadvantages of both sludge removal systems, attention has also to be attached to the lower building costs of a circular tank for suction-type sludge collectors (see DIN 19552-2) compared to those for blade scrapers. As a result of the level tank bottom, as well as of the omission of the central sludge hopper, the civil structure thus proves much simpler.

The influent feed and effluent facilities, as well as the various systems of scum removal are largely identical to those which are used for circular tanks with blade scrapers

Scum Removal

The function of scum removal devices is to keep the sedimentation tank surface free of floating material and thus to prevent it from escaping into the final effluent (or into further treatment stages).

The product range includes the following systems for this purpose:

1. Scum removal with the aid of rigid blade, pivoting scraper and scum collecting hopper with beach plate.

In the case of a low scum incidence (e.g. primary settlement), this system constitutes a low-cost solution. The rigid scum blade collects and moves the scum to the periphery of the tank where it is removed into a hopper. A pivoting scraper runs over the fixed collecting funnel at every revolution of the scraper bridge and moves the scum via a beach plate into the funnel. (see Fig. 4)

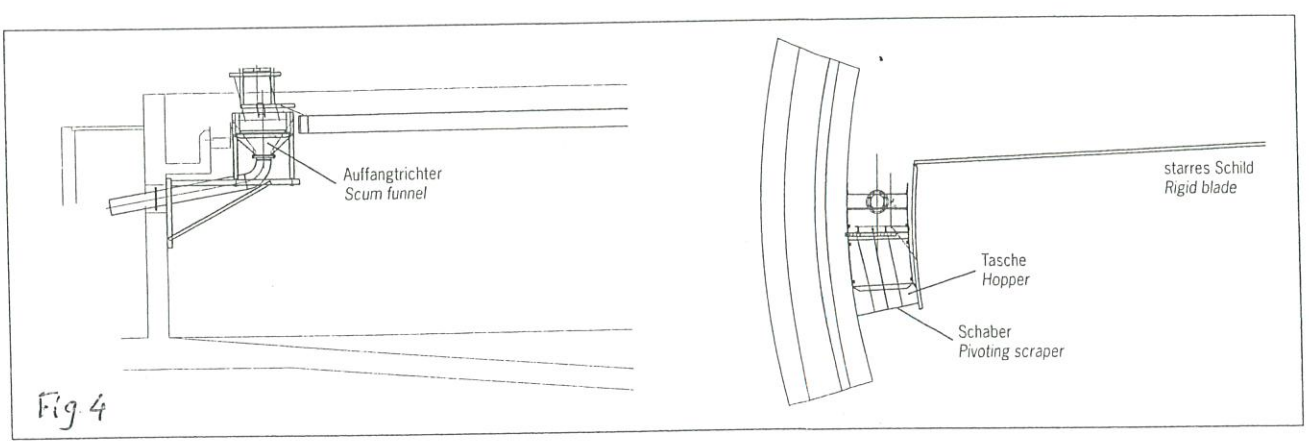


Fig. 4

3. Scum removal with the aid of skimming troughs (see Fig. 5)

In the case of low floating material incidence (e.g. for primary sedimentation too), skimming troughs with adjustable inlet flaps – one of them equipped with a pump sump and a submersible pump – constitute a moderate cost solution.

The tilting inlet flaps are manually operated from the bridge with hand wheel and threaded spindle and lowered so that the scum can flow into the skimming troughs. The submersible pump removes the scum out of the skimming trough via a pressure line on the bridge and through the central bearing for further treatment. For small tanks one trough with integrated pump sump may be sufficient, in the case of larger tanks, several channels are installed with a joint pump sump.

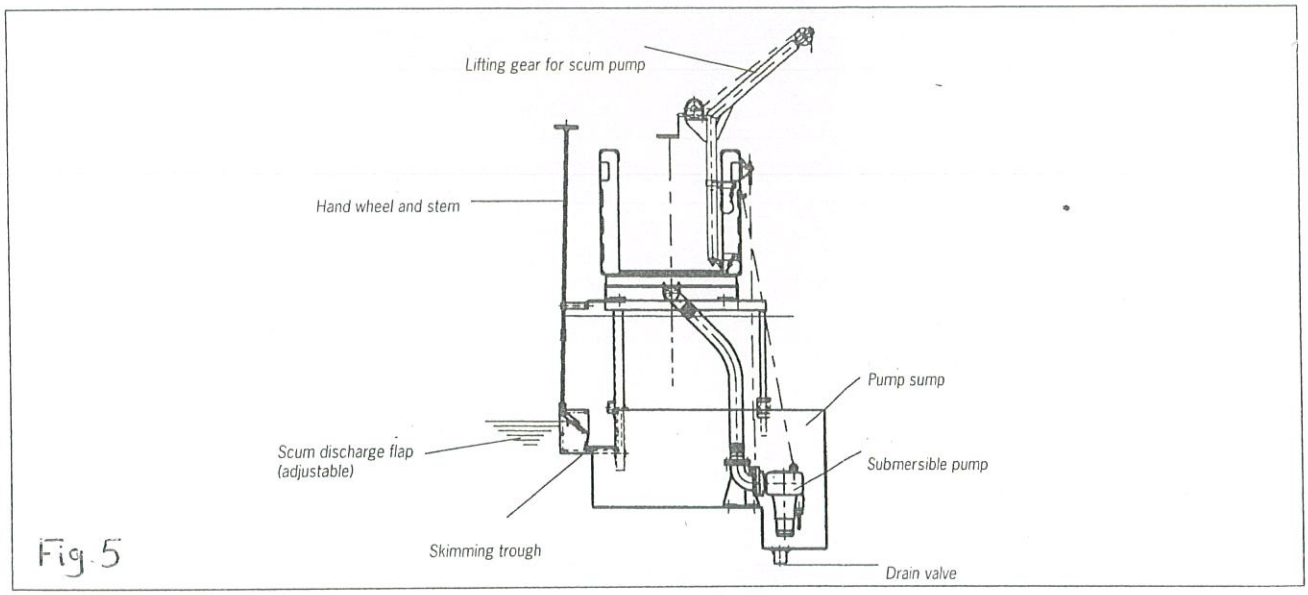


Fig. 5

The aeration rotor of the mammoth rotor consists of a hollow shaft to which a series of aeration elements are fitted. The whole assembly of twelve axis-parallel rows of spirally arranged aeration blades, preferably made of glass fibre reinforced polyamide is slightly coiled which ensures a low noise and shock-free operation. The torque is transmitted to the aeration rotor via an elastic torsion coupling between the hollow shaft and the output shaft of the gear reducer.

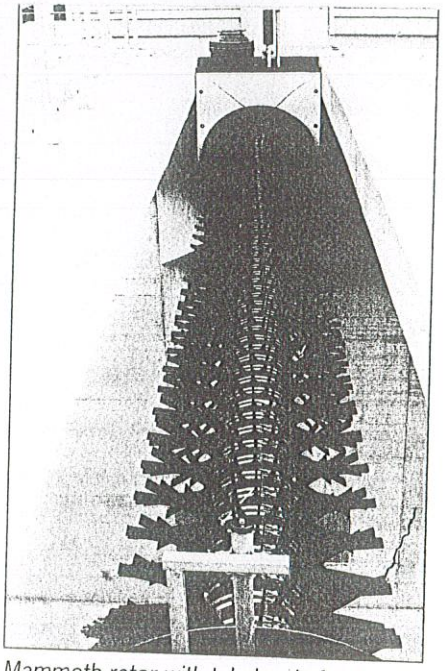
The up to nine metres long rotors are seated on one side on the gear reducer shaft itself, and on the other in a moveable bearing. The drive consists of a two-stage bevel/spur gear reducer with flanged-on electric motor.

Mammoth rotors are installed below wide concrete bridges in the aeration tank, but can also be supplied in the form of units with steel bridge ready for mounting on the tank walls.

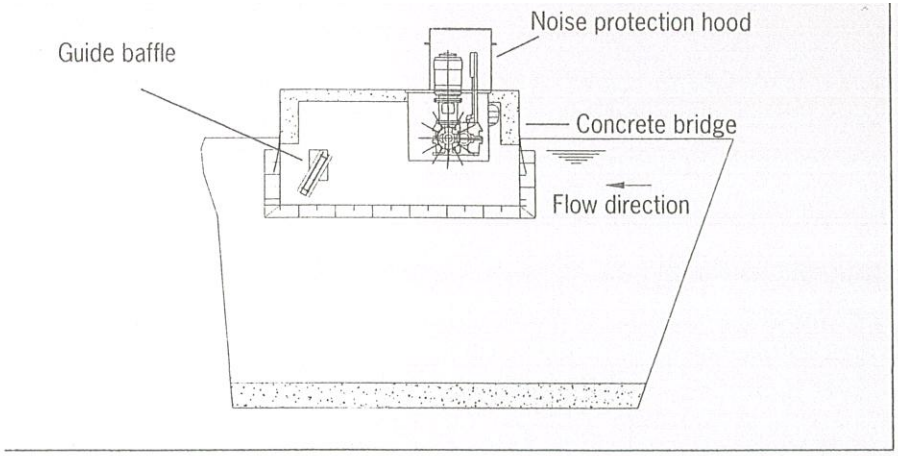
Technical data	Diameter (mm) 1000	700
Length (m)	3.0 to 2 x 9.0	1.0 to 6.0
Motor cap. (kW)	15 to 90	2.2 to 22
Rotor speed (min^{-1})	72 and 72/48	85 and 85/57

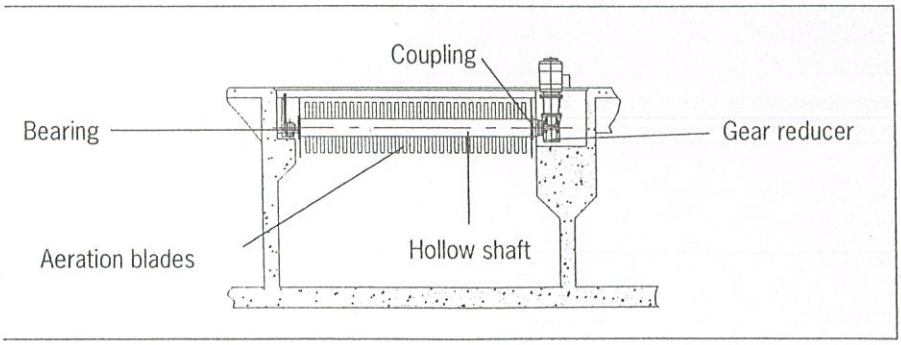
Further details see graphs on page 6.

Mammoth rotors have proved themselves for municipal as well as industrial wastewater treatment. The application spectrum ranges from the ordinary oxidation ditch for small plants to large sewage plants for cities of millions, from frequently unbalancedly composed wastes of food production up to the problematic wastes of the pharmaceutical and petrochemical industries. In the case of plants exposed to lower loads, emphasis is on circulation, whilst higher aeration rates are called for in the case of high loads. These differing requirements can be met in an ideal manner by an appropriate combination of mammoth rotors with submersible mixers in circulation tanks.



Mammoth rotor with tubular shaft and GRP aeration blades

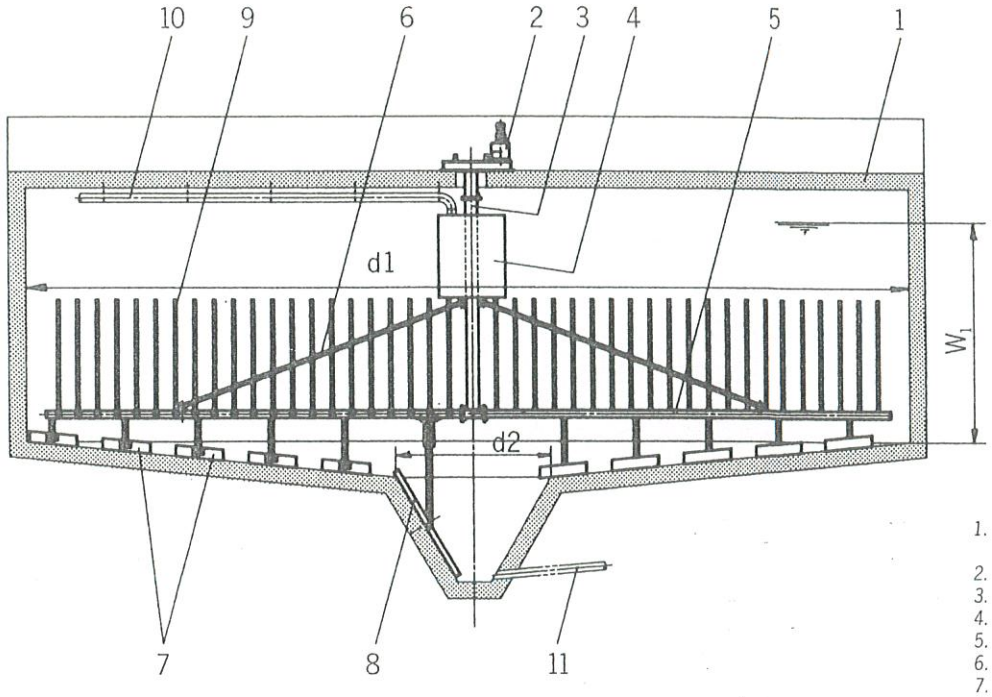




Mammoth rotor; installation drawing

Sludge Thickener

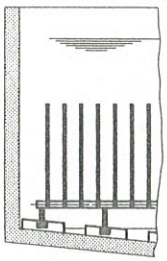
for Sewage Treatment Plants



1. *Bridge (optionally concrete or steel construction)*
2. *Central drive*
3. *Tubular shaft*
4. *Influent cylinder*
5. *Cross beam*
6. *Stayings*
7. *Bottom scraper blades*
8. *Sludge hopper scraper blade*
9. *Stirring rods*
10. *Sludge feed line (by others)*
11. *Sludge discharge line*

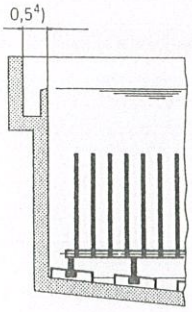
1

Without effluent channel



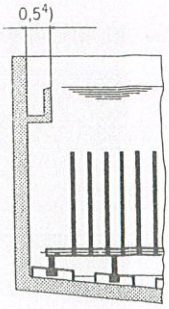
2

External channel



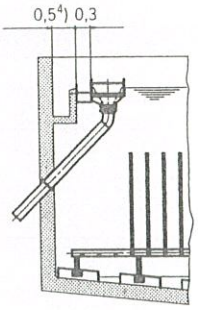
3

Internal channel



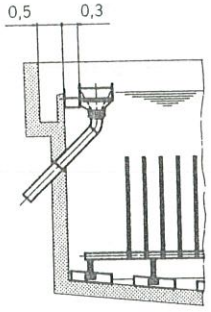
4

Internal channel with scum removal



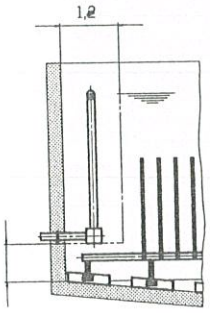
5

External channel with scum removal



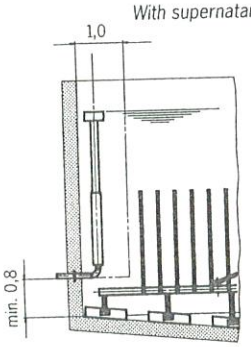
6

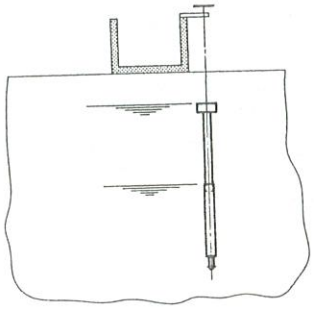
With supernatant draw-off

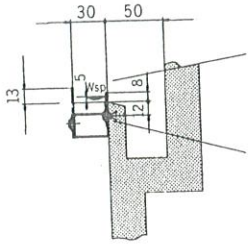


7

With supernatant draw-off facilities vertically adjustable







The arrangement of overflow weir and baffle plate acc. to DIN 19558 e. g. for rim 5

Belt Filter Press

Economy Foremost

belt filter presses are used to dewater municipal and industrial effluent sludge of diverse composition and consistency because, compared to chamber filter presses and centrifuges, the cost of machinery and construction is very low. Not only the capital investment costs, but also running costs are lower.

Flocculation of the sludge is decisive for a satisfactory working process and optimum results as regards throughput, degree of separation and dewatering of the belt filter press. High throughputs and a high solids contents in the cake at about 99% solids separation are only possible provided flocculation is at its optimum.

Operating Principle

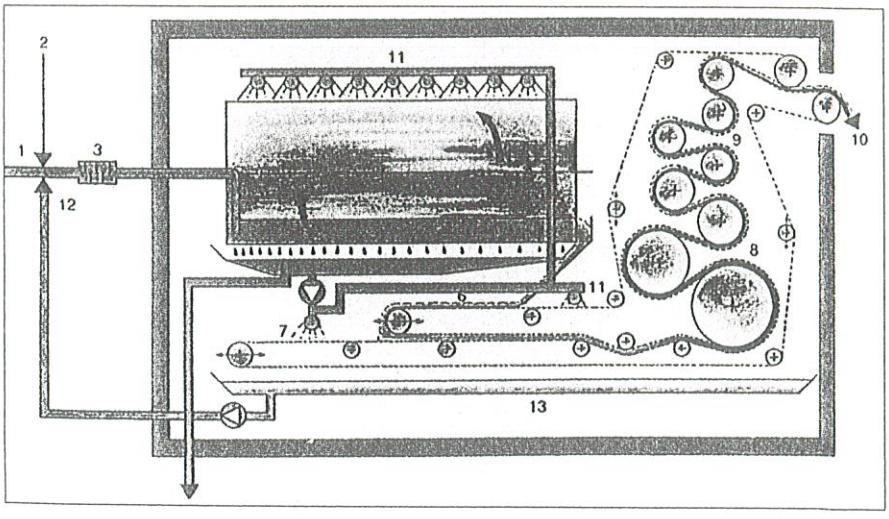
Flocculent ❷ is added to the sludge ❶ already in the inlet pipe. Flocculent is mixed in an inline mixer ❸. It then enters the slowly revolving pre-dewatering drum ❹. Whilst the sludge is carefully taken to the end of the drum with the aid of special fittings, it releases already a large proportion of its water through the screen fabric. The out-flowing water is collected in the filtrate tub ❺ and is practically free from solids.

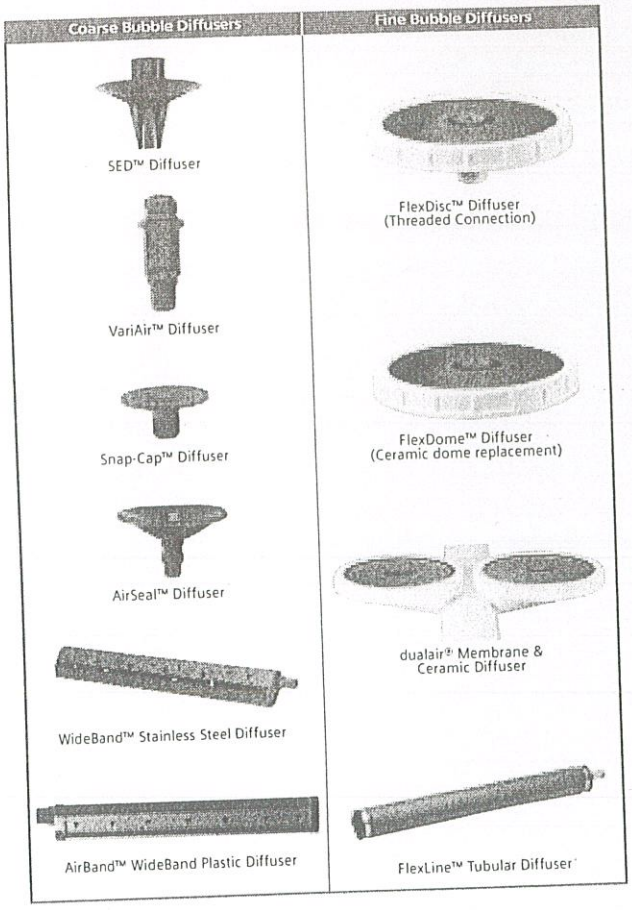
The pre-dewatered sludge slides via a chute out of the drum ❹ onto the upper filter belt ❻, is then transferred once again to the lower filter belt ❼ and releases more water due to straining. The floc structure of the sludge spread over the filter belts can be observed here. Little experience is required in order to optimise the flocculent dosage.

Between the filter belts (❻ + ❼), the sludge moves to the press zone ❽ and the subsequent fulling zone ❾. It is dewatered further by increasing stepped press and shear forces and finally ejected ❿.

The clear filtrate from the collecting tub ❺ is used to wash the belts with the aid of spray nozzles ⓫. Filtrate and wash water from the collecting tub ⓭ which are particularly soiled can be returned to the inlet pipe ⓬ and are then filtered once again in the dewatering drum ❹.

A major field of application
is the dewatering of digested sludge containing a high proportion of inorganic or mineral substances. In addition, every dewaterable sludge can be dewatered with these machines. Depending on the type of disposal, whether agricultural use or going to the waste dump, post-conditioning using reactive or inert additives is possible

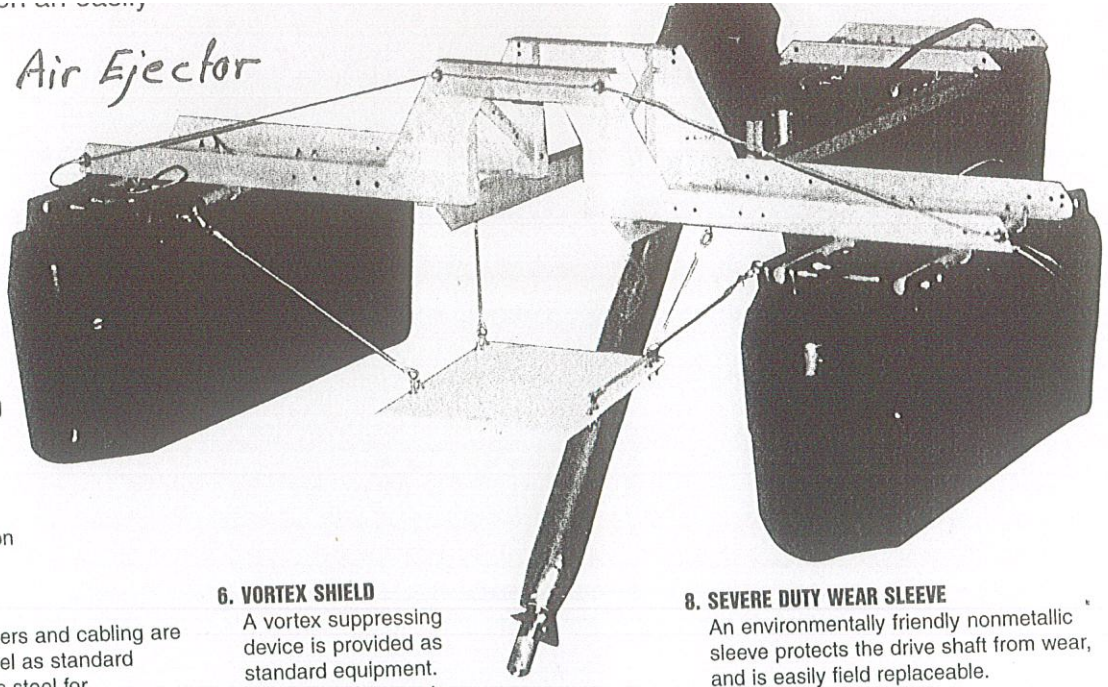




أنواع ناشر الهواء

aspirating air system on an easily

High Speed Air Ejector



1. SEVERE DUTY MOTOR (TEFC)
Each motor features a 1.15 service factor, cast iron framing, a B10 bearing life, a gasketed conduit box, and corrosion resistant hardware.

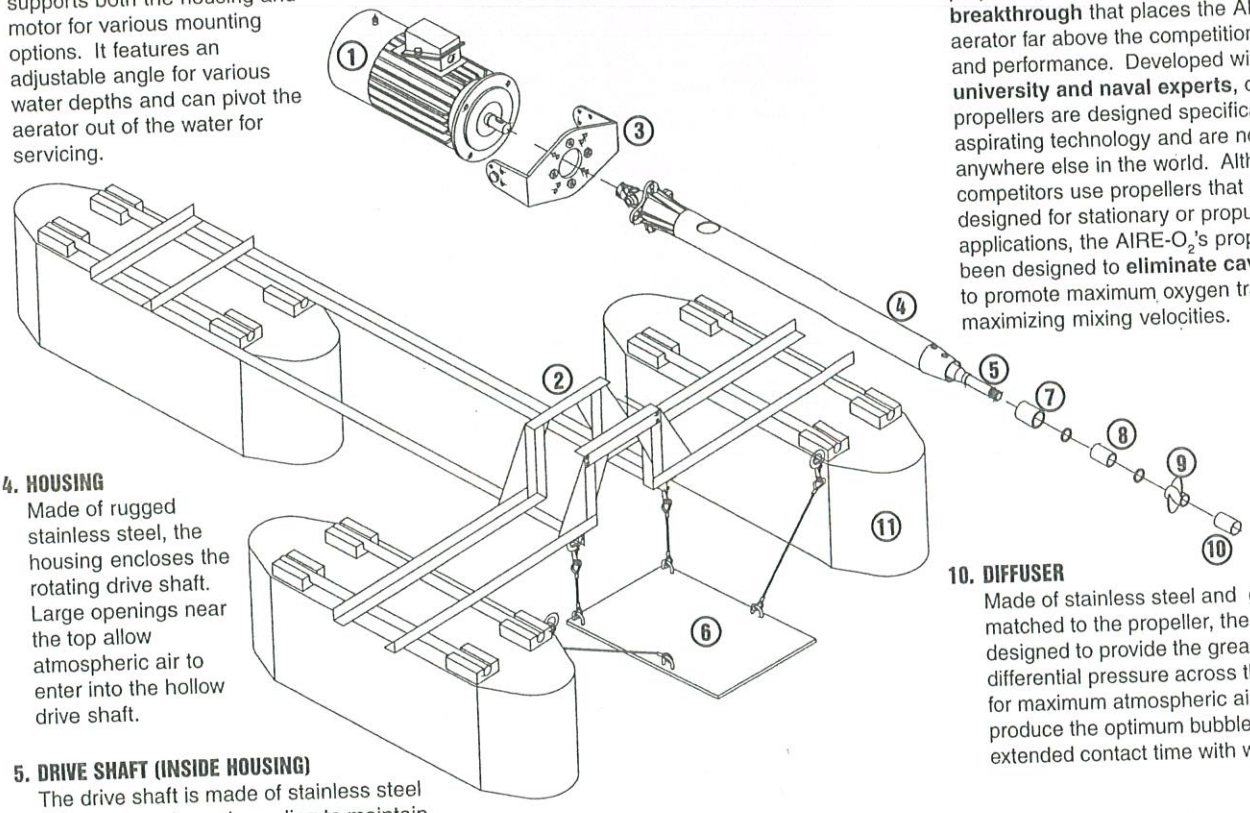
2. HARDWARE
Structural frames, fasteners and cabling are offered in galvanized steel as standard equipment or in stainless steel for maximum corrosion resistance in severe wastewater environments.

3. MOUNTING FLANGE
Made of stainless steel, it supports both the housing and motor for various mounting options. It features an adjustable angle for various water depths and can pivot the aerator out of the water for servicing.

6. VORTEX SHIELD
A vortex suppressing device is provided as standard equipment. Vortexes are prone to form when a rotating propeller device is operated with minimum submergence. The floating shield prevents vortexes from contacting the propeller, protecting the aerator from shock loads.

8. SEVERE DUTY WEAR SLEEVE
An environmentally friendly nonmetallic sleeve protects the drive shaft from wear, and is easily field replaceable.

9. PROPELLER
Specifically designed for the AIRE-O_2 Aspirator and made with only the highest quality materials, Aeration Industries' proprietary propeller is the **technological breakthrough** that places the AIRE-O_2 aerator far above the competition in quality and performance. Developed with **university and naval experts**, our propellers are designed specifically for aspirating technology and are not available anywhere else in the world. Although most competitors use propellers that are designed for stationary or propulsion applications, the AIRE-O_2's propeller has been designed to **eliminate cavitation** and to promote maximum oxygen transfer while maximizing mixing velocities.



4. HOUSING
Made of rugged stainless steel, the housing encloses the rotating drive shaft. Large openings near the top allow atmospheric air to enter into the hollow drive shaft.

5. DRIVE SHAFT (INSIDE HOUSING)
The drive shaft is made of stainless steel and uses a universal coupling to maintain alignment. The hollow shaft extends through the housing, with both the propeller and diffuser securely affixed to it. The Shaft is balanced to provide less than 0.2 Inches Per Second (IPS) vibration.

7. COMPOUND BEARING
A fluted water-lubricated bearing is pressed in the lower end of the housing and can be replaced within minutes on location.

10. DIFFUSER
Made of stainless steel and geometrically matched to the propeller, the diffuser is designed to provide the greatest differential pressure across the opening for maximum atmospheric air flow, and to produce the optimum bubble size for extended contact time with wastewater.

11. FLOTATION
Lightweight, low density UV protected polyethylene shells, foam filled with close-cell polyurethane, provide positive buoyancy to 640 lbs. (290 Kg) per float.

أسماء أعضاء اللجنة الدائمة الكود المصري لأسس تصميم وشروط التنفيذ لمحطات التنقية لمياه الشرب والصرف الصحي ومحطات الرفع

الأستاذ الدكتور / حمدي إبراهيم على	أستاذ الهندسة الصحية والبيئية – كلية الهندسة جامعة عين شمس	رئيسا
الأستاذ الدكتور / حازم إبراهيم صلاح	أستاذ الهندسة الصحية والبيئية - كلية الهندسة - جامعة المنوفية	عضوا
الأستاذ الدكتور / هشام سيد عبد الحليم	أستاذ الهندسة الصحية والبيئية - كلية الهندسة - جامعة القاهرة	عضوا
الأستاذ الدكتور / ثروت وزير ابو العرب	أستاذ الهندسة الصحية والبيئية - كلية الهندسة - جامعة القاهرة	عضوا
الأستاذ الدكتور / محمد ممدوح عبد العزيز	أستاذ الهندسة الكهربائية - كلية الهندسة - جامعة القاهرة	عضوا
الأستاذ الدكتور /محمود محمد عبد العظيم	أستاذ الهندسة الصحية والبيئية - كلية الهندسة جامعة عين شمس)	مقررا
الأستاذ الدكتور /ايهاب محمد راشد	أستاذ الهندسة الصحية والبيئية بكلية الهندسة جامعة القاهرة	عضوا
الأستاذ الدكتور /أحمد كمال معوض	رئيس قطاع التخطيط الفني بالشركة القابضة لمياه الشرب الصرف الصحي	عضوا
الأستاذ الدكتور /مها مصطفى الشافعي	أستاذ الهندسة الصحية والبيئية بالمركز القومي لبحوث الإسكان والبناء	عضوا
الأستاذ الدكتور /عمرو حسن محمد	أستاذ مساعد بمعهد بحوث الهندسة الصحية والبيئية بالمركز القومي لبحوث الإسكان والبناء	عضوا
الأستاذ الدكتور / سالم محمد الخضري	أستاذ الهندسة القوى الكهربائية بكلية الهندسة جامعة عين شمس	عضوا
الأستاذ الدكتور / احمد محمد عبد المجيد	مدرس بمعهد بحوث الهندسة الصحية والبيئية بالمركز القومي لبحوث الإسكان والبناء	عضوا
الأستاذ الدكتور /عادل حسن زكى	مدير عام المشروعات بشركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى	عضوا
السيدة المهندسة/هناء احمد محمد شاهين	رئيس الإدارة المركزية للبحوث والدراسات بالهيئة القومية لمياه الشرب والصرف الصحي	عضوا
الاستاذ الدكتور /محمد حسن محمد مصطفى	رئيس الإدارة المركزية للمعايير والمطابقة وحماية المستهلك بجهاز تنظيم مياه الشرب والصرف الصحي وحماية المستهلك	عضوا
السيدة الدكتورة /إخلاص جمال الدين	رئيس الإدارة المركزية لنوعية المياه بجهاز شئون البيئة بوزارة الدولة لشئون البيئة	عضوا
السيدة الدكتورة /ألفيا حسين الشافعي	مدير إدارة مراقبة مياه الشرب والصرف الصحي بوزارة الصحة والسكان	عضوا
الأمانة الفنية		
د. صفاء محمود راغب	بمعهد الهندسة الصحية والبيئية المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء	
م. محمد على السعيد	مدرس مساعد بمعهد الهندسة الصحية والبيئية المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء	

اللجنة الفرعية لتنقية مياه الشرب

الأستاذ الدكتور / حازم إبراهيم صالح	أستاذ الهندسة الصحية والبيئية – كلية الهندسة – جامعة المنوفية	رئيسا
الأستاذ الدكتور / مها مصطفى الشافعي	أستاذ الهندسة الصحية والبيئية – المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء	مقررأ

الأستاذ الدكتور / محمد إسماعيل سيد بدوى	أستاذ باحث متفرغ بقسم بحوث تلوث المياه – المركز القومي للبحوث	عضوا
الأستاذ الدكتور / أحمد كمال معوض	رئيس قطاع التخطيط الفني بالشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي	عضوا
الأستاذ الدكتور / ثروت وزير ابو عرب	أستاذ الميكانيكا – كلية الهندسة – جامعة القاهرة (توفى)	عضوا
الأستاذ الدكتور / محمد ممدوح عبد العزيز	أستاذ الهندسة الكهربائية بكلية الهندسة جامعة القاهرة	عضوا
الدكتور / احمد محمد عبد المجيد	مدرس بمعهد بحوث الهندسة الصحية والبيئية بالمركز القومي لبحوث الإسكان والبناء	عضوا
الدكتور / محمد عبد المنعم هيكل	المدير الاقليمى لشركة جنرال الكتريك ووتر بروس تكنولوجي	عضوا
المهندس / مصطفى معوض مصطفى	مدرس مساعد – كلية الهندسة – جامعة المنوفية	عضوا
د. اشرف كامل قراقيش	أستاذ مساعد بمعهد بحوث الهندسة الصحية والبيئية بالمركز القومي لبحوث الإسكان والبناء	عضوا
م. حمدي محمد إبراهيم شطا	مدير مكتب التنفيذي للمياه بشركة مياة القاهرة الكبرى	عضوا
م. فاطمة محمد قنديل	مدير عام التصميمات الميكانيكية (سابقا) الهيئة القومية لمياه الشرب	عضوا
د. احمد طه الشافعي	استشاري بدار الهندسة للتصميم والاستشارات الهندسية	عضوا
د. محمد عبد القادر سويدان	أستاذ مساعد بمعهد بحوث الإسكان و العمارة- المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء	عضوا
أ.د. محمد احمد مصطفى حسن	أستاذ مساعد بقسم القوى الكهربائية – جامعة القاهرة	عضوا
الأستاذ الدكتور / سالم محمد الخضرى	أستاذ الهندسة القوى الكهربائية بكلية الهندسة جامعة عين شمس	عضوا
الاستاذ الدكتور /محمد حسن محمد مصطفى	رئيس الإدارة المركزية للمعايير والمطابقة وحماية المستهلك بجهاز تنظيم مياه الشرب والصرف الصحي وحماية المستهلك	عضوا
الأستاذ الدكتور / محمد سيد سيد	أستاذ بمعهد مقاومة المواد - المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء	عضوا
لأمانة الفنية		عضوا
المهندسة / نوران يسرى محمد	مدرس مساعد بالمركز القومي لبحوث الإسكان والبناء	

اللجنة الفرعية معالجة الصرف الصحي

ا.د/هشام سيد عبد الحليم	أستاذ الهندسة الصحية والبيئية كلية الهندسة جامعة القاهرة	رئيسا
ا.د/محمود محمد عبد العظيم	أستاذ الهندسة الصحية والبيئية كلية الهندسة جامعة عين شمس	عضوا
ا.د/ثروت وزير ابو عرب	أستاذ الميكانيكا كلية الهندسة جامعة القاهرة	عضوا
ا.د/ممدوح عبد العزيز	أستاذ الهندسة الكهربائية كلية الهندسة جامعة عين شمس	عضوا
ا.م.د/عمرو حسن محمد	أستاذ الهندسة الصحية والبيئية المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء	عضوا
د/وليد سيد عبد الحليم	مدرس بمعهد الهندسة الصحية والبئية المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء	عضوا
م/محمود إسماعيل محمد	مدير عام محطات الرفع لشركة الصرف الصحي	عضوا
م/مصطفى أحمد الشيمى إبراهيم	رئيس قطاع المشروعات بالصرف الصحي شركة مياه القاهرة الكبرى	عضوا
م/هناء احمد محمد شاهين	رئيس الإدارة المركزية للبحوث والدراسات بالهيئة القومية لمياه	عضوا

	الشرب والصرف الصحي	
د/محمد نزية عبدالله	مـدرس بمعهـد الهندسـة الصـحية والبيئـة المركـز القـومي لبحـوث الإسكان والبناء	عضوا
الأسـتاذ الـدكتور / سـالم محمـد الخضري	أستاذ الهندسة القوى الكهربائية بكلية الهندسة جامعة عين شمس	عضوا
د. محمد عبد القادر سويدان	أستاذ مساعد بمعهد بحوث الإسكان و العمارة	عضوا
أ.د. محمد احمد مصطفى حسن	أستاذ مساعد بقسم القوى الكهربائية – جامعة القاهرة	عضوا
الأمانة الفنية		
م/ رحاب جمال حسن احمد	مساعد باحث المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء	
الأستاذ الدكتور/ محمد سعيد		

اللجنة الفرعية لروافع مياه الشرب والصرف الصحي

ا.د/إيهاب محمد راشد	أستاذ الهندسة الصحية والبيئية كلية الهندسة جامعة القاهرة	رئيسا
ا.د/ثروت وزير ابو عرب	أستاذ الميكانيكا كلية الهندسة جامعة القاهرة	عضوا
ا.د/ محمد ممدوح عبد العزيز	أستاذ الهندسة الكهربائية كلية الهندسة جامعة عين شمس	عضوا
م/احمد محمد نور الدين	مـدرس بمعهـد الهندسـة الصـحية والبيئـة المركـز القـومي لبحـوث الإسكان والبناء	عضوا
م/فاطمة محمد قنديل	مـدير عـام التصـميمات الميكانيكيـة الهيئـة القوميـة لميـاه الشـرب والصرف الصحي	عضوا
أ.د. محمد احمد مصطفى حسن	أستاذ مساعد بقسم القوى الكهربائية – جامعة القاهرة	عضوا
الأسـتاذ الـدكتور / سـالم محمـد الخضري	أستاذ الهندسة القوى الكهربائية بكلية الهندسة جامعة عين شمس	عضوا
الأستاذ الدكتور / محمد سيد سيد	أسـتاذ بمعهـد مقاومـة المـواد - المركـز القـومي لبحـوث الإسـكان والبناء	عضوا
أ.د. محمد احمد مصطفى حسن	أستاذ مساعد بقسم القوى الكهربائية – جامعة القاهرة	عضوا
م. سمير إسماعيل جبر	الجهاز التنفيذي لمياة الشرب والصرف الصحي	عضوا
م/ عادل حسن زكى	مدير عام المشروعات بشركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى	عضوا
م/ مشرف خليفة محمد منصور	مـدير محطـة الجبـل الأصـفر – الجهـاز التنفيـذي لميـاه الشـرب والصرف الصحي	عضوا
م/حمدي محمد ابراهيم شطا	مدير مكتب التنفيذي للمياه بشركة مياه القاهرة الكبرى	عضوا
الأمانة الفنية		
م/نعمة احمد صبحي احمد	مهندسـة بمعهـد الهندسـة الصـحية والبيئـة المركـز القـومي لبحـوث الإسكان والبناء	

لجنة الصياغة والمراجعة

أ.د/ حمدي إبراهيم على	أستاذ الهندسة الصحية والبيئية كلية الهندسة جامعة عين شمس	رئيسا
أ.د. إبراهيم هلال حطاب	أستاذ الهندسة الصحية والبيئية كلية الهندسة جامعة القاهرة	عضوا
أ.د.محمد صادق العدوى	أستاذ الهندسة الصحية والبيئية كلية الهندسة جامعة الإسكندرية	عضوا
أ.د/ فكرى حليم غبريال	أستاذ الهندسة الصحية والبيئية كلية الهندسة جامعة عين شمس	عضوا
أ.د. محمد سعيد الخولى	أستاذ الهندسة الصحية والبيئية كلية الهندسة جامعة عين شمس	عضوا
أ.د/ ضياء صلاح الدين المنيرى	أستاذ الهندسة الصحية والبيئية كلية الهندسة جامعة الزقازيق	عضوا
أ.د/ مدحت محمد عبد المنعم صالح	أستاذ الهندسة الصحية والبيئية كلية الهندسة جامعة الأزهر	عضوا
م / سراج محمد محمد القطقاط	خبير أول التصميمات الكهربائية	عضوا

م/ محسن على محمود السيد	خبير أول التصميمات الميكانيكية	عضوا
أ.د/ مها مصطفى الشافعى	أستاذ الهندسة الصحية والبيئية المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء	عضوا
أ.د/ محمود محمد عبد العظيم	أستاذ الهندسة الصحية والبيئية بكلية الهندسة جامعة عين شمس	مقررا
أ.د. عمرو حسن محمد	أستاذ ب مساعد معهد بحوث الهندسة الصحية والبيئية المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء	عضوا
د. أسامة فتحى محمود	أستاذ مساعد الهندسة الصحية والبيئية بكلية الهندسة جامعة الأزهر	عضوا
د. حسام مصطفى حسين	مدرس الهندسة الصحية والبيئية بكلية الهندسة جامعة عين شمس	عضوا
الأمانة الفنية		
م.محمد على السعيد احمد	مدرس مساعد - المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء	