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

كود التصميم وشروط التنفيذ لنظم تجميع مياه الصرف الصحي ونظم المعالجة للقرى المصرية

٢٠١٧

	المحتـــويـات	الصفحة
الباب الأول : الهدف وتعاريف		**١**
١-١	الهدف	١
١-٢	تعاريف	٢
الباب الثاني : منهجية التصميم		**٤**
٢-١	الزيارة الميدانية	٤
٢-٢	أعمال الرفع المساحي	٥
٢-٣	أعمال الجسات	٥
٢-٤	حماية الافراد والمنشأت والممتلكات	٥
٢-٥	نزح المياه تحت السطحية	٦
٢-٦	تصميم عناصر النظام	٦
٢-٦-١	أعمال التجميع	٦
٢-٦-٢	أعمال الرفع والطرد	٧
٢-٦-٣	أعمال المعالجة	٧
٢-٦-٤	مستندات الطرح	٨
٢-٧	محددات الأختيار	٨
٢-٧-١	أعمال التجميع	٩
٢-٧-٢	أعمال المعالجة	١١
الباب الثالث : أنظمة التجميع		**١٤**
٣-١	مقدمة	١٤
٣-٢	نظام مواسير الانحدار الغير عميقة (Shallow Sewerage System)	١٤
٣-٢-١	نظرة عام	١٤
٣-٢-٢	الأسس التصميمية	١٤
٣-٣	نظام الشبكات ذات الأقطار الصغيرة (Small Bore Sewer System)	١٥
٣-٣-١	نظرة عامة	١٥
٣-٣-٢	مكونات النظام	١٧
٣-٤	نظام شبكات الصرف الصحي بتفريغ الهواء (Vacuum Sewerage System)	٢٥
٣-٤-١	نظرة عامة	٢٥
٣-٤-٢	الأسس التصميمية	٢٩

٣-٥	نظام الشبكات بالضخ (Pressurized Sewerage System)	٣٧
٣-٥-١	نظرة عامة	٣٧
٣-٥-٢	مكونات النظام	٣٩
٣-٥-٣	الأسس التصميمية	٤٠
الباب الرابع : أعمال المعالجة الموقعية		**٤٦**
٤-١	خزانات التحليل	٤٦
٤-٢	خزان لاهوائي ذو حواجز Anaerobic Baffled Reactor (ABR)	٥٠
٤-٣	المرشح اللاهوائي (Anaerobic Filter)	٥٢
٤-٤	نظام المعالجة اللاهوائية باستخدام تقنية (UASB)	٥٧
الباب الخامس : أعمال المعالجة المتكاملة		**٥٨**
٥-١	مقدمة	٥٨
٥-٢	المعالجة التمهيدية	٦٠
٥-٢-١	المصافى (Screens)	٦٠
٥-٢-٢	أحواض حجز الرمال (Grit Chambers)	٦٠
٥-٢-٣	أحواض حجز الشحوم والزيوت (Grease and Oil Chambers)	٦٠
٥-٣	المعالجة الابتدائية	٦١
٥-٣-١	أحواض الترسيب الإبتدائى	٦١
٥-٤	المعالجة الثنائية/ الثانوية	٦١
٥-٤-١	أنظمة النمو العالق (Suspended Growth)	٦١
٥-٤-١-١	أنظام التهوية الممتدة (Extended aeration)	٦١
٥-٤-١-٢	الخزانات ذات التصرفات المتتالية (Sequencing Batch Reactor)	٦٣
٥-٤-٢	النمو الملتصقِ (Attached Growth)	٦٤
٥-٤-٢-١	مرشحات هوائية بيولوجية (Trickling filter)	٦٤
٥-٤-٢-٢	الأقراص البيولوجية الدوارة (RBC Rotating)	٦٦
٥-٤-٣	أنظمة المعالجة المختلطة (Hybrid Systems)	٦٨
٥-٤-٣-١	المعالجة باستخدام نظام الوسط البيولوجى المتحرك MBBR- (Moving bed bioreactor system)	٦٨
٥-٤-٤	أنظمة المعالجة بالطرق الطبيعية	٦٩
٥-٤-٤-١	بحيرات الأكسدة (Stabilization Ponds)	٦٩

٥-٤-٢	نظام المعالجة بالأرض الرطبة	٧٢
٥-٥	أنظمة المعالجة المتقدمة	٧٨
٥-٥-١	نظام المعالجه باستخدام الاغشيه للمفاعل البيولوجي (Membrane Bio-Reactor)	٧٨
٥-٦	المعالجة الثلاثية	٨١
الباب السادس: الحمأة – الطرق وخطة الأدارة		**٨٢**
٦-١	تعريِف بالحمأة	٨٢
٦-٢	اسباب معالجة الحمأة	٨٢
٦-٣	مراحل معالجة الحمأة	٨٣
٦-٣-١	المرحلة الأولي : عملية التكثيف (التركيز) (Thickening)	٨٣
٦-٣-٢	المرحلة الثانية: تهيئة / تكييف الحمأة (Sludge conditioning)	٨٣
٦-٣-٣	المرحلة الثالثة : التثبيت (Stabilization)	٨٥
٦-٣-٤	المرحلة الرابعة : خفض المحتوى المائي (Dewatering)	٨٦
٦-٤	إدارة التخلص من الحمأة بالقرى المصرية	٨٦

الباب الأول : الهدف وتعاريف

١-١ الهدف

يختص هذا الكود بالتطبيقات الممكنة لمشروعات الصرف الصحي للقرية المصرية : سواء لأعمال التجميع (شبكات ومحطات الرفع وخطوط الطرد) أو لأعمال المعالجة وصولا للمعايير المطلوبة طبقا للقوانين والقرارات المنظمة لذلك.

- يرجع إلي أحدث اصدار للأكواد الأخري ذات العلاقة فيما لم يرد به نصا بهذا الكود.

والقرية المصرية قديمة تاريخياً طرأ عليها متغيرات عمرانية (عشوائية أحياناً) مما أكسبها سمة خاصة تخطيطياً يمكن إجمالها فيما يلي :-

- ضيق عروض غالبية الطرقات:
  - طرق ذات عروض < ٦ م = تقريباً ١٠ % من إجمالي طرقات القرية
  - طرق ذات عروض ٣ – ٦ م = تقريباً ٤٠ – ٦٠ % من إجمالي الطرق بالقرية
  - طرق ذات عروض < ٣ م = تقريباً ٣٠ – ٥٠ % من إجمالي الطرق بالقرية

ولا شك أن النسب السابقة تتفاوت من قرية لأخري إلا أنها تمثل سمة غالبة لمعظم القري.

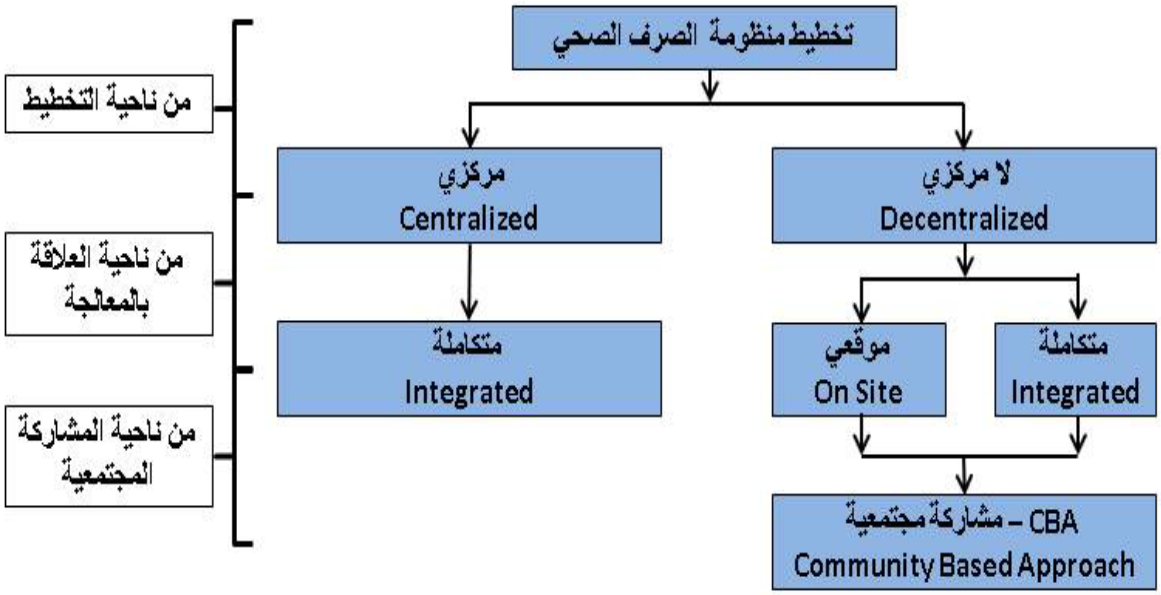
- التخطيط العشوائي للطرق وتعرج الطرق بالقرية وعدم انتظام عروضها واتجاهاتها.
- تفاوت الكثافات السكانية من منطقة لأخرى.
- تكدس وعدم أنتظام مرافق أخرى بالطرق من أعمدة أنارة، وكابلات كهرباء، وهواتف، وخطوط مياه، وخلافه بما يعيق أنشاء شبكات الصرف الصحي وبخاصة في حالة الأعماق الكبيرة، علاوة على أن أغلب المباني ذات أساسات سطحية بما يمثل خطراً على أمان المنشآت.
- تخلل الأراضي الزراعية للكتل السكانية بسبب الأمتدادات العشوائية للنمو العمراني.
- قري الوجه البحري بصفة عامة منبسطه أفقياً في حين أن قري الوجه القبلي تتميز أحياناً بالطبيعة الجبلية وتفاوت المناسيب.
- وجود عوائق عديدة من طرق وترع ومصارف وسكك حديدية وخلافه تحد من التخطيط المركزي Centralized لمشروعات الصرف الصحي.
- ضيق المساحات المتاحة بصفة عامة لإنشاء محطات الرفع.
- عدم وجود مساحات كافية لمحطات المعالجة المتكاملة خاصة في الوجه البحري.

وبناءاً على ما سبق كان لابد من إعداد هذا الكود لاستكمال ما لم يتم ذكره بكود محطات معالجة

مياه الصرف الصحي، وكود أسس تصميم وأشتراطات تنفيذ لشبكات مياه الشرب والصرف الصحي بما يناسب القرية المصرية و امكانية تطبيقه فيها.

١-٢ تعاريف

- القرية : هي ذلك التجمع السكني المسمى أدارياً "قرية" (سواء قرية أم ، أو قرية تابعة) وبتعداد سكاني يتراوح من عدة الاف إلى قرابة ٥٠٠٠٠ نسمة (٥٠ ألف نسمة).
- العزبة/النجع : هي ذلك التجمع السكاني الصغير والذي قد يقل أو يتساوى تعداده مع بعض القرى وغالباً لا يتجاوز بضعه آلاف. ويطلق لفظ عزبة ادارياً على قري الوجه البحري، ويطلق لفظ نجع إدارياً على قرى الوجه القبلي.



- تخطيط منظومة الصرف الصحي : من الناحية التخطيطية تقسم منظومة الصرف الصحي للقرى أما إلى تخطيطاً مركزياً Centralized/Cluster، أو إلى تخطيطاً لا مركزياً Decentralized والتي بالتبعية تقسم من ناحية المعالجة إلى معالجة متكاملة أو موقعية و يمكن للتخطيط اللامركزي سواء موقعي أو متكامل المعالجة أن يكون هناك تطبيق لمفهوم المشاركة المجتمعية، وتعظيم دور المجتمع المستفيد Beneficiaries في المساعدة بالتمويل و/أو الأشتراك في الإدارة وبخاصة في المشروعات الصغيرة والمحدودة.

  ويطلق عليها Community Based Approach

  ويقوم فيها المجتمع المحلي بدوره في الإدارة والتشغيل تبعاً لقدراته. ويوصى بألا يزيد تعداد التجمع السكنى بهذه الآلية المجتمعية على ١٥٠٠٠ نسمة.

- التخطيط المركزي Centralized/ Cluster ويقصد به تخطيطياً خدمة مجموعة من القرى والتوابع ،أو مدينة و مجموعة قرى مجاورة لها كوحده مركزية واحدة تخدمها محطة معالجة واحدة. وتكون في نطاق حوالى ٧ كم.
- التخطيط اللامركزي: Decentralized ويقصد بها تخطيطياً خدمة قرية واحدة أو عزب ونجوع متلاصقة جغرافيا معها بمشروع صرف صحي لهذه المجموعة وتخدم أما بمحطة معالجة واحدة أو بتقنيات موقعية.
- الانظمه المتكاملة : Integrated ويقصد بها التقنيات المتكاملة والتي تضم بعض أو كل مراحل المعالجة المتعارف عليها من معالجة مبدئية، و أبتدائية، و ثانوية، و ثلاثية.
- الأنظمة الموقعية: On Site هي طرق المعالجة والتخلص النهائي من مياه الصرف الصحي المجمعة وتطبق موقعياً داخل حدود القرية، ويقصد بها التقنيات البسيطة منخفضة التكاليف مثل خزانات التحليل وتطويراتها المختلفة والواردة بهذا الكود.
- حزمة عنقودية Cluster تسمي مجموعة القري التي تخدمها محطة معالجة واحدة بحزمة عنقودية Cluster أو ذات تخطيط مركزي Centralized
- مشاركة مجتمعية CBA هي مشروعات المشاركة الشعبية سواء لمشروعات موقعية أو متكاملة ولكنها لامركزية التخطيط فقط.

الباب الثاني : منهجية التصميم

على المصمم اتباع المنهجية الآتية للخطوات التصميمية لأي مشروع طبقاً لما يلي :

٢-١ الزيارة الميدانية

زيارة القرية والمرور في كافة طرقاتها والتعرف ومعاينة مايلي :-

- عروض الشوارع وتعرجاتها.
- تحديد الأماكن الملائمة لمحطات الرفع.
- رصد العناصر الإنشائية لمباني القرية من ناحية الارتفاع، وأسلوب البناء، والإنشاء، والمستوى الحضري والمادي للأهالي (لما له من إنعكاس علي السلوكيات ونوعية مياه الصرف الصحي المنتجة وكمياتها).
- رصد الأنشطة الاقتصادية بالقرية من محلات، أو ورش، أو مصانع (معامل أنتاج الأغذية كالجبن) أو حظائر تربية مواشي وخلافه (لما لها من أثر على خصائص مياه الصرف الصحي الخام المتوقعة)، و تحديد أماكن أخذ عينات لمياه الصرف لتحديد خصائصها الكيميائية والبكتريولوجية.
- عقد لقاء أو لقاءات مع أهالي القرية أو القيادات الطبيعية بها لمناقشة المشكلات، وللتعرف على خصائص الوضع الراهن ومساوئه بالنسبة لهم.
- لذلك يجب الحصول – كلما أمكن – على أكبر قدر من عينات الصرف الصحي لتحليلها في معامل معتمدة للوقوف على خصائص مياه الصرف الصحي (الصحي و/أو الصناعي ومخلفات الحيوانات) وذلك نظراً لأن تركيز الملوثات بمياه صرف صحى القري تتوقف على العديد من العوامل التي تختلف إلى حد بعيد عن المدن ولذا لا يوصى بأخذ قيم تركيز الملوثات المستخدمة في تصميم محطات الصرف بالمدن حيث أنه من المعتاد أن تزيد هذه التركيزات في القري لقلة استهلاكات المياه وتنوع مجالات استخدام المياه بالقرية واختلاطها بروث المواشي، بالاضافة إلى المياه المنصرفة من الصناعات–الصعيرة مثل الألبان والجبن وغيرها، وايضاً إلى ارتفاع منسوب المياه تحت السطحية، والتي تصل للشبكة، علاوة على كمية مياه الأمطار التي تصل للشبكة، والتي تقل مع عدم وجود طرق مرصوفة بالقري لذلك يوصى باتباع الآلية التالية :-
  - ✓ إذا وجدت شبكة قائمة؛ فانه يتم تجميع عينات من بيارة التجميع (محطة الرفع) أو على مسار الشبكة من مناطق يرصدها الاستشاري متباينه في أوقات مختلفة لتعبر عن الأنشطة السكنية والصناعية لتماثل أوقات الذروة وأدني استهلاك.
  - ✓ في حالة عدم وجود شبكة؛ إما أن تؤخذ عينات من قرى قريبة نمطياً وسلوكاً (قري مماثلة وقريبة) وتوجد لها شبكات أو محطات رفع أو معالجة أو أن يتم حساب قيمه تركيز المواد العضوية BOD، والمواد العالقة T.S.S بمياه الصرف الصحي الخام باعتبار أن متوسط

ناتج الفرد يوميا من المواد العضوية (BOD) ٦٠ جم تقريبا وكذلك المواد العالقة T.S.S تكون ٦٠ جم/فرد/يوم تقريبا. و تبعاً لنسبة توافر خدمه المياه بالقرية يتم افتراض معدلات تصرف مياه الصرف الصحي (وليس استهلاك مياه الشرب) بمعدل ٥٠-٦٠ ل/ف/ي في حالة أن نسبة ١٠٠% من القرية تعتمد على حنفيات عمومية لمياه الشرب. و يتم افتراض معدلات تصرف مياه الصرف الصحي (وليس أستهلاك مياه الشرب) بمعدل ٨٠-١٠٠ ل/ف/ي في حالة ان نسبة ١٠٠% من القرية تتواجد بها شبكة للتغذية بجميع منازل القرية. و ما هو بين ذلك يفترض قيما بنسبة تواجده من واقع الزيارة الميدانية .

وتؤخذ القيم التالية لبعض عناصر الملوثات التالية في حالة تعذر قياسها

أمونيا – نيتروجين	١٤ مجم/لتر	الفسفور العضوي	٧ مجم/لتر
نيتروجين عضوي	٤٣ مجم/لتر	الكولفورم الكلي	١٠ [٨] – ١٠ [١٢]

٢-٢ أعمال الرفع المساحي

يحرص الاستشاري – بهدف خفض تكلفة تنفيذ المشروع – على الرفع المساحي الدقيق للقرية والذي يشمل رفع الطرقات، وعروضها، ومناسيبها بغرض الاستفادة الكاملة من ميول سطح الأرض في تخطيط شبكات الصرف الصحي، واختيار أماكن محطات الرفع لتوفير نفقات الحفر.

٢-٣ أعمال الجسات

يتم القيام بالعدد الكافي وبالعمق الملائم تبعاً لأعماق خطوط الشبكات حيث تخدم الجسة الواحدة دائرة نصف قطرها ٥٠٠ م –كجسات استرشادية– للتعرف على طبيعة ومكونات التربة وقوة تحملها ومنسوب المياه الجوفية في الشوارع الرئيسية فقط للتصميم. و يتم زيادة العدد وقت التنفيذ إذا رأي المالك أو الأستشاري أو المقاول، أو جميعهم زيادة عدد وعمق الجسات في بعض المناطق (مثل الطرق الضيقة أو ضعف المنشأت المجاورة أو جمعهم في مواقع محطات الرفع والمعالجة).

٢-٤ حماية الأفراد والمنشآت والممتلكات

يراعى عند التصميم من واقع الزيارة الميدانية تحديد الأماكن الضيقة، والمناطق التي تحتوى على منشآت ذات أساسات سطحية، أو منشآت ضعيفة بصورة مبدئية بحيث تتضمن قوائم الكميات التصميمية تقديراً مبدئياً لأعمال السند المؤقتة أو الدائمة (بأي صورة ملائمة سواء بالشدات الخشبية أو المعدنية أو الستائر و خلافه).

ولا يعفي ذلك المقاول أثناء التنفيذ من تدقيق تلك المواقع بأشراف وأعتماد المالك أو من ينوب عنه واقتراح مايلزم من أعمال و إجراءات و إنشاءات تضمن حماية الأفراد والممتلكات والمنشآت.

ويدخل ضمن ذلك إجراءات ووسائل التحذير من الإضاءة ليلا، وخلافه تبعاً للشروط العامة المتعارف عليها في هذا الشأن.

٢-٥ نزح المياه تحت السطحية

تعاني معظم القرى من وجود مياه تحت سطحية Sub-Surface Water على عمق قد لايتجاوز ٥٠ سم أسفل منسوب الأرض الطبيعية-غالبيته متسرب من مياه الزراعة ثم من شبكات المياه وبيارات الصرف بكمية أقل ولكن بتلوث أكبر – وعلى أستشاري التربة والمقاول وضع مقترح ملائم للنزح بما يحافظ على المنشآت وعدم تأثرها به.

ويلتزم المصمم بمراعاة تقدير ذلك تصميمياً وتقدير كميات مياه الرشح التي سيتم أخذها فى الاعتبار عند حساب التصرفات التصميمية لشبكات الصرف الصحي.

٢-٦ تصميم عناصر النظام

يجب مراعاة تصميم مشروعات الصرف الصحي في إطار مخطط عام Master Plan للحوض المائى Water shed حيث يتم تصميم مشروعات متكاملة لكل حوض مائى وما يشمله من القري أو لمجموعة من القري والتوابع بمفهوم الحزمه العنقودية Cluster / المركزية Centralized كلما أمكن، واذا تعذر ذلك ، فإنه يمكن اقتراح بعض المشروعات اللامركزية تبعاً لرؤية المخطط. ويفضل ألا يزيد عدد سكان كل وحدة عنقودية على قرابة مائة ألف نسمة ،إلا أنه قد يتغير ذلك تبعاً لظروف كل وحده عنقودية.

ويتم الرجوع إلى كود أسس التصميم وأشتراطات التنفيذ لشبكات مياه الشرب والصرف الصحي وكذلك كود أعمال معالجة الصرف الصحي فيما يخص الدراسات المساعدة كالسكان، والفترات التصميمية، وغيرها مما لم يذكر صراحه في هذا الكود.

وتتضمن عناصر النظام مايلي :-

٢-٦-١ أعمال التجميع

- وتنشأ من شبكات بأحد الأنظمة الملائمة (والتي سيلي إيضاح متطلباتها الفنية تفصيلاً) مثل الشبكات السطحية Shallow System، أو شبكات صغيرة الأقطار Small bore sewer أو الشبكات التقليدية Conventional / Traditional sewerage system. ويمكن الجمع بين كل هذه الأنظمة أو بعضها عند تصميم شبكات القرية الواحدة، على أن يراعي أختيار نوعية المواسير طبقاً للقرارات الوزارية أو الأكواد الأخرى المنظمة لذلك وذات العلاقة.
- أو قد يكون بديلا للشبكات الإبقاء على منظومة التجميع بعربات النزح / الكسح من البيارات القائمة ونقلها وتفريغها في نقاط محددة طبقاً لما يلي :-
  - يتم نزح المياه ويتم التخلص منها على مكبات أو نقاط استقبال في الشبكات أو محطات الرفع القريبة.
  - لا يسمح بكسح الرواسب (الحمأة) والتخلص منها إلى الشبكات و محطات الرفع نهائياً، وإنما يتم نقلها إلى أقرب محطة معالجة حيث تخلط مع الحمأة الناتجة من المحطة ويمر الخليط على أعمال معالجة الحمأة بالمحطة أو تنقل مباشرة إلى أحواض التجفيف أو

المعالجة اللامركزية.

٢-٦-٢ أعمال الرفع والطرد

وتنشأ محطة/محطات الرفع في الأماكن المنخفضة والملائمة لتخطيط الشبكة وفي المواقع المتاحة بالحيز العمراني للقرية أو مجاوراً له.

- يراعى في تخطيط مواقع محطات الرفع – بهدف تقليل التكلفة– إتباع الإشتراطات ومتطلبات وزارة الصحة بخصوص الموقع، مع عمل التهوية اللازمة منعاً للروائح مع ضرورة إتباع مايلى:-

✓ **محطات الرفع الفرعية**

تشتمل فقط على البيارة وغرفة الطلمبات (يفضل الغاطسة). ويمكن الاكتفاء بونش أحادي الحركة يركب فوق البيارة بدون غرفة.

كما تشتمل على غرفة حارس بها لوحة كهرباء. ويكون المحول والمولد من النوع الخارجي بدون غرفة الذي يتحمل العوامل الجوية.

يراعى تخطيطاً أن تكون مساحة المحطة أقل ما يمكن، أو تبعاً فقط لقطر البيارة، وأن تحاط بسور من السلك المغطي بالبلاسيتك. ويمكن استخدام السور كجانب لبعض الغرف والمنشآت لتقليل المساحة مع عمله فى هذه الحالة من حوائط طوب بارتفاع ٢.٥ متر على الأقل.

✓ **محطة الرفع الرئيسية**

-تشتمل على البيارة وغرفة الطلمبات (يفضل الغاطسة) ويمكن أضافة غرفة أعلى البيارة تشتمل على الونش ولوحة الكهرباء، كما تشتمل على غرفة حارس. وأيضاً مبني مولد ومحول ومخزن بأبعاد أقل ما يمكن. يراعي تخطيطاً أن تكون مساحة المحطة أقل مايمكن أو تبعاً فقط لقطر البيارة بإعتبارها المنشأ الرئيسي، وأن تحاط بسور من هيكل خرساني وطوب بأرتفاع ٢.٥ م ويفضل استخدام جانب بعض الغرف والمنشآت كسور لتقليل المساحة.

✓ **خط / خطوط الطرد**

تراعى القواعد والأسس الواردة بالأكواد الأخري، أو القرارات الوزارية ذات العلاقة والمنظمة لذلك.

٢-٦-٣ أعمال المعالجة

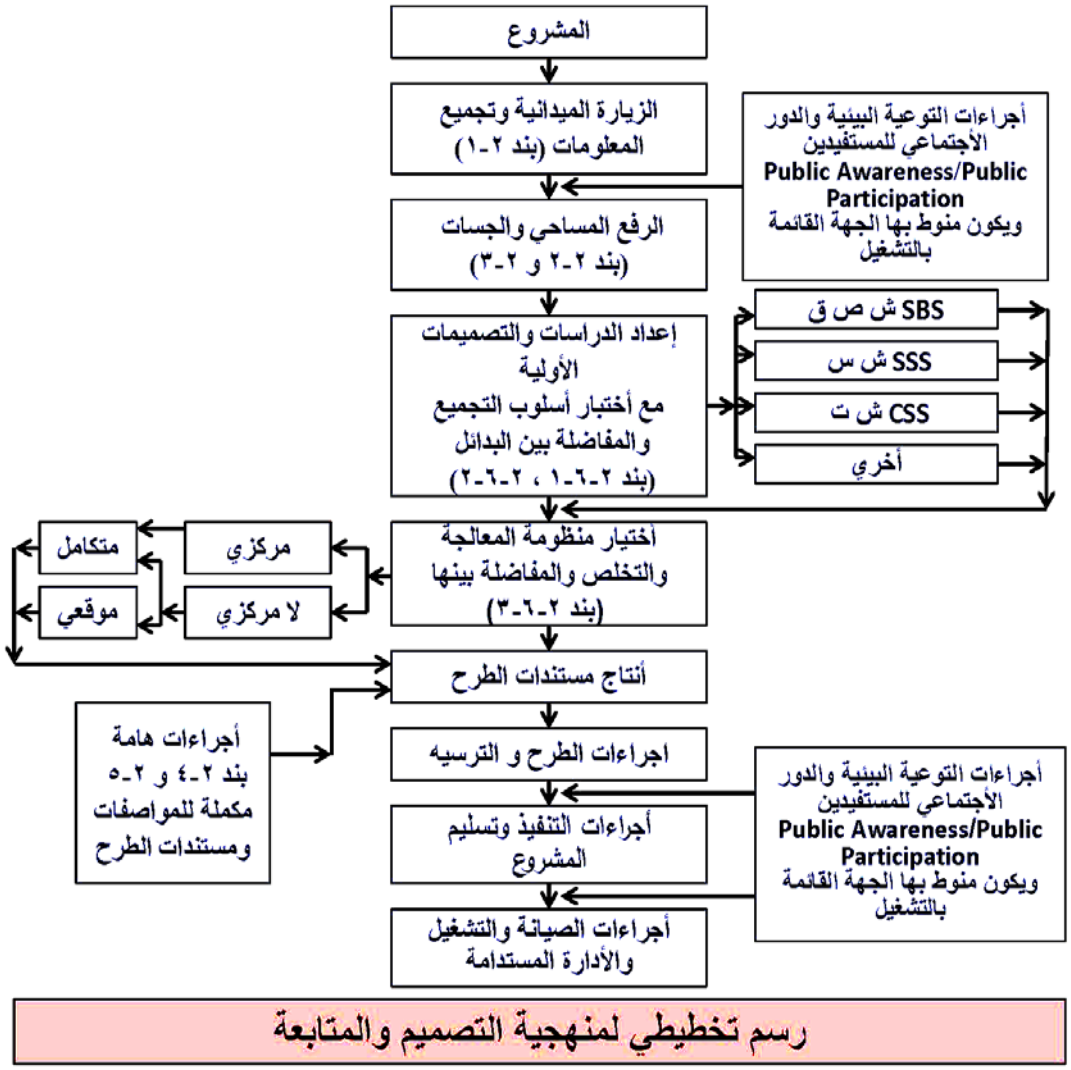
على الأستشاري المصمم تحديد النظام الملائم من أنظمة المعالجة الموقعية (منخفضة التكاليف)، أو المتكاملة (سواء كانت مركزية أو لامركزية).

ولا يعفى ذلك المقاول من مراجعة التصميمات لأعمال التجميع والرفع والطرد والمعالجة، والتحقق من ملائمتها فنياً وهندسياً من جميع النواحي الإنشائية والتقنية، والهيدروليكية، والكهروميكانيكية. ويكون مسئولاً عنها كأنها صادرة منه.

٢-٦-٤ مستندات الطرح

يعد الأستشاري مستندات الطرح المكملة (المواصفات – الرسومات – قوائم الكميات) طبقاً لما جرى عليه العمل وأوضحته الأكواد الأخرى ذات العلاقة.

٢-٧ محددات الأختيار



رسم تخطيطي لمنهجية التصميم والمتابعة

٢-٧-١ أعمال التجميع

تبعاً لرؤية الاستشاري، قد يكتفى بأحد الأنظمة أو الجمع بين نظامين أو أكثر طبقاً لرؤيته لظروف القرية، وظروف المشروع بصفة عامة، وطبقاً للمتطلبات الحالية والمستقبلية (مثل النمو العمراني، إمكانية ربط قرى أخري مجاورة – إلى آخره).

وفيما يلي محددات اختيار تتيح للأستشاري المصمم المفاضلة بين البدائل الخمسة المتاحة لأعمال التجميع وهي:

- بيارات وعربات نزح للمياه او كسح للرواسب (يدوية أو ميكانيكية)
- شبكة صغيرة الأقطار ش ص ق/SBS.
- شبكة سطحية ش س/SSS.
- شبكة تقليدية ش ت/CSS.
- أخرى شبكات مضغوطة Pressurized Or Others

ويختار المصمم بين تخطيط المشروع (القرية – التجمع السكني) كوحدة مستقلة لامركزية Decentralized، أو ضمن مجموعة من القري، و/أو التوابع والنجوع والعزب كخدمة عنقودية Cluster / Centralized ، ويلجأ المصمم للحزمة العنقودية Centralized عندما تتوافر العناصر التالية :

- عدم أو قلة الموانع الطبيعية من طرق رئيسية، ترع، سكك حديدية بهدف الحد من العدايات.
- تكون القرية على بعد حوالي ٧ كم عن موقع محطة المعالجة.
- ملائمة مواقع الروافع وتواجدها وتواجد مسارات خطوط الطرد.
- لا يفضل أن تمر مسارات خطوط طرد قادمة من قرية مخدومة خلال قرية أخري غير مخدومة للاعتبارات الاجتماعية.
- يراعى عند تقييم الحزمة العنقودية / مركزية المعالجة، تقييم القري حولها والتحقق من إمكانية تنفيذ مشروع مستقل لها (موقعي لامركزي أو خلال حزمة عنقودية أخري) وإذا تعذر ذلك؛فإنه يتم دراسة إمكانية ضم تلك التجمعات للحزمه محل التصميم أو أقتراح وآلية لخدمتها بصورة آمنة.

النظام	المزايا (ما لها)	المحاذير (ما عليها)
نزح/كسح	– نجع أو عزبة او تجمع سكني صغير أو مباني متباعدة تزداد تكلفته أذا تم تنفيذه بأي بديل أخر. – منطقة سكنية صغيرة ومنعزلة محاطة بموانع مثل ترع أو سكك حديديه أو طرق رئيسية أو خلافه. – طرق بعروض أقل من ٢م	– يعيبه سوء البعد البيئي وتعرض الطرقات للتلوث، أو عدم الألتزام بالتخلص من المياه المزاحة أو الحمأة المكسوحة في الأماكن المحددة (بند٣-٦-١)
ش ص ق SBS	– يفاضل بينه وبين (ش س) تبعاً للبعد الأجتماعي للقرية والتكلفة الأجمالية للمشروع. – يفضل في الطرق بعروض أقل من ٢م. – يمكن تنفيذ جزء من القرية به والباقي تكون (ش س). – ملائم أكثر في حالة وجود منشآت ضعيفة ومعرضه للانهيار، حيث يتميز بأنخفاض التكلفة وقلة الأعماق والأقطار المستخدمة. – القطر الأدني هو ١٠٠ مم (٤"). – ألا يقل العمق عن ٦٠ سم.	– يلزم له وجود هيكل أداري قوي للقيام بأعمال كسح رواسب غرف الأستقبال مرة واحدة سنوياً في المتوسط وكذلك تسليك الشبكة دوريا. – ضرورة وجود محطة معالجة قريبة للتخلص من ناتج كسح رواسب غرف الأستقبال. – ضرورة تدريب جمعية خدمة المجتمع أو الجهة القائمة على تشغيل الشبكة على أعمال التسليك من خلال طبات التسليك Clean Outs بالشبكة. – أهمية التوعية البيئية للاهالى لعدم القاء مخلفات كبيرة الحجم تؤثر على عمل النظام.
ش س SSS	– يفاضل بينه وبين (ش ص ق) تبعاً للبعد الأجتماعي بالقرية والتكلفة الأجمالية للمشروع. – يفضل تنفيذه بجزء من القرية في الطرق ذات العروض من ٢-٤ م والمناطق الضيقة أقل من ٢م تكون ش ص ق . اما شارع داير الناحية يكون ش ت. – القطر الأدني هو ١٥٠ مم (٦"). – لا يقل الردم عن ٦٠ سم فوق الراسم العلوي. – اقل سرعه الدنيا هي ٠,٤٠ م/ث. – ملائم أكثر في حالة عدم وجود منشأت ضعيفة ومعرضه للأنهيار. – أهمية أختيار نوع غطاء غرف التفتيش والمطابق من موارد غير قابلة للكسر نتيجة الأحمال المرورية أو السرقة (مثل حاله الزهر المرن)	
ش ت CSS	– يفضل في الطرق بعروض أكبر من ٤ م. – القطر الأدني هو ١٧٥ مم – ملائمه في حالة التجمعات السكنية الكبيرة – لاتقل السرعة الدنيا عن ٠.٦ م/ث – لايقل الردم فوق الراسم العلوي للماسورة عن ٧٠سم	
اخري Others مثل الشبكات ذات المواسير تحت ضغط او بالتفريغ	منطقة منعزلة أو خاصة ويمكن ضخ الصرف منها مباشرة إلى الشبكة القائمة.	– تكاليف تشغيل عالية – عمالة فنية مدربة – غير ملائمة للتطبيق في القري المصرية لأعتبارات بيئية وتشغيلية.

٢-٧-٢ أعمال المعالجة

يراعي عند المفاضلة بين البدائل التالية بغرض اختيار نوع المعالجة الأخذ في الأعتبار النواحي الفنية وكذلك التكاليف الأنشائية ومتطلبات التشغيل والصيانة وتتضمن البدائل المتاحة مايلي :-

أولا: أعمال المعالجة الموقعية On Site Technologies

وتشمل التطبيقات خزانات التحليل التقليدية ذات الغرفة الواحده أو النظم المطوره منها مثل :

- خزان التحليل ذو الغرفة الواحدة One Chamber Septic Tank
- خزان التحليل ذو الغرفتين Two Chamber Septic Tank
- الخزان اللاهوائي ذو الحوائل Anaerobic Baffled Reactor
- المرشح اللاهوائي Anaerobic Filter
- خزان أمهوف Imhoff Tank
- وحدة البيوجاز Biogas Unit
- مرشح الأرض الرطبة ذات التصرف الرأسي Vertical Wetland
- مرشح الأرض الرطبة ذات التصرف الأفقي Horizontal Wetland

عند حدوث أية تعديلات أخري أو تجميع لعدة أنظمة مما سبق، فانه يتم تقديم لها ما يثبت جدواها الفنية، والاقتصادية، والتشغيلية من خبرات فعلية داخل أو خارج مصر ويوافق عليها المالك.

- ✓ ويلجأ إليها المصمم في حالة المساكن المنعزلة أو المناطق البعيدة جغرافياً أو ذات الكثافات السكانية المتدنية والتي يصعب ربطها فى أطار منظومة متكاملة Integrated.
- ✓ توافر جهاز أداري قوي يستطيع التعامل مع متطلبات التشغيل لهذه الأنظمة
- ✓ توافر أماكن التخلص من نزح المياه أو كسح الرواسب طبقاً للمحدد بهذا الكود.

ثانياَ: أنظمة المعالجة المتكاملة وتتضمن:

- المعالجة الأبتدائية فقط (غير متكاملة)
- المعالجة الأبتدائية والثانوية
- المعالجة الأبتدائية والثانوية والثلاثية.

– يتم أختيار درجة المعالجة و تطهير المياة تبعاً للقوانين الحاكمة للتخلص النهائي من المياه المعالجة ولضمان استمرارية التصرف ونوعية المياه الداخلة يلزم اضافة حوض موازنة للمياه الخام الداخلة.

– ويتم استخدام هذا النظام فى حالة توافر أراضي لمنظومة الأعمال ويتم الأختيار والمفاضلة فيما بينهما تبعاً لمميزات وعيوب كل تقنية والشروط الحاكمه للمشروع.

– يتم اللجوء للحلول اللامركزية عند وجود العوائق، وعدم إمكانية التخطيط المركزي Centralized.

الأنظمة الموقعية

	المميزات (ما لها)	المحاذير (ما عليها)
خزان التحليل ذو الغرفة الواحدة أو الغرفتين Septic tank	– يتميز ذو الغرفتين بتحسن ادائه مقارنة بذو الغرفة الواحدة. – يستخدم فقط في حالة الصرف الأدمي. – يحسن من جودة الحمأة التي يتم كسحها. – السهولة والبساطة – صغر المساحة المطلوبة تحت الأرض – يمكن أستخدامه في حالة تجمعات سكنية صغيرة منعزلة بموانع جغرافية (خزان لكل منزل على حدي أو بحد أقصي خزان واحد لكل عشرة منازل كخزان تجميعي).	– جودة الأداء ودرجة المعالجة متدنية (٣٠-٦٠% في أزالة المواد العضوية والعالقة). – مصدر للروائح والتلوث البيئي في حالة عدم أحكام عناصره الأنشائية. – يلزم وجود مكان قريب للتخلص من النزح والكسح بما يطابق القوانين البيئية أو ماورد بهذا الكود.
الخزان اللاهوائي ذو الحوائل Anaerobic baffled Tank /Reactor	– يمكن أستخدامه لصرف أدمي و/أو صناعي. – لا يحسن من خصائص الحمأة ويتعامل فقط مع المواد الصلبة العالقة والذائبة. – السهولة والبساطة وأستمرارية الأداء. – جودة وكفاءة معالجة مرتفعة تصل إلي ٧٠% – المساحة المطلوبة صغيرة ولكن أكبر من خزان التحليل. – يفضل في التجمعات السكنية المنعزلة والصغيرة. – أقل في التكلفة من المرشح اللاهوائي.	– المساحة المطلوبة أكبر من خزان التحليل. – تقل كفاءته كلما كانت مياه الصرف الصحي الخام ذات أحمال منخفضة. – فترة طويلة مطلوبة للتشغيل المستدام Steady State وبخاصة مقارنة بالمرشح اللاهوائي.
المرشح اللاهوائي Anaerobic filter	– يستخدم في التجمعات السكنية الصغيرة والمنعزلة. – يستخدم في حالة الصرف الصحي الأدمي و/أو الصناعي. – يفضل أن يتبعه وحدة ترسيب أبتدائية. – جودة معالجة مرتفعة مقارنة بخزان التحليل. – المساحة المطلوبة صغيرة ولكن تعتبر كبيرة بالمقارنة بخزانات التحليل. – لا يحسن من خصائص الحمأة ويتعامل فقط مع المواد الصلبة العالقة والذائبة.	– مرتفع التكلفة بسبب تكلفة المادة الوسيطة. – احتمال تكرار انسداد المرشح. – كثرة تصاعد الروائح بالرغم من أرتفاع جودة المعالجة.
خزان أمهوف Imhoff Tank	– يستخدم للتجمعات السكنية الصغيرة والمنعزلة. – يحسن من خصائص الحمأة التي يتم كسحها. – يستخدم للصرف الصحي الأدمي فقط وليس الصناعي. – المساحة المطلوبة صغيرة. – يكاد يكون منعدم الرائحة.	– أكثر تعقيدا من خزان التحليل. – لابد من أستمرارية عملية كسح الحمأة بأنتظام.

	المميزات (ما لها)	المحاذير (ما عليها)
وحدة البيوجاز (النوذج الهندي) والصيني Biogas plant	– في حالة صرف أدمي مع مخلفات ماشية. – كمية الحمأة الناتجة قليلة.	– خصائص الحمأة الناتجة غير جيده – صعوبة في التشغيل.
مرشح الأرض الرطبة ذات التصرف الرأسي والأفقي	– معالجة هوائية – متحولة – يحسن من إزالة البكتريا الممرضة Pathogens – لمعالجة الصرف الأدمي والصرف الصناعي منخفض التركيز. – يلزم أن يسبقه معالجة أبتدائية. – درجة معالجة عاليه. – يحقق منظراً جمالياً بمنطقة المشروع لوجود النباتات واختفاء مياه صرف صحي فوق مستوى الأرض الطبيعية. – يمكن أن يكون منخفض التكلفة في حالة المادة الوسيطة المالئة منخفضة التكلفة ومتوفرة. – عدم وجود روائح. – يتطلب طاقة محدوداً نسبياً – لا يتم استخدام كيماويات	– المساحة المطلوبة كبيرة – مكلف في حالة الماده الوسطيه المختاره بعناية. – يلزم له مهارة وتقنية عاليه في التشغيل وبخاصة في أول عامين. – يتطلب مكافحة للبعوض – يتطلب حماية للعامليين

ويراعى عند تنفيذ الانظمة الموقعية مراعاة كافة الاشتراطات والاحتياطات الصحية والبيئية والصحة المهنية لحماية العمال والبيئة المحيطة والمجتمع وتشمل على سبيل المثال :

- توفير أماكن ملائمة لانتظار سيارات الكسح
- توفير مستلزمات الحماية الشخصية للقائمين على عمليات الكسح
- وضع آلية سهلة التنفيذ لاحكام الرقابة على تسليم ناتج كسح الرواسب وضمان عدم أو سوء استخدامها أثناء نقلها للاماكن المخصصة بطريقة آمنة.
- وجود سجلات لحركة عربات الكسح.
- وضع خطة لمكافحة الذباب والبعوض.
- تعريف المجتمع بمخاطر اعمال الكسح ووضع إلية لاشتراطات ادارة نواتج الكسح والحمأة.
- تحديد اشتراطات لافضل مواقع لخزانات تخزين الحمأة.
- وضع خطة لحملات التوعية للتعريف بمخاطر الكسح البيئية.
- تحديد الجهة المفوضة بالكسح مع وتدريب القائمين عليها.

الباب الثالث : أنظمة التجميع

٣-١ مقدمة

نظرا لان تكلفة، انظمة تجميع مياه الصرف الصحى تمثل حوالى من ٦٠- ٧٠% من التكلفة الإجمالية لمشروع الصرف الصحى ، لذلك فإنه من الضرورى البحث عن البدائل الخاصه بأنظمه تجميع مياه الصرف الصحي، والتى تحقق النواحى الفنيه وتناسب ظروف البيئة المصرية مع الأخذ فى الاعتبار أن تكون أقل تكلفة بالمقارنة بالأنظمة التقليدية لشبكات الصرف الصحى والتى يتم تنفيذها حالياً.

كما يلزم ضرورة قيام الاستشارى المصمم بدراسة كافة الانظمة الوارده بهذا الكود، ومراعاة كافة الظروف الخاصة بكل قرية سواء عدد السكان، أو التضاريس والعوامل الطبيعيه، اوالعناصر المنفذه للشبكات لكل تجمع سكنى والذى يشمل العشوائيات والمناطق المنعزلة والقرى المصرية مع مراعاة مدى خبرة وكفاءة القائمين بأعمال التشغيل والصيانة لهذه الانظمه ومقارنة ذلك باستخدام نظام الشبكات التقليدية التي تعمل بالأنحدار الطبيعي. يتم الرجوع إلى كود أسس التصميم وأشتراطات التنفيذ لشبكات مياه الشرب والصرف الصحي.

- وهناك نوعان من أنظمة تجميع الصرف الصحي منخفضه التكاليف :-
  - **النوع الاول** :- الأنظمة التى تنشأ من تعديلات بمعايير التصميم و الذي يشمل نظام مواسير الإنحدار غير العميقة ونظام الشبكات ذات الأقطار الصغيرة.
  - **النوع الثانى** :- ويشمل نظام الشبكات بتفريغ الهواء و نظام الشبكات المضغوطة والتي لا يوصى بها لعدم ملائمتها للقرية المصرية.

٣-٢ نظام مواسير الانحدار الغير عميقة (Shallow Sewerage System)

٣-٢-١ نظرة عامة

هذا النظام مثل أنظمة الشبكات التقليدية بالإنحدار مع تغيير بعض الأسس التصميمية والتي تشمل عمق و ميول الماسورة وسرعات السريان في الماسورة.

٣-٢-٢ الأسس التصميمية

١- بالنسبة للتصرفات تستخدم كما هي في أنظمة الشبكات التقليدية بالإنحدار، وطبقاً لمعدلات التصرفات الواردة بهذا الكود، مع اختيار معامل الذروة لما يتناسب مع طبيعة القرى.

٢- بدايات أعماق خطوط الانحدار تكون بغرف التفتيش بأعماق تبدأ بعمق ٧٠ سم وبقطر ١٥٠ مم.

٣- خطوط الانحدار المقترح تنفيذها تكون على أساس إنشاء غرف تفتيش عليها .ويتم تنفيذها فى الشوارع بعروض يتراوح بين ٢ م الى ٤ م.

٤- معامل الذروة الأقصي لتصميم شبكات الإنحدار يتم حسابه طبقاً للكود المصري لتصميم، وتنفيذ خطوط المواسير لشبكات مياه الشرب والصرف الصحي أحدث إصدار.

٥- السرعة الدنيا هي ٠.٤ م/ث و الجدول التالي استرشادي

القطر (م)	الميل الأدني (%)
١٥٠	٤
١٧٥	٣.٥
٢٠٠	٣.٢٥
٢٢٥	٣
٢٥٠	٢.٨

باقي الأقطار تكون طبقاً للنوتة الحسابية بحيث لاتقل السرعة عن ٠.٤ م/ث

محطات الرفع لها نفس أسس تصميم محطات الرفع التقليدية مع مراعاة الاختلافات الآتية:

٦- لاتوجد غرفة تشغيل فوق البيارة.

٧- لاتوجد مبانى خاصة بالورشة أو الإدارة .

٨- يجهز الموقع بغرفة للوحة التوزيع والمشغل .

٩- يزود الموقع بمظلة لوحدة التوليد وخزان الوقود .

١٠-المحولات المستخدمة تكون من طراز الأكشاك .

١١-يتم تصميم محطة الرفع (الأعمال المدنية والكهروميكانيكية) وخط الطرد على أساس معامل ذروة يقدر بحوالى٢.٥ من متوسط التصرف.

٣-٣ نظام الشبكات ذات الأقطار الصغيرة (Small Bore Sewer System)

٣-٣-١ نظرة عامة

ويطلق أيضاً على هذا النظام (الصرف بالجاذبيه بالأقطار الصغيرة) Small Diameter Gravity Sewer) حيث يعتمد هذا النظام على تواجد خزانات للتجميع من المنازل أو المنشأت، والتى تسمى

بخزانات الأستقبال " Interceptor tanks" و وظيفتها إزالة الشحوم والمواد الصلبة القابلة للترسيب من مياه الصرف الصحى الخام وتخرج المياه الرائقة منها فقط إلى شبكات المواسير ويتم التخلص من المواد الصلبه والمترسبة بخزانات الاستقبال بواسطة المضخات أو عن طريقة الإزالة اليدويه بصفه دورية مرة كل ٦ شهور إلى عام، أو من خلال خط رئيسى لتجميع هذه الرواسب إلى المعالجه مباشرة. ويتم نقل مياه الصرف الصحي الرائقة إما عن طريق الجاذبية Septic Tank Effluent Gravity (STEG) أو عن طريق طلمبات رفع وسيطة (Septic Tank Effluent Pumping)(STEP")

ونظراً لان المعالجة البيولوجيه داخل هذه الخزانات والتى تعتمد على البكتريا اللاهوائية والتي تقوم بهضم معظم المواد العضويه الصلبه المترسبة وتحويلها إلى مواد عضوية ثابتة أو مواد غير عضوية وغازات فإن ذلك يؤدى بدوره إلى عدم احتواء مياه الصرف الصحي التي تخرج من هذه الخزانات على تركيزات عالية من المواد الصلبة مما يساعد على تطبيق معايير التصميم لمواسير التجميع على أساس خلوها من المواد الصلبه بالاضافة إلى تصميم ماسورة الخروج على أساس التصرف المتوسط حيث يعمل خزان الاستقبال على أمتصاص تصرف الذروة وتحويله لتصرف متوسط. وبهدف خفض حجم وتكلفة خزان الاستقبال، فأنه يمكن فصل المياه الرمادية عن المياه السوداء بحيث توجه المياه السوداء إلى خزان الاستقبال أما المياه الرمادية فتصرف مباشرة إلى الشبكة .

من المفضل تطبيق هذا النظام مع النظام التقليدى للشبكات حيث يمكن استخدام هذا النظام بالشوارع الفرعيه المتواجد بها خزانات التجميع. وأيضا يمكن الجمع بين هذا النظام والأسلوب التقليدى للشبكات أو النظام الغير عميق أيهما أكثر ملائمة والتى يتم تنفيذها بالشوارع الرئيسية .

وهذا النظام يعمل على تقليل أقطار المواسير وعمق محطات رفع مياه الصرف الصحى والتى تؤدى بدورها إلى تقليل تكلفة التنفيذ بالاضافه إلى سهولة عمليات التشغيل والصيانة ومن المعروف أن شبكات الصرف الصحي التقليديه يعمل بالانحدار الطبيعى، وتقوم بنقل مياه الصرف الصحى السائلة الخام فقط بما تحتويه من المواد الصلبه حيث من الضرورى الاعتماد على ميول المواسير بنسب معينة لتحقيق حركة المياه بالجاذبيه الطبيعية بسرعات معينة لاتسبب النحر أو الترسيب، وعلى العكس كما تم ذكره سابقاً – فان نظام المواسير ذو الأقطار الصغيرة والذى يعتمد على وجود خزانات التحليل/الأستقبال التى تخرج مياه الصرف الصحى بدون مواد صلبة وبالتالي يمكن تصميم الشبكات على أساس ميول أقل أو حتي تصمم بشكل افقى وفي بعض الأحيان مائلة لأعلى ولكن بشرط أن تحقق وفراً في كميات الحفر والردم وبالتالي التكلفة.

٣-٣-٢ مكونات النظام

١- نظام الصرف الداخلى للمبنى أو المنشأ المراد صرفه (يتم الرجوع إلى الكود المصرى لتصميم أنظمة الصرف الداخلى للمنشأت) .

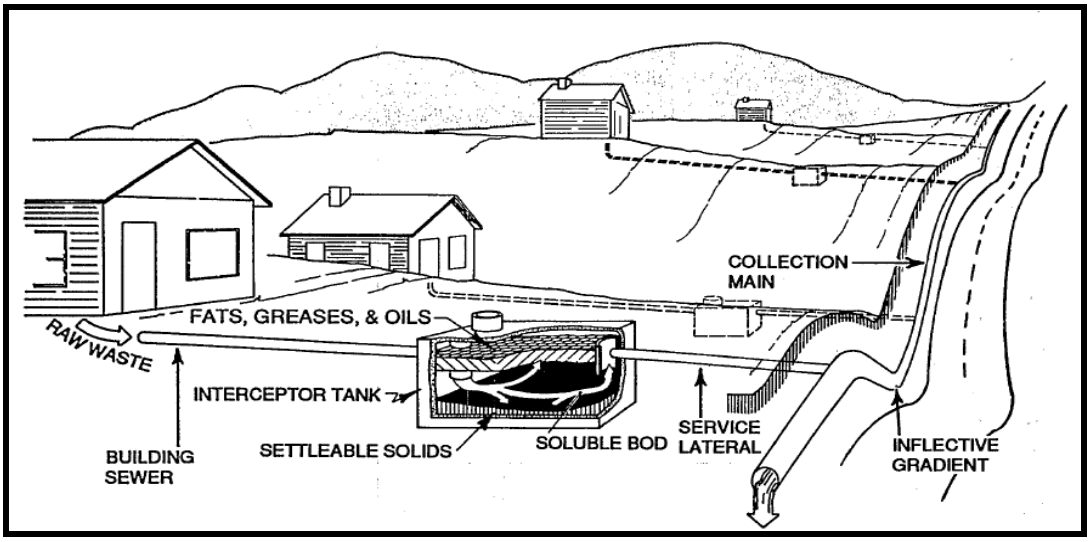
٢- خزانات التحليل / التجميع / الاستقبال Interceptor Tanks .

٣- وصلات الخدمة Service Laterals .

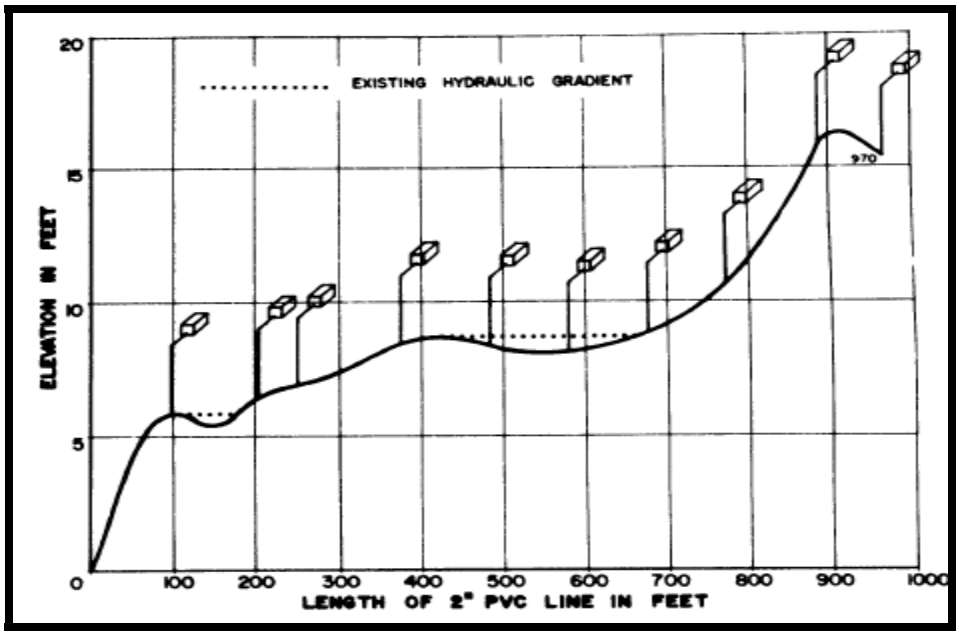
٤- المواسير الرئيسيه Collector Mains.

٥- ملحقات النظام (غرف تفتيش – طبات التسليك – وصلات التهوية) Cleanout / Manholes and vents .

٦- محطات الرفع Pumping Stations.



شكل (٣-١) عناصر ومكونات نظام الصرف الصحى ذو الاقطار الصغيره



شكل (٣-٢) مثال على الميل الهيدروليكي لماسورة بنظام الأقطار الصغيرة

خزانات التحليل / الاستقبال

يجب ان تكون هذه الخزانات معزولة تماما من الداخل والخارج، وبحجم مناسب لترسيب المواد العالقة (فترة مكث ١٢ – ٢٤ س غير شامله حجم تخزين الرواسب)، تحتوى على حواجز لإطالة المسار على أن تشتمل على منظومة لفصل الرواسب والأجسام الطافية عن مياه الصرف الصحي التي تخرج من الخزان إلى الشبكة

<u>الهدف</u>

يقوم الخزان بأداء ثلاثة وظائف رئيسية هى :

- ترسيب المواد الصلبة وحجز المواد الطافيه من مياه الصرف الصحى الخام .
- تجميع المواد الصلبه المترسبة من مياه الصرف الصحى الخام ومنع المواد الطافية من الخروج إلى شبكة التجميع .
- توفير زمن مكث للحمأة المترسبة يسمح بتحلل المواد العضوية الصلبه وتحويلها إلى مواد عضوية ثابتة من خلال المعالجة البيولوجيه اللاهوائية، والتى تقلل من حجم المواد الصلبه المجمعة .

✓ يسمح حجم الخزان بتخزين المواد الصلبه المزالة لحين التخلص منها بصفه دورية (٦-٢٤ شهراً).

✓ يعمل الخزان على ثبات توازن المياه الخارجه أثناء ساعات الذروة وبالتالي خروج المياه بانتظام.

- **وصلات الخدمه الفرعيه**

وهى الوصله ذات القطر الصغير التى تحمل مياه الصرف الصحى من خزانات التحليل إلى شبكة المواسير المجمعة ، على ألا يقل قطرها عن ١٠٠ مم.

- **شبكة المواسير المجمعة**

وهى المواسير التى تقوم بتجميع مياه الصرف من خزانات التحليل/الأستقبال ونقلها مباشره إلى شبكة الصرف التقليديه أو إلى محطة المعالجة مباشرة من خلال محطة رفع مياه الصرف الصحي، ويفضل ألا يقل أدني قطر لها عن ١٠٠مم. وقد تتحرك خلالها المياه بالجاذبية أو تحت تأثير فرق الضغط الأستاتيكي مما يساعد على الحد من أعماق المواسير خاصة عند وجود تبة بالأرض أو غيرها.

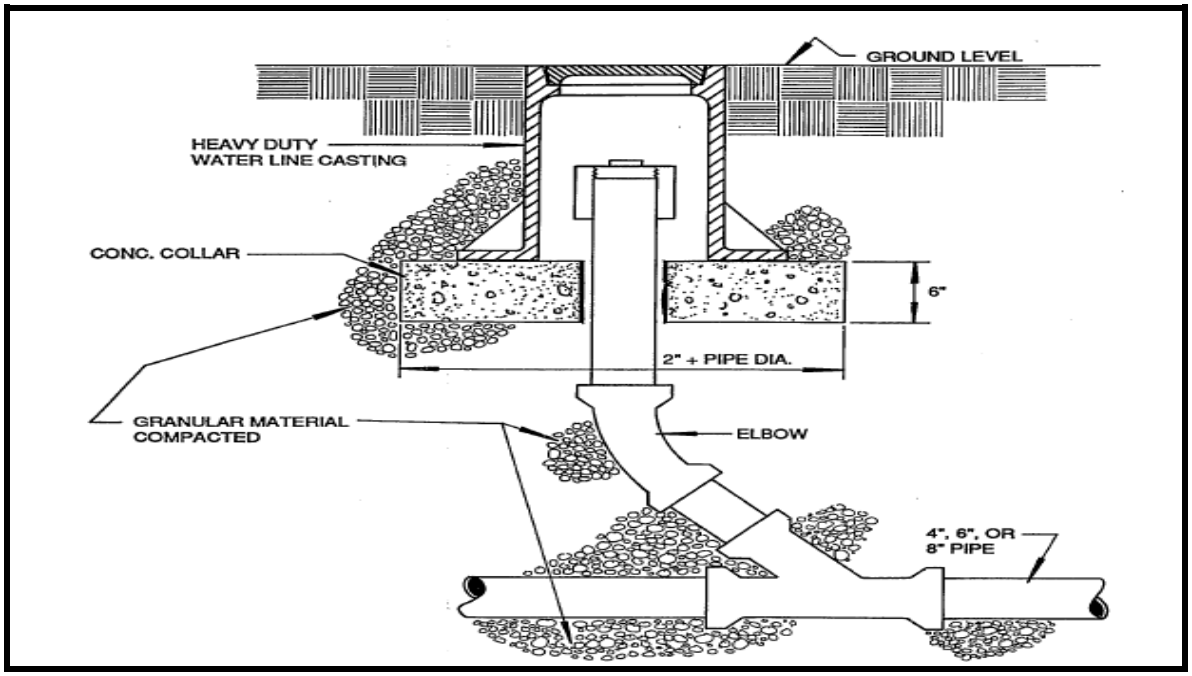
- **غرف التفتيش وطبات التسليك**

و تكون ضروريه جداً لشبكة المواسير المجمعة ذات الأقطار الصغيرة بغرض الصيانة وتمتاز طبات التسليك بإنها قليلة التكاليف بالاضافه إلى أنها أكثر إحكاماً من الاغطيه لدخول الرواسب، كما أنها تستخدم لدفع المياه النظيفة داخل المواسير لأغراض التنظيف والتسليك.

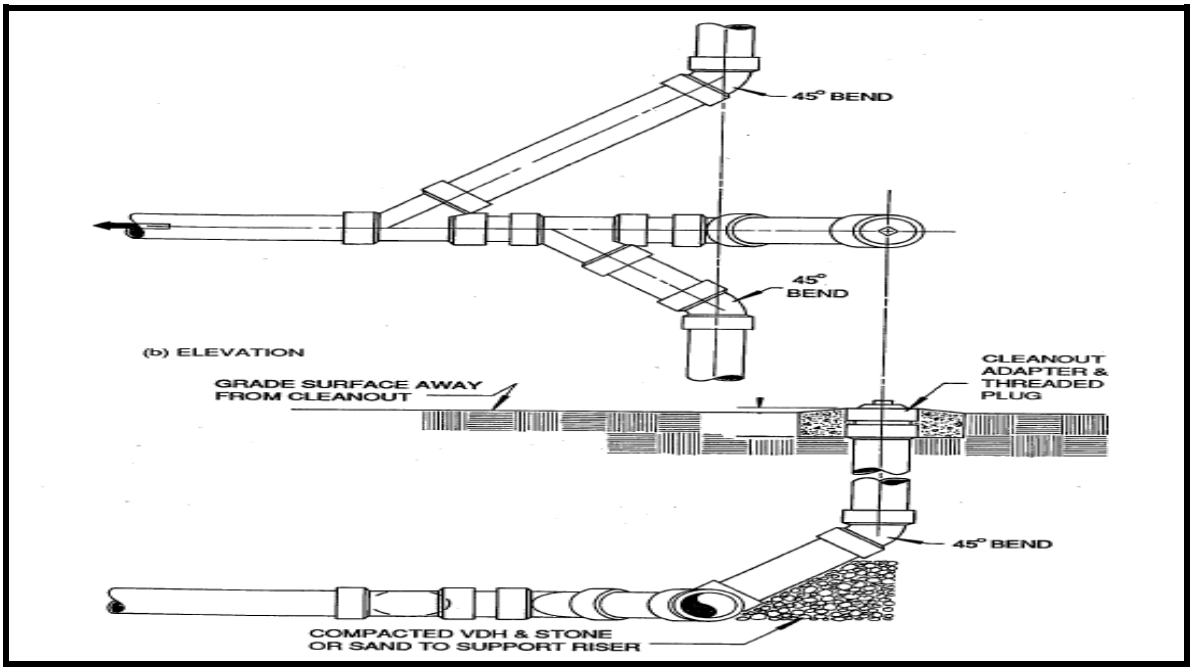
ويوصى بعمل طبات تسليك على الشبكات الفرعية والمجمعة كل مسافة لاتزيد عن ١٠٠ م. بينما تنشأ غرف تفتيش (أو مطابق تبعاً للعمق) في أماكن التجميع الرئيسية بالقرية، والتي يصعب عندها عمل طبات تسليك أو لأهمية موقعها، وكذلك يلزم عمل فتحات تهوية (Vents) بالخط على مسافات تسمح دائماً بالحفاظ على الظروف (Free – flowing) وكذلك عند نقاط الانقلاب العليا على الخطوط.

- **التهوية**

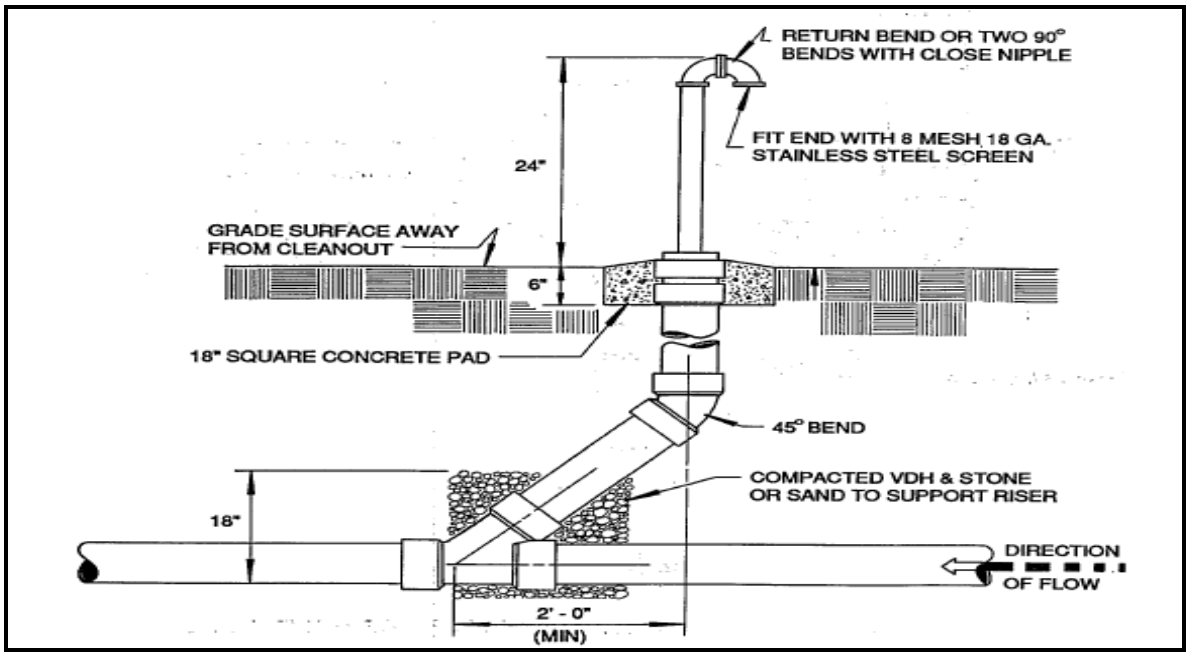
يلزم وجود نظام تهوية مناسب بحيث يؤدي ذلك إلى السريان الحر، وتكفي الوصلات المنزلية للحصول على التهوية ويمكن توزيع مجموعة من نقاط التهوية على الشبكة في مواقع متعددة.



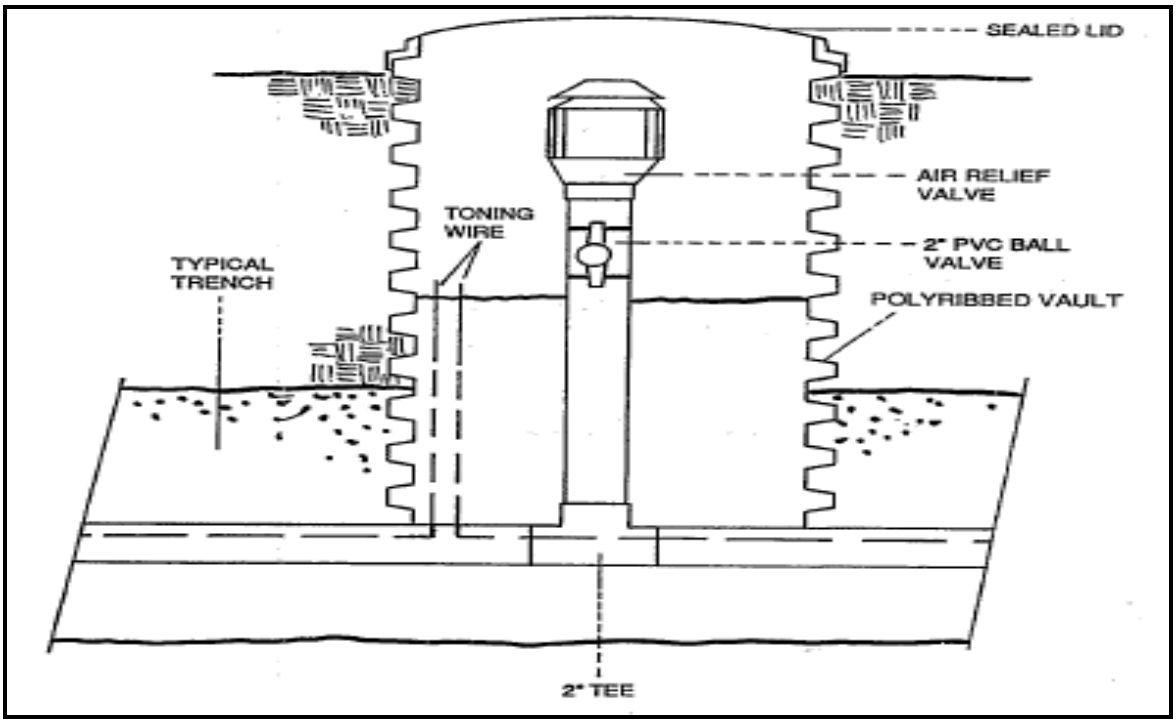
شكل (٣-٣) مقطع رأسي لتركيب طبة التسليك



شكل (٣-٤) مقطع أفقي ومقطع رأسي لاتصال طبة التسليك على عدة خطوط



شكل (٣-٥) طبات التسليك مع وجود محبس هواء



شكل(٣-٦) نموذج لطبات التسليك مع فتحات التهوية

- **محطة رفع مياه الصرف الصحى**

تستخدم محطات الرفع في النقاط المنخفضة من الشبكة وذلك لنقل المياه إلى الشبكات التقليدية أو إلى محطات المعالجة أو عند إختلاف التضاريس في منطقة معينة. يتم الرجوع إلى الكود المصرى لمحطات الرفع لاستكمال التفاصيل.

- **الاسس التصميمية**

١- نظام التجميع

- **عام**

- الحد الأدنى للمواسير يكون بقطر ١٠٠ مم .
- لا يشترط لنظام التجميع التحقق من أدنى سرعة (سرعة الترسيب) بسبب عدم احتواء مياه الصرف الصحى على المواد الصلبه. ويمكن الوصول إلى ٠.٣ م/ث.
- يجب أن تكون المكونات من المواد الغير قابله للتأكل، وأن تكون المداخل والمخارج بخزانات التحليل من خلال مشتركات للحد من الروائح الناتجه .
- يجب أن ينفذ عمق الراسم العلوى للمواسير على المسافة الامنة من سطح الأرض، والتى تحقق حمل الأمان على المواسير من القوى الناتجة عن المركبات وفى حالة عدم وجود احمال فإنها تصمم على عمق ٦٠سم.
- تستخدم غرف التفتيش على الخطوط والمطابق على الوصلة الرئيسية وفي الأماكن الرئيسية والهامة فقط ويفضل الأكتفاء بطبات التسليك كلما أمكن.
- عادة ما تستخدم طبات التسليك عند بداية الخطوط والتقاطعات الفرعية ، أو عند اساس التغير فى اقطار المواسير أو الميول ويكون على مسافات من ٣٠ – ١٠٠ متر .
- يمكن توصيل أكثر من وصلة للصرف الصحى على خزان تحليل واحد.
- عند التصميم، يجب أن يتم التأكد أن الميل الهيدروليكي Hydraulic Grade Line خلال التصرفات القصوى لا يتعدى منسوب قاع ماسورة خروج أي خزان تحليل.

- **معدلات التصرف التصميمي**

- يقوم خزان التحليل بتقليل تأثير معامل الذروة بشكل كبير. حيث يقل ليصل إلى ١.٥ متوسط التصرف.
- بالإضافة إلى تدفق مياه الصرف الصحي، مع الاخذ فى الاعتبار تقديرات تسرب المياه الجوفية والسطحية. ويتم الرجوع إلى الكود المصري لأسس التصميم واشتراطات تنفيذ خطوط المواسير لشبكات مياه الشرب والصرف الصحي "أخر إصدار" لحساب هذه الكميات.

- **مواسير الصرف الصحى**

- لحساب التصرفات الواردة إلى خزان التحليل، فانه يتم استخدام المعادلة التالية:

$$Q = q \times N$$

- وفي حالة وجود خزانات تحليل قائمة يمكن إستخدامها فإن التصرفات يتم حسابها كالأتي:

$$Q = q \times N + qadd$$

- حيث:

Q : التصرف الكلي (م^3/ث)

N : عدد الوصلات

q : التصرف الوارد من الوصلة الواحدة (م^3/ث للوصلة)

qadd : تصرفات إضافية ناتجة عن الرشح داخل الخزانات القائمة (م^3/ث)

- عند تغير المناسيب في الخط بحيث يكون الميول في الخط الرئيسي في زيادة أو نقصان سواء لأعلى او لأسفل، بانه يجب المحافظة على أن يكون الميل الهيدروليكي للمياه في الماسورة يسمح بالتدفق والتهوية الكافية للسريان.

- **خزانات التحليل / الاستقبال**

خزان التحليل هو خزان مائي معزول يتم إنشاؤه تحت سطح الأرض مزود بمدخل ومخرج ويتم تصميمه بمدة مكث تتراوح بين ١٢ إلى ٢٤ ساعة حيث يتم ترسيب المواد الصلبة وحجز المواد الطافية.ويجب أن يتم إزالتها بشكل دوري.

- **مداخل ومخارج الخزان**

يجب أن يكون مدخل الخزان متساوى في القطر أو أكبر من ماسورة صرف المنازل لمنع احتمالات السدد في المدخل، و لمنع انسداد مواسير الصرف الصحي لشبكة الأقطار الصغيرة كما ينبغي أن يكون مخرج

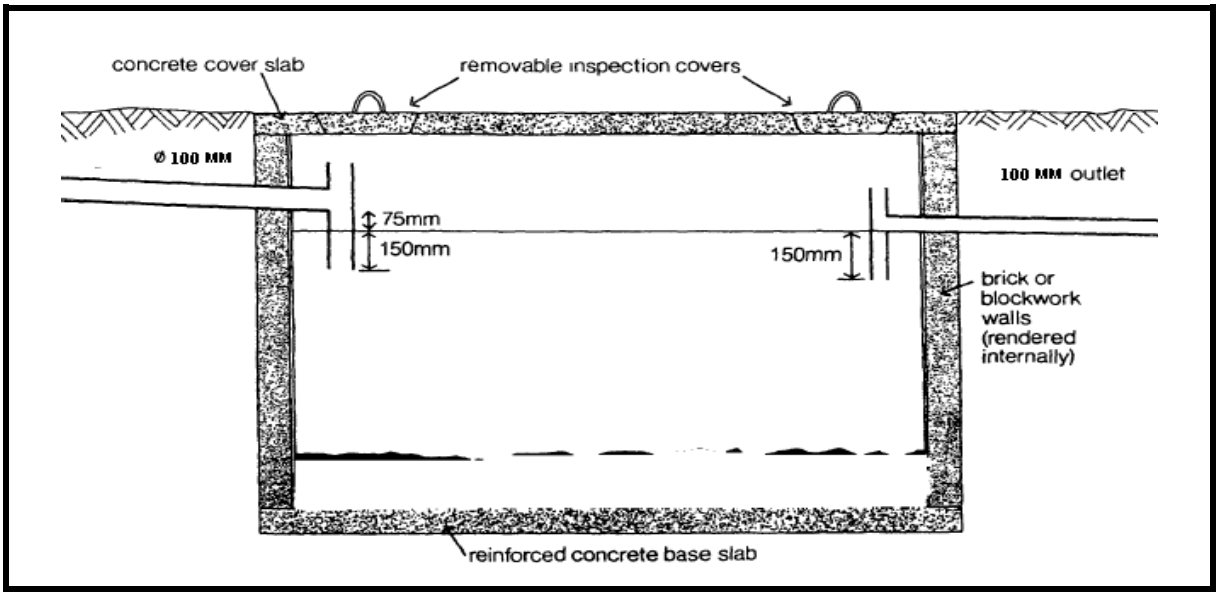
الخزانات أصغر من أو يساوي قطر مواسير شبكة الصرف الصحى التي يتم الصرف عليها ، يفضل أن تزود المداخل والمخارج بمصافي شبكية لحجز أي مواد طافية ومنع هروبها على الشبكة كما يفضل أن يكون المدخل و المخرج بماسورة على شكل حرف (T).

- **التهوية**

يجب توفير تهويه مناسبة لسهولة سريان السائل بين مواسير الصرف المنزلية وخروجها إلى شبكات الصرف الصحى.

- **فتحات صيانة الخزانات**

يجب أن يزود كل خزان بفتحات للصيانة وإزالة الحمأة المترسبة والخبث المحجوز. وقد تكون أبعاد هذه الفتحات ٣٠x٣٠ سم أو ٦٠ x٦٠ سم طبقاً لحجم الخزان. وفي حالة الخزانات الكبيرة، فانه يمكن استخدام أكثر من فتحة إلا أنه يفضل أن تكون الخزانات دائرية أو مربعة الشكل وبعمق لايقل عن ١.٧٥م ، وأن يكون هناك خزان لكل منزل على حده لمراعاة البعد الاجتماعي كما يجب أن تكون الخزانات منشأة من الخرسانة العادية أو المسلحة أو الطوب ومصمتة ومعزولة بالكامل. يتم وضع هذه الفتحات فوق مشتركات المدخل والمخرج للقيام باعمال الصيانة ولتسليك المشتركات في حالة إنسدادها.



شكل (٣-٧) مثال لخزان استقبال من الخرسانة المسلحة

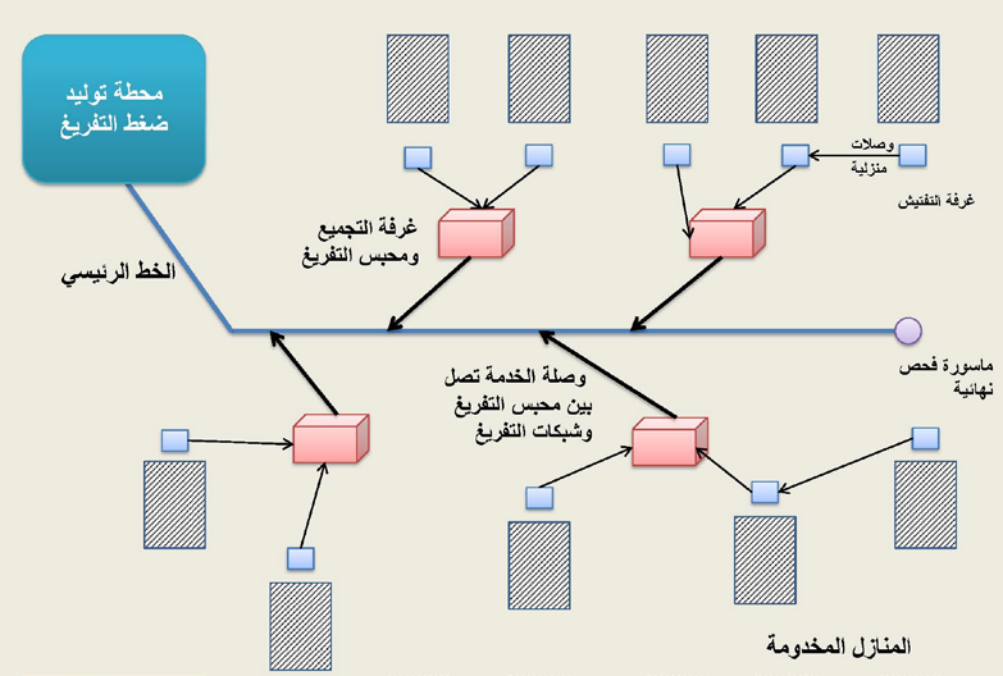
٣-٤ نظام شبكات الصرف الصحي بتفريغ الهواء Vacuum Sewerage System

٣-٤-١ نظرة عامة

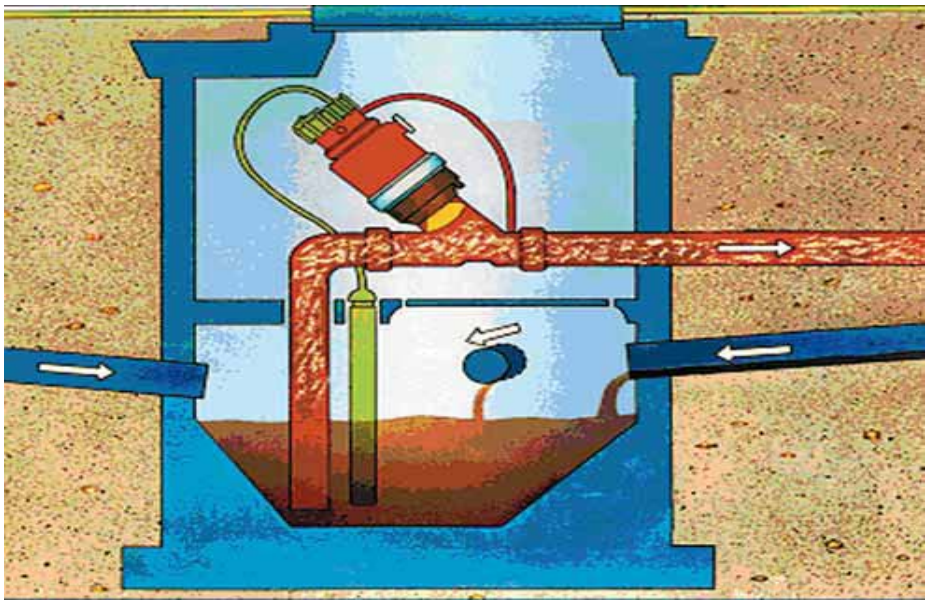
هذا النظام يستخدم أسلوب تفريغ الهواء Vacuum لتجميع ونقل مياه الصرف الصحي. يتميز نظام شبكات الصرف الصحي بتفريغ الهواء بعدم اعتماده على نقل المياه بالانحدار، ولذا فإنه يمكن تنفيذ الشبكات بحيث تكون موازية لميول الأرض الطبيعية، إلا أنه يعيبه احتياجه إلى صيانة عالية ومهارة عالية في التشغيل . يتكون أي نظام شبكات بتفريغ الهواء من الأتي:

- الوصلات المنزلية : وهي الوصلات التي تربط كل منزل أو مجموعة منازل طبقا للتصميم بغرف التجميع. وهذه الوصلات يتم تنفيذها بميل مناسب لسريان المياه تحت تأثير الجاذبية.
- غرف التجميع Collection Chambers: يتم تصميمها بحيث تخدم من ٤ إلى ٦ منازل (٢٥-٤٠فرد). هذه الغرف مشابه للمطابق التي تستخدم في نظام الانحدار التقليدي مع وجود حجم تخزيني لتجميع المياه. تصميم الغرفة لها إعمق حوالي ٢ م ، تحتوي على محابس التفريغ Vacuum Valves.
- شبكات تفريغ الهواء Vacuum Sewers: تعمل تحت ضغط تفريغي يقدر (-٠,٧٠) بار وهي حلقة الوصل بين محطة توليد ضغط تفريغ الهواء ومحابس التفريغ. يفضل أن تكون هذه الشبكات من مادة uPVC أو HDPE، ويتم تنفيذها على شكل سن المنشار بعمق لا يتعدي ١.٥ م.
- محطة توليد ضغط تفريغ الهواء Vacuum Station: تتكون من خزان تجميع Collection Vessel وطلمبات توليد ضغط التفريغ Vacuum Pumps وطلمبات الرفع Discharge Pumps و لوحة التحكم Control Panel.

يوضح الشكل (٣-٨) مكونات نظام شبكات الصرف الصحي بتفريغ الهواء حيث يتم تجميع مياه الصرف الصحي من البيوت بالوصلات المنزلية التقليدية إلى الحجم التخزيني داخل غرف التجميع. عندما يزداد منسوب المياه بالبيارة، فانه يبدأ بالضغط على الهواء المتواجد بماسورة الإستشعار Sensor Pipe وعندما يصل الضغط إلى مستوي معين يتم تشغيل المفتاح بوحدة التحكم "Controller" مما يسمح بضغط التفريغ Vacuum Pressure من المرور إلى جسم محبس التفريغ "Vacuum Pressure" وفتحه. يتم سحب المياه من غرفة التجميع إلى شبكة الصرف الصحي بتفريغ الهواء. يوضح الشكل (٣-٩) مثال لغرفة التجميع.

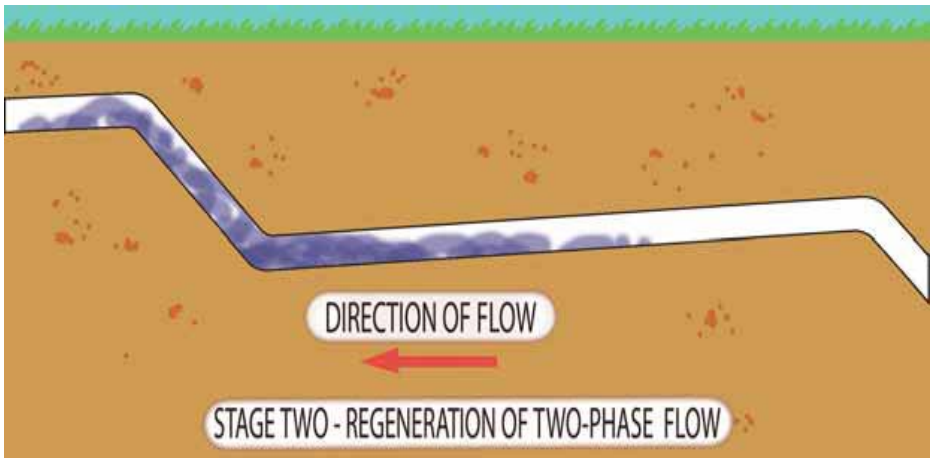


شكل(٣-٨) مكونات نظام شبكات الصرف الصحي بتفريغ الهواء



شكل (٣-٩) مثال لمحبس التفريغ

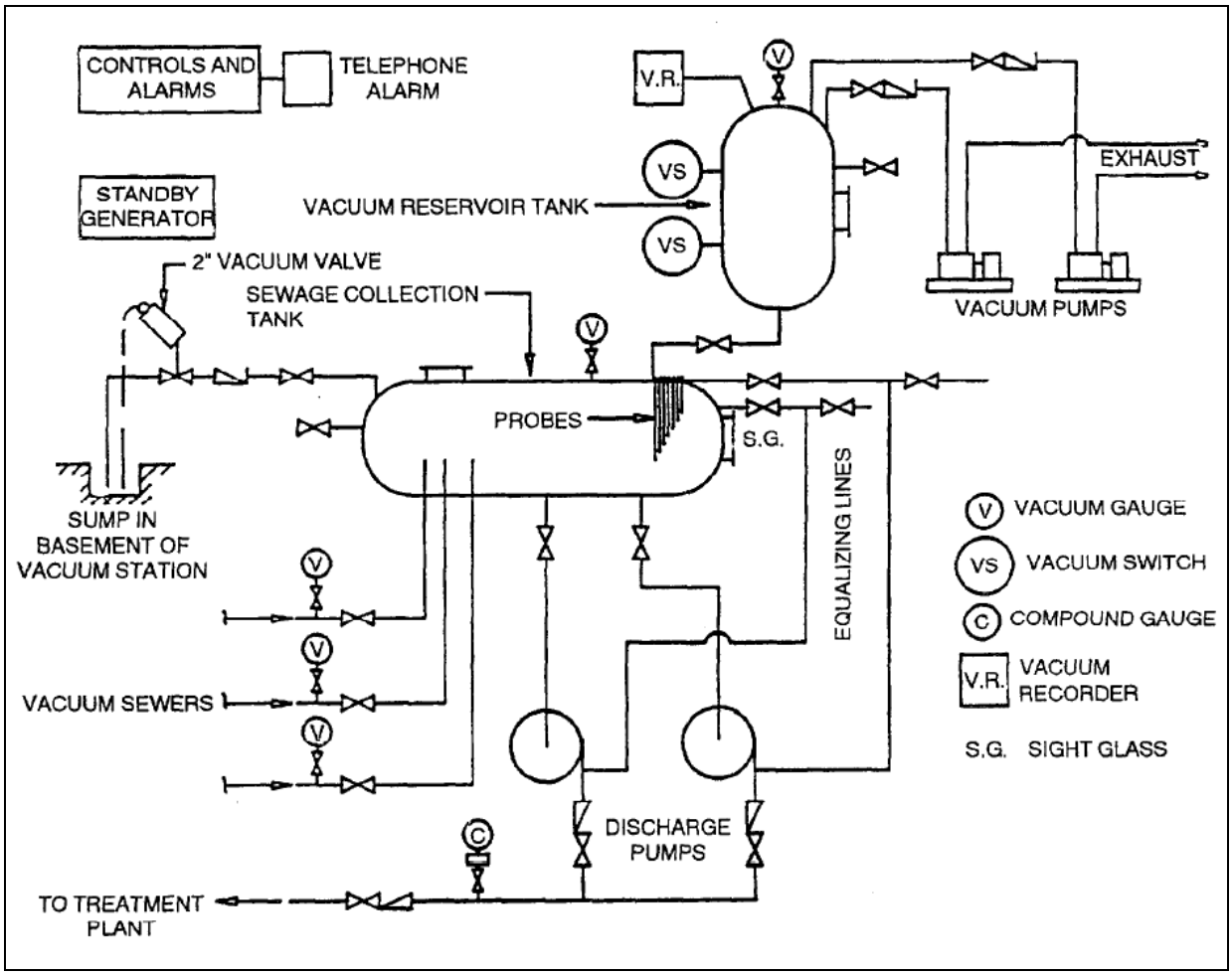
بعد انتقال مياه الصرف الصحي إلى شبكة المواسير، فإنه يسمح بدخول كمية من الهواء عن طريق محبس التفريغ مما يساعد على انتقال المياه عن طريق تقليل الكثافة النوعية specific gravity لها فتتحرك بسهولة. يوضح الشكل (٣-١٠) طريقة انتقال المياه خلال المواسير باستخدام شكل سن المنشار Saw tooth profile.



شكل(٣-١٠) انتقال مياه الصرف الصحي خلال الشبكة

في النهاية تصل مياه الصرف الصحي إلى محطة توليد ضغط تفريغ الهواء. حيث يتم توليد هذا الضغط السالب للشبكة ككل مما يسمح بتجميع ونقل مياه الصرف الصحي إلى نقطة التخلص.

تتصل طلمبات توليد التفريغ بخزان التجميع عن طريق مواسير وتقوم هذه الطلمبات بتوليد ضغط سالب أو ما يسمي بضغط التفريغ. يتصل خزان التجميع بشبكات التفريغ. وتقوم طلمبات الضخ بنقل المياه من خزان التجميع إلى نقطة التخلص عن طريق خط الطرد. يوضح الشكل (٣-١١) مكونات المحطة.



شكل (٣-١١) مكونات محطة توليد ضغط التفريغ

٣-٤-٢ الأسس التصميمية

✓ **نظام التجميع والنقل**

الوصلات المنزلية (بالإنحدار) من المنازل/غرف التفتيش إلى غرف التجميع

- أقل قطر مستخدم هو ١٦٠ مم منعا للسدد.
- يتم وضع المواسير بميل مناسب يسمح بنقل المياه بالانحدار
- يجب أن يتوافر مصدر للتهوية على الماسورة المتصلة بغرفة التجميع

غرف التجميع

تخدم كل غرفة تجميع عدد ٢-٤ منازل (٢٥ – ٤٠ فرد) ويجب ربط حجم البيارة التخزيني بقدرة محبس التفريغ وتشمل غرفة التجميع محبس التفريغ والذي يجب أن يتوافر فيه الأتي:

يعمل محبس التفريغ بدون كهرباء.

يعمل كمحبس عدم رجوع لمنع مياه الصرف الصحي بالرجوع داخل الغرفة مرة أخري.

أن لا تعوق بوابة المحبس حركة المياه أثناء نقلها إلى شبكات التفريغ.

أن يكون المحبس قادراَ على العمل في جميع الحالات حتى وإن كان مغمورا بالمياه.

أن يكون قادرا على سريان أو مرور حجم بيارة التخزن بالكامل عند فتحه كل مرة.

مطلوب ضغط تفريغ ٢.٢ م عند كل محبس لإمكانية فتحه وللتغلب على فرق المنسوب الذي ينتج عن عمق غرفة التجميع.

تشمل دورة عمل المحبس تفريغ حجم البيارة التفريغي، ودخول كمية الهواء تعادل ٥ – ١٠ مرات كمية المياه. يجب أن يتم الرجوع إلى الجهه المصنعة لمعرفة عدد الدورات المناسبة في الساعة لكل محبس دون حدوث مشاكل تشغيلية.

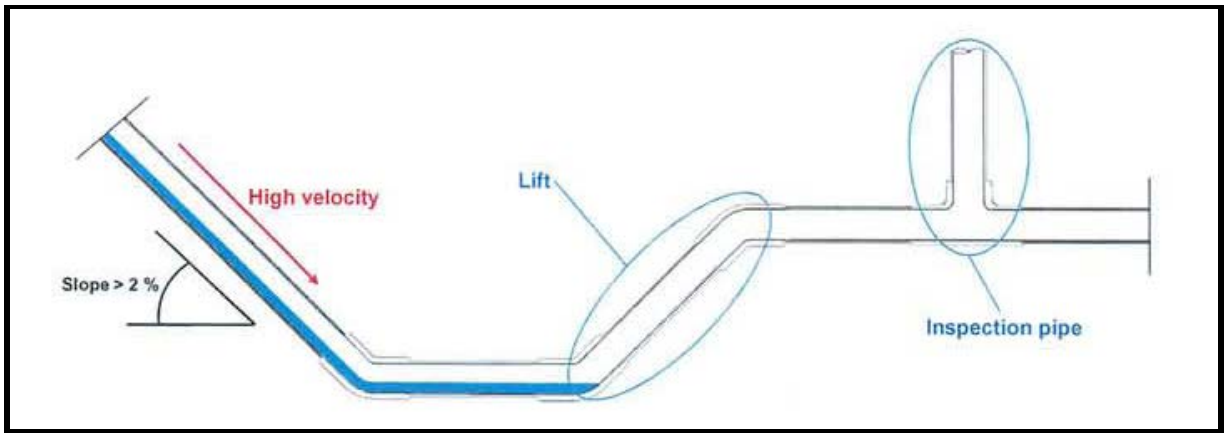
شبكات التفريغ

- يتم استخدم هيئة سن المنشار في شبكات التفريغ، و لا يسمح أن يكون اتجاه المواسير لأعلى مع ميل الأرض في اتجاه محطة توليد ضغط التفريغ، ولكن يكون الاتجاه لأسفل بميل بسيط ثم تنفيذ قفزة لأعلى (صاعد lift) عن طريق تنفيذ ماسورة بميل كبير لأعلى لمسافة محدودة. يتم تكرار الخطوات السابقة وهذا ما يمثل شكل سن المنشار.
- متوسط المسافة المسموح بها بين الصواعد lifts هي ١٠٠ – ١٥٠ م.
- إرتفاعات الصواعد تكون من ٢٠ إلى ٤٥ مم طبقاً للقطر المستخدم.

- يسمح باستخدام صواعد في المسافة بين غرفة التجميع، وشبكة التفريغ فى حالة ارتفاع منسوب هذه الشبكة عن الغرفة.
- يفضل استخدام مواسير التفتيش بعد كل صاعد لتسهيل عملية الصيانة.
- أقل ميل لشبكات التفريغ ٠.٢ %.
- نسبة الهواء إلى الماء تتراوح من ٥ إلى ١٠.
- تتراوح أقطار المواسير بين ٩٠ و ٢٥٠ مم.
- نوع مادة المواسير المستخدمة في هذا النظام إما HDPE، أو PVC
- يراعى عند إيجاد النسبة بين الهواء المطلوب وحجم السائل Air to Liquid Ratio "ALR الأخذ في الإعتبار طول وقطر الخط وقيمة التصرف.
- تكون سرعة سريان المياه داخل المواسير من ٤ إلى ٥.٥ م/ث. ولحساب معامل الذروة، يتم الرجوع للكود المصري لتصميم وتنفيذ خطوط المواسير لشبكات مياه الشرب والصرف الصحي أحدث إصدار
- يجب الا تزيد قيمة التصرف القصوى التى تصل داخل الشبكة عما هو محدد بالجدول التالي:

القطر (مم)	التصرف الأقصي (لتر/ثانية)
٩٠	٢.٣
١٥٠	٥.٦
٢٠٠	١٣.٢
٢٥٠	٢٣.٦

- يجب ألا تتعدى مسافة أطول خط في الشبكة عن ٤ كم للقري ذات مناسيب أرض سطحية نسبياً. ويقل هذا الطول في حالة المناسيب الصاعدة اتجاه المحطة.
- إذا كان ميل خط التفريغ أكبر من ٢% في حالة المناسيب الهابطة فإن الصواعد تستخدم فقط لتهدئة سرعة المياه كما هو موضح بالشكل (٣-١٢).



شكل (٣-١٢) تخطيط لمجموعة خطوط

- يجب ألا تتعدى الفواقد الناتجة عن الصواعد في أي خط على الشبكة ٤.١ م.

ويتم استخدام المعادلة التالية لحساب مجموع الفواقد خلال أي خط في الشبكة:-

$$\sum h = \sum(H-D) \leq 4.1 \text{ m}$$

حيث:

- D: القطر الداخلي
- H: إرتفاع الصاعد (٢٠ - ٣٠ - ٤٥ سم)
- h: الفواقد

- يراعي في تخطيط الشبكة الآتى:-

- تقليل عدد الصواعد
- تقليل ارتفاع الصواعد
- تقليل أطوال خطوط الشبكات بحيث يتم توزيع التصرفات بالتساوي على كل خط رئيسي بالشبكة إن أمكن.

- يجب أن لا تقل المسافة بين الصواعد عن ٥ م وألا لا يتم استخدام أكثر من ٥ صواعد متتالية بحيث يتبعها خط تفريغ على مسافة لا تقل عن ٣٠ م وفي هذه المسافة يكون هناك على الأقل نقطة لدخول مصدر الطاقة (محبس تفريغ).

محطة سماح دخول الهواء Air Admittance Station

خلال فترات استقبال أقصي تصرف يمكن أن يحدث انسداد للشبكة عن طريق المياه (water lock)، ويصبح ضغط التفريغ غير قادر على سريان المياه، وفي هذه الحالة يوصى بإستخدام محطة السماح بدخول الهواء وتتكون من متحكم كهربائي electrical controller ومحبس تفريغ. يتم وضع الوحده في كابينة منفصلة ويتم

توصيلها بشبكة التفريغ. تعمل هذه المحطة بحيث يقوم المتحكم الكهربائي في فتح محبس التفريغ مما يسمح بدخول الهواء إلى الشبكة مما يحفز الهواء نقل المياه إلى المحطة. يتم إعادة هذه الدورة أكثر من مرة لحين وصول قوة ضغط التفريغ إلى الضغط الطبيعي. ويجب أن يتم تصميم المحطة في حالة عدم استعادة قوة ضغط التفريغ (لأي سبب اخر كالتسرب من الماسورة) لمدة معينة أن تقوم بغلق نفسها تلقائياً.

✓ **محطة توليد ضغط التفريغ**

خزان التجميع Vacuum Vessel

- يمكن لخزان التجميع أن يكون أفقي أو رأسي أو داخل مبني أو تحت الأرض. ويعتمد اختيار مكان خزان التجميع على الفواقد التي تنتج عن الصواعد وضغط التفريغ المطلوب.
- يمكن استخدام أكثر من خزان إذا أستدعت الحاجة.

طلمبات توليد ضغط التفريغ

- يتم استخدام عدد ٢ طلمبة على الأقل بالاضافة إلى طلمبة احتياطي
- يوجد نوعين من طلمبات توليد ضغط التفريغ، طلمبات ذات التبريد الزيتي oil-cooled rotary vane pumpأو طلمبات ذات التبريد الهوائيair-cooled rotary vane pump.
- ضغط التفريغ المتولد عن طريق الطلمبات -٠.٧ بار(-٠.٣ بار لفتح محابس التفريغ و -٠.٤ بار للتغلب على الفواقد الناتجة عن الصواعد). تبدأ الطلمبات العمل عند ضغط -٠.٥٥ وتتوقف عند ضغط -٠.٦٥.

طلمبات الضخ Discharge Pumps

- يمكن أن تكون طلمبات الضخ جافة أو غاطسة داخل خزان التجميع ولكن يفضل تجنب الطلمبات الغاطسة بسبب صعوبة أعمال الصيانة.
- يجب أن يتم الأخذ في الإعتبار مشاكل التكهف cavitation عند تصميم طلمبات الضخ، وذلك نتيجة تعرض الطلمبات إلى ضغط التفريغ السالب وبالتالي تقل قيمة Net Positive Suction NPSH Head.

لوحة التحكم

يجب أن تكون اللوحة قادرة على متابعة الأتي:

- ضغط التفريغ
- حرارة الغرفة
- التصرفات

- مستويات المياه داخل خزان التجميع.

أنظمة التحكم في الروائح

يعتمد استخدام أنظمة التحكم في الروائح من عدمه على المسافة بين المحطة والمناطق السكنية، مع التأكيد على اتباع اشتراطات وزارة البيئة ووزارة الصحة.

عند تصميم أو إنشاء أو تنفيذ هذا النظام يجب أن يتم تجنب تطبيقه في الظروف الأتية:

استخدام نظام شبكات الصرف الصحي بتفريغ الهواء كنظام وسيط

عند تجميع مياه الصرف الصحي بشبكات الانحدار التقليدية ثم تجميعها باستخدام نظام تفريغ الهواء ، فإن كفاءة عملية تجميع مياه الصرف الصحي ونقله تقل وتفشل وذلك نتيجة حدوث انسداد بالمياه نتيجة قلة نسبة ARL. حيث أظهرت الخبرة كفاءة عمل النظام عند وجود مداخل صغيرة ومتعددة للطاقة (كما هو الحال بمحابس التفريغ).

خطوط طويلة بدون وصلات فرعية

يجب ان يتم تفادي وجود خطوط طويلة بدون وصلات فرعية وإلا ستقل كفاءة انتقال المياه خلال شبكات التفريغ حيث انه يعتمد أساسا على فرق الضغوط، وبالتالي فانه عند توافر مداخل أكثر للطاقة على خطوط الشبكة تتحسن كفاءة النظام.

إستقبال التصرفات من نظام قائم لشبكات الإنحدار

وذلك نتيجة الفرق الكبير الذي سيحدث عند إستقبال تصرف متوسط أو تصرف أقصى. بالإضافة لذلك كمية مياه الرشح والأمطار والتي يصعب التنبؤ بها في معظم الأحيان.

✓ **متطلبات خاصة أثناء التنفيذ**

متطلبات عامة

- يجب أن يتم تنفيذ النظام طبقاً للمواصفات الفنية المرفقة مع مستندات الطرح، مع العلم أن الإلتزام بتنفيذ الوصلات عند قاع الماسورة غير مطلوب في هذا النظام حيث أن المياه تنتقل عن طريق ضغط التفريغ وليس عن طريق الإنحدار. يجب أن تحتوي مستندات الطرح على جميع اللوحات والوصلات الخاصة التي تسمح بتنفيذ امن للنظام.
- يجب وضع طبقات الردم أسفل وأعلى المواسير بما يسمح بتحمل أحمال الطريق، بأعمال الصيانة ايضا.

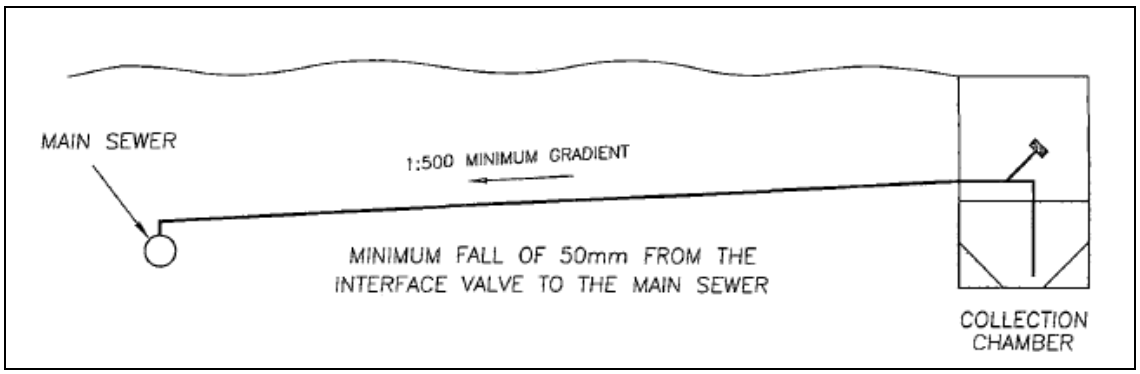
- تمتاز شبكات التفريغ بالمرونة، حيث أنها يمكن أن تمر من فوق أو من أسفل أي عوائق غير متوقعة ككابلات الكهرباء ومواسير المياه وغيرها خلال فترة التنفيذ. يجب الرجوع إلى الاستشاري المصمم قبل تنفيذ هذا الجزء.

تنفيذ غرف التجميع

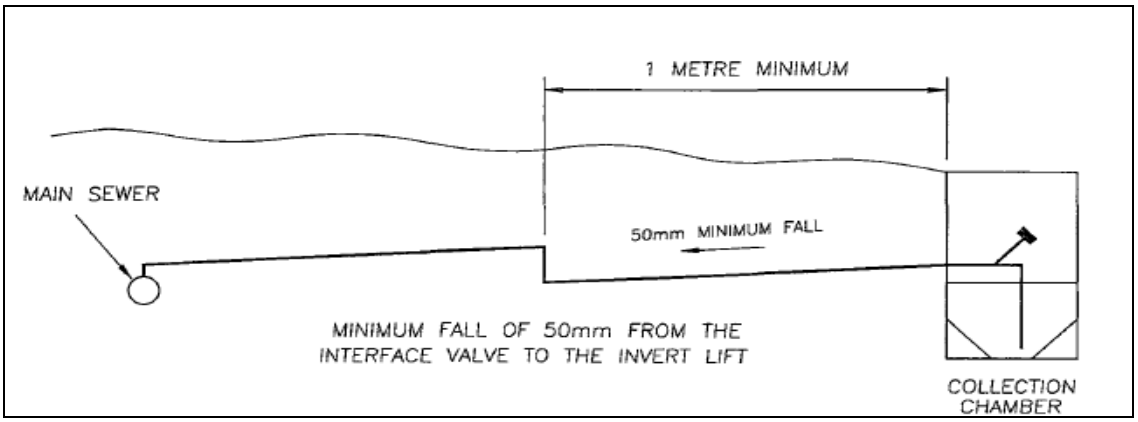
- يجب الأخذ في الإعتبار أن تكون غرف التجميع لها وزن كافي للتغلب على قوة الرفع Force – uplift وأن تكون قادرة على تحمل أحمال وزن عمود المياه على الحوائط وذلك في حالة وجود منسوب مياه جوفية مرتفع.
- يجب ألا تسمح غرف التجميع بتسرب المياه منها أو إليها بأي حال من الأحوال.

<u>وصلات الغرف إلى شبكات التفريغ (Crossover Connections)</u>

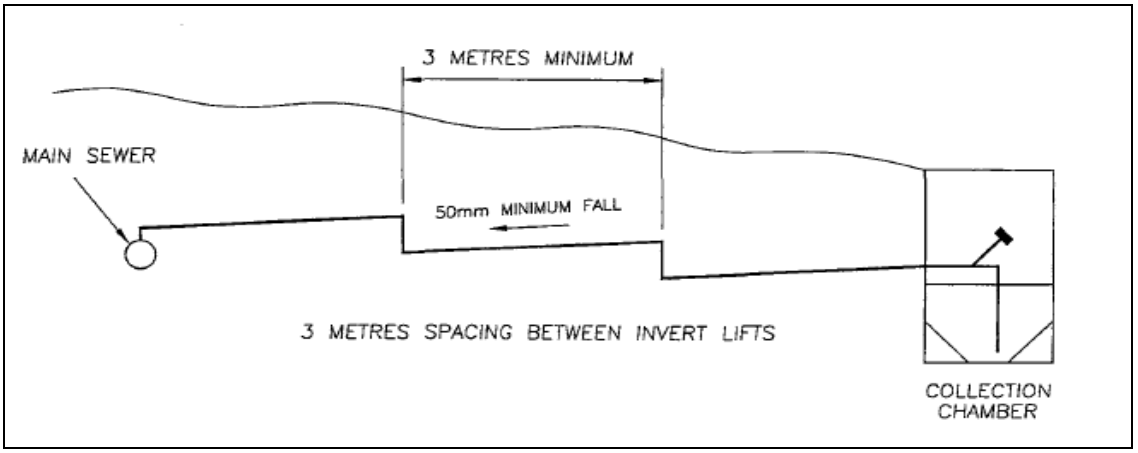
تستخدم هذه الوصلات للربط بين غرف التجميع وشبكات التفريغ. يتم ربط هذه الوصلات بالشبكة عن طريق قطعة خاصة حرف Y بزاوية ٤٥° وعندما يوجد أكثر من محبس تفريغ داخال الغرفة، فانه يتم استخدام عدد وصلات بعدد المحابس. في العادة يكون أقطارها عادة ٩٠ مم. طريقة ربط الوصلات بالشبكة مشابهة لطريقة ربط الخطوط الفرعية بالخطوط الرئيسية. توضح الأشكال (٣-١٣،٣-١٤،٣-١٥) الاحتمالات المختلفة للوصلات.



شكل (٣-١٣) وصلة بدون صواعد



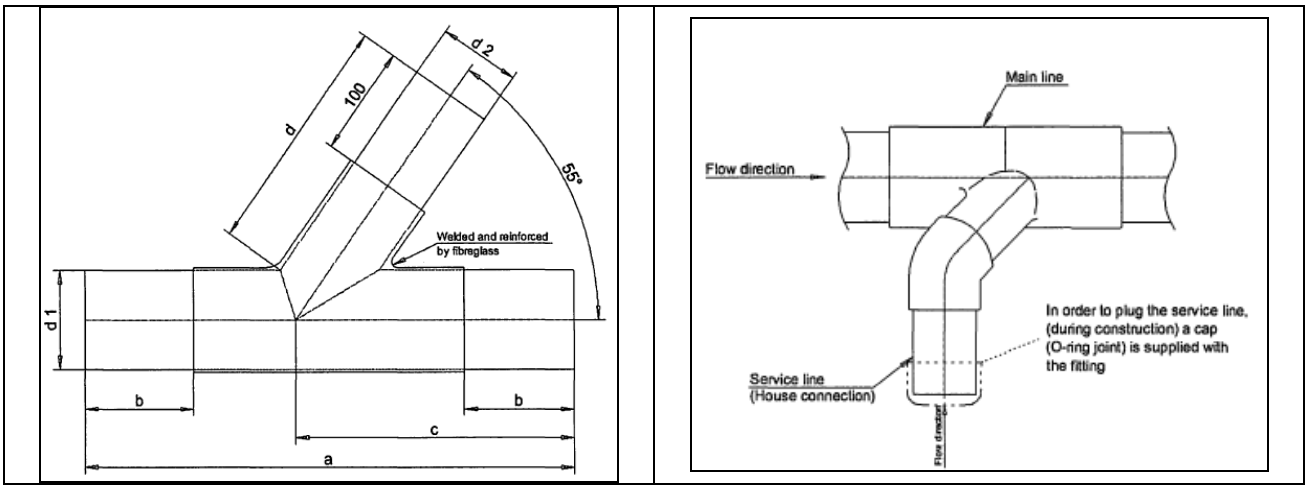
شكل (٣-١٤) وصلة بصاعد واحد



شكل (٣-١٥) وصلة بعدة صواعد

قطع خاصة حرف Y

تستخدم هذه القطع لمنع رجوع المياه أثناء سريانها و لتقليل إحتمالية حدوث انسداد المواسير بالمياه، فانه يجب مراعاة أن تكون المسافة بين قاع الماسورة الرئيسية المستقبلة وقاع الماسورة الفرعية مساوية للقطر الداخلي للماسورة الرئيسية على الأقل شكل (٣-١٦).



شكل (٣-١٦) قطعة خاصة للوصلات ٥٥°

محابس القفل Isolation Valves

يتم وضع محابس القفل على طول شبكة المواسير للتحكم في فصل أي منطقة من الشبكة. يتم وضع هذه المحابس على الخطوط الرئيسية على مسافات ٤٥٠ م وعلى الخطوط الفرعية التي لا يقل طولها عن ٢٥٠ م.

مواسير التفتيش (Inspection Pipes)

يتم استخدام مواسير التفتيش الوسيطة intermediate inspection pipes والنهائية end inspection pipes لعديد من الأغراض كالأتي:

- يتم إستخدامها كنقاط للوصول إلى الشبكات للفصل ولأعمال الصيانة في حالة وجود رشح.
- يتم توصيل أجهزة قياس الضغط للإختبارات وعمل الصيانة الدورية

✓ **التوصيات والاحتياطات**

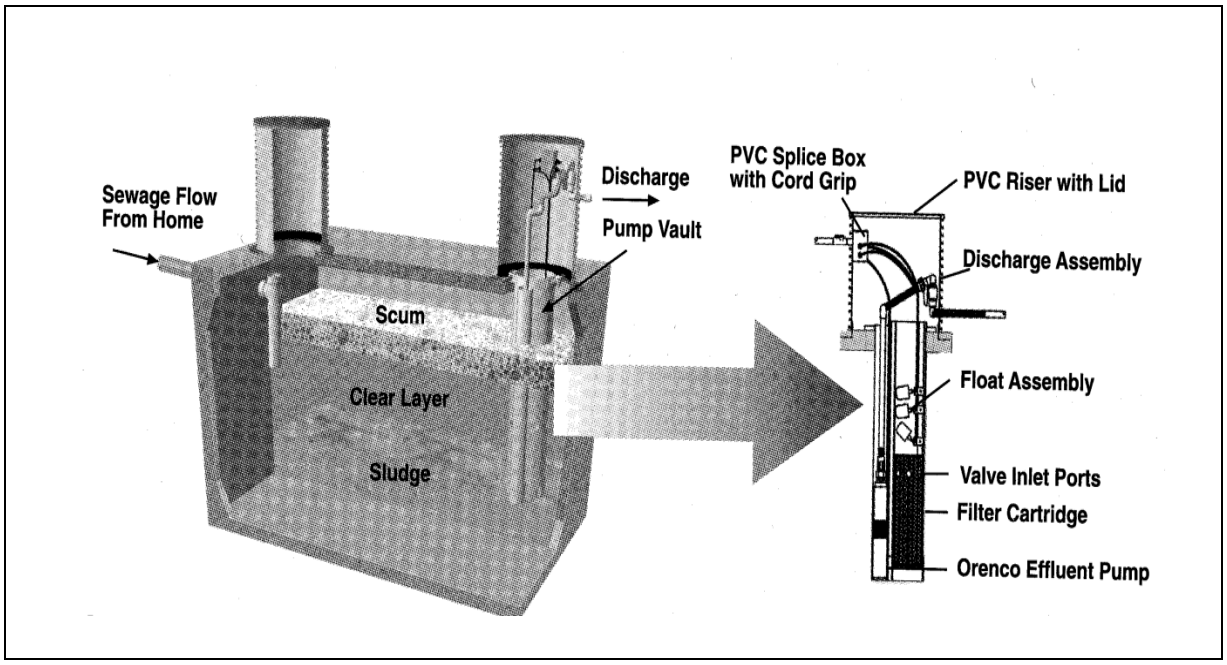
- يجب أن تتم أعمال التنفيذ تحت إشراف شركات متخصصة في هذا المجال، و أن تكون المواد المستخدمة ملائمة لنوعية السائل المنقول.
- يجب أن يتم تدريب الفنيين المسئولين على أعمال التشغيل والصيانة.
- عمل فحص دوري لكل مكونات النظام.
- يتم تجديد وإستبدال المكونات المختلفة عند الحاجة ،طبقاً لتوصيات الشركات المصنعة.
- يجب أن تنظم دورات توعية مجتمعية للقرى التي سيتم تطبيق هذا النظام بها يتم لشرح كيفية التعامل معه.

٣-٥ نظام الشبكات بالضخ (Pressurized Sewerage System)

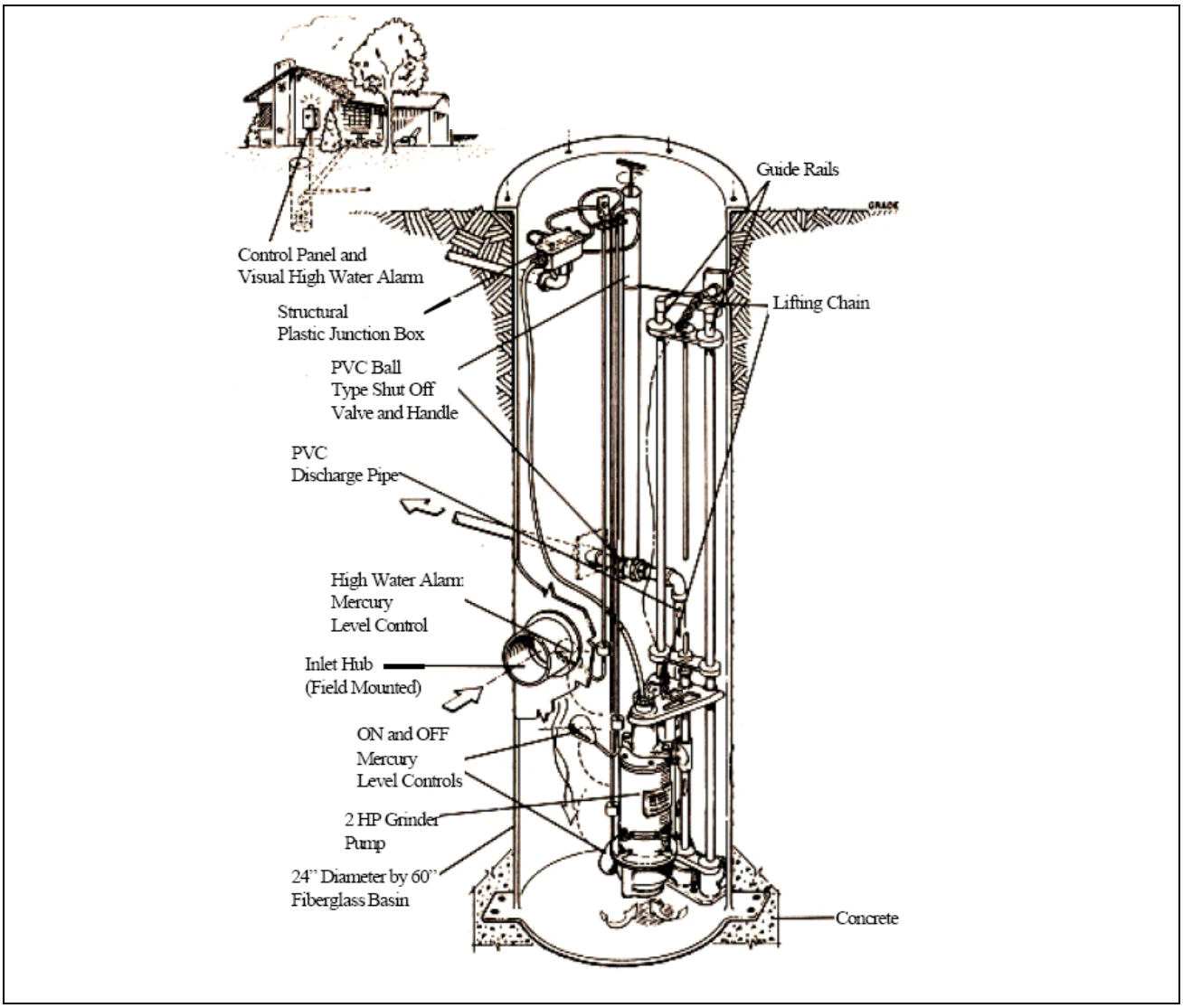
٣-٥-١ نظرة عامة

يمتاز نظام الشبكات بالضخ باستخدام مواسير ذات أقطار صغيرة وأعماق قليلة تنفذ مع مناسيب الأرض الطبيعية قدر الإمكان. ويتم استخدام هذا النظام في المناطق القروية أو الشبه قروية ذات طبيعة الأرض غير المنتظمة، والتي يصعب فيها تنفيذ نظام الشبكات بالانحدار، حيث يتم تصميم وتنفيذ شبكة المواسير بحيث لا تسمح بتسرب أي مياه رشح منها أو إليها. ويوجد نوعين من شبكات الضخ الأول يعتمد على السيب الخارج من خزانات التحليل ليتم نقله عن طريق طلمبات الضخ STEP Septic Tank Effluent Pump والثاني يعتمد على طلمبات مزودة بجهاز طحن Grinder Pump GP يتم فيها نقل التصرفات بالاضافة إلى المواد العالقة.

يوضح شكل (٣-١٧) نموذجين لخزانات التحليل باستخدام STEP والمطابق باستخدام GP شكل (٣-١٨).



شكل (٣-١٧) نموذج لخزان التحليل مع نظام STEP



شكل(٣-١٨) نموذج للمطبق بنظام GP

يعتمد الاختيار بين النظامين السابقيين على العوامل الاتية:

- **التكلفة**

يجب دراسة التكلفة الناتجة عن استخدام كلا النظامين طبقا للظروف التي تتواجد فيها القرية مع الأخذ في الإعتبار إمكانية استخدام خزانات التحليل القائمة إن وجدت.

- **أسلوب المعالجة**

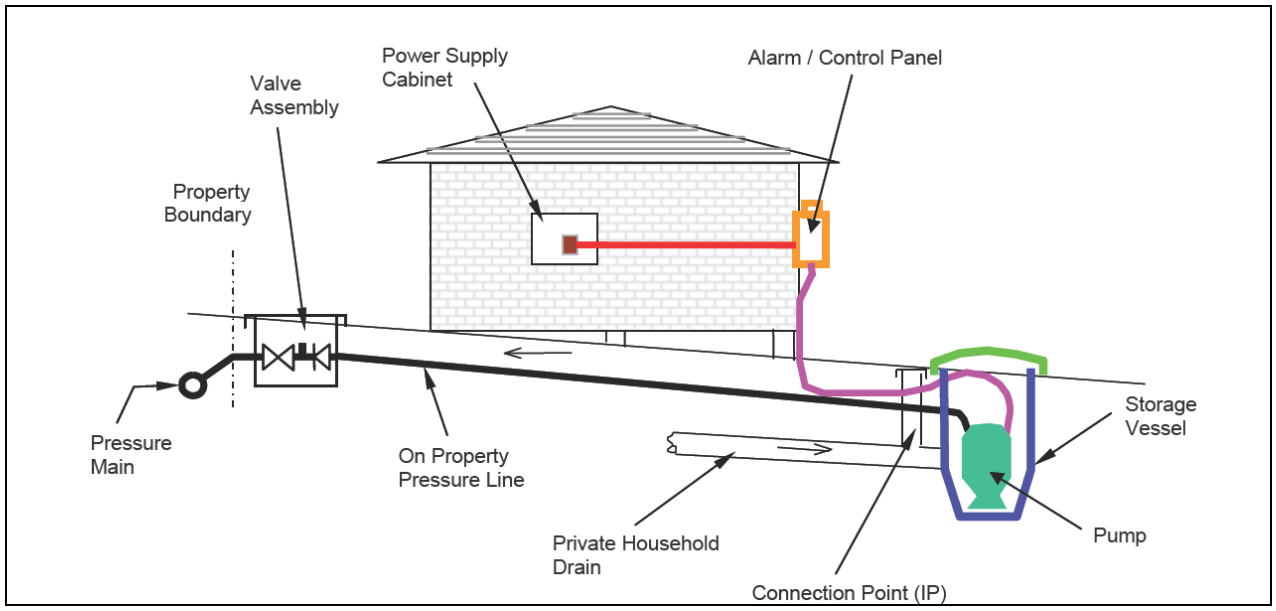
في حالة استخدام نظام GP فانه ينتج عنه كمية كبيرة من المواد العالقة، والتي قد لا يمكن التعامل معها في محطات المعالجة المستقبلة.

***التصرفات الصغيرة**

نظام STEP له قدرة افضل على التعامل مع المناطق التي يحدث فيها تغيرات موسمية كبيرة بالتصرفات.

٣-٥-٢ مكونات النظام

يوضح الشكل (٣-١٩) مكونات نظام الشبكات بالضخ الرئيسية.



شكل(٣-١٩) المكونات الرئيسية لنظام الشبكات بالضخ

<u>محابس القفل Isolation Valves ويتم وضع محابس القفل للنقاط التالية :</u>

- تقاطع خطي طرد، ويتم وضع محبسين عند نهاية الخطين أو عند بداية الخط المستقبل.
- ويتم وضع محابس القفل في حالة وجود ميول شديدة الانحدار ممتدة لمسافة طويلة ، وتوضع على خطوط الطرد الطويلة لتقسيمها إلى أجزاء أصغر.

<u>طبات التسليك (Cleanouts):</u>

- يتم وضعها عند تغير قطر المواسير.
- عند نهاية الخطوط يتم وضع طبات التسليك النهائية terminal cleanouts.
- يتم تزويدها بمحبس هواء عند النقاط العليا.

<u>محابس الهواء Air release valve</u>

يتم استخدام محابس الهواء عند النقاط العليا على خط الطرد في حالة وجود ميول صاعدة

٣-٥-٣ الأسس التصميمية

أولاً : نظام STEP

معدلات الضخ المطلوبة

الغرض من استخدام الطلمبات بنظام الSTEP هو ضخ سيب خزانات التحليل بحيث لا يصل مستوى المياه بالخزانات إلى المنسوب الأعلى ، كما أنه يتم تصميم معدلات الضخ بحيث تسمح بالاستفادة من المخزون (الحجم) الإحتياطي بالخزان. وفيما يلي تعريف للمستويات التخزينية المختلفة بخزان التحليل.

الحجم الإحتياطي (The reserve volume): هو الحجم التخزيني بين منسوب فتح الطلمبة والمستوى الأعلى للمياه (alarm level)

الحجم الفعال The working volume: هو الحجم التخزيني بين منسوب فتح وغلق الطلمبة.

حجم التخزين The storage volume: هو الحجم التخزيني بين منسوب غلق الطلمبة وسطح خزان التحليل.

وفيما يلي المعادلة التي تستخدم في حساب معدلات الضخ:

$$Q = \left(\frac{V-S}{t}\right)$$

حيث:

Q : أقل معدل للصخ (م^3/دقيقة)

V : حجم التصرف الأقصي من البيوت المخدومة (م^3)

S : الحجم التخزيني بين منسوب فتح الطلمبة والمستوي الأعلى للمياه

T : مدة استقبال أقصى تصرف من البيوت المخدومة (دقيقة)

إعتبارات تصميمية لنظام الشبكات

- يجب ألا تقل السرعة داخل المواسير عن السرعة المنظفة ٠.٣ م/ث.
- يتم تصميم خطوط الطرد بمعادلة (هازن وليام) لحساب الأقطار والفواقد وغيره.
- معامل الذروة يكون ٢.٥ من متوسط التصرف

خطوط الطرد لنظام STEP

كيفية التخطيط

يتم تخطيط نظام شبكات (STEP) مثل نظام شبكات المياه ولكن على شكل شبكي وليس شكل حلقى مغلق وذلك لسهولة التنبؤ وحساب السرعات بكل الفرعات ولتحقيق السرعة المنظفة للماسورة. بالإضافة إلى سهولة

فصل أي جزء من اجزاء الشبكة بغرض الصيانة. يمكن أن يكون سريان المياه فى بعض فرعات الشبكة بالإنحدار ويجب أن تكون الماسورة غير ممتلئة. يمكن أن يكون ميل الخطوط صاعد أو هابطا طبقا لطبيعة الأرض.

يتم وضع شبكة المواسير في أغلب الأحيان في جوانب الطريق لتقليل تكاليف الحفر وإصلاح الأسفلت. يتم وضع المواسير بوجود غطاء فوق الراسم العلوي للماسورة حوالي ٧٥ سم فى حالة عدم وجود مرور فوقها توصيات تحديد الأقطار.

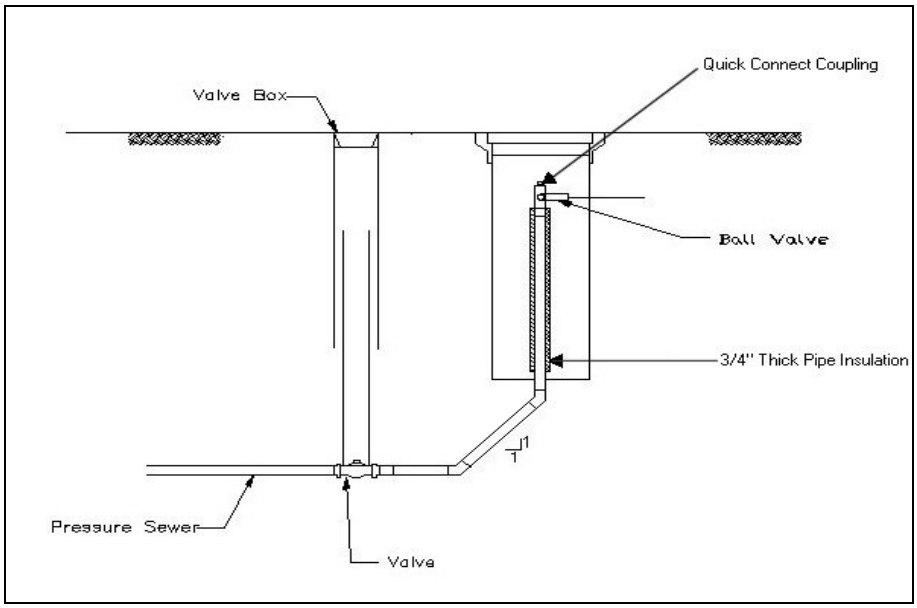
في نظام STEP تكون شبكة المواسير خالية نسبيا من المواد الصلبة وتتراوح السرعات داخل المواسير من ٠.٦إلى ١.٦ م/ث ماتتراوح قيم الفواقد من ٠.٥ إلى ١.٥ م لكل ١٠٠ م.

محابس القفل (Isolation Valves)

تعتبر محابس القفل ضرورية جداً لفصل بعض أجزاء الشبكة لأعمال الصيانة والطوارئ. يجب أن يتم وضع محابس القفل عند التقاطعات عند مصب الخطوط الفرعية على الخطوط الرئيسية وفي حالة وجود عدايات سكة حديد أو طرق، أو مجري مائي في كلا الإتجاهين وعلى طول الخطوط الرئيسية وعلى مسافات تتراوح من ٠.٨٠ إلى ١.٦٠ كم.

وصلات الغسيل (Flushing Connections)

يتم وضع هذه الوصلات في مناطق محورية على طول الشبكة ، حيث يتم وضعها في نهايات الخطوط وعند تغيير الأقطار، وعند التغييرات الرئيسية في إتجاه الخطوط وعلى مسافة تتراوح من ١٨٠ إلى ٤٠٠ م على طول الخطوط المستقيمة. يتم استخدام وصلات الغسيل الفردية (Single flush connections) في نهايات الخطوط الرئيسية والفرعية أما الوصلات المزدوجة فيتم وضعها عند التقاطعات الرئيسية.



شكل (٣-٢٠) وصلات الغسيل

محابس الهواء ومتطلبات الحفاظ على الضغوط

يجب أن يتم وضع محابس الهواء في أعلى النقاط على الخطوط.

محطة متابعة الضغوط (Pressure monitoring station)

يتم استخدام جهاز قياس ضغط متنقل من محطة إلى أخري.

وصلات الخدمة لنظام STEP (STEP Service Lines)

<u>تحديد أقطار المواسير ونوع المادة المستخدمة</u>

يفضل أن تكون من نوع ال UPVC وتتراوح أقطار المواسير الشائع إستخدامها فى المنازل المنفردة بين ١٩ إلى ٣٨ مم. ويعتبر قطر ٣٢ مم هو الأكثر إستخداما وذلك لتقليل الفواقد ولسهولة تركيب محبس عدم رجوع (check valve) والتي تسمح بمرور بعض المواد الصلبة بسهولة دون حدوث إنسدادات والتي قد تضخها الطلمبات بعض الأحيان.

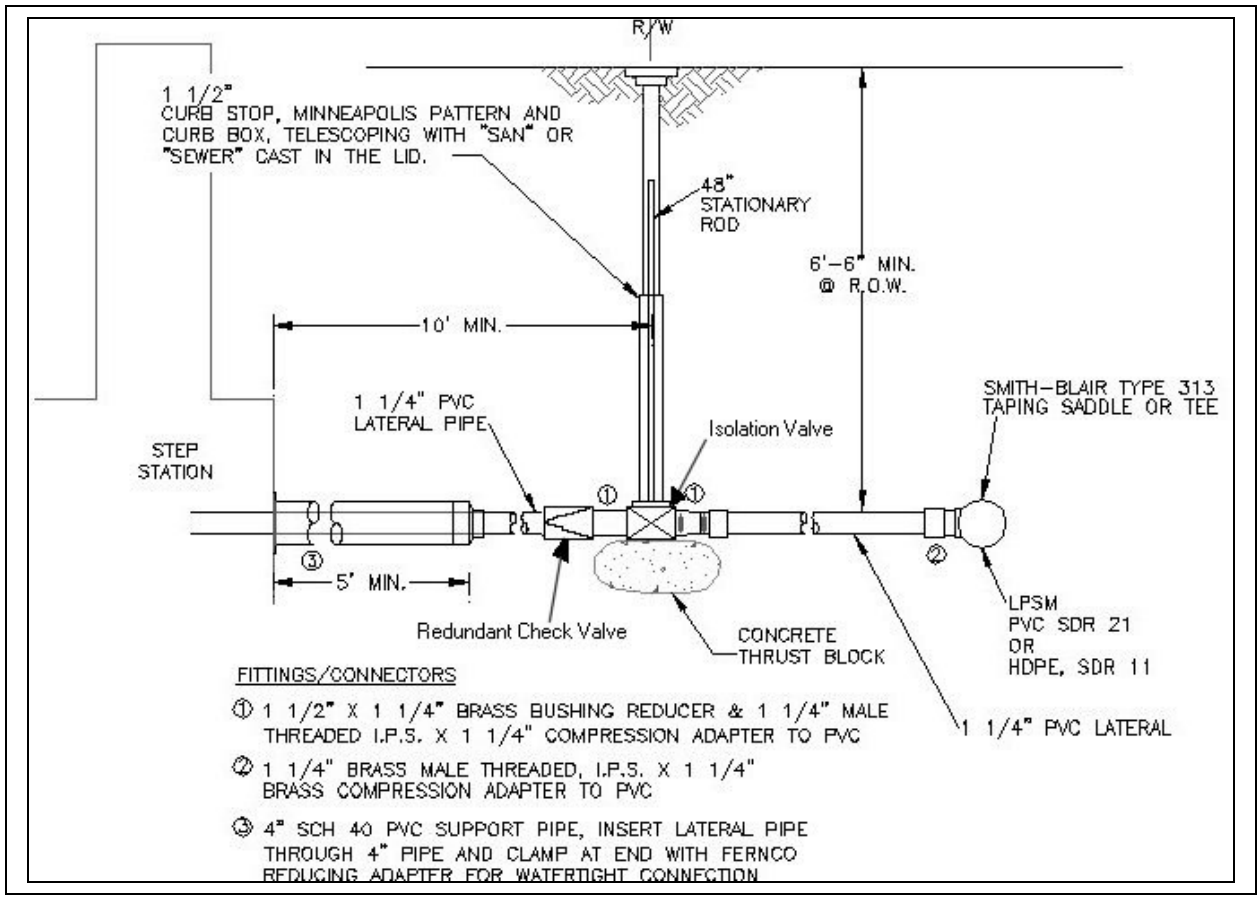
أما بالنسبة لوصلات الخدمة التي تخدم أكثر من منزل فعادة يكون القطر المستخدم ٥٠ مم أو أكبر ويجب أن يتم تصميمها وعمل تحليل هيدروليكي لها منفصله بناءا على كمية الفواقد وطاقة الطلمبات.

ربط وصلات الخدمة على الخطوط الرئيسية

يتم ربط وصلات الخدمة على الخطوط الرئيسية إما باستخدام وصلات TEE أو Service Saddle. لا يوصى بإستخدام القطع الخاصة شكل Y. يجب أن تكون الوصلة ذات جودة عالية.

المحابس على وصلات الخدمة

يجب أن يتم وضع محابس قفل على وصلات الخدمة لفصلها عن الشبكة في حالة الطوارئ أو بغرض الصيانة كما أنه يتم وضع محبس عدم رجوع بعد محبس القفل لمنع دخول مياه الصرف الصحي على الوصلة في حالة وجود عطل بالطلمبة مع العلم أنه في حالة تواجد محبس عدم رجوع مدمج مع الطلمبة فإنه لا يوجد حاجة لإستخدامه مرة أخري.



شكل (٣-٢١) منظومة التوصيل

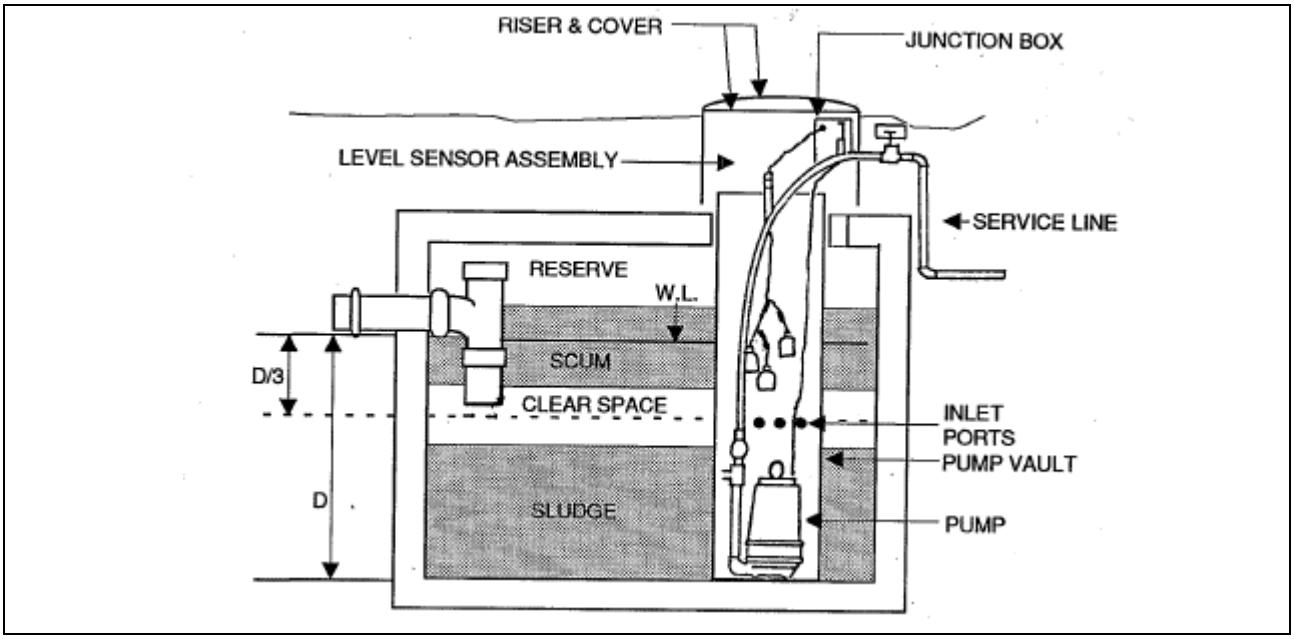
<u>الوصلات المنزلية (Building Sewers)</u>

الوصلات المنزلية تكون خطوط انحدار بميل لا يقل عن ٠.٥ إلى ١ %. يفضل أن تكون الطلمبات قريبة من المنازل مما يسمح بقصر الوصلات المنزلية وتقليل مياه الرشح ولذلك يجب أن تكون جميع التوصيلات على

الوصلات المنزلية ذات جودة عالية لمنع دخول أو خروج المياه منها. يفضل تفادي وجود تغييرات في اتجاه سريان الوصلات المنزلية في حالة وجود انحناء شديد يزيد عن ٦٠ درجة ، فانه يستلزم استخدام طبات تسليك عند هذا الانحناء.

خزانات التحليل Interceptor / Septic Tank

يتلخص تصميم خزانات التحليل بالفصل الثاني. يوضح شكل (٣-٢٢) التقسيم المختلف لمنطقة تجمع الزيوت والشحوم ومنطقة تجمع الحمأة. عندما تكون طلمبات الضخ جزء من الخزان فإن منسوب المياه بالخزان يعتمد على مدى التصرفات الواردة إلى الخزان و معدلات الضخ منه. يجب أن يكون الحجم العامل داخل الخزان Working Volume أكبر من الفرق بين أقصي تصرف وارد إلى الخزان وتصرف الطلمبات خلال فترة الذروة. ويوضح شكل (٣-٢٢) المناسيب المختلفة داخل خزان التحليل.



شكل (٣-٢٢) التقسيم المختلف لمنطقة تجمع الزيوت والشحوم ومنطقة تجمع الحمأة

الطللمبات (Pumps)

أسس الاختيار

أكثر أنواع الطلمبات المستخدمة في نظام STEP تكون من نوع centrifugal pumps and multistage turbine pumps. أما بالنسبة لقدرة الطلمبات فتعتمد على الظروف التصميمية الشائع إستخدامه يكون من ٠.٥ إلى ٢ حصان. يفضل استخدام مصافي للسيب النهائي من الخزانات بغض النظر عن نوع الطلمبات المستخدمة.

معدلات الضخ (Pumping Rates)

في حالة وجود الطلمبات داخل خزانات التحليل فإنه يجب مراعات الاشتراطات الاتية:-

- يجب أن يتم التصميم بحيث تسمح معدلات الضخ بأكبر نسبة ممكنة من ترسيب المواد الصلبة وحجز الشحوم والدهون. يتم الإستفادة في نفس الوقت قدر من power rating الخاص بالطلمبات.
- في حالة استخدام طلمبات من نوع turbine pumps وقلة ضغط النظام، يفضل استخدام أجهزة التحكم في التصرفات بحيث لا تقل عن ٠.٦ إلى ٠.٧ لتر/ثانية.

في حالة وجود الطلمبات في غرفة منفصلة عن خزان التحليل، فإنه لا يستلزم الحفاظ على الإشتراطات السابقة حيث أن عملية الضخ لن تسبب إضطراب في خزان التحليل.

ويتم الرجوع إلى الكود المصري لأسس تصميم وشروط تنفيذ محطات الرفع اخر إصدار.

ثانياً : نظام GP

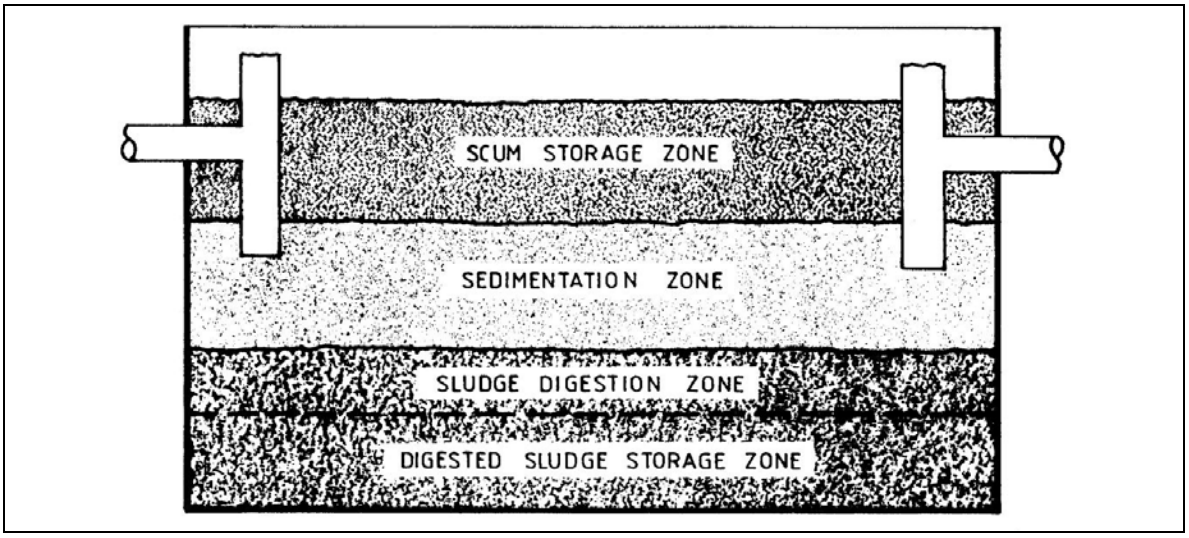
هذا النظام له نفس الأسس التصميمية لنظام STEP مع وجود اختلاف في نوع الطلمبات المستخدمة ،ويتم الرجوع إلى الكود المصري لأسس تصميم وشروط تنفيذ محطات الرفع أخر إصدار. عند حساب معامل الذروة يتم الرجوع إلى الكود المصري لتصميم وتنفيذ خطوط المواسير لشبكات مياه الشرب والصرف الصحي أحدث إصدار.

الباب الرابع
أعمال المعالجة الموقعية

٤-١ خزانات التحليل

تكون خزانات التحليل دائرية أو مربعة أو مستطيلة الشكل من الخرسانة المسلحة أو العادية أو غيرها وفي حالة الشكل المستطيل، فإن نسبة طول الخزان إلى عرضه تكون ٢ إلى١، أو تزيد. يجب أن يكون عمق السائل داخل الخزان ٠.٩ متر على الأقل ولا يزيد عن ٢.٥ متر. ويمكن أن يكون الخزان دائري أو مربع بقطر لايقل عن ١ م وبعمق لايقل عن ١.٧٥م.

- الإرتفاع الحر فوق طبقة الخبث الطافى يكون حوالي ٣٠ سم.
- يلزم ألا يقل عدد الغرف عن ٢ غرفة في حالة استخدام خزانات تحليل فقط.
- فترات تفريغ الحمأة من الخزان تكون من ١/٢ إلى ١ سنة .
- لكي يتم تصميم الخزان، فإنه يجب أن يتوفر حجم كافي لترسيب الحمأة وهضمها وتخزين الحمأة والخبث طبقا للفترة التصميمية لكسح الخزان. ويوضح الشكل (٤-١) المناطق المختلفة داخل خزان التحليل.



شكل (٤-١) المناطق المختلفة داخل خزان التحليل

- يتم تصميم خزانات التحليل لتوفير حجم للأتي:

المنطقة الخاصة بالترسيب Sedimentation Zone

تقل مدة المكث اللازمة لترسيب المواد القابلة للترسيب بزيادة السكان المخدومين، ويتم حساب مدة المكث عن طريق المعادلة التالية.

$$T= 1.5-0.3 \log (P*q)$$

حيث :

T: الحد الأدني لمدة المكث اللازمة للترسيب (يوم)

P: السكان المخدومين بالخزان (فرد)

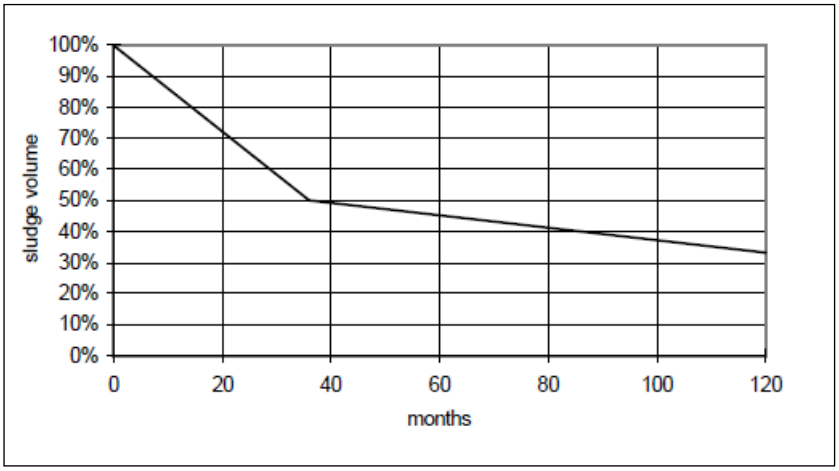
q: معدل التصرف اليومي للفرد (لتر/فرد/يوم)

$$V= P*q* T/1000$$

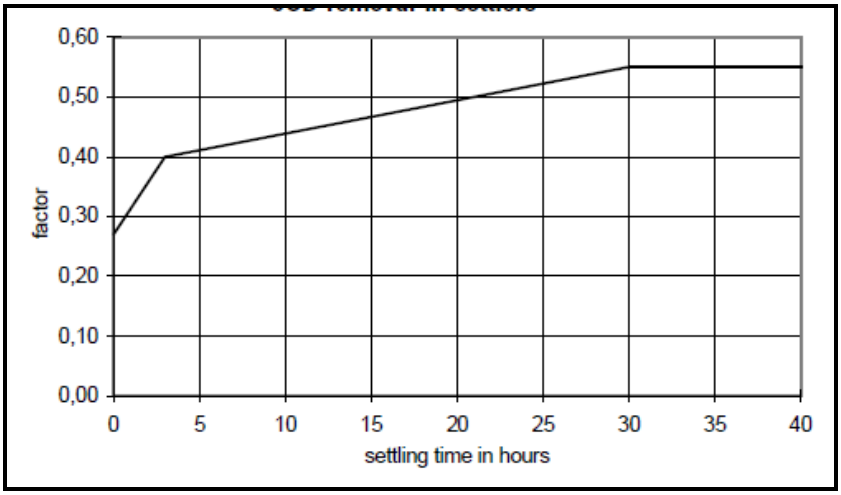
حيث أن V هي الحجم المطلوب للترسيب بالـ ($م^3$)

أسس تصميم خزانات التحليل Sepatic tank

- في حالة استخدام خزان تحليل فقط ، يلزم ألا يقل عدد الغرف عن ٢ غرفة
- زمن المكث من ١٢ – ٢٤ ساعة
- نسبة الاكسجين الكيميائى للمواد الصلبة العالقة القابلة للترسيب إلى الأكسجين الكيميائي المستهلك= ٠.٥ – ٠.٦%



العلاقة بين الفترة الزمنية ومعدل النقص في حجم الحمأة المترسبة بخزان التحليل



العلاقة بين زمن الترسيب في خزان التحليل ونسبة أزالة المواد العضوية مقاسة فى صورة COD

- المسافة الرأسية بين منسوب مخرج المياه وقاع خزان التحليل = ١.٥ – ٢.٥ م
- المخرج يتضمن وصلة (T) منسوبها اقل من منسوب سطح المياه بـ ٣٠ سم.

- **المنطقة الخاصة بهضم الحمأة Sludge Digestion Zone**

تقل مدة المكث المطلوبة بارتفاع درجة الحرارة وتبلغ القيمة المنتجة من الحمأة للفرد (٠.٥إلى ١لتر/فرد/يوم).

ويتم حساب الحجم المطلوب لهضم الحمأة من المعادلة التالية

$Vd = \text{average volume of sludge produced} * P * td$

$td = 1.853\ (T)^{-5/4}$

حيث :

td: مدة المكث اللازمة لهضم الحمأة (يوم)

Vd: الحجم المطلوب لهضم الحمأة (م^3)

P : عدد السكان المخدوم (نسمة)

- **المنطقة الخاصة بتخزين الحمأة المهضومة (Digested sludge storage zone)**

يعتمد الحجم المطلوب على معدل تخزين الحمأة المهضومة (r) وعلى فترات الكسح (n) يتم يتم حساب الحجم من المعادلة التالية:

$Vs = r * P * n\ (m^3)$

حيث :n: فترات الكسح في السنة

Vs: الحجم المطلوب لتخزين الحمأة (م^3)

r: معدل تخزين الحماة المهضومة (م٣ / فرد / سنة)

P : عدد السكان المخدوم (نسمة)

عندما تكون فترة الكسح أقل من ٣ سنوات فإن معدل تخزين الحمأة المهضومة يكون ٠.٠٦ م^3 / للفرد / للسنة وعندما تكون أكبر من ٣ سنوات فإن معدل تخزين الحمأة المهضومة يكون ٠.٠٤ م^3 / للفرد / للسنة.

- **المنطقة الخاصة بتخزين الخبث (Scum storage zone)**

يتم حساب حجم الخبث (Vsc) ليكون من ٣٠ –٤٠ % من حجم الحمأة المخزنة V_s.

ويمكن حساب الحجم الكلي للخزان V_T استخدام المعادلة التالية:

$$V_T = V + Vd + Vs + Vsc$$

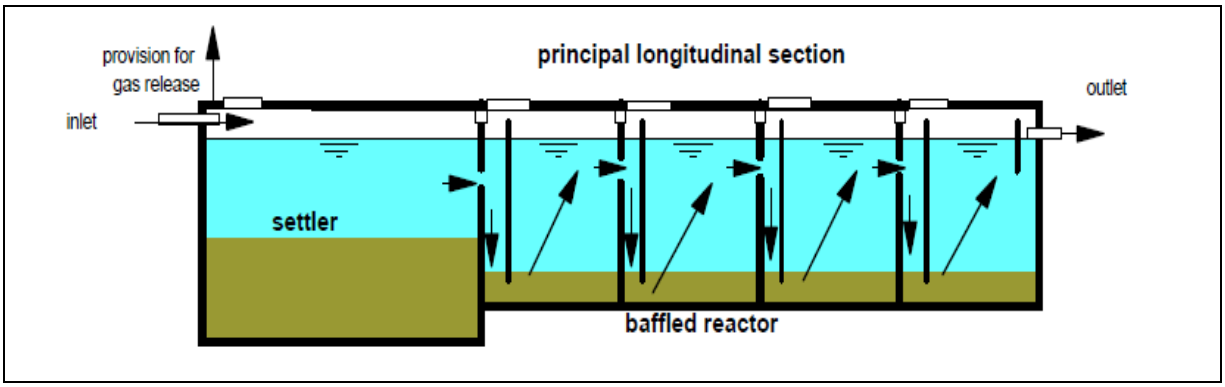
- **محطات الرفع**

وتستخدم هذه المحطات لرفع مياه الصرف الصحي المجمعة من الخزانات إلى المعالجة. وتوضح محطات الرفع في الأماكن ذات المنسوب المنخفض من الشبكة لتقليل عمقها , وتحتوي على طلمبات

تسمح برفع المياه خلال اليوم وتقاوم خواص مياه الصرف الصحي. وتعمل الطلمبات أتوماتيكيا حسب منسوب المياه بالبيارة. ويتم الرجوع إلى الكود المصري لأسس تصميم وشروط تنفيذ محطات الرفع آخر إصدار. يتم استخدام معامل ذروة ٢.٥ لتصميم محطات الرفع (الأعمال المدنية والكهروميكانيكية) وخط الطرد.

٢-٤ خزان لاهوائي ذو حواجز Anaerobic Baffled Reactor (ABR)

الخزان اللاهوائي ذو الحواجز هو خزان تحليل مطور مع سلسلة من الحواجز يتم بموجبها تحديد مسار مياه الصرف الصحي للتدفق بشكل زجزاجي ، ويؤدي ذلك إلى زيادة وقت الاتصال مع الكتلة الحيوية النشطة (الحمأة) وبالتالي تحسين كفاءة المعالجة. توفر غرف التوجيه لأعلى upflow chambers تعزيز إزالة وهضم المواد العضوية حيث يتم تخفيض الحمل العضوي BOD بنسبة تصل إلى ٧٠٪ وهي أعلى بكثير من النسبة المحققة عن طريق خزانات التحليل التقليدية.



شكل (٢-٤) Anaerobic Baffled Filter

تتم إزالة غالبية المواد الصلبة القابلة للترسيب في غرفة الترسيب في مدخل الخزان وتتراوح التصرفات للخزان مابين ٢-٢٠٠ م^3/يوم. وتكون السرعة الرأسية إلى أعلى أقل من او تساوي ١ م/ث ويترواح عدد الغرف من ٣ -٦ غرفة. وتكون حركة المياه عن طريق المواسير الرأسية أو الحواجز. يخرج الغاز الحيوي المنتج في ال ABR من خلال الهضم اللاهوائي عن طريق فتحات التهوية.

هذا النوع من التكنولوجيا قابلة للتكيف بسهولة ويمكن تطبيقها على مستوى المنازل، و على مستوى التجمعات السكانية الصغيرة والكبيره ايضا. وهى أيضاً مناسبة لقطع الاراضى ذات المساحة المحدوده حيث يتم تنفيذ الخزان تحت الأرض مما يتطلب مساحة صغيرة. مع مراعات امكانية وصول سيارات كسح الحمأة بسهولة إلى الموقع حيث يجب إزالة الحمأة بانتظام كل ٦ شهور (وخاصة من حوض

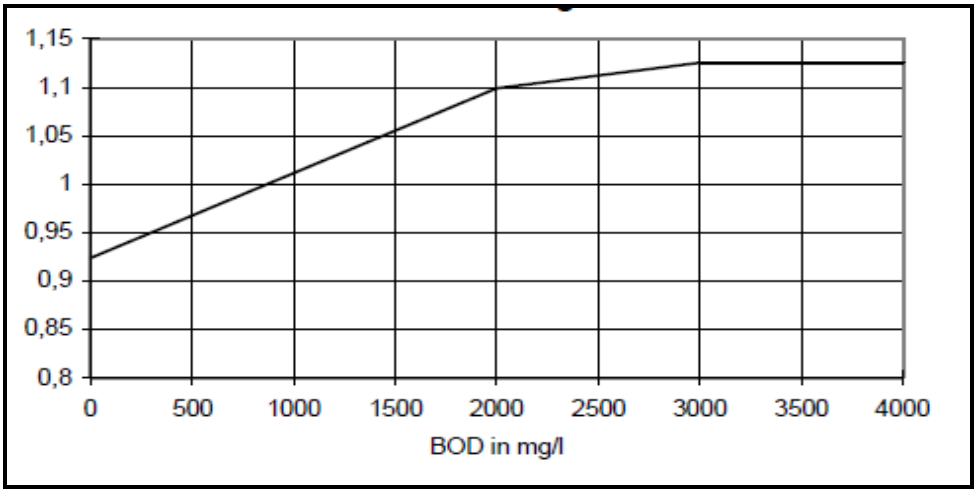
الترسيب). ويمكن استخدام ABR في اى نوع من أنواع المناخ، ولكن الكفاءة تكون أقل في المناخ البارد. وقد تتطلب المياه المعالجة باستخدام هذا النظام مراحل معالجة إضافية لتحسين خصائص المياه المعالجة.

- **أسس تصميم الخزان اللاهوائي ذو الحواجز Anaerobic Baffled Reactor**
  - معدل التحميل العضوي 3 Kg COD/m^3/d
  - حجم الحمأة التي يتم تخزينها (ترسيبها)

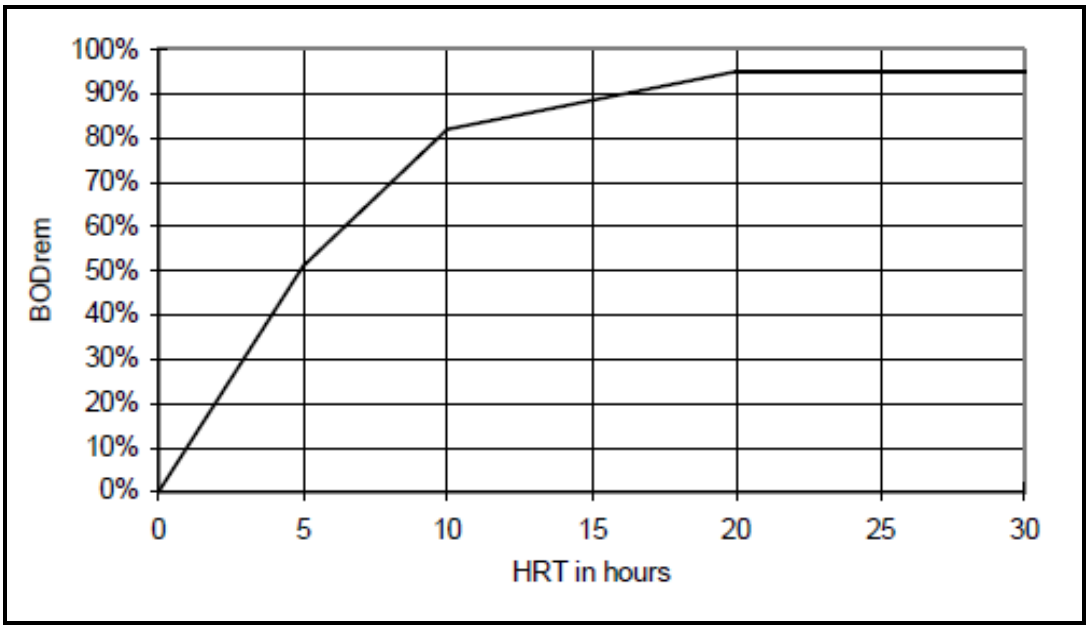
4 L/M^3 BOD $_{in\ flow}$ in the settler

1.4 L/m^2 BOD $_{removed}$ in the baffled reactor

  - السرعة الرأسية ≥ ١ م/س
  - تكون نسبة المواد الصلبة العالقة القابلة للترسيب إلى الأكسجين الكيميائي في الممتص = ٠.٥ – ٠.٦
  - زمن المكث في حيز الترسيب في بداية الحوض ١.٥ ساعة
  - زمن المكث في baffled reactor ≥ ٨ ساعات



معدل النقص فى الاكسجين الحيوى الممتص (BOD) طبقاَ لتركيز (BOD) فى المياه الخام



نسبة إزالة (BOD) طبقا لزمن المكث

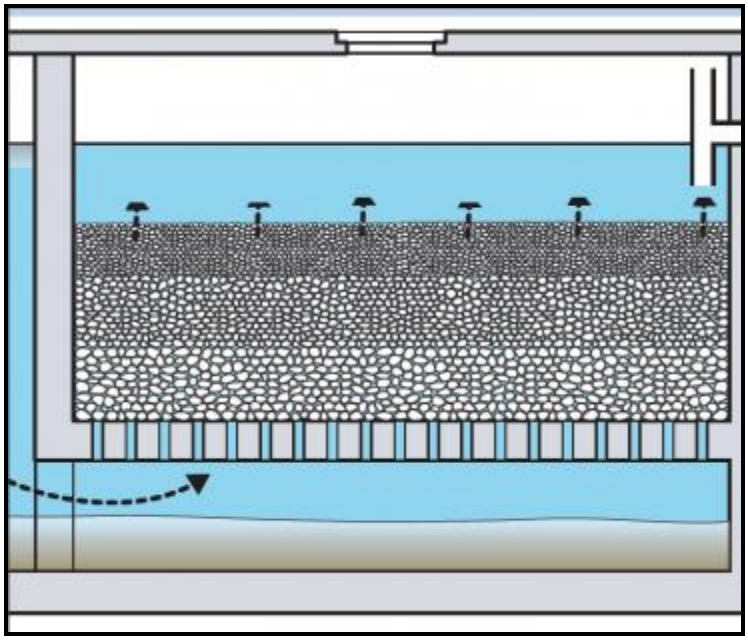
- **المميزات**
  - يمكن أن يتحمل حمل عضوي وهيدروليكي عالى.
  - لا يحتاج لاستخدام طاقة كهربائية.
  - تكاليف التشغيل منخفضة.
  - تخفيض الحمل العضوي BOD للمياه الخام.
  - إنتاج منخفض للحمأة المستقرة والثابتة.
  - يتطلب مساحات أراضي محدده نسبيا وينفذ تحت الأرض.

- **العيوب**
  - لايخفض مسببات الأمراض .
  - قد تحتاج المياه الخارجه إلى مزيد من المعالجه .

٤-٣ المرشح اللاهوائي Anaerobic Filter

المرشح اللاهوائي هو المفاعل البيولوجي ذو الوسط الثابت مع واحد أو أكثر من غرف الترشيح على التوالي. تدفقات مياه الصرف الصحي من خلال المرشح تؤدي إلى تجميع الجزيئات العالقة، كما تساعد

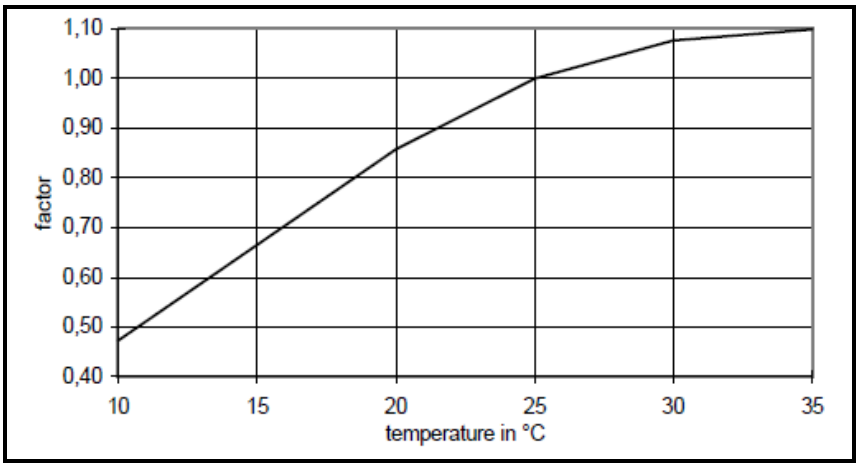
على تحلل المواد العضوية بواسطة الكتلة الحيوية النشطة على سطح المواد المرشحة ويمكن ازالة المواد الصلبة العالقة و العضوية بنسبة حوالي ٧٠ %.



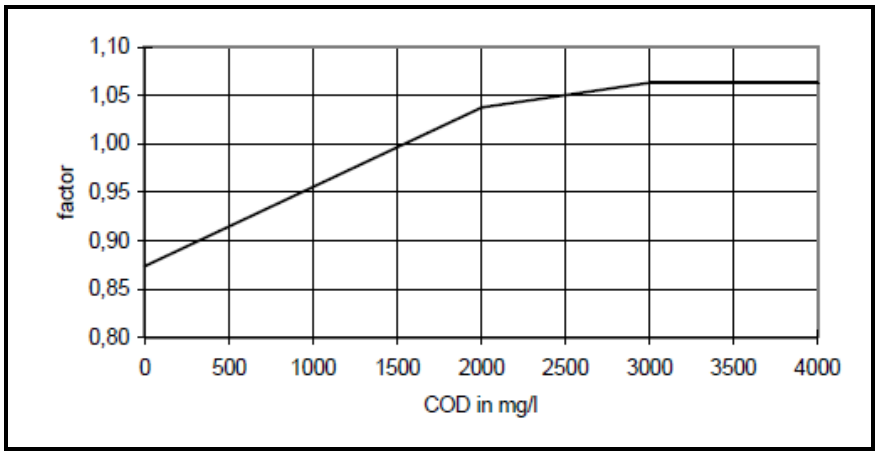
شكل (٤-٣) المرشح اللاهوائي

أسس تصميم المرشح اللاهوائي **Anerobic filter with integrated septic tank**

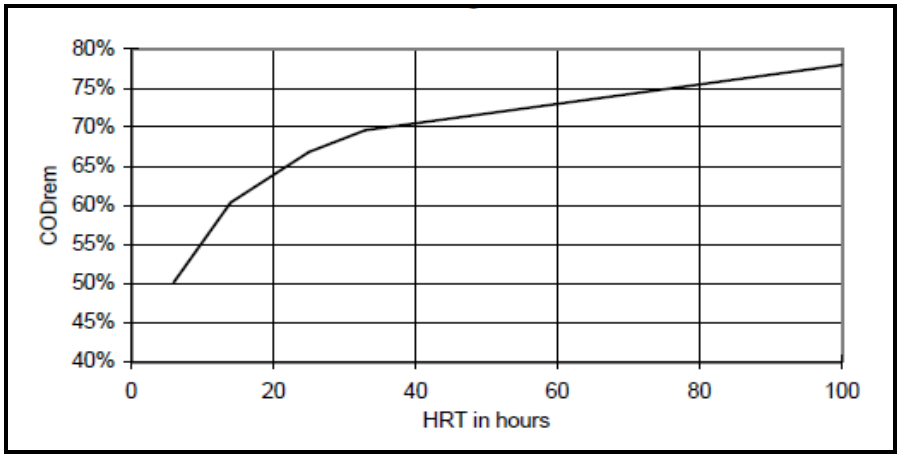
- زمن المكث في حيز خزان التحليل = ٢ ساعة.
- المساحة النوعية السطحية لطبقة الترسيح = ٨٠ – ١٢٠ م^{٢}/م^{٣}.
- معدل التحميل العضوي (COD) على المرشح ≤٤.٥ كجم/م^{٣}/ي.
- السرعة الرأسية داخل المرشح ≤ ١ م/س
- أقصي طول للحيز الواحد من المرشح = ٢.٢٥ م
- زمن المكث داخل المرشح اللاهوائي = ٢٤-٤٨ ساعة
- حجم الحمأة المترسبة بعد التخمر = ٠.٥-١ م^{٣}/فرد
- معدل إزالة ال COD في المرشح اللاهوائي طبقاً لدرجة الحرارة
- نسبة إزالة ال COD داخل المرشح اللاهوائي طبقاً لقيمة ال COD في مياه الصرف الخام
- نسبة إزالة ال COD طبقاً للمساحة السطحية النوعية للمرشح



معدل إزالة COD فى المرشح اللاهوائى طبقاَ لدرجة الحرارة



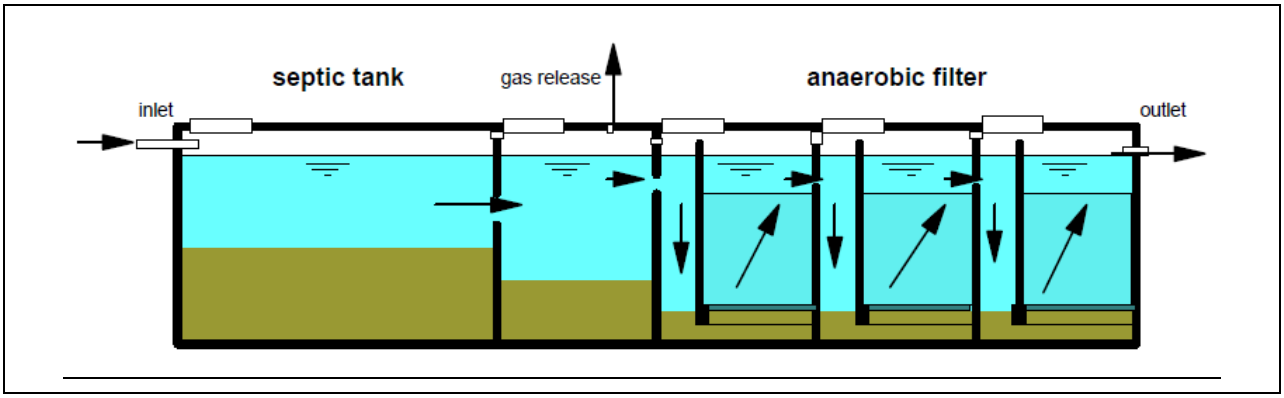
نسبة ازالة COD داخل المرشح اللاهوائى طبقا لقيمة COD فى مياه الصرف الخام



نسبة ازالة COD طبقا للمساحة السطحية النوعية للمرشح

بعتبر استخدام خزان تحليل قبل المرشح بغرض المعالجة الأولية أمر ضروري لإزالة المواد الصلبة التي قد تسبب فى انسداد المرشح.

وعادة ما تعمل المرشحات اللاهوائية من أسفل لأعلى up flow mode لتجنب هروب الكتلة الحيوية الثابتة خارج المرشح. ويجب أن يكون مستوى المياه في المرشح أعلى من الوسط الترشيحي بـ ٠.٣ م على الأقل لضمان وجود تدفق منتظم. مدة المكث (HRT) ما بين ١٢ إلى٣٦ ساعة. يفضل أن يكون المرشح ذو مساحة سطحية كبيرة وذلك لنمو البكتيريا، وأن تكون المسام واسعة بما يكفي لمنع الانسداد. تضمن المساحة السطحية زيادة الاتصال بين المواد العضوية والكتلة الحيوية مما يؤدي إلى تحللها بشكل فعال. وتتراوح المساحة السطحية للمرشح من ٨٠ إلى ١٢٠ م^{٢} لكل م^{٣} من حجم الخزان.



شكل (٤-٤) Anaerobic Filter

ويتراوح قطر الوسط الترشيحي المثالي بين ١٢-٥٥ مم، ويكون من الزلط أو كسر الصخور أو الطوب، أو قطع من البلاستيك التي تشكل خصيصا لذلك اعتمادا على توافر الخامات المحلية. ويمكن تصميم الاتصال بين الغرف إما عن طريق المواسير الرأسية أو الحواجز.

يجب أن تزود كافة الغرف بفتحات تفتيش لإجراء الصيانة. يتم التخلص من الغازات الضارة والروائح عن طريق فتحات التهوية.

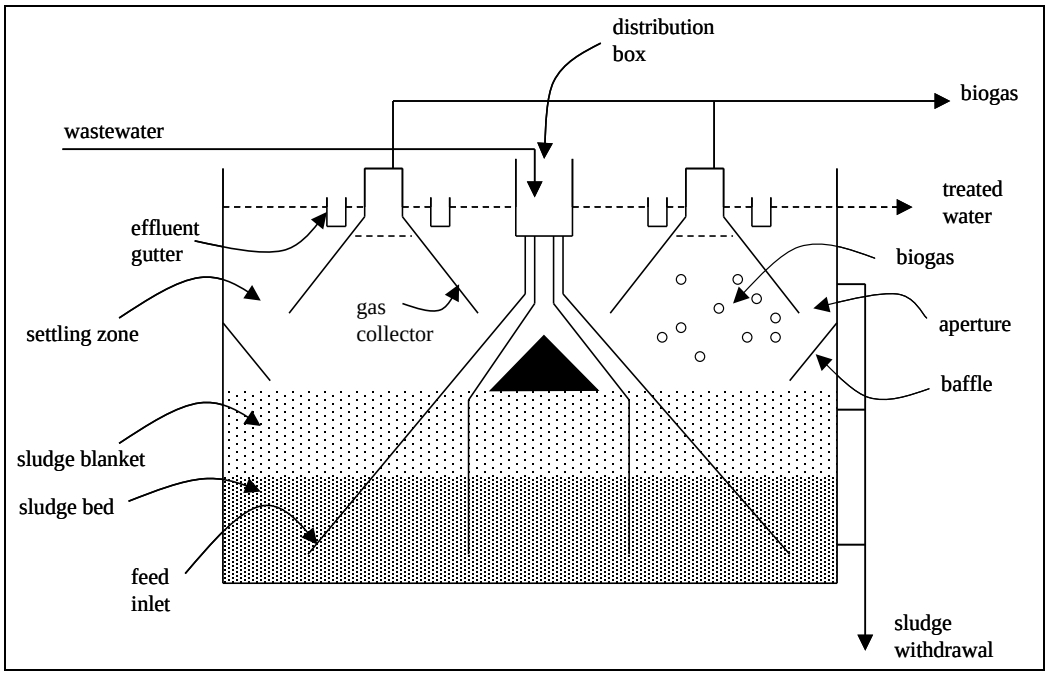
هذه التكنولوجيا يمكن تطبيقها على مستوى المنازل والأحياء الصغيرة ويمكن استخدامها كمرحلة تسبق المعالجة الثانوية الهوائية للحد من التحميل العضوي العالي. وتكون مناسبة للمساحات المحدوده ويتم تنفيذ الوحدات تحت أو فوق سطح الأرض.

يجب مراعاة تسهيل دخول سيارات الكسح إلى الموقع حيث يجب إزالة الحمأة بانتظام .ويمكن استخدام المرشحات اللاهوائية في درجات الحرارة المتغيرة .

- **المميزات**
  - لا يحتاج إلى استخدام طاقة كهربائية.
  - تكاليف التشغيل منخفضة.
  - عمر التشغيل كبير.
  - تخفيض عالي للحمل العضوي BOD.
  - الحمأة الناتجه قليله نسبياً وثابته.
  - يتطلب مساحة محدودة نسبياً.

- **العيوب**
  - مياه الصرف المعالجة تتطلب المزيد من المعالجة.
  - صعوبة إزالة وتنظيف انسداد الوسط الترشيحى.
  - لا يتم التخلص من البكتيريا المسببة للامراض وبعض الطفيليات والنيتروجين والفوسفور.

٤-٤ نظام المعالجة اللاهوائية باستخدام تقنية UASB



شكل (٤-٥) UASB

(UASB) هو مفاعل لمعالجة مياه الصرف الصحي بمعزل عن الهواء، حيث تدخل مياه الصرف إليه من أسفل وتتدفق بعد ذلك لأعلى. وتقوم وسادة الحمأة بترشيح ومعالجة مياه الصرف الصحي من خلال المرور من تلك الوسادة. تتألف وسادة الحمأة من حبيبات ميكروبية يتراوح أقطارها (من ١ إلى٣ مم)، أي تجمعات صغيرة من الكائنات الحية الدقيقة التي تقاوم الانجراف لأعلى بسبب وزنها. تقوم بتحليل المركبات العضوية فى وسادة الحمأة، ونتيجة لذلك يتم انبعاث غازي الميثان وثاني أكسيد الكربون. تساعد الجدران المائلة في توجيه الغازات الصاعدة لأعلى خزان للترسيب. يتم سحب المياه المعالجة من أعلى الخزان. 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 الأخري (خفيفة الوزن) من المفاعل. يمكن تطبيبق تقنية UASB أو أحد الأنظمة المتطورة مثل EGSB.

الباب الخامس : أعمال المعالجة المتكاملة

٥-١ مقدمة

تنقسم تقنيات معالجة مياه الصرف الصحي إلى:

أولاً: الطرق الطبيعيـــة Physical Methods

وتعتمد على الخواص الطبيعية للمياه والملوثات الموجودة بها . ومن هذه الطرق

التصفية	Screening
الترسيب الطبيعى	Plain Sedimentation
التعويـــم	Flotation
الترشيـــح	Filtration
الادمصاص	Adsorption

ثانيا : المعالجة الكيميائية Chemical Treatment

وهى الطرق التى تعتمد على إضافة مواد كيميائية تساعد على إزالة بعض الملوثات مثل:

- الترسيب الكيميائي – Coagulation /Sedimentation
- التعويم الكيميائى – Coagulation/Flotation

ثالثا : المعالجة البيولوجيـــة Biological Treatment

وهى الطرق التى يتم فيها إزالة الملوثات اعتماداً على النشاط البيولوجى للكائنات الدقيقة الحية. وهذه الطرق تستخدم عادة لإزالة المواد العضوية القابلة للتحلل الذائبة منها وغير الذائبة. ويمكن تقسيمها إلى قسمين رئيسين:

- Suspended Growth
- Fixed Film Growth

ويعمل تشغيل هذه الأنظمة فى وجود الاكسجين ويطلق عليها معالجة بيولوجية هوائية أو فى حالة عدم وجود الاكسجين ويطلق عليها معالجة بيولوجية لا هوائية. وتوجد أنواع مختلفة لكل من النظامين. يمكن ايجارها فيما يلى:

١- المعالجة البيولوجية الهوائية Aerobic Biological Treatment

وتنقسم إلى:

- **النمو المعلق Suspended Growth**

وهى الطرق التى تعتمد على وجود الكائنات الحية الدقيقة معلقة فى مياه الصرف الصحى مثل :

- أنظمة الحمأة المنشطة - Activated Sludge Systems
- قنوات الأكسدة الهوائية - Oxidation Ditches
- بحيرات الأكسدة - Stabilization Ponds
- البحيرات المهواة - Aerated Lagoons
- المفاعل البيولوجي الغشائى - Membrane Bioreactor
- المعالجة باستخدام نظام الوسط البيولوجى المتحرك - MBBR (Moving bed bioreactor system)
- الخزانات ذات التصرفات المتتالية - Sequencing Batch Reactor

- **النمو الملتصقِ Attached Growth**

وفى هذا النظام تنمو الكائنات الحية على أسطح طبيعية (مثل الزلط) أو أسطح بلاستيكية بأشكال مختلفة مثل :

- المرشحات البيولوجية - Trickling Filters
- الأقراص البيولوجية الدوارة - Rotating Biological Contactors
- المرشح الأسفنجى الهوائى

٢- المعالجة البيولوجية اللاهوائية Anaerobic Biological Treatment

وهي المعالجة البيولوجية التى تتم بالبكتريا اللاهوائية داخل أحواض وتصميمات مختلفة.

- **مراحل المعالجة**

تتم المعالجة على عدة مراحل مع مراعاة أنه ليس من الضرورى أن تشمل كل محطة معالجة مياه صرف صحى على كل المراحل ولكن فقط على المراحل التى تحقق أهداف المعالجة ودرجة المعالجة المطلوبة.

ومراحل المعالجة هى:

- المعالجة التمهيدية Preliminary Treatment

- المعالجة الابتدائية Primary Treatment
- المعالجة الثنائية Secondary Treatment
- المعالجة الثلاثية المتقدمة. Advanced/Teritary Treatment

٥-٢ المعالجة التمهيدية

وتعرف بأنها طرق المعالجة التى تقوم بإزالة كل المواد التي قد تسبب إعاقة ومشاكل فى تشغيل وصيانة وحدات محطة معالجة مياه الصرف الصحي المختلفة. بالنسبة للأسس التصميمية لوحدات المعالجة التمهيدية يتم الرجوع إلى الكود المصرى لأسس تصميم وشروط تنفيذ محطات تنقية مياة الشرب والصرف الصحى ومحطات الرفع وتشتمل على ما يلى:

٥-٢-١ المصافى Screens

الغرض منها حجز المواد الطافية مثل الخشب والورق والخرق وغيرها من مواد التي قد تؤثر فى عمليات المعالجة التالية وتستخدم أيضاً لحماية طلمبات محطات الرفع.

٥-٢-٢ أحواض حجز الرمال Grit Removal Chambers

الغرض منها ترسيب المواد غير العضوية كبيرة الحجم والكثافة مثل الأتربة والرمال وكسر الزجاج والمعادن التى تصل لشبكة الصرف من الأجهزة الصحية ومياه الأمطار وخلافه.

٥-٢-٣ أحواض حجز الشحوم والزيوت Grease and Oil Chambers

تستخدم فى بعض الأحيان حينما تحتوى مياه الصرف الصحى على نسبة عالية من الشحوم والزيوت مع ضرورة أن يلتزم كل مصنع أو مؤسسة أو مطعم تحتوى مخلفاته على زيوت وشحوم بحجز هذه الشحوم والزيوت قبل تصريف مخلفاته فى شبكة مياه الصرف الصحى العمومية طبقا لقانون ٩٣ لسنة ١٩٦٢ وتعديله بقانون ٤٤ لعام ٢٠٠٠. ولذا فإن استخدام أحواض حجز الزيوت والشحوم بمفردها نادر فى محطة معالجة مياه الصرف الصحى ولكنه ضرورى فى حالة وجود هذه المواد بتركيزات كبيرة تؤثر على مراحل المعالجة الأخرى.

٥-٣ المعالجة الابتدائية

وتشمل المعالجة الابتدائية التقليدية والمعالجة الابتدائية المتقدمة. والغرض من المعالجة الابتدائية ترسيب المواد الرسوبية فى مياه الصرف الصحى لخفض الحمل العضوى والمواد العالقة على وحدات المعالجة البيولوجية التى تلى الترسيب الابتدائي وفى هذه المرحلة يتم حجز حوالي٣٠% من الأكسجين الحيوى الممتص وحوالي ٥٠ % من المواد العالقة. وتقل وتزيد هذه النسبة حسب أسس التصميم المتبعة وكذلك خصائص مياه الصرف الصحى.

٥-٣-١ أحواض الترسيب الإبتدائى

تستخدم احواض الترسيب الابتدائية لإزالة المواد العالقة القابلة للترسيب بمياه الصرف الصحي، 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. ويمكن تنفيذ احواض الترسيب الابتدائى اما مستطيلة او دائرية حسب المساحة المتاحة. أما بالنسبة للأسس التصميمية، فيتم الرجوع إلى الكود المصري لأسس تصميم وشروط تنفيذ محطات تنقية مياة الشرب والصرف الصحي ومحطات الرفع.

٥-٤ المعالجة الثنائية/ الثانوية

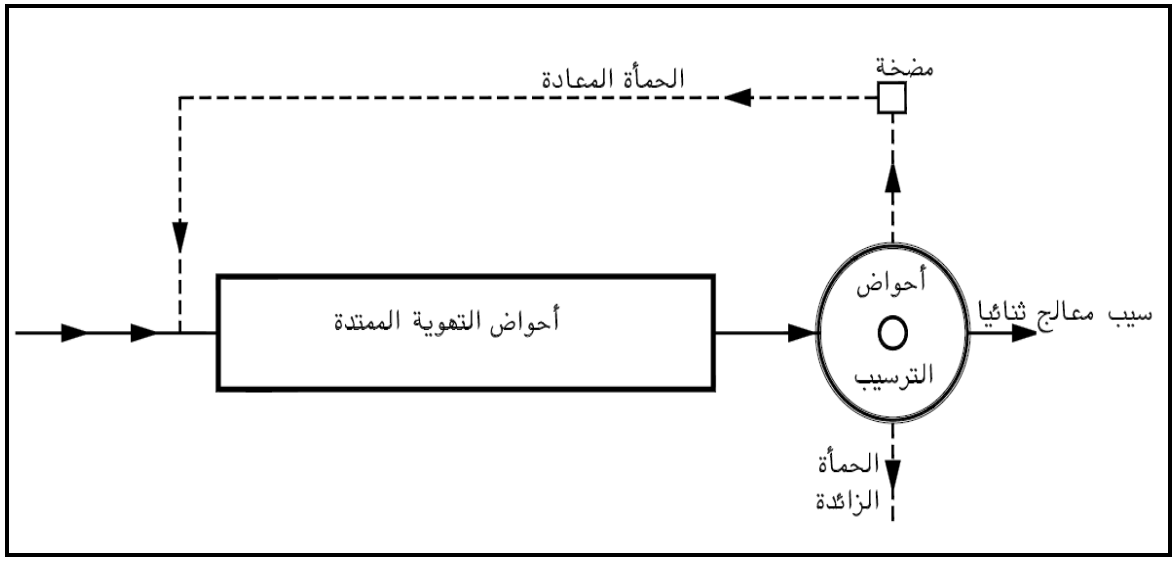
٥-٤-١ أنظمة النمو العالق Suspended Growth

٥-٤-١-١ نظام التهوية الممتدة Extended aeration

مقدمة

تعتبر البكتريا الهوائية هي البكتريا الفعالة في المعالجة، لأن هذه البكتريا تعتبر عاملاً مؤكسداً جيداً للمواد العضوية كما أن لها قابلية على التجمع في صورة ندف لزجة تعتبر عاملاً اساسياً في عمليات المعالجة بالحمأة المنشطة. وهذا النظام يشبه نظام الحمأة المنشطة التقليدية إلا أنه لا يوجد به حوض للترسيب الابتدائى حيث يتم إدخال مياه الصرف بعد المعالجة التمهيدية إلى حوض التهوية مباشرة والتي تكون متبوعة بأحواض ترسيب نهائية و يتم في هذا النظام إزالة المواد الكربونية مع امكانية ازالة المواد النيتروجينية والفوسفور . يستخدم هذا النظام للمحطات ذات التصرفات الصغيرة ،حيث يتم تصميمه بمعدلات حمل عضوي صغير ونسبة الغذاء إلى البكتريا

(F/M) صغيرة مع الاعتماد على مدة مكث كبيرة ولذلك يعتبر هذا النظام ذو كفاءة عالية للقرى والتجمعات الصغيرة.



شكل (٥-١) نظام الحماة النشطة بالتهوية الممتدة

مميزات وعيوب هذا النظام

المميزات

- يتم هضم الحمأة جزئيا داخل أحواض التهوية، وبذلك يكون حجم الحمأة الزائدة قليل ذى نوعيه جيدة ويمكن التخلص منها بسهولة.
- يعتبر هذا النظام ذو قدرة عالية على تحمل الأحمال المفاجئة
- يحقيق هذا النظام توفير في مساحة المحطة نتيجة عدم وجود أحواض الترسيب الإبتدائي مع تقليل فى حجم منظومة معالجة الحمأة حيث أن حجم الحمأة الناتجة وتلوثها العضوى اقل منها فى أحواض التهوية التقليدية.
- ذو كفاءة عالية في حالة القري والتجمعات السكنية الصغيرة

العيوب

يحتاج إلى فتره أطول (مدة المكث) في الترسيب النهائي نتيجة تقليل حمل المواد الصلبة على المساحة السطحية.

- يسبب هذا النظام استهلاك كبير من الأكسجين وبالتالي استهلاك كبير فى الطاقة.

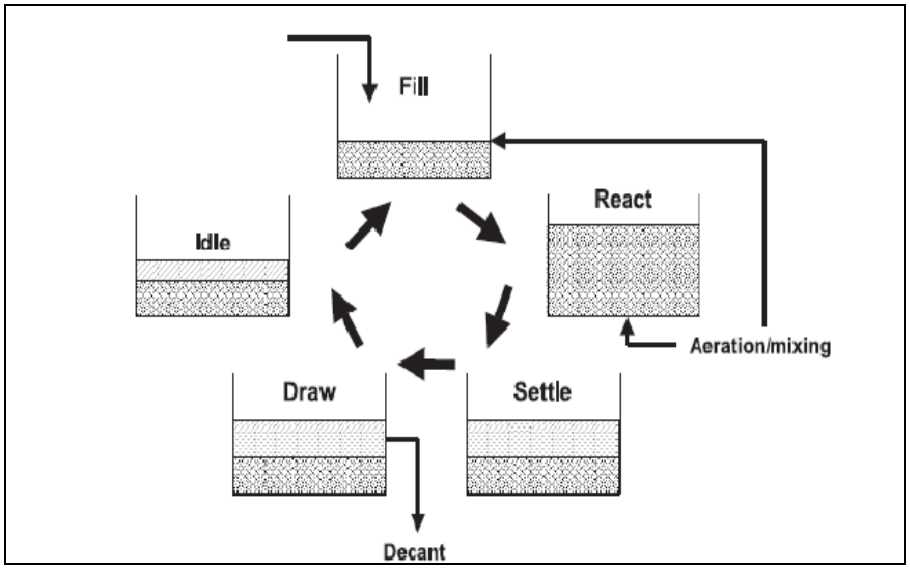
الأسس التصميمية

يتم الرجوع إلى الكود المصرى لمحطات معالجة الصرف الصحى احدث أصدار

٥-٤-١-٢ الخزانات ذات التصرفات المتتالية (Sequencing Batch Reactor)

تعتبر المعالجة بنظام الدفعات المتتالية (SBR) هى أحد الأنظمة التى أدخلت من أجل تقليل المساحة المطلوبة للتشغيل وخصوصا للمحطات الصغيرة الحجم التى تتراوح مابين ٥٠٠٠ – ٢٠٠٠٠ م٣/يوم حيث تمر المياه من خلال المصافى وغرفة أزالة الرمال لإزالة المواد ذات الأحجام الكبيرة والرمال من المياه ثم تمر إلى مجموعة المفاعلات البيولوجية الرئيسية والتي تعمل تبادليا على استقبال مياه الصرف وتهويتها ومعالجتها بيولوجيا. يمكن استخدام النظام المتقطع أو ذو التشغيل المستمر

CFSBR Cotinious flow SBR



شكل (٥-٢) مراحل المعالجة باستخدام نظام الدفعات المتتالية

أسس التصميم

يتم الرجوع إلى الكود المصرى لمحطات معالجة الصرف الصحى احدث أصدار

المميزات والعيوب لنظام الدفعات المتتالية SBR

المميزات

- جودة مياه الصرف عالية مقارنة بالأنواع التقليدية
- يقلل من الملوثات الرئيسية بما في ذلك الأمونيا بنسبة ٩٦٪، ويقلل من الفوسفات بنسبة ٨٨٪

- سهولة التشغيل
- لا يتطلب خزان للترسيب النهائي
- لا تحتاج اعادة تدوير الحماة النشطة حيث يتم تشغيل كافة العمليات في خزان واحد
- المساحة المطلوبة أقل من المساحة المطلوبة لنظام الحمأة المنشطة التقليدي

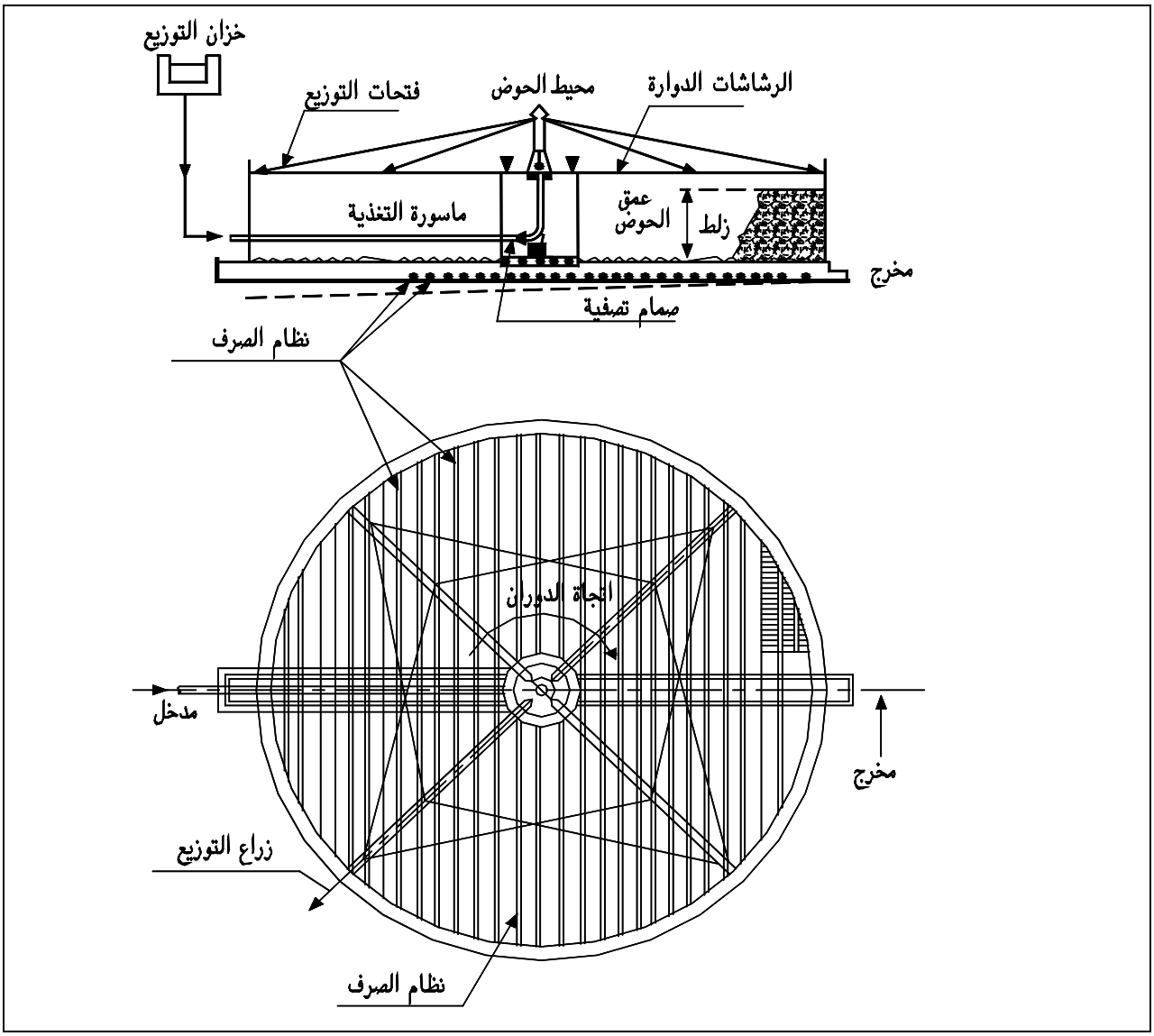
العيوب

- تقل جودة المياه المعالجة فى حالة زيادة كمية المياه الداخلة للمحطة عن الحد التصميمى
- تستلزم صيانة الوحدة والأجهزة والصمامات عماله عالية المهارة
- يصعب ضبط تشغيل الوحدة عند الكميات القليلة من المياه.
- يتسبب العمل بهذا النظام الى استهلاك زائد فى الطاقة مقارنة بالأنواع التقليدية.

٥-٤-٢ النمو الملتصق Attached Growth

٥-٤-٢-١ مرشحات هوائية بيولوجية Trickling filter

- تعتبر طريقة المرشحات البيولوجية من أقدم طرق المعالجة البيولوجية ويقل استعمالها في الوقت الحاضر إلا في بعض إستخدامات المعالجة لمياه الفضلات الصناعية .
- يتألف المرشح البيولوجي من وسط مسامى من المواد الحصوية أو البلاستيكية الخشنة توزع فوقه مياه المجاري بواسطة ذراع رشاش دوار حيث تتسرب مياه المجاري عبر فراغات الوسط المرشح ملامسة هذا الوسط الذي تنمو على هيئة الكائنات العضوية الدقيقة التي تقوم بتحليل المواد العضوية وأكسدتها بمساعدة الهواء الجوي وتخرج المياه المرشحة من أسفل المرشح إلى حوض ترسيب ثانوي لفصل وإزالة الحمأة عن المياه. والمرشحات البيولوجية نوعان سواء ذات معدل ترشيح عالي أو منخفض ، والحمأة الناتجة تحتاج للتركيز والتجفيف فقط . من أهم مساوئ هذه الطريقة انتشار الذباب والبعوض في الموقع وعدم ثبات أداء المعالجة.



شكل (٥-٣) المرشحات الزلطية

المميزات

- تكلفة قليلة للمعدات والطاقة.
- كمية حمأة منتجة صغيرة.
- إمكانية تعامل المرشح مع أى تغير مفاجئ فى الأحمال العضوية .

العيوب

- ارتفاع نسبة حدوث الانسدادات
- عدم قدرتها على تحمل أحمال التلوث المرتفعة.

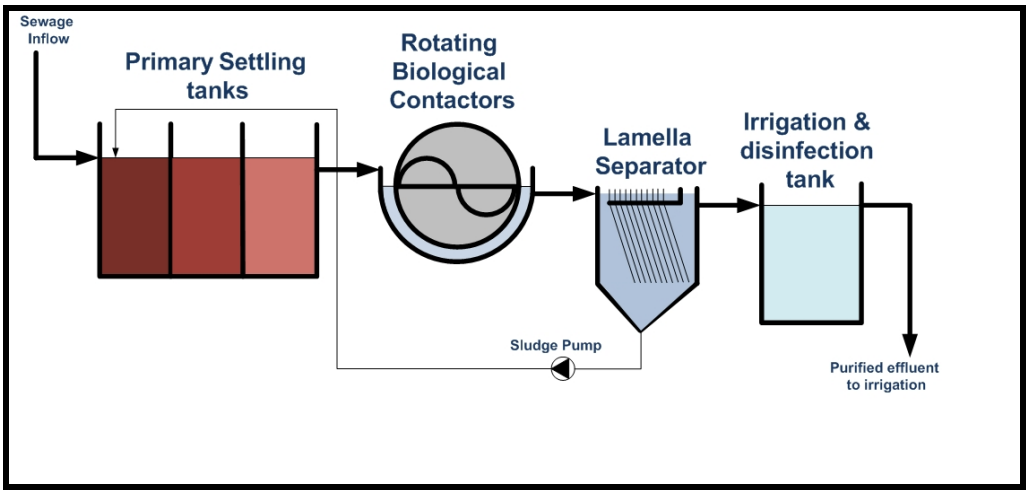
- مشاكل من الذباب والروائح.
- يشغل مساحات كبيره

معايير التصميم

- يتم الرجوع إلى الكود المصرى لمحطات معالجة الصرف الصحى احدث أصدار

٥-٤-٢-٢ الأقراص البيولوجية الدوارة RBC Rotating biological contactor

- تعتبر هذه الطريقة إحدى طرق النمو بالغشاء الثابت كما هو الحال في المرشحات البيولوجية، إلا الكتلة الحيوية هي التي تلامس الماء أثناء دوران الأقراص وليس الماء هو الذي يلامس الكتلة البيولوجية .
- تتألف وحدة المعالجة من مجموع أقراص بلاستيكية غالباً تدور حول محور مرتبط بها وغاطسة إلى حوالي نصف قطرها ضمن مياه المجاري ، وبعد خروجها يدخل الهواء بينها ملامساً الغشاء البيولوجي (طبقة بيولوجية تنمو على سطح الأقراص) والذي تتم بواسطة عليه المعالجة . تستعمل هذه الطريقة في محطات المعالجة الصغيرة وعادة يبنى عدد من صفوف الأقراص الدوارة بشكل متتابع خلف بعضها في حوض التهوية ، وتمتاز هذه الطريقة باستهلاكها القليل للطاقة ،وبقلة الحمأة الناتجة عنها، ويبلغ ارتفاع فى معدل التنقية ٨٥٪ .
- أثناء التشغيل تكون الاقراص مغمورة غمر جزئى يقدر بحوالى ٤٠% من قطر الاقراص أو أكثر إلى أسفل عامود الدوران المثبت فى مركز الاقراص بحيث ينغمر حوالي٤٠% من مساحة سطحها فى مياه الصرف الصحى اثناء الدوران إلا انه نتيجة لهذا الدوران فإن 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.



شكل (٥-٤) الاقراص البيولوجية الدوارة

المميزات

- جودة السيب النهائي عالية.
- القدرة على تحمل الأحمال الهيدروليكية والعضوية المفاجئة.
- الزمن المطلوب لتلامس المياه مع البكتريا صغير نتيجة كبر المساحة السطحية.
- المساحة المطلوبة لتنفيذ النظام صغيرة نسبيا.
- الضوضاء الناتجة من عمل النظام قليلة بالمقارنة لنوافخ الهواء المستخدمة في خزانات التهوية.
- الحمأة المنتجة قليلة نسبياً.

العيوب

- وجود مصدر كهربي مستمر
- سطح التلامس (الأقراص الدوارة) غير متوفرة بالسوق المحلي
- تكلفة الإنشاء والتشغيل والصيانة مرتفعة
- يحتاج إلى فريق تشغيل مدرب فنيا للتعامل مع هذا النظام

معايير التصميم

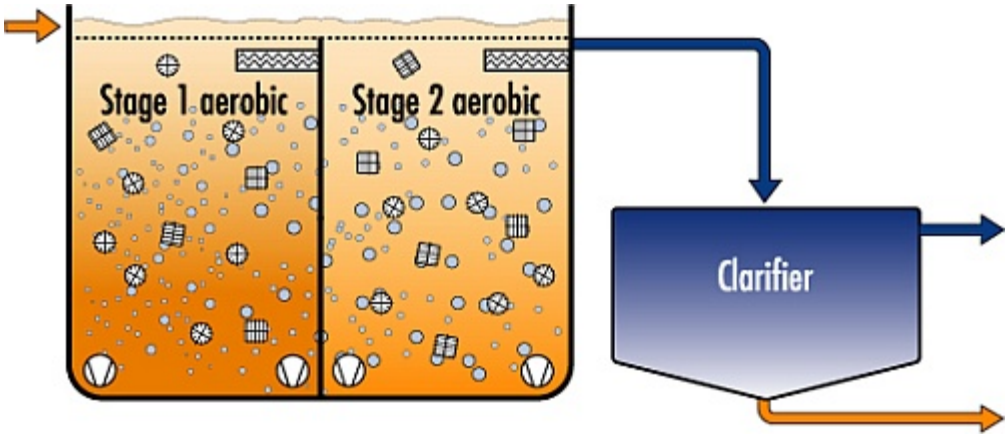
- يتم الرجوع إلى الكود المصرى لمحطات معالجة الصرف الصحى احدث أصدار

٥-٤-٣ أنظمة المعالجة المختلطة (Hybrid Systems)

٥-٤-٣-١ المعالجة باستخدام نظام الوسط البيولوجى المتحرك

(Moving bed bioreactor system) -MBBR

ويعتبر نظام MBBR دمج بين نظام معالجة الحمأة المنشطة التقليدى Suspended growth و نظام المعالجة بالتلامس Attached growth عن طريق وضع سطح تلامس للبكتريا داخل حوض المعالجة البيولوجية و تسمى Biofilm carrier elements ،و يكون هذا الوسط عبارة عن إسطوانات صغيرة تصنع من البلاستيك أو البولي إيثيلين مما يعمل على تقليل مدة المكث داخل حوض المعالجة البيولوجية (مدة المكث١-٢ساعة) و هو مناسب في حالة الأحمال العضوية العالية.



شكل (٥-٥) MBBR

المميزات :

- جودة عالية لمياه الصرف الصحي المعالج.
- يتميز بالجمع بين مزايا كل من طريقتي المعالجة بطريقة الحمأة المنشطة و كذلك النمو الملتصق بوسط بلاستيكي.
- يصلح لرفع كفاءة المحطات التقليدية التي لا يتوفر لها مساحات كافية للتوسعات.
- المساحة المطلوبة أقل من المساحة المطلوبة لنظام تنشيط الحمأة.
- يمكن إستخدامه في عملية النيتره وازالة الفوسفور.

العيوب :

- تكلفة الوسط البلاستيكي المعلق مرتفعة نسبياً.

- يتطلب اتخاذ بعض الاحتياطات في التصمم حتى لا يتم فقد الوسط البلاستيكي إلى خارج الخزانات

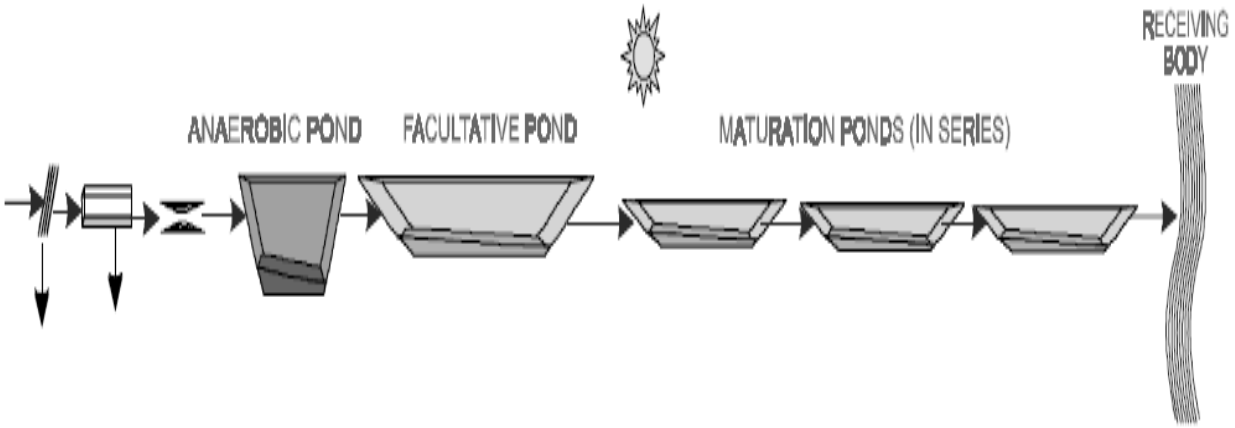
أسس التصميم

- يتم الرجع إلى الكود المصرى لمحطات معالجة الصرف الصحى احدث أصدار

٥-٤-٤ أنظمة المعالجة بالطرق الطبيعية

٥-٤-٤-١ بحيرات الأكسدة Stabilization Ponds

تتم معالجة مياه الصرف الصحي في هذه البحيرات بطريقة طبيعية تعتمد على نشاط مشترك تقوم به الطحالب والبكتريا بالاستعانة باشعة الشمس وبعض العناصر الموجودة بمياه الصرف الصحي حيث تستخدم البكتريا الهوائية الاكسجين الذائب في المياه لأكسدة المادة العضوية وينتج عنها مواد عضوية مثبتة وثاني أكسيد الكربون، بينما الطحالب تستخدم ثاني أكسيد الكربون مع بعض الأملاح في تخليقها الضوئي بمساعدة اشعة الشمس وتعطي الأكسجين الذى يعد من احتياجات البكتريا، حيث يعطي كلا من البكتريا والطحالب للآخر ما يحتاجه. كذلك تقوم البكتريا اللاهوائية بهضم المواد العضوية المترسبة بقاع البحيرة. والشكل التالي يوضح علاقة الكائنات الدقيقة الحية مع بعضها وطريقة التخلص من المواد العضوية داخل البحيرة.



شكل (٥-٦) مراحل برك الأكسدة الطبيعية

يمكن تصنيف برك الأكسدة الطبيعية تبعاً لنشاط البكتريا، وعمق البركة ومدة المكث إلى المراحل التالية :

- مراحل البرك اللاهوائية.
- مراحل البرك الترددية.
- مراحل برك الإنضاج.

١- البرك اللاهوائية

وهى برك عميقة نسبيا تتراوح عمقها بين ٢.٥- ٥ م وتعتمد المعالجة فيها على نشاط البكتريا اللاهوائيه للتخلص من المواد العضوية حيث تنشط البكتريا اللاهوائية فى الطبقات العميقة عديمة الأكسجين الذائب. يمكن أن تكون هذة البرك مصدرا للروائح الكريهة حيث ينتج عن عملية التفاعل اللاهوائى تصاعدا لغاز ثانى أكسيد الكربون وكبريتيد الإيدروجين، والميثان ومواد ذائبة أخرى تنتشر فى المياه وتستخدمها البكتريا اللاهوائية كغذاء لها، وبذلك تقوم البكتريا اللاهوائية بتكسير المركبات العضوية إلى مواد عضوية بسيطة عالقة وأخرى ذائبة. ويمكن التحكم فى العمق ومدة المكث بهذه البرك لتقليل انبعاث الغازات.

٢- البرك الترددية (الاختيارية)

وتنشأ هذه البرك لتستقبل المياه بعد مرورها بالبرك اللاهوائية ، وتتميز عن سابقتها بإتساع المساحة وقلة العمق وتقوم الظواهر الطبيعية (الحرارة – الرياح – اشعة الشمس) بمساعدة البكتريا على تأدية وظائفها للتخلص من المواد الذائبة والعالقة، بالإضافة إلى نمو الخلايا الخضراء (الطحالب) والتى تقوم أثناء النهار بامتصاص ثاني أكسيد الكربون وإخراج الأكسجين بما لها من قدرة اختزالية تساعد على التخلص من الخلايا البكتيرية الضارة، بالإضافة إلى الاختلاف فى درجة الحرارة بين القاع والسطح مما يساعد على التقليب المستمر للمياه. لذا فإن مدة المكث فى اى احواض أطول منها من الأحواض اللاهوائية.

٣- برك الإنضاج

الغرض الأساسي من هذه البرك هو التخلص من جراثيم الأمراض ، و تختفى الفيروسات بمضى الوقت فى البيئة غير الملائمة لها فى وحدة المعالجة.

وتعتبر مدة المكث من أهم العوامل التى يجب أخذها فى الاعتبار بالنسبة للتأثير المسبب تختفى البكتريا فى البرك هو مدة المكث, ويعتمد تصميم برك الإنضاج على التلاشى البكتيري ، هذا مع أن الغرض هو

إزالة الجراثيم. وتتلاشى البكتريا البرازية القولونية او الفيروسات بمضى الوقت فى البيئة غير الملائمة لها فى البركة ويلاحظ : أن العوامل الرئيسية التى تسبب تلاشى البكتريا هى :-

- الترسيب .
- ندرة الغذاء.
- الأشعة فوق البنفسجية
- الملتهمات البيولوجية الحية وكذلك المضادات الحيوية والسموم والتى تنتج وتتوافر فى بيئة البركة من خلال فصائل الكائنات الحية ثم أرتفاع درجة الحرارة بأشعة الشمس والرقم الهيدروجينى.

مميزات برك الأكسدة

- يمكن تشغيلها بطرق كثيرة ، كما أنه يمكن تغيير طريقة التشغيل في حالة زيادة الأحمال الهيدروليكية والعضوية بدون الحاجة إلى إضافة وحدات جديدة ويتم ذلك باستخدام نظام أو أكثر من النظم المستخدمة في محطة معالجة واحدة منها:
- بحيرات أكسدة لاهوائية (تعمل كمعالجة تمهيدية لمياه المجاري).
- بحيرات أكسدة اختيارية، بحيرات أكسدة هوائية، بحيرات أكسدة بالهواء المضغوط، بحيرات الإنضاج.
- يمكن استخدام هذه الطريقة في المناطق التي متوفر فيها مساحات شاسعة من الأراضي بسعر منخفض ولها ظهير صحراوي.
- تستخدم هذه الطريقة لمعالجة مياه المجاري معالجة إبتدائية، ومعالجة ثانوية، ومعالجة الحمأة الزائدة.
- إنخفاض التكاليف الممثلة فى عملية الإنشاء والتشغيل والصيانة في هذه الطريقة.
- فعالية بحيرات الأكسدة في القضاء على البكتريا الضارة والفيروسات وبيوض الديدان الممرضة وذلك بسبب مايلي :

مدة المكث الطويلة تؤدي إلى القضاء على الأنواع المختلفة من الكائنات الحية الدقيقة وتأثير بعض هذه الأنواع على الأخرى، كما تؤثر أشعة الشمس وإرتفاع pH في المياه إلى استهلاك ثانى اكسيد الكربون و أيضا التخلص من النيتروجين والفوسفور اللازمين لنمو البكتريا، بالإضافة الى نمو الطحالب التي تفرز مواد سامة تقاوم الكائنات الحية الضارة.

استيعاب التغيرات الفجائية في الأحمال الهيدروليكية والعضوية .

يمكن معالجة أنواع كثيرة من المخلفات الصناعية ، حيث يمكن إزالة الشوائب السامة ، ويرجع ذلك لمدة المكث الطويله وإرتفاع pH المياه ، وقد أثبتت التجارب أن وجود المعادن الثقيلة (الكروم والكاديوم والنحاس والزنك والنيكل) بتركيز ٦ ملجم/لتر لكل منها مثلاً لايؤثر على تشغيل البحيرات.

عيوب برك الأكسدة

- إنتشار الروائح والبعوض .
- الإحتياج لمساحات متسعة، ولذا يتم إنشاؤها في المناطق ذات الأراضي الصحراويه الرخيصه نسبيا.
- فقدان كمية كبيرة من المياه بسبب البخر.
- تلوث المياه الجوفية بسبب الرشح وهذا يتعلق بعامل النفاذية، ولذا يلزم عزل البرك لمنع التلوث مما يؤثر على ارتفاع التكلفة الإنشائية.

أسس التصميم

تعتمد أسس التصميم على إمكانية التخلص مما تحتويه مياه الصرف الصحي من رواسب ومعالجة المياه ، ويجب ألا تسبب المياه المعالجة أي تلوث لمصدر الماء وأي ضرر بالصحة البيئية ، بناء على ذلك فإن درجة المعالجة المطلوبة لمياه الصرف الصحي تتوقف على أسلوب التخلص من هذه المياه بعد المعالجة أو الاستفادة منها بإعادة استخدمها في استصلاح وري الأراضي الصحراوية.

أما بالنسبة للأسس التصميمية فيتم الرجوع إلى الكود المصرى لمحطات معالجة الصرف الصحى احدث أصدار

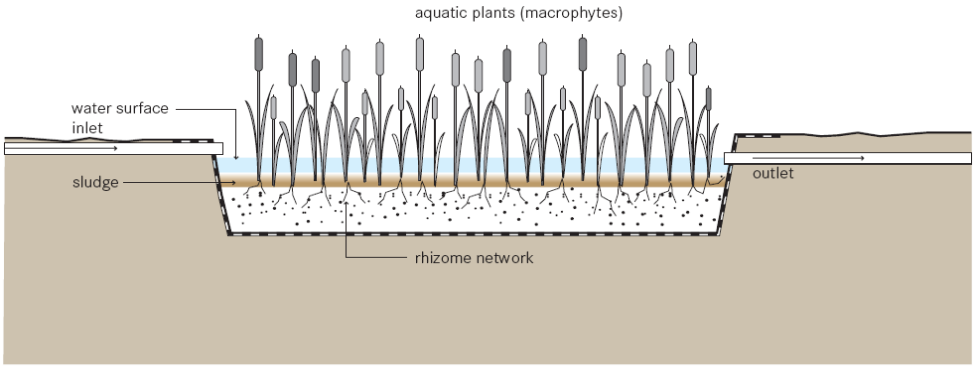
٥-٤-٤-٢ نظام المعالجة بالأرض الرطبة

- هى نظام بيئى من الأراضى المغمورة أو المشبعة بالمياه وتسوده نباتات مائية تتحمل الغمر ويكون للتربة والمياة والنبات وماتعلق بها من بكتريا وطحالب دور طبيعى وكيميائى وحيوى فى معالجة وامتصاص وترسيب مختلف أنواع ملوثات المياة الزراعية والصحية والصناعية.
- هي إحدى طرق معالجة مياه الصرف الصحى الطبيعية وذلك عن طريق إنشاء مستنقعات تزرع بالبوص أو النباتات المائية، حيث تنمو البكتريا على جذور هذة النباتات التى تقوم بالمعالجة البيولوجية، وكذلك تساعد النباتات فى ترشيح المياه، وتساعد فى التحكم فى نمو الطحالب عن طريق حجب اشعة الشمس عنها.
- عادة ما تستخدم هذه الطريقة فى تحسين خواص مياه الصرف الصحى التى سبق لها المرور بمرحلة أو أكثر من مراحل المعالجة ويجب عند استخدام هذه الطريقة مراعاة الاشتراطات

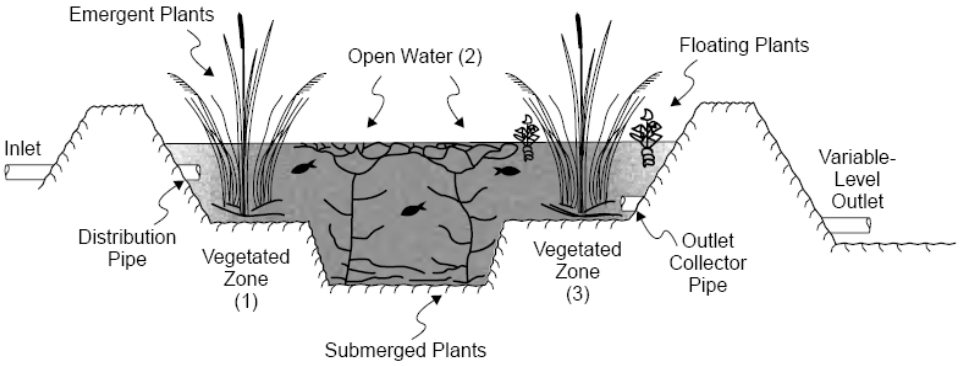
والمعايير التى تتوافق أو تتطابق مع الكودات المصرية والدولية للتحكم فى تلوث التربة والمياة الجوفية والبيئية عموما.

١- الأرض الرطبة بطريقة التدفق الحر Free Water Surface (FWS) Wetlands

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



شكل (٥-٧) الأراضى الرطبة (FWS) ذات غطاء خضري فقط



شكل (٥-٨) الأراضى الرطبة (FWS) المدمجة ذات غطاء خضري مع مناطق مفتوحة لسريان المياه

المميزات

- يمكن أن يكون لها شكلا جمالياً.

- قدرة عالية على إزالة الملوثات العضوية (BOD) مع قدرة متوسطة على إزالة البكتريا الممرضة.
- يمكن أن يتم إنشاءه وصيانته وإصلاحه عن طريق المواد المتاحة محلياً.
- لا يحتاج هذا النظام إلى مصدر طاقة أثناء المعالجة.
- لا ينتج عن النظام أي روائح كريهة إذا تم تشغيله بطريقة سليمة.
- تكلفة التشغيل والصيانة منخفضة.

العيوب

- يمكن أن ينتج عنه تكاثر البعوض.
- يحتاج إلى فترة طويلة من التشغيل للوصول إلى نتائجه المطلوبة.
- يحتاج إلى مساحات أراضي كبيرة.
- يحتاج إلى خبرة كافية خلال التصميم والإشراف على التنفيذ.
- تكلفة الإنشاء مرتفعة نسبياً نتيجة مساحة الأراضي المطلوبة بالإضافة إلى الاحتياج غالبا إلى بطانات لمنع التسرب.

٢- الأراضى الرطبة بطريقة التدفق تحت السطحى

Subsurface Flow Constructed Wetlands

يعتبر نظام وحدة الغمر ذو التدفق تحت السطحي من أنسب الأنظمة المستخدمة بعد نظام المعالجة بالترسيب الابتدائي لمياه الصرف الصحي، حيث هذا النظام يتيح عدم تلامس سطح الماء في وحدة المعالجة للهواء الجوي، وحيث عدم تهيئة المناخ لتوالد الديدان فإن الوحدة تكون آمنة صحياً. يعتبر 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 الأكسجين الناتج من جذور النباتات النامية والريزومات يتم استهلاكه مباشرة بواسطه الكائنات الدقيقة المتاخمة لجذور النباتات، وهذا النوع من المعالجة صالح جداً لإزاله النترات أي تحويل النترات إلى نيتروجين dentrification لكنه غير صالح لأكسدة الأمونيا أي تحويل الأمونيا إلى نترات Nitrification بسبب عدم كفاية الأكسجين اللازم لإتمام عملية النيترة Nitrification .

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

وتعتبر وحدات المعالجة بنظام الأرض المغمورة ذو التدفق تحت السطحي (SF) له عدة مميزات تفوق نظام التدفق السطحي الحر مثل الحد من خطورة تصاعد الروائح الكريهه وتوالد البعوض بسبب الحفاظ على

مستوى سطح الماء دائماً بوحدة المعالجة بأن تكون تحت السطح وهذا بالإضافة إلى الاعتقاد السائد بأن هذا النظام يحتاج مساحة أوسع للمعالجة بنظام 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 Typha أو ذيل القط Cattails و نبات البردي Scirpus والبوص bulrush حيث يعتبر البوص هو الأكثر شيوعاً واستخداما حيث يعطي إزالة ممتازة للأكسجين الحيوي الممتص الممتلئ BOD والمواد العالقة الكلية TSS والنيتروجين والفوسفات وعدد من المواد العضوية المعقدة.

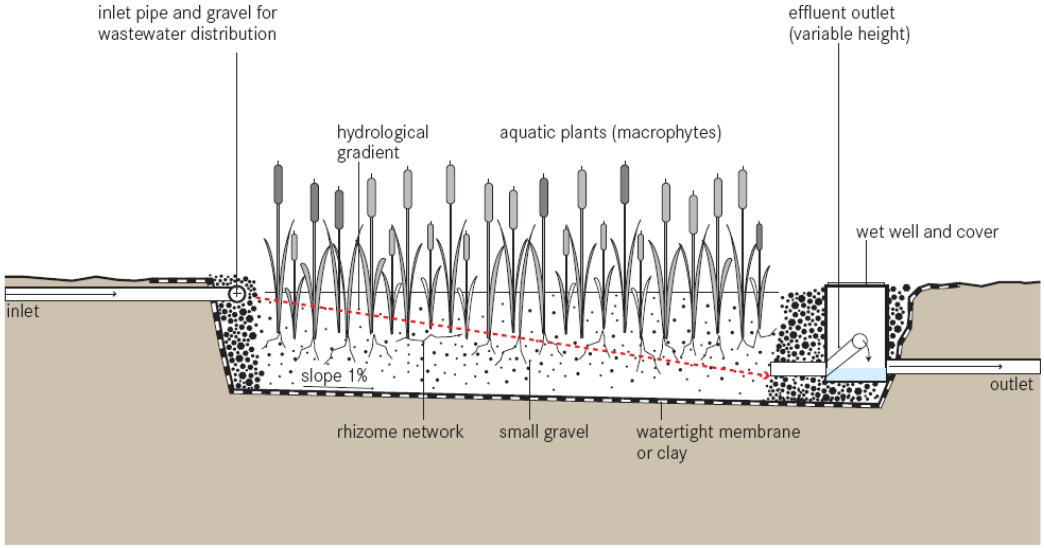
ويستخدم كطريقة رى أو معالجة ثانوية أو متقدمة أو جمعهيم معاً ، وذلك تبعاً لظروف المنطقة كطبيعة التربة والمياه الجوفية والمناخ والمساحات المتاحة من الأرض، وتتوافق كل هذه العوامل مع معدلات تصرف المخلفات السائلة وخصائصها.

ويوجد نوعين من المستنقعات الصناعية بطريقة التدفق تحت السطحى:

أولاً : الأراضى الرطبة بطريقة التدفق تحت السطحى الأفقية

ويسمى أيضا أنظمة النباتيات المغمورة **VSB**. و المستنقعات الصناعية الأفقية تحت السطحية هي قناة كبيرة مليئة بالحصى والرمال مزروعة بالنباتات المائية. حيث تدفق مياه الصرف الصحي أفقياً من خلال القناة، وحيث يتم ازالة الجسيمات وتقوم الكائنات الدقيقة بتحليل المواد العضوية.

تؤثر الأوساط المستخدمة مثل التربة والرمل الخشن والحصى أو الصخور المسحوقة بشكل كبير على هيدروليكية 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 من التلوث.



شكل (٥-٩) الأراضى الرطبة بطريقة التدفق تحت السطحى الأفقية

المميزات

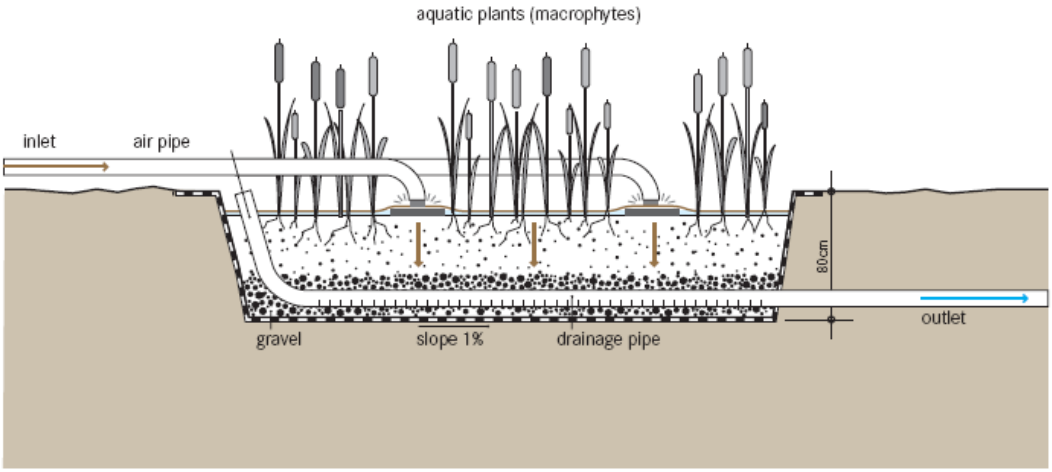
- يتطلب مساحة أقل من النظام السطحى.
- ذات كفاءة عالية فى تقليل الأكسجين الحيوى الممتص والمواد الصلبة وكذلك الكائنات الممرضة.
- لا توجد مشاكل البعوض كما فى النظام السطحى.
- يمكن بناؤها واصلاحها من المواد المتوفرة محليا.
- لا يتطلب هذا النظام طاقة كهربائية.

العيوب

- يتطلب خبره عالية فى التصميم والإشراف.
- تكلفة الأرض ترفع من تكلفة إنشاء النظام.
- يتطلب مرحلة ابتدائية للمعالجة لمنع الأنسداد.

ثانيا : الأراضى الرطبة بطريقة التدفق تحت السطحى الرأسية

الأراضى الرطبة ذات تدفق رأسي تعمل كمرشحات مزروعة بالنباتات المائية. يتدفق الماء عمودياً إلى أسفل من خلال المرشح (الوسط الزلطى)، حيث يمر المرشح عبر مراحل مختلفة هوائية ولاهوائية.



شكل (٥-١٠) الأراضى الرطبة بطريقة التدفق تحت السطحى الرأسية

المميزات

- يتطلب مساحة أقل من النظام السطحى.
- قليل الأنسداد مقارنة بالنظام الأفقى.
- لا توجد مشاكل البعوض كما فى النظام السطحى.
- ذو كفاءة عالية فى تقليل الأكسجين الحيوى الممتص والمواد الصلبة وكذلك الكائنات الممرضة

العيوب

- يتطلب خبرة عاليه فى التصميم والإشراف.
- التكلفة الرأسمالية متوسطة.
- يتطلب مرحلة ابتدائية للمعالجة لمنع الانسداد.

٥-٥ أنظمة المعالجة المتقدمة

٥-٥-١ 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.

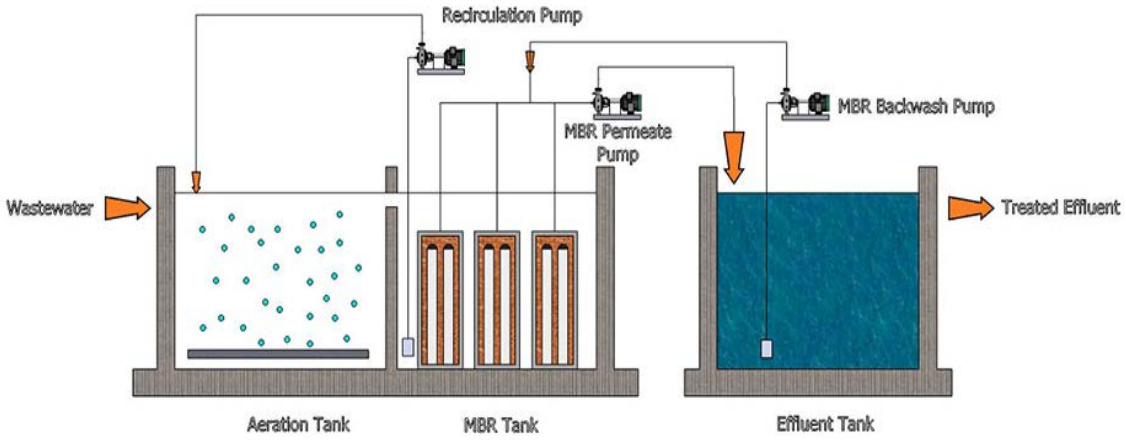
تكنولوجيا MBR تتغلب بشكل فعال على المشاكل التى قد تنتج عن عدم الترسيب الكامل للحمأة فى الطرق التقليدية. وفى هذا النظام يسمح للوحدات أن تعمل عند تركيزات عالية من المواد الصلبة (MLSS) والتى تتروح مابين ٨٠٠٠ إلى١٠٠٠٠ جزء بالمليون وهى أعلى من النظم التقيلدية.

وتعتمد فكرة استخدام الأغشية فى معالجة مياه الصرف الصحى، حيث أن هذه الأغشية تحتوى على مسام دقيقة يتروح قطرها مابين ٠.٠٢ إلى٠.٠٤ ميكرون ولهذا فانها تحجز جميع المواد ذات القطر الأكبر من قطر هذه المسام، و بالتالي 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 إلى غرف حجز الرمال والزيوت لإزالتهما، يليها مرور المياه إلى أحواض التهوية والتي يصل حجمها في هذا النظام إلى حوالي ثلث الحجم في نظام التهوية الممتدة وبالتالي تقلل في المساحات المطلوبة وحجم الأعمال المدنية لمحطة المعالجة بنظام MBR حيث يتم تهوية المياه بالخزان و تبقى المياه فى الخزان لفترة تتروح مابين ٦- ٨ ساعات مقارنة بحوالى ٢٤ ساعة في التهوية الممتده بنظام الحمأة المنشطة.

تدخل المياه إلى أحواض التهوية والتي يتم إمدادها بالهواء اللازم لنمو الكائنات الحية (البكتريا الهوائية) اللازمة بدورها لإتمام عملية المعالجة البيولوجية الهوائية وتتم التغذية بالهواء عن طريق موزعات الهواء الموجودة داخل الخزان. ويتم تدوير المياه من وإلى خزان الأغشية من خزان التهوية بصورة مستمرة وبكمية ثابتة لضمان اكتمال عملية أكسدة النيتروجين والفوسفور من الماء إذا لزم الأمر ثم تتحرك المواد الصلبة المتراكمة بعيداً عن الأغشية بفعل دفعات الهواء المستمرة حولها تكون بمثابة تنظيف آلى لها، وتمر المياه إلى 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 إلى داخل الأغشية فى عكس إتجاه دخول المياة المرشحة ثم يلحقها دفعه أخرى من الماء لتنظيف الأغشية. ويتم من خلال المعالجة زيادة الكتلة الحيوية التى تتجمع داخل الخزنات والتى يتم نقلها إلى خزان الحمأة أو إلى مدخل أحواض التهوية فى بعض الأحيان لزيادة تركيز الحمأة فى الخزان.



شكل (٥-١١) نموذج لوحدة مدمجة تعمل بنظام الأغشية

ووحدة الأغشية هنا تقوم بعمل كبديل جزئى عن خزان التهوية وكبديل كلى عن خزانات الترسيب ووحدة الترشيح، وكذلك تقوم بفصل جميع البكتريا وبعض أنواع الفيروسات ولذلك فان جرعة الكلور المستخدمة فى المعالجة النهائية يكون قليل جداً 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 مسام 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. وغالباً مايتم عمل هذا الغسيل كل ستة أشهر 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 (إعادة الحمأة) لتنشيط الحمأة فى خزان التهوية.
- الماء المنتج ذو جودة عالية جدا ولهذا يمكن اعادة استخدامه مرة أخرى .
- الماء المنتج خالي من البكتريا وبعض الفيروسات .
- لا يتأثر النظام فى حالة الزيادة أو النقص فى المياه الداخلة للمحطة.

العيوب

- يتم تغيير الأغشية كليا أو جزئيا كل عشر سنوات تقريبا حسب ظروف التشغيل.
- يتم عمل غسيل بالكيماويات للأغشية كل ستة أشهر أو كل عام حسب ظروف التشغيل.
- تتأثر بالدهون الموجودة فى المياه مما يتطلب إزالتها بدقة
- يتطلب تدريب جيد للعاملين

معايير التصميم

يتم الرجوع إلى الكود المصرى لمحطات معالجة الصرف الصحى احدث أصدار

٥-٦ المعالجة الثلاثية

تهدف عملية المعالجة الثلاثية أو المتقدمة إلي أزالة الملوثات العالقة أو الذائبة العضوية أو الغير عضوية الموجودة في مياه الصرف الصحي والتي لم تتم أزالتها من خلال عمليات المعالجة التمهيدية والابتدائية والثانوية وذلك لتحسين خواص مياه السيب النهائي المعالجة لمياه الصرف الصحي

وتنقسم المعالجة الثلاثية إلي العمليات التالية :-

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

ويرجع إلي كود معالجة الصرف الصحي (أحدث أصدار) في أسس التصميم والمتطلبات الفنية لتطبيق أي من الطرق المختلفة السابقة ويوصي بأن يقتصر التطبيق في محطات معالجة الصرف الصحي بالقري علي المرشحات الرملية فقط لسهولة الصيانة وتوافر الخبرات الفنية لها كما أن إزالة المخصبات الكيميائية (النيتروجين والفسفور) فقد تم تناول طرق ازالتها بالتفصيل بالكود ايضا ذلك في حالة الرغبة في تخفيض تركيزاتها إلي أيه معايير قد تكون مطلوبة مستقبلاً.

الباب السادس

الحمأة: الطرق وخطة الأدارة

٦-١ تعريف بالحمأة

تعرف الحمأه بأنها الناتج النهائى المترسب من عمليات معالجة مياه الصرف الصحى والتى تحتوي على:

- كميات كبيرة من الماء قد تتجاوز نسبتها ٩٧% من حجمها.
- الكائنات الدقيقة الممرضة المنقولة من مياه الصرف الصحي والتي أزيلت منها.
- محتوى كيميائي كمواد عضوية قابلة للتخمر والتحلل الحيوي

والحمأة غنية بالمواد العضوية المغذيه للتربة الزراعية ويمكن استخدامها كمحسن عضوى غنى بعنصرى الازوت والفوسفور بشرط التخلص من الكائنات الممرضة والعناصر الثقيلة بها إلى الحدود المسموح لإستخدامها وأحكام الرقابة والرصد البيئى لاستخدامها. وتستخدم الحمأة كمخصب عضوى للتربة.

٦-٢ اسباب معالجـة الحمـأة

لكي تصبح الحمأة مقبولة وآمنة بيئيا وصحيا في حالة التخلص منها في البيئة أو إعادة استخدامها فإنه يجب معالجتها للأسباب التالية :

- الحد من مشكلة الممرضات المنقولة بها.
- تثبيتها بخفض قابليتها للتخمر والتحلل.
- التحكم في الروائح المنبعثة.
- خفض المحتوى المائي للتحكم في نمو الكائنات الحية الدقيقة عليها وتقليص حجمها.
- التوفير فى تكاليف النقل والمعالجة وخلافه.

٦-٣ مراحل معالجة الحمأة:

الشكل (٦-١) يوضح طرق معالجة الحمأة المستخدمة فى مصر. الأسس التصميمية لمعالجة الحمأة بالرجوع للكود المصرى لمحطات المياه والصرف الصحى احدث أصدار

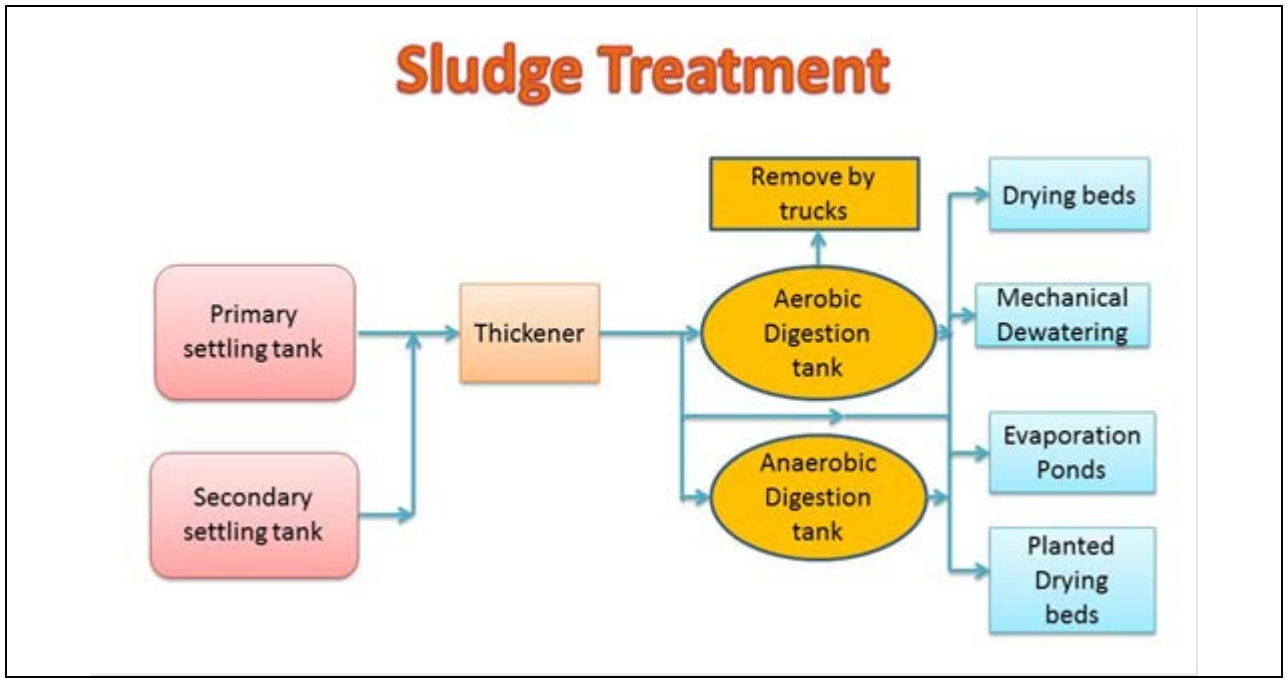
٦-٣-١ المرحلة الأولي : عملية التكثيف (التركيز) Thickening

يتم حجز الحمأة المتولدة من مرحلتي الترسيب الأولى والترسيب الثانوي وذلك لتهيئة الحمأة للعمليات اللاحقة سواء للتثبيت أو لخفض المحتوى المائي. هدف عملية التكثيف زيادة تركيز المواد الصلبة (غير موجهه لخفض البكتريا الممرضة ولا لتثبيت المكونات العضوية).

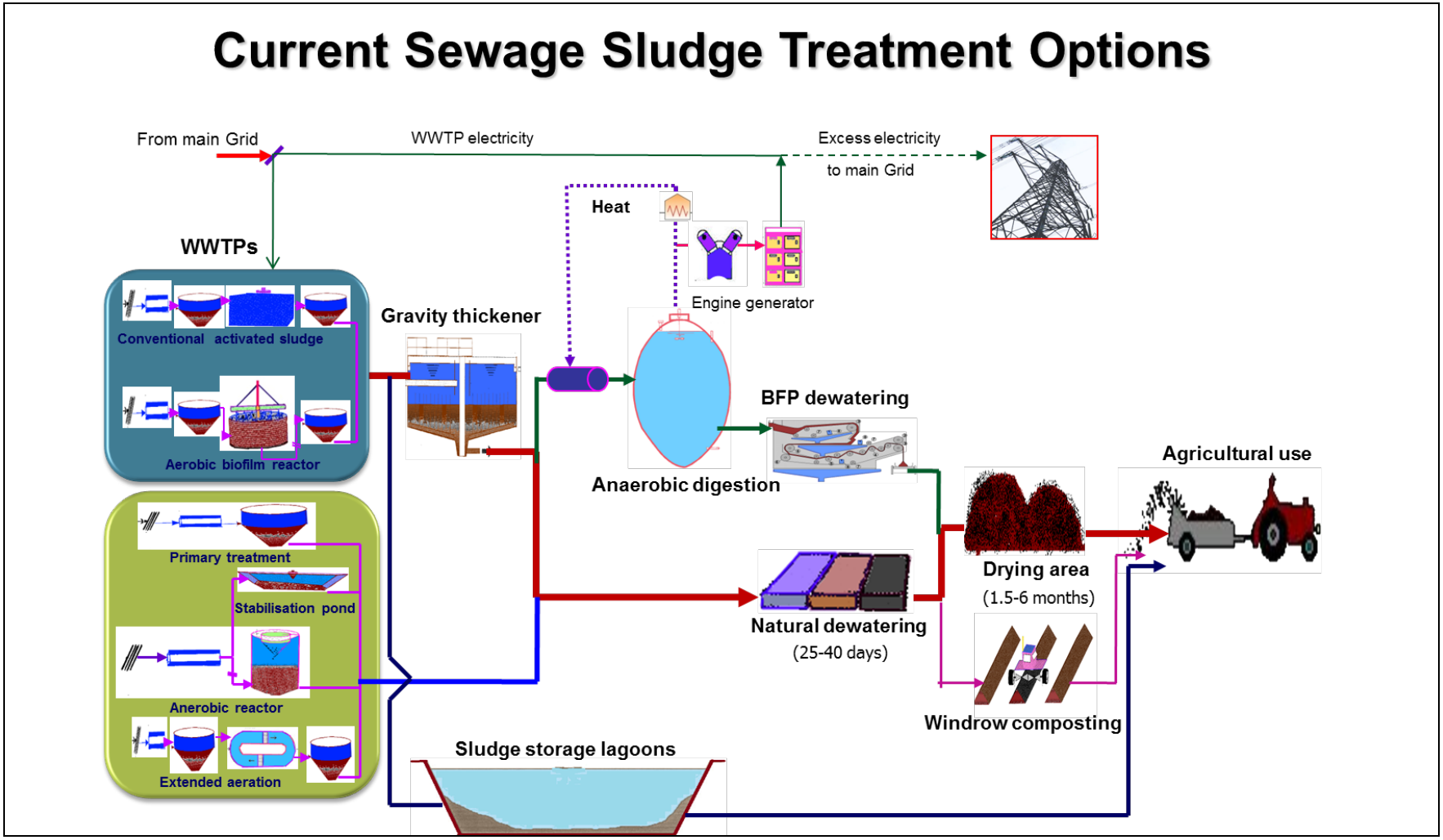
تتم بفصل الماء جزئيا عن الكمية المتكونة بآليات فيزيائية في مجملها الترسيب.

٦-٣-٢ المرحلة الثانية: تهيئة / تكييف الحمأة Sludge conditioning

لا بد من تهيئة الحمأة أو تكيفها قبل مرحلة خفض المحتوى المائي، وذلك لرفع قابليتها لفقد الماء، حيث أن دقائق المواد الصلبة في الحمأة ناعمة وضئيلة الحجم وقابلة للذوبان ولها شحنة كهربية سالبة ويوجد تهيئة كيميائية وأخرى حرارية.



شكل (٦-١) مخطط لعمليات معالجة الحمأة



شكل (٦-٢) مخطط لمراحل وترتيب أعمال معالجة الحمأة

أ- التهيئة الكيميائية: Chemical Conditioning

باستخدام مواد مجلطة مثل كلوريد الحديد والجير أو كبريتات الحديدوز والشبة، أو الرماد والبوليمرات العضوية. يهدف زيادة تكتل الحمأة، وزيادة حجم حبيباتها.

ب - التهيئة الحرارية Thermal conditioning

٦-٣-٣ المرحلة الثالثة : التثبيت Stabilization

- تهدف إلى تثبيت المكونات العضوية (تخفيض قابليتها للتحلل والتعفن في البيئة).
- تحويلها في محطات المعالجة إلى مركبات ثابتة حيويا.
- الحد من انبعاث الروائح.
- يمكن بسهولة خفض محتواها المائي.
- التأثير على البكتريا الممرضة بخفضها إلى مستويات تتفاوت حسب التطبيق المستخدم.

أ- الأكسدة الكيميائية Chemical Stabilization

مثل استخدام الجير الحى لزيادة الأس الهيدروجينى وايقاف النشاط البكتيرى.

ب- الهضم الحيوي الهوائي أو اللاهوائي Aerobic & Anaerobic Digestion:

- يتم في درجات حرارة متوسطة أو مرتفعة.
- يتم اختيار الطريقة بحسب نوع الحمأة والإمكانيات المتاحة ونظام التخلص أو
- إعادة الاستخدام المطبق للمنتج المثبت.

<u>الطرق المستخدمة لتثبيت الحمأة</u>

- **التخزين طويل المدى:-**

هذه الطريقة تستخدم في معظم محطات المعالجة

- **معالجة جزئية للحمأة بالهضم اللاهوائي:**

وذلك للحمأة السائلة الناتجة من محطة المعالجة

- **المعالجة بطريقة الكمر الهوائي:**

وذلك للحمأة الابتدائية الناتجة من محطات المعالجة

٦-٣-٤ المرحلة الرابعة : خفض المحتوى المائي Dewatering

عملية مهمة اقتصاديا وتشغيليا. يتم فيها تقليص تكاليف وإمكانيات نقل وتداول وتجفيف النفايات الصلبة لمحطة الصرف الصحي وتهيئتها للمرحلة التالية.

الطرق :

- أحواض التجفيف أو برك التجفيف Drying beds and Lagoons.
- قوة الطرد المركزي Centrifugation.
- التفريغ عبر مرشح Vacuum Filtration.
- طريقة الحزام الضاغط Belt Press

٦-٤ إدارة التخلص من الحمأة بالقرى المصرية

الأسباب الرئيسية لعدم معالجة الحمأة بمحطات معالجة الصرف الصحى اللامركزية والموقعية بالقرى عنها فى المحطات المركزية الموجودة بالمدن ما يلى:

- عدم توافر مسطحات الارض اللازمة.
- نقص وجود الخبرات الفنية بالمناطق الريفية.

ولذا فإن معالجة الحمأة الناتجة عن المحطات اللامركزية أو طرق المعالجة الموقعية تكون على النحو التالي:

أولا : المحطات اللامركزية

يراعي عند تخطيط وتخصيص الأرض للمحطة أن يتم توفير مساحة مناسبة لمعالجة الحمأة بالطرق التقليدية وإذا تعذر تدبير المسطحات المطلوبة يمكن نقل الحمأة من المحطة إلى أقرب موقع محطة أخري بها منظومة لمعالجة الحمأة.

ثانيا: المعالجة الموقعية

يتم كسح الرواسب Septage من نظم المعالجة الموقعية على فترات ونقلها لأقرب محطة معالجة لامركزية متوفر بها نظام لمعالجة الحمأة. ويمكن تخصيص موقع لتجفيف الرواسب كبديل في حالة عدم توفر محطة محطة معالجة قريبة يعمل ميكانيكيا أو يعتمد على تبخير المياه طبيعيا بالإعتماد على حرارة الشمس.

فإنه يلزم إتباح الأحتياطات التالية:

- تحديد مسارات سيارات الكسح والتأكد من مناسبة عروض أوحالة الشوارع التى تسير فيها هذه السيارات.
- تجنب مرور سيارات الكسح داخل القرى أو بجوار مجتمع سكنى بقدر المستطاع.
- وضع جدول زمنى للتخلص من الحمأة من محطات المعالجة المختلفة مع تحديد مسارات سيارات الكسح لهذه الأماكن وكذلك وضع وقت متوقع لوصول سيارات الكسح لمناطق التخلص.

- مراقبة شديدة لحركة سيارات الكسح من منطقة الكسح إلى منطقة التخلص للتأكد من عدم إلقائها فى الطريق او فى المجارى المائية، مع وضع ألية تلزم سائق السيارة للوصول بكامل الحماة إلى منطقة التخلص.
- التأكد من مدى وجود العدد الكافى من سيارات الكسح التى تناسب خطة الكسح الموضوعة مع وجود سيارات احتياطى وقت الطوارئ.

فى حالة احتمال عدم كسح الحمأة لمدد طويلة لعدم وجود عدد كافى من لسيارات الكسح كالقيام بعمليات الكسح مرة كل اسبوع مثلا فيمكن الأعتماد على إنشاء خزان لتخزين الحمأة، ويتم تهويته بنواشير وكباسات هواء لمنع تكون غازات من التفاعلات اللاهوائية.

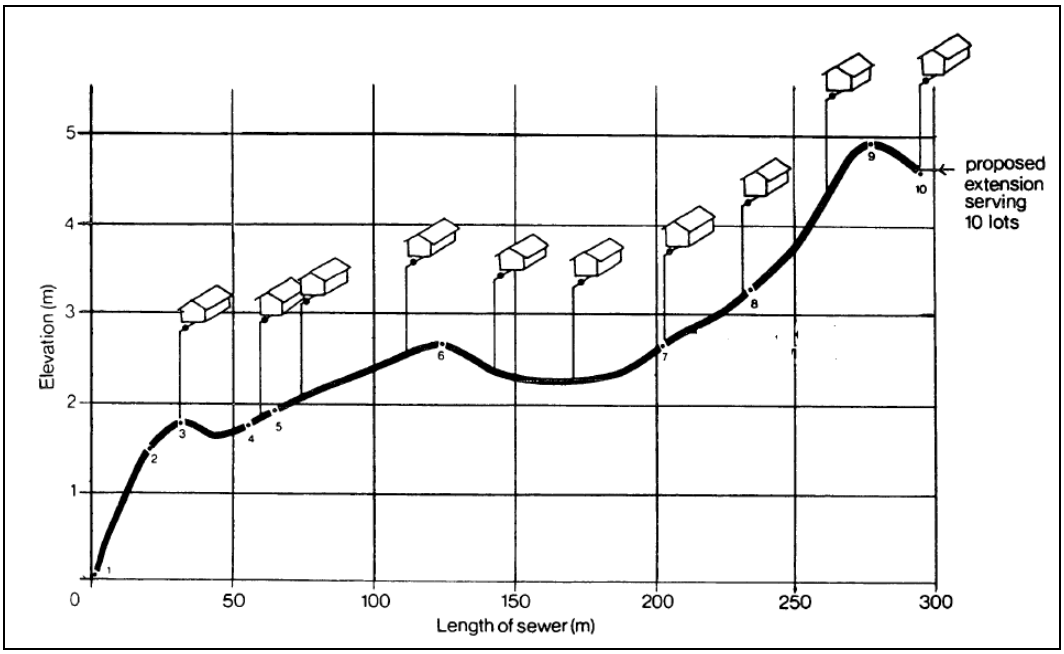
- شروط تدوال الحمأة

يتم الالتزام بالشروط والمتطلبات الواردة بالأكواد والقرارات الوزارية المنظمة لذلك.

Appendix

Example

A single small bore sewer is to be constructed to serve 20 lots, of which only 10 have been built to date. Each existing house has a multiple tap in-house level of water supply service. Provision must be made for the future connection of 10 lots located above the present upstream terminus of the sewer. The design (peak) flow is 0.05 l/sec/connection.



Answer

Answer

رقم القطاع	منسوب القطاع (م)	المسافة (م) مقاسة من نهاية الخط (مقاسة من القطاع رقم 1)	فرق المنسوب بين القطاع والقطاع الذى يليه (م)	طول القطاع (المسافة مقاسة من القطاع الى القطاع الذى يليه) م	الميل المتوسط للقطاع الى القطاع الذى يليه (م/م)	عدد الوحدات السكنية المخدومة بالقطاع (وحدة)	التصرف التصميمى للوحدة السكنية (ل/ث)	التصرف التصميمى للقطاع (ل/ث)	قطر الماسورة المقترح (مم)	قطر الماسورة المقترح (م)	معامل مانتج (n)	تصرف المياه فى الماسورة عند الامتلاء (ل/ث)	نسبة الامتلاء	وضع القطاع
1	0	0	1.65	21	0.079	20	0.05	1.00	100	0.10	0.013	14.29	0.07	القطاع يستوعب التصرف التصميمى
2	1.65	21	0.12	9	0.013	20	0.05	1.00	100	0.10	0.013	5.89	0.17	القطاع يستوعب التصرف التصميمى
3	1.77	30	0.00	24	0.000	19	0.05	0.95	100	0.10	0.013	0.00		قطاع حرج
4	1.77	54	0.18	9	0.020	19	0.05	0.95	100	0.10	0.013	7.21	0.13	القطاع يستوعب التصرف التصميمى
5	1.95	63	0.67	64	0.010	18	0.05	0.90	100	0.10	0.013	5.22	0.17	القطاع يستوعب التصرف التصميمى
6	2.62	127	0.00	74	0.000	16	0.05	0.80	100	0.10	0.013	0.00		قطاع حرج
7	2.62	201	0.61	34	0.018	14	0.05	0.70	100	0.10	0.013	6.83	0.10	القطاع يستوعب التصرف التصميمى
8	3.23	235	1.71	43	0.040	13	0.05	0.65	100	0.10	0.013	10.17	0.06	القطاع يستوعب التصرف التصميمى
9	4.94	278	-0.28	17	-0.016	11	0.05	0.55	100	0.10	0.013			قطاع حرج
10	4.66	295	-4.66			10	0.05	0.50	100	0.10	0.013			

القطاع الحرج (Down Stream)	التصرف التصميمى (ل/ث)	قطر الخط بين القطاع الحرج والقطاع الذى يليه (م)	الميل الهيدروليكى بين القطاع والقطاع الذى يليه (م/م)	المسافة الحرجة -المسافة بين القطاع والقطاع الذى يليه- (م)	الفارق فى الضغط اللازم من القطاع الى القطاع الذى يليه (م)	القطاع الحرج (Up Stream)	منسوب القطاع الحرج (Up Stream)	اعلى نقطة قبل القطاع الحرج (Up Stream)	منسوب اعلى نقطة قبل القطاع الحرج (Up Stream)	فرق المنسوب بين اعلى نقطة والقطاع الحرج (Up Stream)	الفرق بين فرق المنسوب والفارق فى الضغط (م)	وضع القطاع الحرج
3	0.95	0.100	0.0003	24	0.008	4	1.77	6	2.62	0.85	0.842	القطاع آمن
6	0.80	0.100	0.0002	74	0.018	7	2.62	9	4.94	2.32	2.302	القطاع آمن
9	0.55	0.100	0.0001	17	0.002	يلزم ان تكون نقطة الانقلاب العالية قبل القطاع (10) تعلو مسافة 0.002سم فوق القطاع (9) أو (0.002 + 0.28 = 0.282 م) فوق القطاع (10)						

ملاحظات

الميل المتوسط للقطاع =فرق المنسوب بين القطاع والقطاع الذى يليه / طول القطاع

تصرف المياه فى الماسورة عند الامتلاء = (1/معامل مانتج) × (القطر / 4)^0.67 × (الميل المتوسط)^0.5 ×مساحة مقطع الماسورة

نسبة الامتلاء = التصرف التصميمى / تصرف المياه فى الماسورة عند الامتلاء

القطاع الحرج هو القطاع الذى ميله المتوسط = صفر (نقطة انقلاب على الماسورة من صاعد لهابط)

ميل الهيدروليكى المطلوب بين القطاع والقطاع الذى يليه يتم حسابه من معادلة مانتج ومعلومية قطر الماسورة ومعامل مانتج والتصرف التصميمى (على اساس تصرف ماسورة ممتلاءة)

الفارق فى الضغط اللازم من القطاع الى القطاع الذى يليه =المسافة الحرجة ×الميل الهيدروليكى بين القطاع والقطاع الذى يليه

الفرق بين فرق المنسوب والفارق فى الضغط =فرق المنسوب بين اعلى نقطة والقطاع الحرج -الفارق فى الضغط اللازم من القطاع الى القطاع الذى يليه

Refrenences

- The Design of Small Bore Sewer Systems Richard J. Otis and D. Duncan Mara. Technology Adrivsory Group, 1990.
- DEWATS, Decentralised Wastewater treatment in Developing Countries. Ludurig Sasse. 1998.
- Alternative Wastewater Collection Systems. EPA, 1991.
- Pressure and Vacuum Sewer Demonstration Project. EPA, 1978.
- On Site Wastewater Treatment and Disposal Systems. EPA, 1980
- Gravity Sanitary Sewer Derign and Construction.Water Pollution Control Federation, 1982.
- Alternative for Small Wastewater Treatment Sytems. EPA, 1977.
- Municipal and Rural Sanitation. Ehlers and Steel, 1989.
- Alternative Sewer System, WPCF Manual of Practice, 1986.

قرار وزاري رقم ٤٥٠ لسنة ٢٠١٤

تشكل لجنة إعداد كود التصميم وشروط التنفيذ تجميع مياه الصرف الصحي ونظم المعالجة للقرى المصرية من السادة الآتية اسماوهم

أ.د.فاطمة عبد الحميد الجوهري	أستاذ تلوث المياه – المركز القومي للبحوث	رئيسا
أ.د. حمدي إبراهيم على	أستاذ الهندسة الصحية – كلية الهندسة – جامعة عين شمس	مقرراً
أ.د. مدحت عبد المنعم صالح	أستاذ الهندسة الصحية – كلية الهندسة – جامعة الأزهر	عضوا
أ.د. محمود محمد عبد العظيم	أستاذ الهندسة الصحية – كلية الهندسة – جامعة عين شمس	عضوا
أ.د. مصطفى سمير موسى بدوى	أستاذ الهندسة الصحية – كلية الهندسة – جامعة حلوان	عضوا
أ.د. محمود عبدالشافعى ابراهيم الشيخ	أستاذ الهندسة الصحية – كلية الهندسة – جامعة المنوفية	عضوا
أ.د. طارق اسماعيل صبرى	أستاذ الهندسة الصحية – كلية الهندسة – جامعة عين شمس	عضوا
أ.د. عمرو حسن محمد	أستاذ الهندسة الصحية – المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء	عضوا
أ.د. وليد سيد عبد الحليم	مدرس الهندسة الصحية– المركز القومى لبحوث الاسكان والبناء	عضوا
د.م. سيد اسماعيل على	مدرس الهندسة الصحية– كلية الهندسة – جامعة عين شمس	عضوا
د.م. محمد نزيه عبد الله	مدرس الهندسة الصحية– المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء	عضوا
د. حسين عبد الحليم الجمال	وزارة الرى	عضوا
أ.د. طارق عبد الفتاح ندى	الشركة القابضة لمياة الشرب	عضوا
م. ناصر طه ناصر	الشركة القابضة لمياة الشرب	عضوا
م. حسن صلاح حسن	الهيئة القومية لمياة الشرب	عضوا
م. سمير اسماعيل جبر	ممثلا عن الجهاز التنفيذى لمياة الشرب	عضوا
م. خالد ضياء الدين محمد	الجهاز التنظيمى لمياة الشرب وحماية المستهلك	عضوا
د.هند رشدي زهران	وزارة البيئة	عضوا
د.مصطفى عبد الرازق محمد زايد	مدير عام نوعية مياه الصرف وإعادة الاستخدام وزارة البيئة	عضوا
م. طارق الرفاعى ابو حسن	وزارة الأسكان	

الأمانة الفنية

د. عمرو مصطفى سيد	مدرس بقسم الهندسة الصحية والبيئة – المركز القومى لبحوث الاسكان والبناء
د. محمد على السعيد	مدرس مساعد بقسم الهندسة الصحية والبيئة – المركز القومى لبحوث الاسكان والبناء
م. مصطفى رجب إبراهيم	مهندس بقسم الهندسة الصحية والبيئة – المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء

تشكيل اللجنة الفرعية الصياغة والمراجعة

أ.د.فاطمة عبد الحميد الجوهري	أستاذ تلوث المياه – المركز القومى للبحوث	رئيسا
أ.د. حمدي إبراهيم على	أستاذ الهندسة الصحية – كلية الهندسة – جامعة عين شمس	مقرراً
أ.د. مدحت عبد المنعم صالح	أستاذ الهندسة الصحية – كلية الهندسة – جامعة الأزهر	عضواً
أ.د. محمود محمد عبد العظيم	أستاذ الهندسة الصحية – كلية الهندسة – جامعة عين شمس	عضواً
أ.د. مها مصطفى الشافعى	أستاذ الهندسة الصحية – المركز القومى لبحوث الاسكان والبناء	عضواً
أ.د. طارق اسماعيل صبرى	أستاذ الهندسة الصحية – كلية الهندسة – جامعة عين شمس	عضواً
د. حسام مصطفى حسين	مدرس الهندسة الصحية– كلية الهندسة – جامعة عين شمس	عضواً

الأمانة الفنية

م. مصطفى رجب إبراهيم	مهندس بقسم الهندسة الصحية والبيئة – المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء