الصرف الصحي الموقعي والمركزي

للمدن والتجمعات السكانية الصغيرة

مقدمة

إن الصرف الصحي للمخلفات الآدمية و المياه العادمة يعتبر من أهم العمليات لتوفير البيئة الصالحة لأفراد المجتمع ، و من اللازم العمل على تجميع و تصريف المخلفات إلى أماكن التخلص منها بأرخص الطرق المتاحة ، و يجب أن يتم ذلك بطريقة هندسية مناسبة وفقا للأسس الفنية في حدود الاحتياجات ، و الشروط الأساسية لمقومات الصحة العامة ، و مقومات الأمن و السلامة و يؤدي ذلك إلى فوائد منها ما يلي :

توفير الحماية الصحية و رفع المستوى الصحي بين السكان بما يؤدي إلى ارتفاع المستوى الاجتماعي و الاقتصادي و زيادة الكفاءة الإنتاجية لهم .

توفير وسائل الراحة و الطمأنينة للتجمعات السكنية عن طريق تصريف المخلفات و التخلص من الروائح الكريهة .

حماية المنازل و المنشاءات المختلفة و إطالة عمرها الافتراضي والمحافظة على سلامة الأساسات.

ومن أجل أن تتحقق هذه الفوائد و خاصة في المدن الصغيرة التي تفتقد لأنظمة تصريف المخلفات نتيجة لكثير من العوامل من ضمنها عدم معرفة الأهالي لأهمية التصريف الصحي للمخلفات و افتقارهم للأساليب الفنية الجيدة في إنشاء الأنظمة المختلفة لتصريف المخلفات كان لابد من رفع المستوى المعرفي للأهالي من خلال التثقيف و التوعية التي يقوم بها أفراد التوعية السكانية بفروع المؤسسة في المدن الثانوية .

تستهدف هذه الدورة تعريف المشاركين ببعض التقنيات المستخدمة في التخلص من المخلفات الآدمية من خلال شرح مكونات كل نوع من هذه الطرق وكيفية إنشائها والرسوم الموضحة لها ومن خلال النقاشات واستعراض الخبرات المحلية والمعلومات التي سيتلقاها المشارك خلال الدورة سيتمكن لاحقاً من تحديد العناصر التي تجعل كل من هذه الطرق مناسبة أو غير مناسبة للاستخدام في منطقته ، و استطاعته تقييم الأوضاع الحالية للحمامات الموجودة ، ويصبح أكثر قدرة في تقديم المشورة الفنية للأهالي ومساعدتهم في اختيار النظام المناسب لهم وبأقل كلفة ممكنة ، ومحاولة تحسين ما هو موجود ، وعند تخطيط حل دائم لمشكلة التخلص من المخلفات يتوجب مراعاة عدة عوامل متداخلة وتتضمن هذه العوامل الأنماط الثقافية السائدة والعادات والتقاليد والأحوال الهيدرولوجية والجيولوجية والجوانب الاقتصادية وتوافر مواد الإنشاء وإنه من الأهمية بمكان أن تأخذ عملية الاختيار عنصر الكلفة بعين الاعتبار .

وعند اختيار نوعية نظام الصرف الصحي يجب أن لا تكون الكلفة العامل المسيطر في هذا المجال ومن الأفضل عندئذ أن نصل إلى قرار يوازن بعناية بين جميع العوامل المتعلقة بالموضوع ولهذا فإنه يجب أن تعطى الأفضلية لتلك العوامل التي تؤدي في النهاية إلى بيئة صحية توفر مستوى خدمة مقبول وبحد أدني من التكلفة .

ومن وجهة نظر تقنية وصحية فإنه من الواجب في أي وسيلة صحية مختارة أن تتوفر

المتطلبات التالية :-

1 -أن لا تـؤدي إلى تلوث سطح التربة .
2 -أن لا تـؤدي إلى تلوث في المياه الجوفية التي تنتهي في الآبار والينابيع .
3 - أن لا تـؤدي إلى تلوث المياه السطحية .
4 - أن لا تكون المخلفات معرضة للذباب أو الحيوانات .
5 -أن تكون الوسيلة المختارة خالية من الرائحة أو المناظر الكريهة .
6 - أن تكون الوسيلة المختارة بسيطة وذات كلفة رخيصة في إنشائها وتشغيلها وصيانتها .
7 - أن لا تتطلب التعامل مع المخلفات الحديثة كما أنه وبالإضافة إلى هذه المعطيات فإنه يجب اختيار هذه الوسيلة في ضوء ما يلي :-
8 -حاجة المجتمع وما هو مستعد لتقبله .
9 - ما يستطيع المجتمع أن يقدمه .
10 - ما يستطيع المجتمع صيانته مستقبلاً .

إن عملية صرف ومعالجة المجاري لا بد وأن تواكب أو تلي مباشرة عملية إمداد المياه بل إنها أكثر ضرورة لما يمثله عدم صرفها ومعالجتها من آثار بيئية مدمرة كونها تعد مصدراً لإنتشار الأوبئة ، وتلويث لمصادر المياه وسوف نقوم عبر هذا البحث باستعراض وسائل وطرق الصرف الصحي سواء منها الموقعي أو المركزي .

الأثر الصحي للمياه و الأمراض المتعلقة بمياه الصرف الصحي

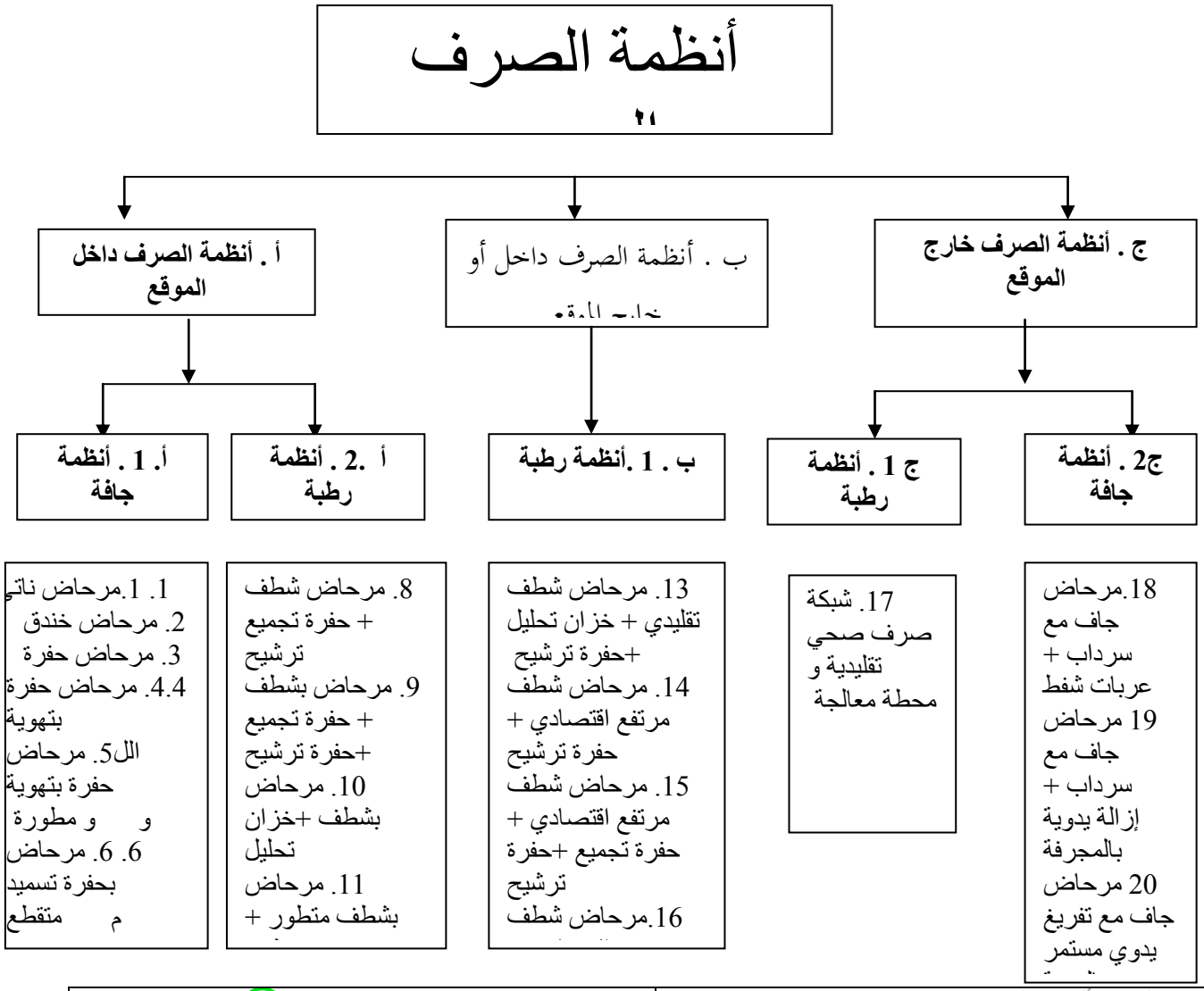
تحمل المخلفات الآدمية السائلة كالبراز والبول الكثير من الميكروبات والطفيليات والفيروسات وبالتالي فإن الممارسات الغير صحية وأوضاع الصرف الصحي السيئة تؤدي إلى وضع غير صحي مسببة إنتشار الأمراض وانتشار العدوى ومن بين الأمراض التي تسببها مياه الصرف المنزلية ما يلي :-

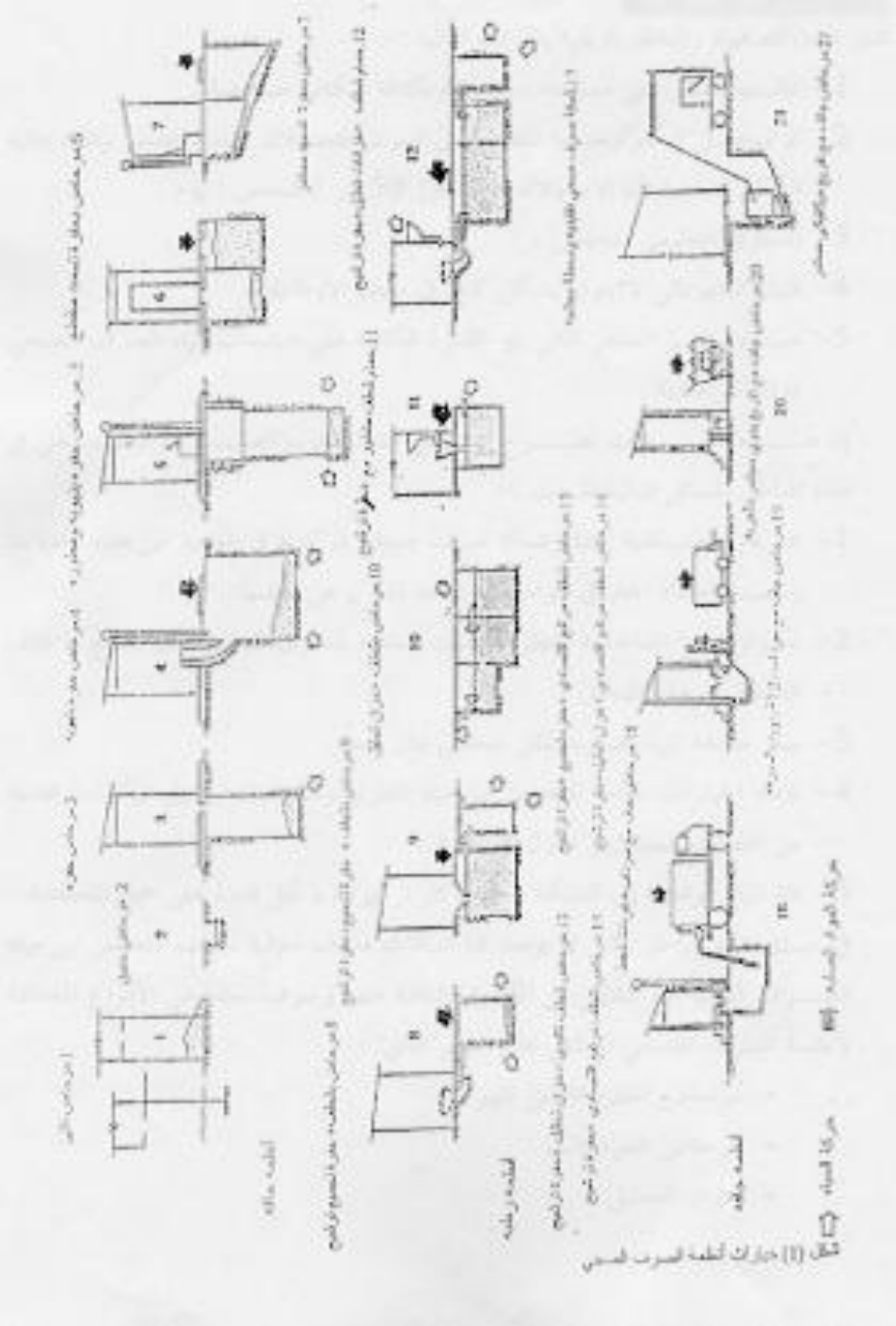
الميكروب المسبب للمرض	الأمراض المتعلقة والأثر الصحي
البكتريا	التهاب الأمعاء ، التيفوئيد ، الكوليرا ، الإسهال ، الجفاف ، أمراض الجهاز التنفسي ، اليرقان ، الحمى ، تقرحات الأمعاء الدقيقة ، التسمم الغذائي ، الدوسنتاريا ... الخ .
الفيروسات	التهاب الأمعاء ، أمراض الجهاز التنفسي ، أمراض القلب غير المعتادة ، التهاب السحايا الدماغية ، الشلل ، اليرقان المعدي ، اليرقان ، الحمى ، القيء .
الأحياء الأولية (البروتوزوا)	الإسهال ، الدوسنتاريا ، الأميباء ، أوبئة الكبد والامعاء الدقيقة الغثيان ، عسر الهضم
الديدان	الديدان المستديرة

خيارات تكنولوجيا معالجة الصرف الصحي

بين عدم توفر أي طريقة لتصريف مياه الصرف الصحي و الحصول على نظام متكامل فإن هناك مجال كبير من الخيارات التكنولوجية المتوفرة للتخفيف من الوضع السيئ الناتج عن الصرف الصحي.

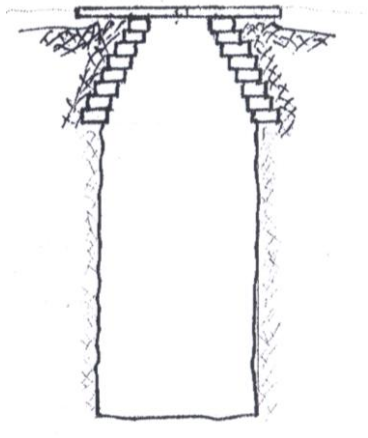
إن الخيارات المناسبة تعتمد على الأوضاع و الحالات القائمة و الموارد المتاحة لتنفيذه هذه الخيارات ، إن تحديد أفضل خيار سيعتمد على التكيف مع الوضع الحالي و الموارد المتاحة لتنفيذه و كل خيار يتناسب مع ترتيبات مختلفة عن الآخر ، بعض الخيارات تكون أكثر تكلفة من الأخرى من حيث التكلفة الأساسية للمشروع بالإضافة إلى تشغيله و صيانته كما أن هناك عوامل متعددة تحدد الجدوى الفنية لهذه الخيارات من بين هذه العوامل توفر مياه الشرب الكافية في المنطقة .





الأسس التي على ضوئها يمكن اختيار نظام الصرف الصحي المناسب الموقعي والمركزي :-

الجانب الاقتصادي الاجتماعي والذي يعد أهم الأسس جميعاً وذلك بالنظر إلى تكلفة التنفيذ وهل هذه التكلفة عالية أو مناسبة ومدى قبول المجتمع لهذا النوع من أنظمة الصرف الصحي .
كمية استهلاك المياه للفرد الواحد / اليوم حيث أنه عندما يصل استهلاك المياه للفرد الواحد في اليوم إلى حد أقصى 50 لتر / للفرد الواحد يكون الصرف الصحي الموقعي مناسباً جداً وفي حالة ارتفاع الاستهلاك عن هذا الحد لا بد من التفكير في الصرف المركزي المناسب.
الكثافة السكانية وعدد السكان فأن المناطق ذات الكثافة العالية في السكان عندما تزيد الكثافة السكانية عن 150 فرد للهكتار أو تكون المنطقة كبيرة العدد السكاني ففي هذه الحالة لا يمكن استخدام الصرف الصحي الموقعي
الناحية الطبوغرافيا من حيث سهولة الحفر في التربة وإمكانية تسرب المياه خلالها بالإضافة إلى مدى وجود الانحدارات الطبيعية .
الناحية المؤسسية ومدى إمكانية تشغيل وصيانة المشروع وضرورة توفر إدارة خاصة للمشروع
الناحية البيئية وهذا جانب مهم جداً ينبغي أن يؤخذ في الاعتبار بحيث يتم اختيار نظام الصرف الذي له مردود إيجابي من ناحية تحسين الوضع البيئي لا العكس.
مع ملاحظة الأخذ في الاعتبار أنه يمكن تطوير نظام الصرف الموقعي إلى نظام الصرف المركزي.



أنظمة الصرف الصحي الموقعي

1-مرحاض الحفرة ومرحاض الحفرة المحسن المهوي

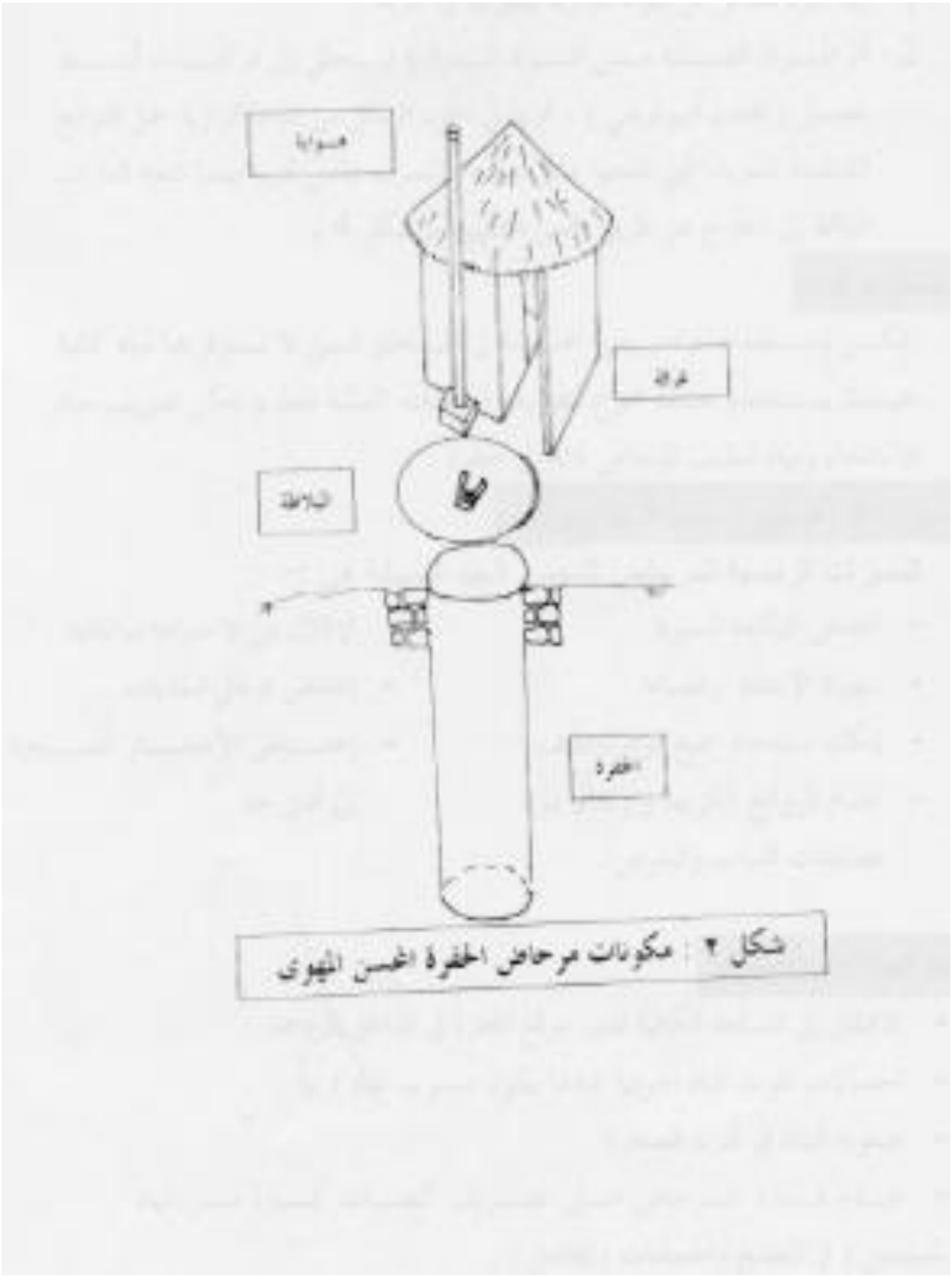
يتكون مرحاض الحفرة التقليدي كما في الشكل (1) من حفرة محفورة يدوياً ، وتغطى بالطوب أو البلك بعملية تسمى القبى أو أن تغطى ببلاطة خرسانية مزودة بمقعدة ومن ثم يتم بناء الغرفة من حولها . و تكون الحفرة تحت المرحاض مباشرة وسيتم التعرض لهذين النوعين من المراحيض معـاً وذلك لتشابـهها فيما عدا ما يتـعلق بأنبـوب التهوية الخاص بتقليل الروائح المنبعثة من تحلل المخلفات .

شكل (1)

لمراحيض الحفرة التقليدية عيـبان رئيسيان : فعادة ما تكون كريهة الرائحة ، ثم إنها تجذب الذباب والحشرات الناقلة للأمراض والتي تتكاثر في حفر هذه المراحيض ، وقد أمكن تطوير هذا النوع بحيث أصبح أفضل كثيراً ويسمى مرحاض الحفرة المحسن المهوى حيث تم تزويده بأنبوب تهوية عمودي طويل مغطى في نهايته بشبكة للذباب والبعوض مثبتة خارج حجرة المرحاض (وفتحة النقرة) عبارة عن ماسورة من البلاستيك بطول 40 سم تعمل على منع صعود الحشرات وهناك نوعين من المراحيض المحسنة المهواة :

المرحاض المحسن المهوي ذو الحفرة الواحدة وهو مصمم للاستعمال لفترة طويلة (شكل 2) .

المرحاض المحسن المهوي ذو الحفرتين المتبادلتين ويتميز ببنية دائمة ذات حفرتين تستخدمان بالتبادل (شكل 3) وهذا ملائم للمناطق الحضرية حيث يكون السكان قادرين على تحمل تكلفة مرحاض دائم لا يستوجب نقل موضعه كل بضع سنوات ويصمم ليسمح بإزالة محتويات الحفرة على فترات منتظمة تبلغ سنتين أو ثلاث مما يجعله مرفقاً صحياً مفيداً دائماً وبشكل خاص في الأماكن ذات الكثافة المنزلية المتوسطة سواء في مناطق الريف أو الحضر .



شكل ٢ : مكونات مرحاض الحفرة الخمس الهوى

الجزء الأول : الصرف الصحي الموقعي بواسطة
مراحيض الحفر المحسن المهوى
ومراحيض الطرد بالماء

مراحيض الحفرة الواحدة

هناك عمليتان هامتان تحدثان في الحفرة فتخفضان من سرعة إمتلائها وهما:-
إن الجزء السائل من المواد البرازية يتشرب في التربة .
أن المواد الصلبة من المواد البرازية تتحلل إلى مركبات أبسط بفعل (الهضم البيولوجي) ، ثم يتولى الجزء السائل من المواد البرازية حمل النواتج القابلة للذوبان التي تنتجها هذه العملية والتسرب داخل التربة بينما تتجه الغازات الناتجة إلى الخارج عن طريق ماسورة التهوية (شكل 4).

استخدام المياه

يمكن إستخدام المراحيض المحسنة في المناطق التي لا تتوفر بها مياه كافية حيث يستخدم هذا النوع لتصريف المخلفات الصلبة فقط و يمكن تصريف مياه الاستنجاء ومياه تنظيف المرحاض ذاته إلى الحفرة .

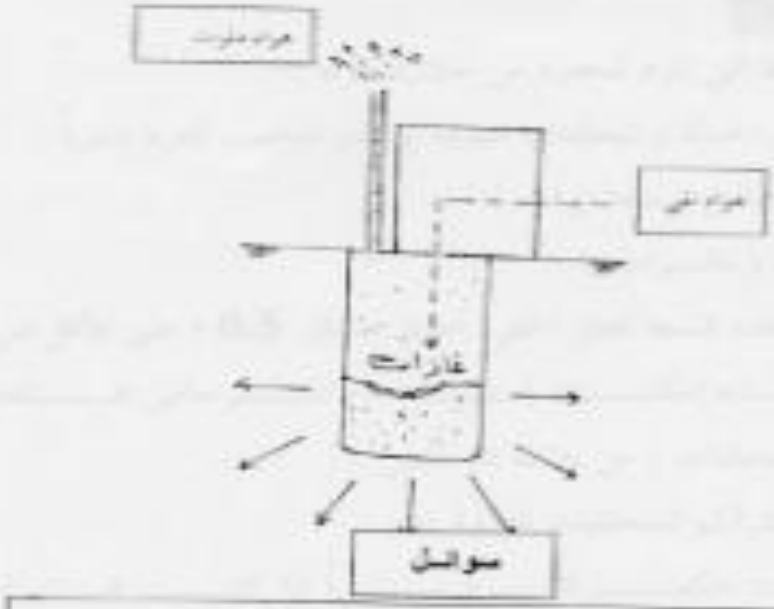
مميزات المرحاض المحسن المهوى وعيوبه

المميزات الرئيسية للمرحاض المحسن الجيد الصيانة هي :-

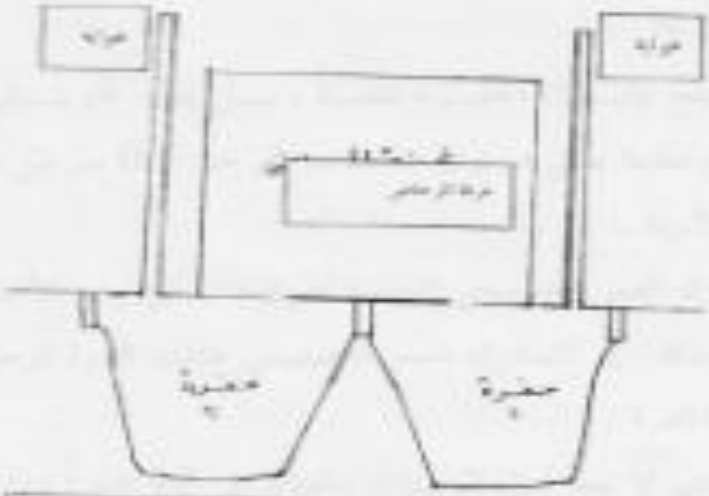
انخفاض التكلفة السنوية
سهولة الإنشاء والصيانة
إمكان استخدام جميع مواد التنظيف
انعدام الروائح الكريهة والإقلال من مضايقات الذباب والبعوض .
الإقلال من الاحتياجات المائية .
إنخفاض تدخل البلديات .
إنخفاض الأخطار الصحية إلى أدنى حد .

أما العيوب فتنحصر في

الافتقار إلى المساحة الكافية لتغيير موقع الحفرة في المناطق المزدحمة .
احتمالات تلوث المياه الجوفية عندما يكون منسوب المياه قريباً .
صعوبة البناء في التربة الصخرية .
عدم قدرة المرحاض على تصريف كميات كبيرة من المياه المستعمل (في المطابخ والحمامات والمغاسل) .



شكل ٤ : تشغيل المرحاض المحسن المهوى ذو الحفرة الواحدة



شكل ٣ : المرحاض المحسن المهوى ذو الحفرتين

سعـة الحـفـرة

يمكن تحديد السعة التي تلزم للحفرة من خلال معرفة :-
معدل تراكم الحمأة (المخلفات الصلبة) بالمتر المكعب للفرد سنوياً .
عدد الأفراد الذين يستخدمونها .
فترة الإمتلاء (بالسنوات) .
وينبغي زيادة هذه السعة بجعل الحفرة أعمق بمقدار 0.5 م على الأقل من ناتج الحساب نظراً لعدم إمكان إستخدام المرحاض عندما يقترب سطح الحمأة (المخلفات) من بلاطة المرحاض .
يكون معدل التراكم للمخلفات الصلبة :-
0.05 متر مكعب للفرد سنوياً إذا كانت محتويات الحفرة جافة على الدوام .
0.02 متر مكعب للفرد سنوياً إذا أضيف للحفرة ماء الاستنجاء والغسل .
إذا استخدمت مواد تنظيف كبيرة الحجم لا تتحلل فعندئذ ينبغي زيادة معدل التراكم 50 % .
ويجب أن لا يسمح بإمتلاء الحفرة تماماً ، بل يجب أن يبقى هناك فراغ بمقدار 50 سم ، وعندما يصل مستوى المخلفات إلى حد 0.5 متر من الجزء السفلي للبلاطة تغلق وتملأ بالأتربة .
ومن الواجب أن يكون العمر التصميمي للحفرة أطول ما يمكن ومن الأفضل أن يكون ما بين 10 إلى 15 سنة . إذ كلما زاد العمر التصميمي طالت الفترة الزمنية بين عملية تغيير مكان أو تفريغ الحفرة .
وعملية التفريغ لا تتم إلا بعد تحلل المخلفات وتحتاج إلى 12 شهراً تنقل بعدها المواد المتحللة ليتم استخدامها كمخصبات للتربة أو يتم التخلص منها بالطرق المناسبة .

العناصر الرئيسية المكونة للمرحاض وتصميمها

يتكون مرحاض الحفرة من :-

أ- الحفرة : وتهدف إلى عزل وخزن المخلفات الآدمية بطريقة تضمن عدم هروب الجراثيم الممرضة وعلى فرض أن تكون التربة منفذة بشكل كاف،حيث يرشح البول والجزء السائل من المخلفات إلى المناطق المحيطة من خلال جدران وأرضية الحفرة ، وفي حالة وجود تربة صخرية يفضل إقامة حفر مرتفعة أو مراحيض بحفرتين متبادلتين يتم فيها رفع غطاء الأرضية فوق سطح الأرض حسب الحاجة .

وينصح بأن تكون الحفرة بقطر متر واحد إلى متر ونصف إذا كانت دائرية وهذا الأفضل لأن الحفرة المستديرة تكون أكثر ثباتاً من القطاع المستطيل كما أنها أسهل تبطيناً بمواد البناء أو بواسطة تبطينها بخلطة الإسمنت .

نظراً إلى أن بلاطة المرحاض والحجرة الساترة له سوف يستقران مستندين بصورة مباشرة على جوانب الحفرة ، فلا بد من الحرص على منع إنهيار هذه الجوانب ، ويحقق ذلك بتبطين جزء من الحفرة على الأقل ، ويكون ذلك بمواد مثل الطوب أو الخرسانة أو الحجر أو خلطة الأسمنت والتي تنشر على السطح الترابي للجوانب مباشرة ويمكن الاستفادة من الخبرة المحلية في إقامة المراحيض إذ أنه يمكن تصنيف التربة على أنها غير ثابتة إذا كان هناك حالات ردم للحفر نتيجة إنهيار التربة ، وفي حالة كهذه يجب تبطين الحفرة كاملة ، وحتى في التربة الثابتة فإنه من الأفضل أن يتم تبطين النصف متر العلوي من الحفرة أو أن يتم تقوية هذا الجزء من الحفرة من خلال تلبيس وجه التربة بطبقة من الخلطة الإسمنتية بنسبة (5:1) إسمنت ورمل و بسماكة 1 سم .

عند إقامة الحفرة في تربة غير ثابتة يجب تبطين هذه الحفرة بالكامل لأنه من الممكن حدوث عملية الانهيار للحفرة ، ومن ثم الغرفة بكاملها عند عدم القيام بهذه العملية .

وعند استعمال الطوب أو حجر في البناء فيجب ملء كل فواصل البطانة بالخلطة في النصف متر العلوي من الحفرة في حين تترك الفواصل العمودية دون هذا المستوى بدون خلطة مما يسمح بترشيح الجزء السائل من المخلفات إلى التربة .

وإذا كانت التربة المحيطة من الرمل شديد النعومة والذي قد يدخل إلى الحفرة من خلال الفواصل العمودية المفتوحة يجب أن يتم وضع طبقة (1سم تقريباً) من الحصى بين التربة والبطانة لمنع حدوث هذه الظاهرة .

ومن الصعب أن يتم إقامة وتبطين الحفرة التي يكون فيها مستوى سطح المياه الجوفية عالياً باستمرار،في هذه الحالات تستخدم مضخات لتخفيض مستوى المياه ومن ثم إنزال أطوال قصيرة من الأنابيب الخرسانية مع استمرار عملية الحفر ، وتعتبر هذه الطريقة أفضل الطرق بشرط احتواء الأنابيب الخرسانية على عدد كاف من الثقوب لتسمح بعملية الترشيح .

ب- الأســـــاس

إضافة إلى حمل بلاطة المرحاض فإن الأساس يقوم بوظيفتين أخريين هامتين هما :-

رفع البلاطة فوق سطح الأرض لمنع مياه المطر من دخول الحفرة ترفع البلاطة من (10- 15) سم فوق سطح الأرض لحماية الحفرة من خطر الفيضانات .

يكفل إحكام إغلاق أي منافذ بين بطانة الحفرة وبلاطة المرحاض كما يساعد على منع تسرب يرقات الديدان القادرة على تسلق جدران الحفرة ويبنى الأساس عادة بالحجر أو الطوب مع مونة الإسمنت وتثبت بلاطة المرحاض عادة في الأساس بخلطة الإسمنت .

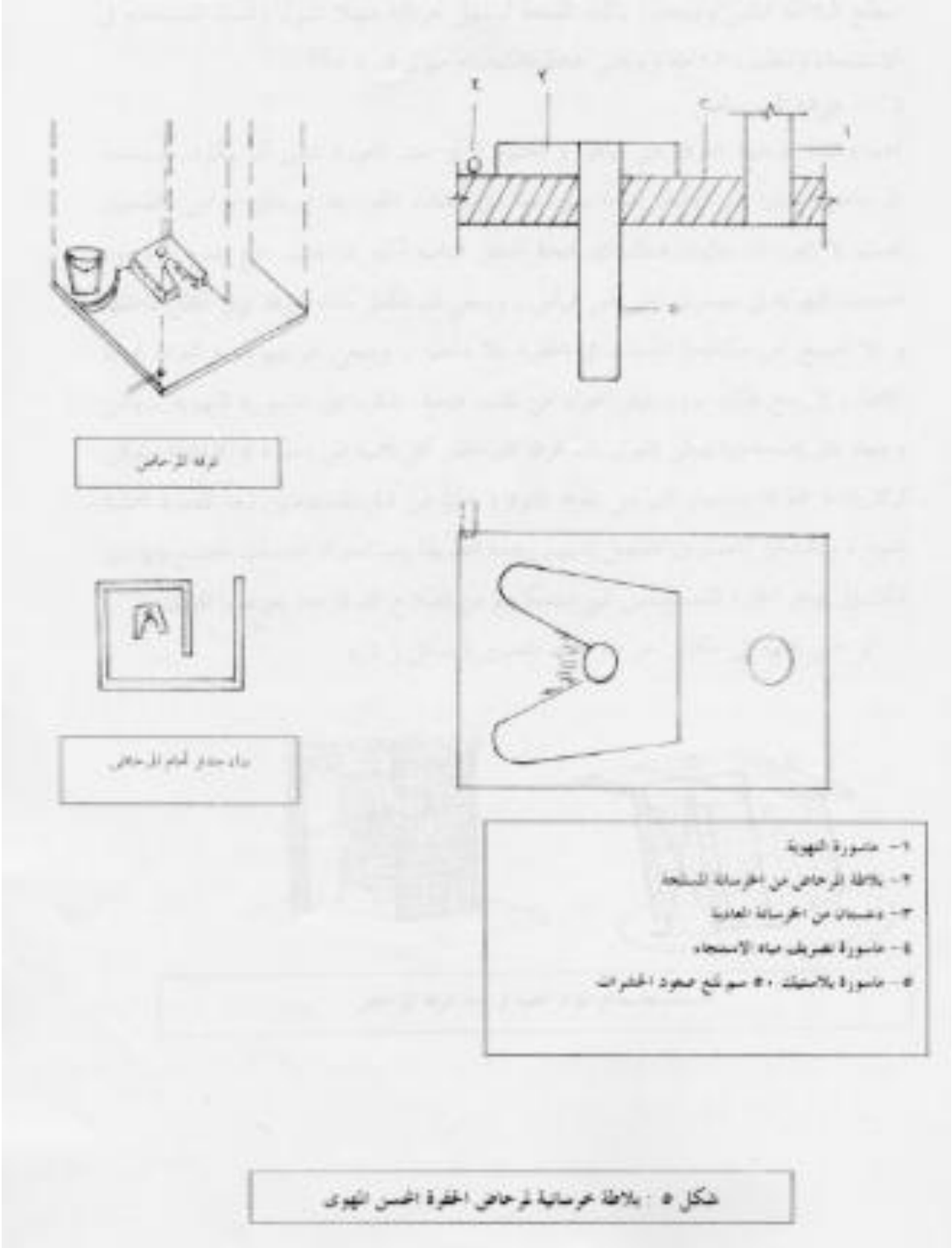
ج :- بلاطة المرحاض

وتستخدم لحمل مستخدم المرحاض ولتغطية الحفرة وتبنى لتتداخل بإحكام مع الأساس بحيث تكون حواف البلاطة متطابقة تماماً مع الطرف الخارجي لحافة الأساس .

وأفضل مادة لصنع البلاطة هي الخرسانة المسلحة ، ويجب أن تكون البلاطة ذات قطر يزيد بمقدار 50 سم عن قطر الحفرة ويمكن بناء موطئ القدمين على البلاطة من خلطة الإسمنت كما يمكن استخدام كرسي مرحاض عادي و هذا سيكون سهل الاستخدام و التنظيف .

ويتطلب تصميم البلاطة تحريات دقيقة ، فمثلاً يحمل وضع عملية التبرز المعتاد عليها من قبل المستفيدين في طياته أهمية كبيرة من حيث قبول أو رفض هذه المراحيض .

ويمكن بناء موطئ القدمين على البلاطة (من خلطة الأسمنت) لأن ذلك يساعد على ضبط وضع مستخدم المرحاض ويجب أن يصمم الثقب بشكل وحجم يقلل من التلوث العرضي للأرضية ، ويمكن تحقيق هذه المتطلبات بأن تكون النقرة عبارة عن ماسورة من البلاستيك (p v c) قطر 4 هنش وطول 40 سم حيث يصبح تنظيفها سهلاً كما أن الماسورة تمنع صعود الحشرات من الحفرة (شكل 5) .



ويفضل أن تكون المسافة الفاصلة بين الفتحة والجدار لا تقل عن 20سم ، وينبغي أن يكون سطح البلاطة أملس ومنحدراً باتجاه الفتحة ليسهل جرياناً سهلاً للبول وللماء المستخدم في الاستنجاء وتنظيف البلاطة ويوصي عادة باستخدام ميول قدره 5% .

د :- غرفة المرحاض

أهم وظيفة تؤديها الغرفة هي توفير (الخلوة) أو ستر العورة بمعنى أن يكون مستخدم المرحاض مستتراً عن الأنظار تماماً ، وتحميه من تقلبات الجو، بما في ذلك الرأس والقدمين بحيث لا يجوز أن تكون هناك أي فتحة أسفل الباب أكبر مما يجب مع ضرورة وجود فتحات التهوية في مستوى أعلى من الرأس ، وينبغي أن تكفل هذه الغرفة توفر الظل داخلها و إلا أصبح أمر مكافحة الذباب في الحفرة بلا فاعلية ، وينبغي أن يتم تهوية الغرفة تهوية كافية وإلا منع ذلك مرور تيار الهواء من ثقب فتحة النقرة إلى ماسورة التهوية ، ومن وجهة نظر إصحاحية يمكن القول بأن غرفة المرحاض أقل أهمية من الحفرة أو البلاطة ويمكن ترك إقامة الغرفة واختيار أي من المواد المتوفرة محلياً من قبل المستفيدين تبعاً للخبرة المحلية المتوفرة وبالشكل المعماري المفضل لديهم وبهذه الطريقة يتم احترام حاجات المجتمع ويؤدي ذلك إلى توفير الخبرة للمستفيدين التي ستمكنهم من إصلاح الغرفة عند تعرضها للتلف أو حتى نقلها إلى مكان آخر إذا دعت الضرورة شكل (6) .

هـ - ماسورة التهوية

لماسورة التهوية (الهواية) والشبكة الحاجزة للذباب ثلاث وظائف مهمة:-

1- **مكافحة الروائح الكريهة** :- فعن طريق ماسورة التهوية يتولد تيار هواء قوي يحمل جميع الغازات الكريهة الناشئة عن المواد البرازية في الحفرة ويدفعها إلى أعلى عبر هذه الماسورة .

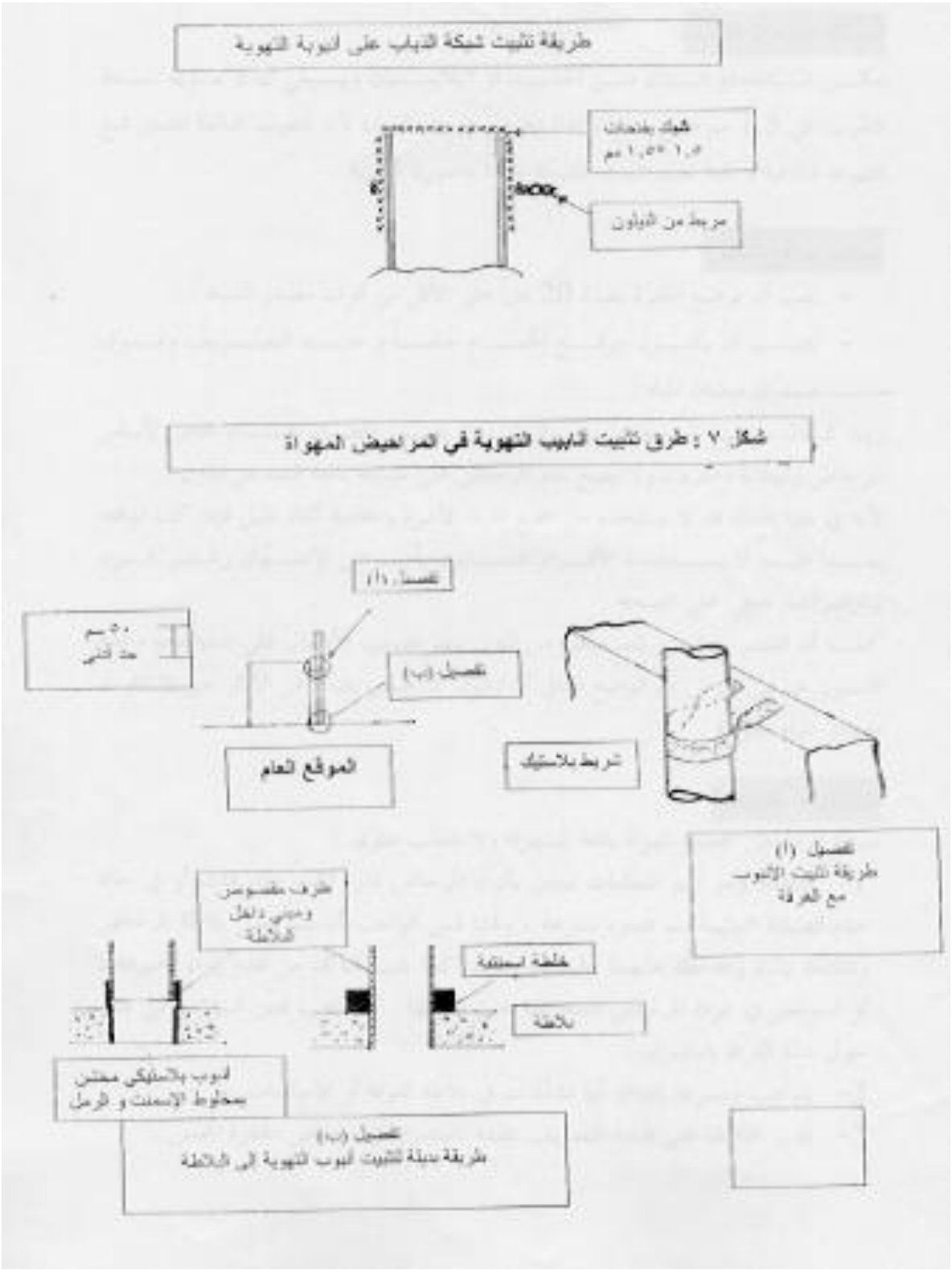
2- **إستبعاد الذباب** :- فالذباب تجذبه روائح البراز المتصاعدة من ماسورة التهوية بعيداً عن داخل الحجرة الساترة للمرحاض التي تنعدم فيها الرائحة الكريهة عند الحرص على نظافتها ولا يستطيع الذباب دخول ماسورة التهوية بسبب الشبكة الحاجزة وهو ما يؤدي إلى انخفاض تجمع الذباب في الحفرة .

3- **حجز الذباب** : الأعداد القليلة جداً من الذباب التي تنجح في الدخول خلال فتحة النقرة وفي وضع بيضها في الحفرة تعجز عن الخروج من ماسورة التهوية ، فالذباب ينجذب إلى الضوء وطيلة بقاء الظل داخل حجرة المرحاض العلوية فإن الذباب يطير صاعداً في ماسورة التهوية التي تمثل أسطع مصدر للضوء الداخل إلى الحفرة ولكنه لا يستطيع الإفلات بسبب حاجز الذباب فينتهي أمره إلى السقوط والموت في الحفرة .

ومن المواد التي يكثر استخدامها في صناعة الهواية هي مواسير البلاستيك (pvc) وضماناً لكفاية تيار الهواء والسماح بنفاذ الضوء إلى الحفرة يوصي أن لا يقل قطرها عن 15 سم (6) هنش .

والقوة الرئيسية التي تسبب تدفق الهواء صاعداً في ماسورة التهوية هي الريح التي تهب وتدخل إلى الغرفة ثم إلى الفتحة ثم من الحفرة عبر ماسورة التهوية إلى الخارج ، وينبغي أن يكون الباب في اتجاه هبوب الرياح و أن تكون ماسورة التهوية بارزة بمقدار 50 سم فوق أعلى نقطة على سطح الغرفة .

و لا بد أن تكون ماسورة التهوية مثبتة تثبيتاً متيناً إلى الغرفة وينبغي أن تكون الوصلة الممتدة بين ماسورة التهوية وبلاطة المرحاض ثابتة وراسخة وأسهل طريقة لتثبيتها هي استعمال خلطة الإسمنت كما في الشكل (7) .


طريقة تثبيت شبكة الذباب على أنبوبة التهوية
شبك بفتحات
مربط من الخيوط
شكل ٧ : طرق تثبيت أنابيب التهوية في المراحيض المهواة
تفصيل (أ)
تفصيل (ب)
الموقع العام
شريط بلاستيك
تفصيل (أ)
طريقة تثبيت الأنبوب
مع الغرفة
طرف مقصوص
ومدبب داخل
البلاطة
خلطة أسمنتية
بلاطة
أنبوب بلاستيكي مغلف
بمخلوط الإسمنت و الرمل
تفصيل (ب)
طريقة بديلة لتثبيت أنبوب التهوية إلى البلاطة

الشبكة الحاجزة للذباب

يمكن استخدام شبك من الحديد أو البلاستيك وينبغي أن لا تزيد سعة الثقوب عن 1.5 مم مربع ، مع مراعاة الحرص في هذا الصدد لأن الثقوب البالغة الصغر تمنع التهوية الكافية ، كما يجب تثبيت الشبكة جيداً بماسورة التهوية .

تحديد موقع الحفرة

يجب أن توضع الحفرة بعيدة 20 متراً على الأقل من أقرب مصدر للمياه .
يجب أن يكون موقع الحمام جافاً و جيد التصريف وفوق مستوى فيضان المياه .
وإذا كان موقع المرحاض جوار المنزل يجب إعطاء اهتمام خاص لأساس المرحاض ولبطانة الحفرة ، ولا يصح بناء المرحاض على مسافة بالغة البعد من المنزل .
لأنه في هذا الحالة قد لا يستخدم من جميع أفراد الأسرة وخاصة أثناء الليل فإذا كان موقعه بعيداً فقد لا يستخدمه الأفراد المصابون بأمراض الإسهال رغم كون برازهم أشد خطراً على الصحة .
كما أن القرب النسبي للمرحاض من المنزل ييسر تدريب الأطفال على استخدامه وعدم التبرز على الأرض ، والوضع المثالي أن تكون المراحيض بعيدة عن الآبار حتى لا تتلوث مصادر المياه الجوفية .

التشغيل و الصيانة

صيانة المراحيض المحسنة المهواة بالغة السهولة ولا تتطلب سوى :
1- النظافة وهو أهم المتطلبات فحين يكون المرحاض قذراً مملوءاً بالمفرغات أو في حالة عدم الصيانة الدائمة يتم هجره بسرعة ، ولهذا فمن الواجب أن يتم غسل بلاطة المرحاض والفتحة بالماء والمحافظة عليهما نظيفتين دائماً كما يجب التأكد من عدم إيواء الحيوانات أو الدواجن في غرفة المرحاض للمحافظة على نظافتها . كما يجب قص النباتات التي تنمو حول هذه الغرفة باستمرار .
2- يتوجب وبسرعة إغلاق أية تشققات في بلاطة الغرفة أو الأساسات .
3- يجب المحافظة على فتحة التصريف نظيفة باستمرار في مرحاض الحفرة المحسن

4- يجب المحافظة على الحفرة معتمة في مراحيض الحفرة التقليدية باستعمال غطاء مناسب مانع لدخول أشعة الشمس مما يمنع الذباب من دخول الحفرة مع ملاحظة عدم وجوب استعماله في المراحيض المحسنة المهواة .
5- المفضل إضافة كوب من الجاز أسبوعياً للحفرة أو رشها بمبيد حشري لمنع تكاثر البعوض .
6- من الأفضل استخدام قدر صغير من أي مطهر عند غسل بلاطة المرحاض .
7- يجب عمل فحص دوري للشبكة الحاجزة للذباب للمحافظة على خلوها من أي انسداد أو وجود ثقوب فيها .

تدريب عملي

1- ما هو العمق اللازم توافره لحفرة مرحاض محسن إذا كان قطرها 1 م وهي معدة لتستخدمها أسرة من ستة أفراد لمدة عشر سنوات ؟
مع ملاحظة أنه من المتوقع تراكم المواد الصلبة في الحفرة بمعدل 0.04 م3 للفرد الواحد في السنة ، وأنه يجب ترك فراغ إرتفاعه 0.5 م ؟
ما هي التكلفة التقديرية لإنشاء مرحاض حفرة محسن ؟
2- سجل قائمة بالمواد المتوفرة محلياً والتي يمكن استخدامها عند إنشاء مرحاض الحفرة المحسن والمهارات الموجودة في المنطقة ؟

2- مراحيض الطرد بالمـــاء

تتطلب طـرق التخلص من المـواد البرازية باستعمال الميـــاه مصدراً دائماً للمياه (6-10 لتر يومياً لكل شخص على الأقل) وهذا النوع يعتبر أكثر تطوراً وتقدماً من النوع الأول حيث يتم تصريف مجاري المنزل كاملة بواسطة المياه ، وعبر مواسير توصيل إلى حفرة عميقة تصل إلى التربة المسامية من التربة .

وفي هذا النظام يكون كرسي المرحاض عادة من الخزف الصيني الزجاجي وأسفله يوجد سيفون أو كوع يحتوي على كمية من الماء تعرف بالعازل أو الحاجز المائي لا يقل ارتفاعه عن 7 سم والغرض منه منع الغازات المتكونة في المجاري من الدخول إلى غرفة المرحاض وبهذا يتم التخلص من الروائح الكريهة و الحشرات وله فتحة تهوية مباشرة أو عن طريق الماسورة المتصلة به إلى أقرب ماسورة تهوية .

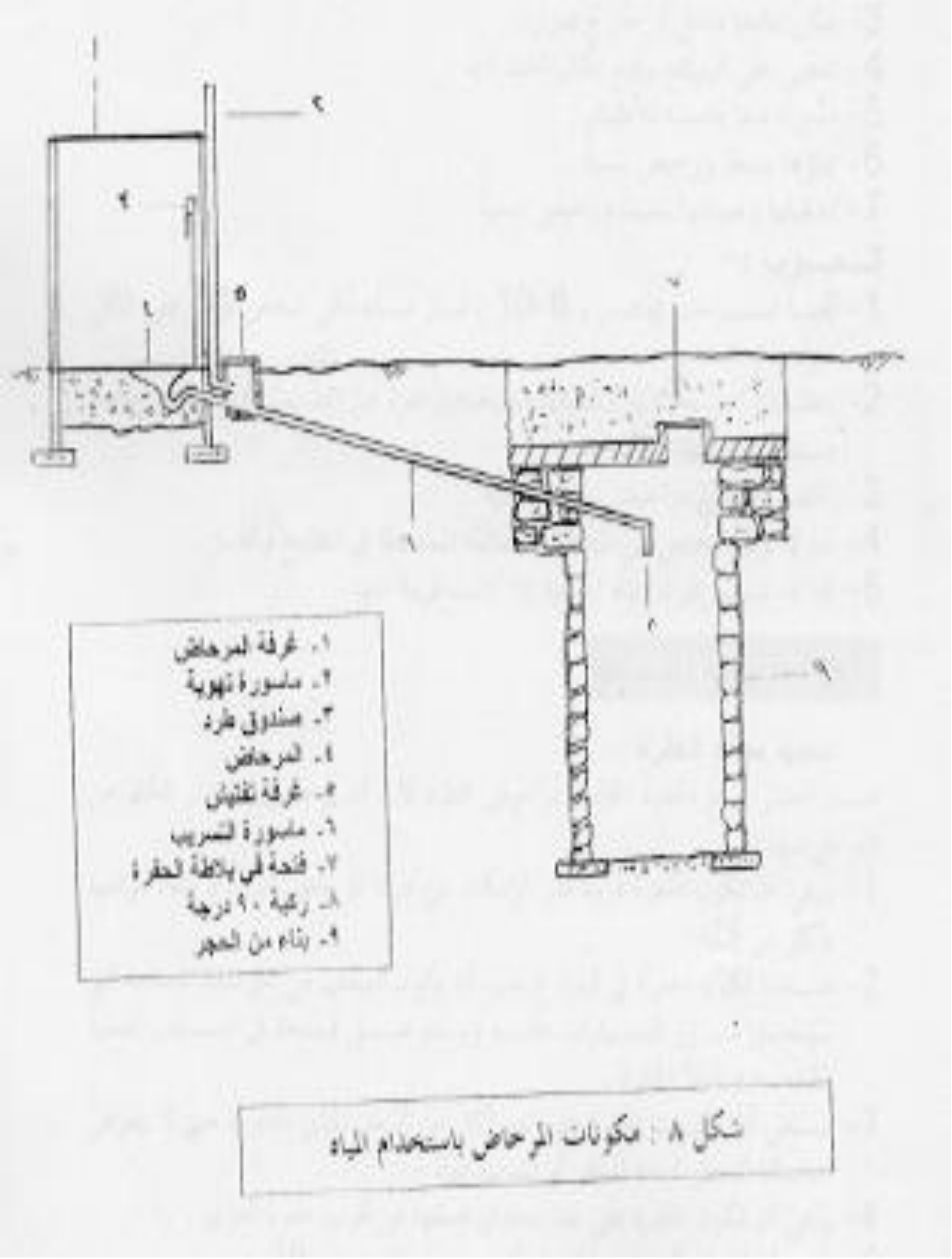
وفي هذا النظام يوجد نوعين :-

1- **مرحاض الطرد بالصب** وهذا النوع يكون أقل تكلفة ولا يحتاج إلا إلى جزء يسير من المياه .

2- مرحاض ذات صندوق الطرد

يتكون مرحاض الطرد عموماً أو المرحاض المغلق بالماء من الحوض (الكرسي) وتكون لهذا الحوض قاعدة مائلة بمقدار (25 – 35) درجة عن الخط الأفقي ومنحدره نحو الخلف للتقليل من تناثر البول وحاجز مائي بإرتفاع 2سم ويجب تركيبه بحيث تكون حافته الخلفية على مسافة 20سم على الأقل من الجدار الخلفي لغرفة المرحاض وتتم عملية الطرد بواسطة اليد وباستخدام وعاء صغير يحتوي على (1.5 – 2) لتر من الماء ويتم وضع الحوض (الكرسي) فوق الحفرة مباشرة أو توصل بها بواسطة ماسورة تصريف ويمنع الحاجز المائي للحفرة الذباب من الوصول إلى المخلفات كما يمنع الرائحة من الانبعاث (شكل 8).

ويمكن القول عموماً بأنه حتى مع مستوى بسيط من العناية يعتبر مرحاض الطرد نظاماً إصحاحياً مقبولاً وصحياً يمكن إقامته داخل المنزل أو خارجه ويمكن إعتباره تقنية مناسبة بشكل خاص في المناطق التي يستخدم فيها الماء للتنظيف بعد إستخدام الحمام .



شكل ٨ : مكونات المرحاض باستخدام المياه

محاسن مراحيض الطرد وعيوبها

المحاسن :-

1 -أن مراحيض الطرد عند تشغيلها وصيانتها بالشكل الصحيح تلبي المتطلبات الصحية والجمالية .
2 -أنها مناسبة بشكل خاص في المناطق التي يتم استعمال الماء فيها للتنظيف.
3 -يمكن بناءها داخل أو خارج المنزل .
4 - تقضي على الروائح وتمنع تكاثر الحشرات .
5 -مأمونة تماماً بالنسبة للأطفال .
6 -بناؤها بسيط ورخيص نسبياً .
7 - تشغيلها وصيانتها بسيط ورخيص نسبياً .

العيوب :-

1 -أنها تستوجب توافر (6-10) لتر ماء لكل شخص يومياًًًًً على الأقل على مدار السنة .
2 -يتطلب استخدامها وتنظيفها الصحيحين فترة من التدريب كما تتطلب متابعة مستمرة من الجهات الصحية .
3 - تكلف أكثر من مراحيض الحفرة العادية .
4 - أنها لا توفر التخلص من المخلفات السائلة المستعملة في المطابخ والغسل
5 - أنها قد تسبب تلوث المياه الجوفية إذا كانت قريبة منها .

الأجزاء الرئيسية وتصميمها

تحديد موقع الحفرة :-

عند اختيار موقع الحفرة الخاصة بمراحيض الطرد لابد أن يُؤخذ في الاعتبار الكثير من العوامل منها :

1 -ينبغي أن تكون الحفرة قريبة قدر الإمكان من غرفة المرحاض بحيث لا يبعد موقعها بأكثر من 25م .
2 - عندما تكون الحفرة في الشارع يجب أن يكون السقف من الخرسانة المسلحة التي تتحمل مرور السيارات عليه ويتم عمل فتحة في السقف لعملية الشفط عند امتلأ الحفرة .
3 - ينبغي أن تكون الحفرة على بعد أكثر من 2 متر المباني المجاورة حتى لا يتعرض أساساتها للخطر نتيجة للحفر أو تسرب المياه .
4 -ينبغي أن تكون الحفرة على بعد يساوي عمقها من أقرب حفرة أخرى .
5 - ينبغي أن لا يقل البعد بين الحفرة وأقرب مصدر للمياه عن 30 متر .

بطانة الحفرة

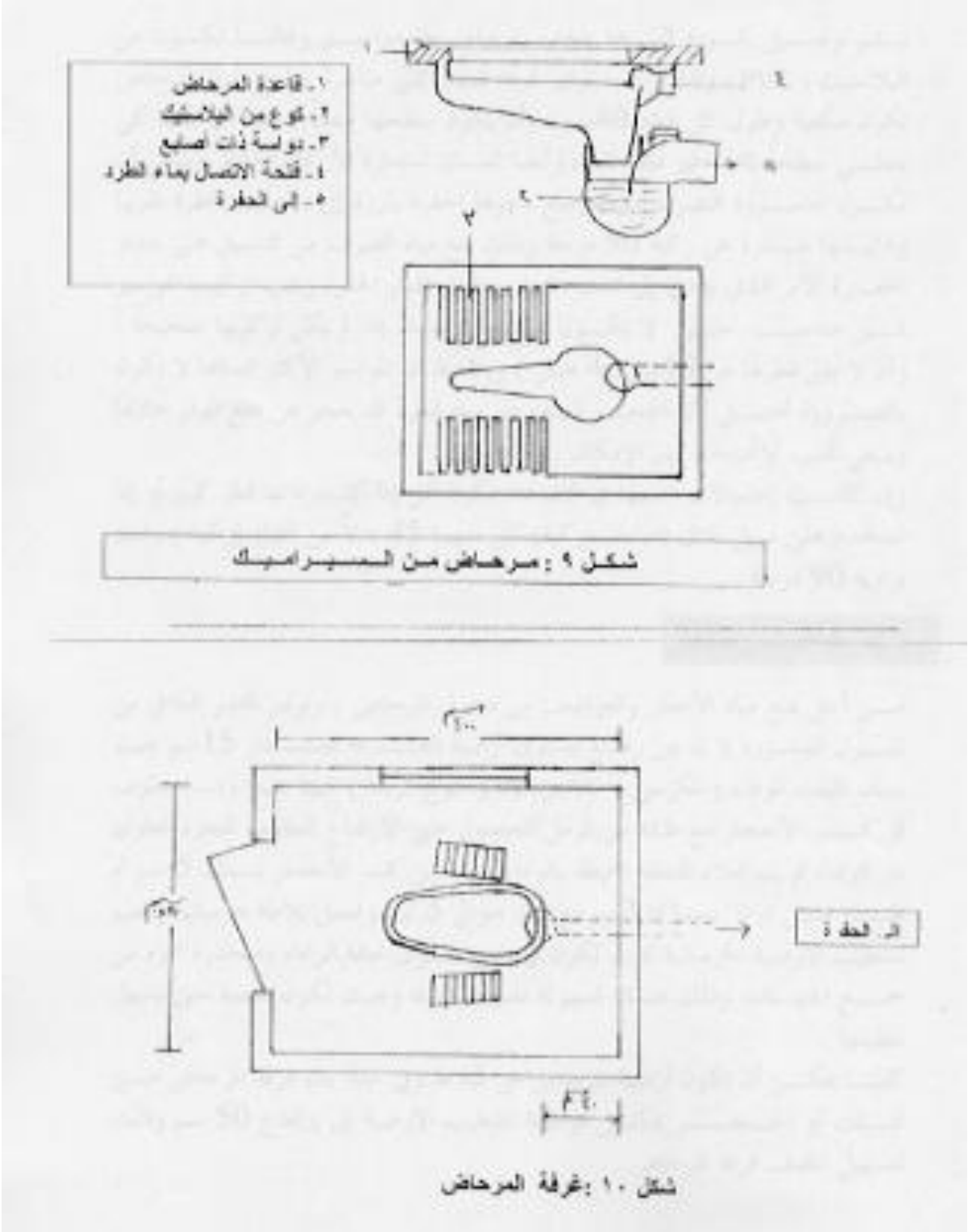
يجب تبطين الحفرة بكامل عمقها لتفادي انهيار التربة عندما تتشبع بالمياه وأكثر مواد التبطين شيوعاً هي الأحجار حيث يتم عمل خرسانة عادية مع كسر الأحجار بسمك 7 سم ، ثم يتم تبنى البطانة من الحجر الصلب بدون خلطة إسمنتية لجميع الفواصل الرأسية حتى تتسرب المياه في التربة المحيطة ، أما الفواصل الأفقية تبنى مع الخلطة الإسمنتية بمعدل مدماك لكل ثلاثة مداميك بدون خلطة إسمنتية و الجزء العلوي من البطانة (ارتفاعه 80 سم) فيبنى مع المونة الإسمنتية و الذي يكون بمثابة أساس لبلاطة الحفرة بحيث يكون غير منفذ للماء و ذلك لمنع مياه الأمطار أو أي مياه أخرى من دخول الحفرة .
و في حالة استخدام البلك يكون البناء بالخلطة الإسمنتية مع ترك فتحات بين البلك قدرها 3 سم و الصف الذي يليه لا تترك فيه فتحات ، و عند الأركان يجب عدم ترك فتحات .
و تكون بلاطة البيارة من الخرسانة المسلحة التي تتحمل مرور السيارات عليها حيث تكون واقعة في الشارع في أغلب الأحيان ، كما يجب عمل فتحة في سقف البيارة لعملية الشفط عند امتلاء البيارة .

وعاء الطرد (الكرسي)

إن أكثر أنواع أوعية الطرد استخداما هو ذلك الذي يستند إلى التصميم الهندي والمصنوع من سيراميك ويكون ذو سطح ناعم ومظهر مقبول ويكون أسهل تنظيفاً ويحتاج إلى كميات أقل من مياه الطرد (شكل 9) .

الحاجز المائي (كوع ريحه)

تصنع وصلة الحاجز المائي منفصلة عن الوعاء من البلاستيك (P V C) حيث يتم تثبيتها بالوعاء مع توجيه مخرجها لأي اتجاه بالنسبة للوعاء وتصميم الحاجز المائي أمر مهم لنجاح تشغيل المرحاض وقد أثبتت الخبرة أن عمق الحاجز المائي ينبغي أن يكون 2سم لأن العمق الأصغر يصعب الاعتماد عليه بسبب ارتفاع احتمالات اختلال ضبط الوضع أثناء التركيب حيث إذا لم يتم تركيب الكوع بطريقة جيدة تضمن إغلاق الماء لأي فراغ فسوف تظل الروائح تتسرب إلى غرفة المرحاض ، وينبغي أن يكون قطر الحاجز المائي 7 سم وأن يكون داخله ناعماً قدر الإمكان و يجب تثبيته بإحكام .



شكل ١٠ :غرفة المرحاض

مواسير التصريف

يتم توصيل كوع الريحة بالحفرة بواسطة مواسير وغالباً تكون من البلاستيك (PVC) ولذلك يجب توفير غرفة تفتيش تبنى مباشرة خارج غرفة المرحاض تكون مكعبة وطول كل ضلع 40سم ، وأن يكون سطحها مبطناً بالخلطة الإسمنتية كي يعطي سطحاً ناعماً غير منفذ للماء وأيضا لضمان استدارة الأركان الحادة ،وينبغي أن تكون ماسورة التصريف في موضع دخولها الحفرة بارزة إلى منتصف الحفرة تقريباً ونهايتها عبارة عن ركبة 90 درجة وذلك لمنع مياه الصرف من التسييل على جدار الحفرة الأمر الذي يؤدي إلى تفتت الجدار وبالتالي إنهيار الحفرة ويجب تركيب المواسير بميل مناسب حتى لا تكون سهلة الانسداد إذا لم يكن تركيبها صحيحاً . وأن لا يقل قطرها عن 10سم (4 هنش) ويلاحظ أن المواسير الأكثر اتساعا لا تكون بالضرورة أفضل لأن الحجم الصغير من مياه الطرد قد يعجز عن دفع البراز خلالها وينبغي تجنب الانحناءات قدر الإمكان .

وإن كانت إحتمالات تسببها في الانسداد تكون أقل إذا كانت ذات قطر كبير أو إذا استخدم على سبيل المثال إنحناءان (ركبة) كل منهما 45 بدلاً من انحناء (ركبة) واحد بزاوية 90 درجة .

أرضية المرحاض

من أجل منع مياه الأمطار والعواصف من دخول المرحاض ، وتوفير القدر الكافي من الميول للماسورة لا بد من رفع مستوى أرضية الغرفة بمقدار 15سم حيث يتم تثبيت الوعاء (الكرسي) بحاجز المياه (كوع الريحة) تثبيتاً جيداً وتسند بطوب أو كسر الأحجار مع طبقة من الرمل للحصول على الارتفاع المطلوب للجزء العلوي من الوعاء ثم يتم إملاء المنطقة المحيطة بالوعاء بطبقة من كسر الأحجار بسمك 5 سم ثم طبقة من الرمل بسماكة 2سم مع ترك حوالي 2.5سم لعمل بلاطة خرسانية ويجب تشطيب الأرضية الخرسانية بحيث تكون في نفس مستوى حافة الوعاء ومنحدرة نحوه من جميع الجهات وذلك ضماناً لسهولة تصريف المياه وبحيث تكون ناعمة حتى يسهل تنظيفها .

كما يمكن أن تكون أرضية المرحاض من البلاط وفي حالة بناء غرفة المرحاض من البلك أو الحجر يمكن مواصلة تشطيب الأرضية إلى إرتفاع 50 سم وذلك لتسهيل تنظيف غرفة المرحاض .

غرفة المرحـاض

لعل المواد المحلية المستخدمة في بناء البيوت من أنسب المواد و أرخصها لبناء غرفة المرحاض ولا ينبغي استبعاد إمكان إستخدام مواد البناء التي قد لا تكون عالية المتانة مثل جذوع الأشجار وسعف النخيل أو الطين .
والغرفة التي أبعادها 80 سم × 100سم تكون كافية الاتساع وقد يدعو الأمر إلى زيادة اتساع الغرفة عن ذلك عند الحاجة إلى الاحتفاظ بوعاء ماء كبير داخل غرفة المرحاض (شكل 10) .

حفرة الترشيـح

في الحالة التي يتم فيها وضع البلاطة فوق حفرة التصريف مباشرة ، يتم تصميم وبناء الحفرة بنفس الأسلوب الذي يتم إتباعه في مرحاض الحفرة المحسن .
أما إذا وضع الحمام داخل المنزل فتتم إقامة الحفرة في الخارج بحيث تأخذ شكل وتصميم الحفر الامتصاصية ،ويمكن أن تكون حفرة الترشيح جافة أو رطبة إذ يمكن وصفها إنها رطبة عندما تخترق مستوى سطح المياه الجوفية طوال العام .
ويعرف الحجم الفعلي على أنه الحجم الموجود تحت مستوى أنبوب أو قناة التصريف التي تقوم بنقل المخلفات ومياه التنظيف .
ويفضل أن تكون الحفرة دائرية وذلك لأنها أكثر ثباتاً وأقل كلفة وتكون بقطر (1.5 – 2.5) م كما يمكن أن تكون مربعة أو مستطيلة كما يجب أن تترك مسافة لا تقل عن 25سم فوق الأنبوب الداخل ومن اللازم عدم إقامة حفر الترشيح في أماكن مشبعة بالماء أو في المناطق المعرضة للفيضانات إذ تمثل حفر الترشيح الرطبة خطراً على البيئة والصحة العامة فيما يخص احتمالات تلوث مصادر مياه الشرب ، مما يوجب تبعاً لذلك عدم إقامة الحفرة على مسافة تقل عن 30 م من أقرب مصدر لمياه الشرب أما الحفرة الجافة فيجب عدم إقامتها على مسافة تقل عن 15 م من مصدر مياه الشرب على افتراض أنها تبعد مسافة كافية عن منسوب المياه الجوفية.

الصيـانـة

إن أهم صيانة يومية مطلوبة هي التأكد من بقاء الأرضية والحوض (الكرسي) نظيفين دوماً و من المفيد توفير فرشاة قابلة للثني ليتم تنظيف حاجز الماء بواسطتها .
لا يجوز التخلص من المياه المستعملة بسكبها في المرحاض وذلك تجنباً لاحتمال امتلاء الحفرة كما يجب عدم رمي أي نفايات أو مخلفات صلبة لأنها قد تسد المواسير و رغم بعد احتمال حدوث الإنسدادات نتيجة للاستخدام العادي فإن كيفية التخلص منها يتم من خلال :

1 -منفاخ الضغط .
2 - قصبات تسليك مرنة لأن القصبات الصلبة يمكن أن تسبب كسر وصلة الحاجز المائي .

غرفة المرحاض داخل المباني

عند بناء الحمام داخل المنزل يجب مراعاة :-

أ- أن لا يقل أبعادها من الداخل عن 90سم × 160سم ولا يقل إرتفاع السقف عن 220 سم وتشمل على مرحاض شرقي وإذا زادت غرفة المرحاض لتكون 1.20م × 1.80م يمكن وضع حوض غسيل أيدي كما في الشكل .

ب- يجب أن تتوفر التهوية الكافية وذلك بفتح نوافذ ويحدد مساحة فتحة النافذة بنسبة لا تقل عن 10% من مساحة أرضية الغرفة .

ج- يجب أن لا يفتح باب المرحاض على أي غرفة للمعيشة أو المطبخ .

د- يجب عمل سيفون أرضية لتصريف مياه الدش ومياه غسل الأرضية .

هـ- يراعى عند صب بلاطات الأسقف الخرسانية أن تكون أماكن غرف الحمامات منخفضة عن منسوب أعلى سطح البلاطة ما بين 10سم إلى 20سم (قطر الماسورة).

و- يجب فرش طبقة عازلة لتسرب الماء مباشرة فوق خرسانة الأرضية مع رفعها على جوانب الحوائط بمقدار 15سم فوق منسوب بلاطة الأرضية وتختبر هذه الطبقة العازلة بملء مسطح الغرفة بالماء لمدة 24 ساعة للتأكد من جودة الطبقة العازلة وذلك قبل تركيب مواسير الصرف .

ز- تبلط الأرضية بعد إتمام أعمال التركيبات الصحية بأي مادة أرضية لا تمتص الرطوبة مثل بلاط الموزايكو أو بترابيع السيراميك .

ح- تلبس الحوائط الداخلية بمونة الرمل والإسمنت ثم تدهن ببوية زيتي باللون المطلوب أو تكسى الحوائط بترابيع القيشاني .

وكذلك يكسى فوق حوض غسيل الأيدي بالقيشاني بمساحة (60 × 40)سم وفي حالة وجود غرفة حمام واحدة بالشقة فيمكن تركيب حوض غسيل خارج غرفة الحمام .

تدريب عملي لمدة ثلاث ساعات

يمكن تقسيم تدريب الساعات الثلاثة إلى ثلاثة أجزاء :-
في الجزء الأول :- يجب الإجابة عن الأسئلة باعتبارها مجموعة واحدة .
في الجزء الثاني :- يمكن تقسيم المشاركين إلى مجموعتين تأخذ كل منها إحدى طرق التخلص من المخلفات التي شرحت .
في الجزء الثالث :- يجتمع المشاركون لعرض النتائج التي إنتهوا إليها في صورة بيانات مختلفة .

الجـــزء الأول

1 -ما هي الأوضاع الحالية للإصلاح في المجتمعات الريفية المختلفة من البلاد؟
2 -ما هي النسبة المئوية للسكان التي يوجد لديها أي نظام من أنظمة التخلص من المخلفات ؟
3 - هل يوجد إمكانية لتحسين الأنظمة الموجودة ؟ وهل هي منخفضة التكاليف وكم يكلف إنشاؤها وتشغيلها وصيانتها ؟
4 -هل يستطيع الأهالي تحمل تكاليف التحسين ؟

الجـــزء الثاني

تقسيم المشاركين إلى قسمين لدراسة أنظمة :-
1 -مرحاض الحفرة المحسن .
2 - مرحاض الطرد بالصب .
3 -خزان التحليل .
ويجب أن يجيب المشاركون عن الأسئلة التالية :-
1- ما هي مميزات نظام المراحيض الذي تتولى تقييمه ؟
ضع في الاعتبار التكلفة ، وإمكانية إدراج الطرق الإنشائية المحلية ومدى تقبل الأهالي ، والاستخدام التقليدي .
2- ما هي العيوب ؟

ضع في الاعتبار مدى التقبل والأخطار البيئية والصحية و التكلفة ومشكلات الحشرات والروائح الكريهة ، كميات استهلاك المياه .

3-هل هذا النوع من المراحيض مستخدم في المنطقة ؟

يجب بحث النقاط التالية :-

- هل يعمل هذا النظام جيداً ؟
- هل يلقى النظام رضى المستخدمين ؟
- هل يمثل النظام خطراً صحياً على المستخدمين ؟
- ما هي التكلفة الحالية لإنشاء النظام وتشغيله ؟
- هل تحتاج صيانة النظام وتشغيله إلى عمالة ماهرة ؟
- هل هذا النظام قابل للإرتقاء ؟

الجزء الـثـالث

من خلال الرد على الأسئلة السابقة

يستطيع المشاركون أن يحددوا مدى ملاءمة أي نوع من المراحيض لمنطقتهم ويجب أن تلخص كل مجموعة من المشاركين النتائج التي إنتهت إليها في الجزء الثاني ويعاودا الإجتماع لمناقشة استنتاجها في الجزء الثالث .

الجزء الثاني : الصرف الصحي عبر خزانات التحليل

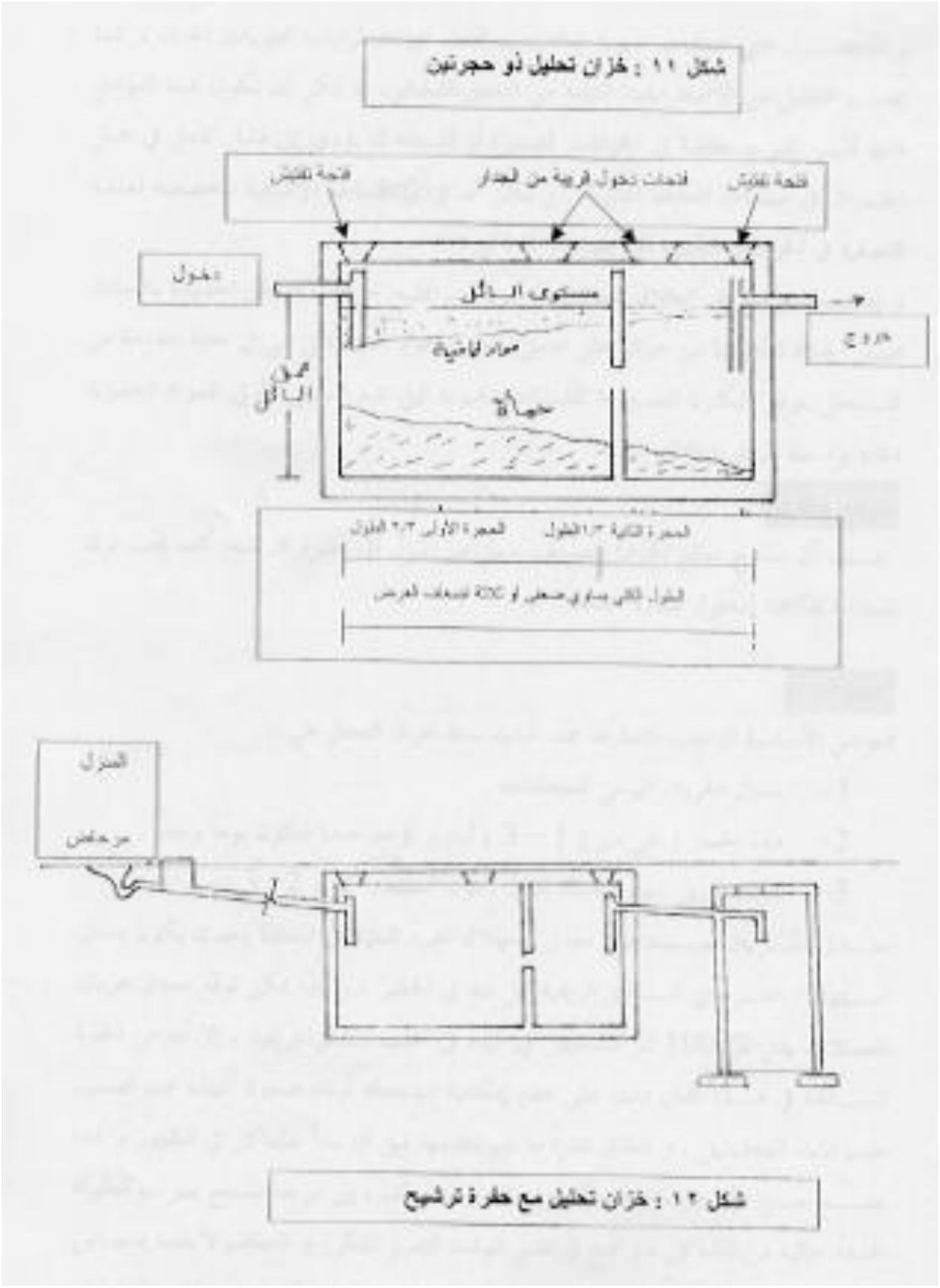
3- خزان التحليل

يقوم الخزان بحجز الفضلات القادمة إليه من المنزل أو مجموعة منازل تتراوح بين يوم إلى ثلاث أيام حسب حجم الخزان بحيث يتم خلال هذه الفترة ترسيب المواد الصلبة الأثقل على شكل حمأة ، أما المواد الخفيفة مثل الشحوم و الدهون فتبقى طافية مشكلة طبقة من الخبث على سطح المياه في حين تحمل المواد المتبقية بواسطة ماسورة التصريف إلى نظام التصريف النهائي (شكل12) .

تتعرض المواد الصلبة المتبقية في خزان التحليل إلى عمليات التحلل اللاهوائي بواسطة النشاط البكتيري ، مما يسبب إنخفاض كبير في حجم الحمأة المتبقية ، و هذا بدوره يسمح للخزان بفترات تشغيل قد تمتد من سنة إلى أربع سنوات قبل أن يحتاج إلى التنظيف .

و تكون المياه الخارجة لخزان تحلل جيد التصميم و فعال ذي عكورة بسيطة كنتيجة لوجود مواد صلبة ناعمة معلقة في السائل، و مع هذا تبقى هذه المياه مؤذية ، إذ تكون عادة ذي رائحة متعفنة ، إضافة إلى خطرها على الصحة العامة و ذلك لإحتوائه على البكتريا الممرضة و الحويصلات و بيض الديدان التي يمكن أن تمر بدون أن تتعرض للأذى في الخزان خلال فترة الإحتجاز القصيرة نسبيا .

و يتصاعد الغاز الناتج خلال عملية تحلل الحمأة إلى الأسطح على شكل فقاعات حاملة معها حبيبات من الحمأة المتحللة مما يؤدي إلى تلقيح الفضلات القادمة بالكائنات الدقيقة التي تعمل على تحلل المواد العضوية. و قد يؤثر تكون فقاعات الغاز في السائل بشكل أو بآخر على عملية الترسيب الإعتيادي للفضلات الصلبة . و يمكن التقليل من هذا التدخل بإضافة حجرة ثانية لخزان التحلل ، حيث تجد المواد الصلبة الأخف وزناً و المحمولة من الحجرة الأولى ظروفاً أهدأ لتترسب في الحجرة اللاحقة . و تظهر أهمية هذه الإضافة جلية في الأوقات التي يكون فيها التحلل اللاهوائي سريعاً الذي يحدث نتيجة تواجد كميات أكبر من الحمأة في الحجرة الأولى من الخزان . و تكون الحمأة في الحجرة الثانية أكثر تجانساً من تلك المتجمعة في الحجرة الأولى كما يقل إنتاج الخبث فيها . و تتميز المياه الخارجة من الخزان الذي يتألف من حجرتين بأنها تحتوي على كميات أقل من المواد العالقة فيما لو تم استخدام خزان تحلل ذو حجرة واحدة . و يمكن القول أنه من المفضل حالياً استخدام خزان تحلل بحجرتين على استخدام آخر بحجرة واحدة .


شكل ١١ : خزان تحليل ذو حجرتين
فتحة تفتيش
فتحات دخول قريبة من الجدار
فتحة تفتيش
دخول
مستوى السائل
حواجز لهاشية
حمأة
الحجرة الثانية ١/٣ الطول
الحجرة الأولى ٢/٣ الطول
المنزل
مرحاض
شكل ١٢ : خزان تحليل مع حفرة ترشيح

و للحصول على عمليات حيوية فعالة يجب تجنب أي اضطرابات لمحتويات الخزان ، كما يجب التقليل من الاضطرابات الناتجة من التدفق الفجائي، إذ يمكن أن تكون هذه العوامل ذات أثر كبير و خاصة في الخزانات الصغيرة أو الممتلئة مما يؤدي إلى فشل كامل في عمل الخزان في عمليات المعالجة الثانوية . و يمكن أن تؤدي المساحة الإضافية المخصصة لعملية التصفية في الخزانات الكبيرة أثراً تعويضياً لما ذُكر .

و لضمان و تسريع إنطلاق العمليات الحيوية يتم تلقيح خزانات التحلل الجديدة بكميات من الحمأة المأخوذة من خزان تحلل عامل ، حيث تقوم الحمأة التي هي في حالة متقدمة من التحلل بتوفير البكتريا الضرورية للعمليات الحيوية التي تتبع التحلل الأولي للمواد العضوية الخام بواسطة البكتريا اللاهوائية .

موقع الخزان

يجب أن يسمح موقع الخزان بتصريف سهل من المنزل إلى حفرة الترشيح كما يجب ترك المساحة الكافية لدخول سيارة الشفط .

حجم الخزان

العوامل الأساسية الواجب اعتبارها عند تحديد سعة خزان التحلل هي :

1 -معدل الجريان اليومي للمخلفات .

2 -مدة الحجز و هي من (1 – 3) أيام و تؤخذ عادة لتكون يوماً وحداً .

3 -مكان تخزين جيد للحمأة بحيث يكون التنظيف كل (2– 3) سنوات .

معدل الجريان يعتمد على معدل استهلاك الفرد للمياه في المنطقة ،حيث يكون معدل استهلاك الفرد في المناطق الريفية أقل منه في الحضر ، و لهذا يمكن توقع معدل جريان للفضلات يقل عن 100 لتر للشخص في اليوم في أغلب المناطق الريفية ، إلا أنه من الخبرة السابقة في هذا المجال دلت على عدم إمكانية إستخدام أرقام صغيرة كهذه عند تصميم خزانات التحليل . و لذلك نادراً ما يتم تنظيفها قبل أن تبدأ المشاكل في الظهور و لهذا يصبح من الأهمية بمكان أن تكون سعة الخزانات كبيرة إلى درجة تسمح بفترات معقولة لخدمة خالية من المشاكل ، و تمنع في نفس الوقت الضرر المتكرر و المتعاظم لأنظمة إمتصاص المياه الخارجة من الخزان بسبب تدفق الحمأة من الخزان .كما يمكن استخدام معدل تراكم الحماة و الذي يتراوح بين (0.03 – 0.04) م3 في السنة للشخص الواحد كما تؤخذ.

الفترة الزمنية بين عمليات التفريغ من سنتين إلى ثلاث سنوات و فيما يلي مثال لحساب سعة خزان تحلل يخدم 10 أشخاص :

يبلغ معدل تراكم الحمأة = 10* 0.04 =0.4 م3

و بعد ثلاث سنوات يصبح = 3 * 0.4 =10.2 م3

و بما أنه يتم تفريغ الخزان عندما يصل حجم الحمأة إلى حوالي ثلث سعة الخزان من السوائل

تكون سعة الخزان = 1.2 *3 = 3.6 م3

و يمكن أن يتم تصميم خزانات التحلل للمدارس أو المستشفيات أو أية مؤسسات عامة تسمح بفترة احتجاز تقل عن 24 ساعة عندما يتم تصريف المياه الخارجة من الخزان إلى شبكة الصرف الصحي حيث يتوقع في حالات كهذه أن تتعرض خزانات التحلل إلى حملات صيانة و تفتيش منتظمة بما في ذلك تنظيف أكثر تكراراً من ذلك الخاص بخزانات التحلل الموجودة في المنازل .

شكل الخزان

يؤثر شكل الخزان على سرعة تدفق المياه خلاله وعمق تراكم الحمأة ووجود أو عدم وجود مناطق راكدة داخل الخزان فإذا كان الخزان عميقاً تقل الأبعاد الأخرى ، مما يؤدي إلى أن تكون حركة تدفق مباشرة من المدخل إلي المخرج لتقل نتيجة لذلك فترة الاحتجاز .

أما إذا كان الخزان ضحلاً يصبح الفراغ المعد لتراكم الحمأة صغيراً جداً مما يؤدي إلى التقليل من مقطع الخزان العرضي . أما إذا كان العرض كبيراً تتكون جيوب راكدة و بأحجام كبيرة في الزوايا حيث تقل أو تنعدم حركة المياه و أخيراً إذا كان الخزان ضيقاً تصبح سرعة الجريان كبيرة إلى درجة تتعارض مع عملية ترسيب فعالة .

ومن الواجب تصميم الخزانات المستطيلة بحيث لا يقل الطول عن ضعفي العرض ولا يزيد على ثلاثة أضعافه ، أما عمق السوائل فيجب أن لا يقل عن متر واحد وأن لا يزيد على 1.8م من الخزانات الكبيرة أم الفراغ المطلوب فوق سطح الماء فهو30 سم في العادة .

تجهيزات المدخل والمخرج

يمكن أن يكون دخول المخلفات إلى خزان التحليل عن طريق وصلة من وصلات المواسير الصحية عل شكل T أو كوع يزيد قطرها على 10 سم ويجب أن يمتد فرعها الرأسي إلى نحو 20% من عمق السائل . ويمكن أن يكون منفذ الخروج من خزان التحليل وصلة على

شكل T أيضاً أو حاجز لتنظيم خروج المياه وتوضع الوصلة بحيث يقع قاع الفرع الأفقي أسفل مستوى ماسورة الدخول ، ويمتد فرعها الرأسي إلى ما فوق السطحين العلوي والسفلي لطبقة الخبث وإلى نحو 40% من عمق السائل ، ويجب تزويد الخزان بفتحات تفتيش تسمح بدخول رجل ، وتستخدم كوسيلة للكشف على خزان التحليل وتفريغ الحماة المترسبة ، ويجب أن تكون هذه الفتحات محكمة الغطاء أيضاً لمنع تصاعد الروائح .

ونظراً لأن عملية الهضم لا هوائية ، ولا تتطلب أكسجين فالتهوية المباشرة غير ضرورية ومع هذا فيجب إتخاذ التدابير اللازمة للسماح بخروج الغازات التي تنتج في الخزان وذلك من خلال ماسورة التهوية .

إنشاء وتشغيل خزانات التحلل

يجب أن تكون خزانات التحلل محكمة لا يرشح منها الماء ومتينة وثابتة إنشائياً وتفي الخرسانة المسلحة بهذه المتطلبات ولكن يجب إحكام سد الخزانات بعد الإنشاء بالطلاء أو بطبقة بتيومينية أو مواد أخرى مكافئة للبتيومين في الخواص منعاً لنفاذ الماء ويجب سد منافذ مواسير الدخول والخروج بمركب لحام يتماسك مع كل من الخرسانة والمواسير و يجب اختبار الخزان بعد الإنشاء للتأكد من عدم تسرب المياه منه .

و أهم متطلبات الإنشاء هو أن يكون الخزان أفقي المستوى وعلى عمق يتيح التدفق الملائم بالانسياب الطبيعي تحت تأثير الجاذبية الأرضية من المنزل والمتوافق مع منسوب قاع ماسورة صرف المنزل ويجب أيضاً أن يكون الوصول إليه سهلاً حتى يسهل فحصه وصيانته وإخراج الحمأة منه .

حفرة الترشيح

عبارة عن حفرة محفورة في الأرض و بعمق كاف بحيث لا يقل عن 1.8 متر كحد أدنى داخل طبقات التربة المسامية ، أما قطر الحفرة الأكثر شيوعا فيتراوح ما بين (1 – 2.5) م و يتم تبطين الجدران بالأحجار أو البلك و بدون استخدام خلطة الإسمنت تحت منسوب الأنبوب الداخل و يجب تغطية حفرة الترشيح بإحكام لمنع دخول المياه السطحية و البعوض و الذباب .

و إذا لم تكن التربة التي أقيمت الحفرة بها مسامية بشكل كاف تتراكم المخلفات السائلة تدريجيا مما يؤدي إلى فيضان الحفرة في النهاية ، خاصة إذا كانت المواد الناعمة الموجودة في المياه كبيرة و بسبب المواد الصلبة المتكونة نتيجة عمل الكائنات الدقيقة التي تنمو على حبيبات الرمل الملامسة للمياه و تؤثر هذه العوامل على فترة الخدمة المتوقعة لحفرة الترشيح التي يجب أن تصمم لفترة تتراوح من (6- 10) سنوات عادة إذا كانت المياه الواصلة إلى الحفرة قليلة العكورة كنتيجة للمعالجة الأولية الجيدة للفضلات و عند توقف حفرة الترشيح عن العمل يتوجب حفر واحدة أُخرى بعيدة عدة أمتار عن الأولى .

عيوب حفرة الترشيح تكمن في خطر تلوث المياه الجوفية ، ولهذا فمن الواجب إقامتها على مسافة لا تقل عن 30 متر من مصادر المياه .

الصيـانة

بعد اختبار خزان التحليل حديث البناء ، يتم تزويده بكمية (5-7 بوالد) من الحماة الناضجة من أحد الخزانات العاملة.

و مع أنه ينصح بتنظيف خزان التحلل كل سنتين أو أكثر ، إلا أنه من الواجب أن يتم فحص الخزان كل حوالي 12-18 شهرً في حالة المنازل ، كل 6 شهور في حالة المدارس

والمؤسسات العامة الأخرى بحيث يهدف الفحص إلى تحديد ما يلي :

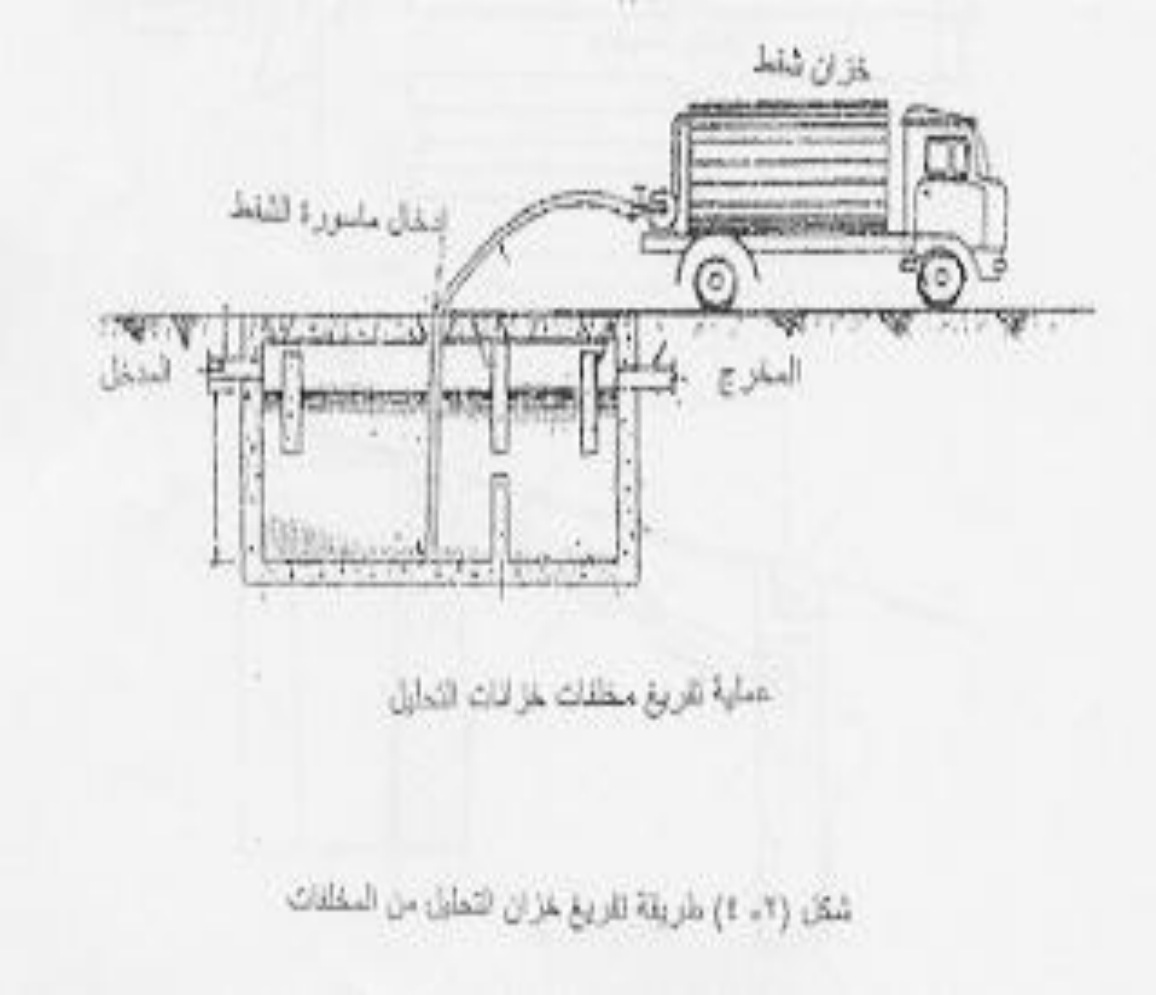
1 -المسافة ما بين أسفل الخبث الطافي و أسفل المخرج (المسافة الخالية من الخبث) إرجع للشكل 12

2 - عمق تراكم الحماة فوق أرضية الخزان .

من الواجب أن لا تقل المسافة الخالية من الخبث عن حوالي 5و7 سم و أن لا يزيد العمق الكلي للخبث و الحمأة المتراكمة على 50 سم .

و يجرى عادة إخراج الحمأة من الخزان بواسطة دلو ذي يد طويلة أو يمكن ضخها بواسطة عربات شفط خاصة .

و يحتوي الخبث و الحمأة المستخرج من خزانات التحلل عادة على بعض المواد غير المتحللة الضارة أو التي قد تحمل في طياتها خطراً على الصحة العامة و بهذا يجب أن لا يتم استخدامها كمخصبات زراعية ، و إنما يتوجب دفنها في خنادق ضحلة بعمق 60 سم .



عملية تفريغ محتويات خزانات التحلل

شكل (٢-٤) طريقة تفريغ خزان التحلل من المخلفات

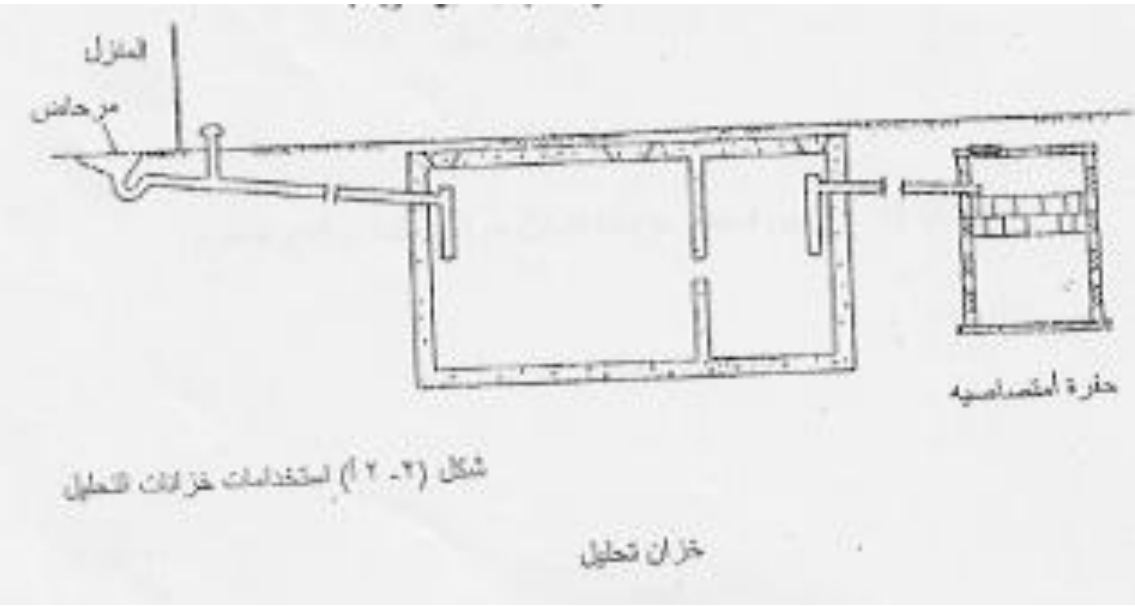
2-2 أنواع واستخدامات خزانات التحليل

استخدام خزانات التحليل لمعالجة المجاري يعتبر من الأمور المعروفة والمعتادة في كل أقطار العالم وبالأخص للمنازل والمباني المعزولة خارج المدن والتجمعات السكانية الصغيرة وهذا بشكل عام هو الاستخدام الأساسي لخزان التحليل والجديد في استخدامات خزانات التحليل هو استخدامها كوسيلة من ناحية لإنشاء شبكات صرف صحي اقتصادية وقليلة الكلفة ومن ناحية ثانية وسيلة لمعالجة المجاري أولياً حتى تقلل من المعالجة الثانوية .

وهذه هي أهم مجالات استخدامات خزانات التحليل والتي يمكن استعراضها على النحو التالي :

1-2-2 معالجة وترسيب المواد العالقة قبل الحفر الامتصاصية

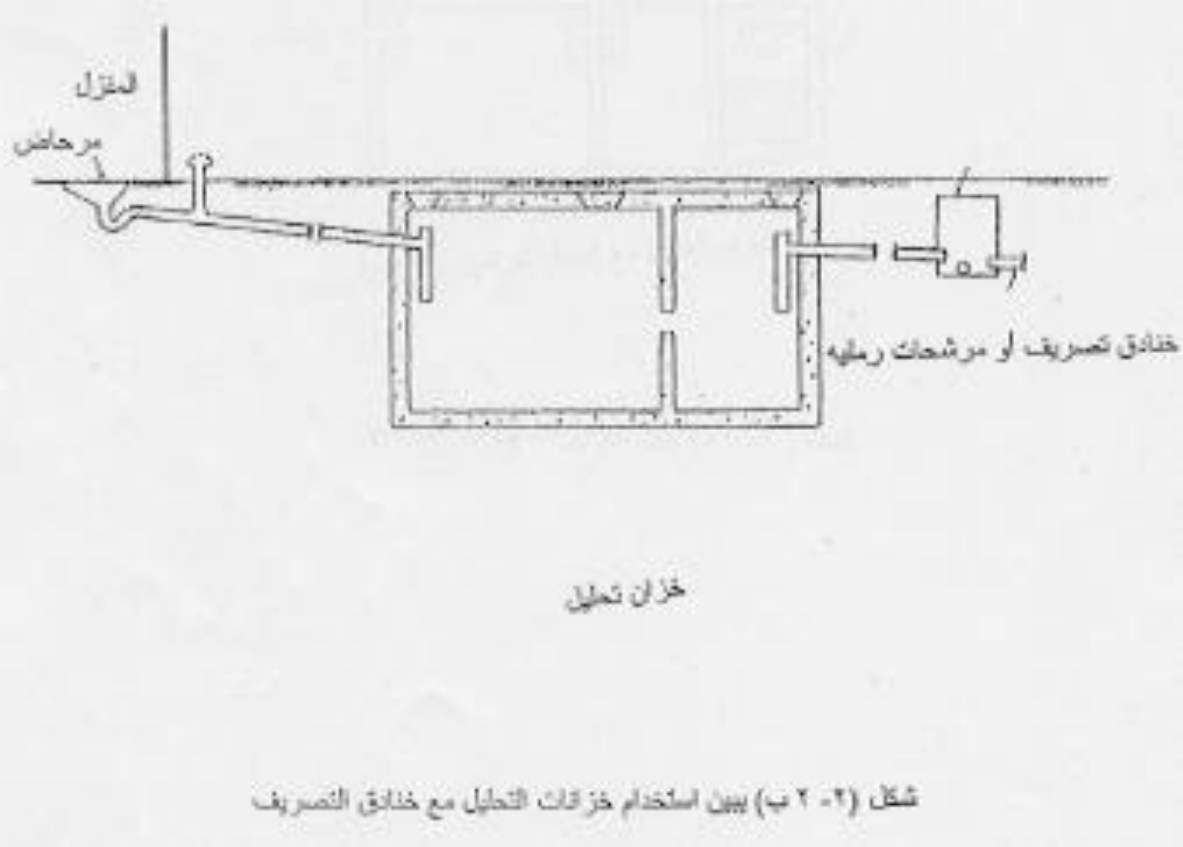
حيث يتم تنفيذ خزانات تحليل لاستقبال المجاري من منزل أو منشأة أو عدة منازل بغرض ترسيب وتحليل المواد العالقة العضوية وغير العضوية لمدة مكث محددة حسب التصميم (12 – 24) ساعة وبعد ذلك تصرف المياه الناتجة إلى حفرة امتصاصية والهدف من خزان التحليل في هذه الحالة هو معالجة المجاري أولياً الشي الذي يعمل على حجز المواد الضارة يساعد الحفر الامتصاصية على الاستمرار لمدة أطول واستيعاب أكبر كمية من مياه المجاري لتصريفها عبر التربة



شكل (٢- ٢) استخدامات خزانات التحليل

2-2-2 معالجة المجاري قبل تصريفها عبر خنادق التصريف والمرشحات الرملية

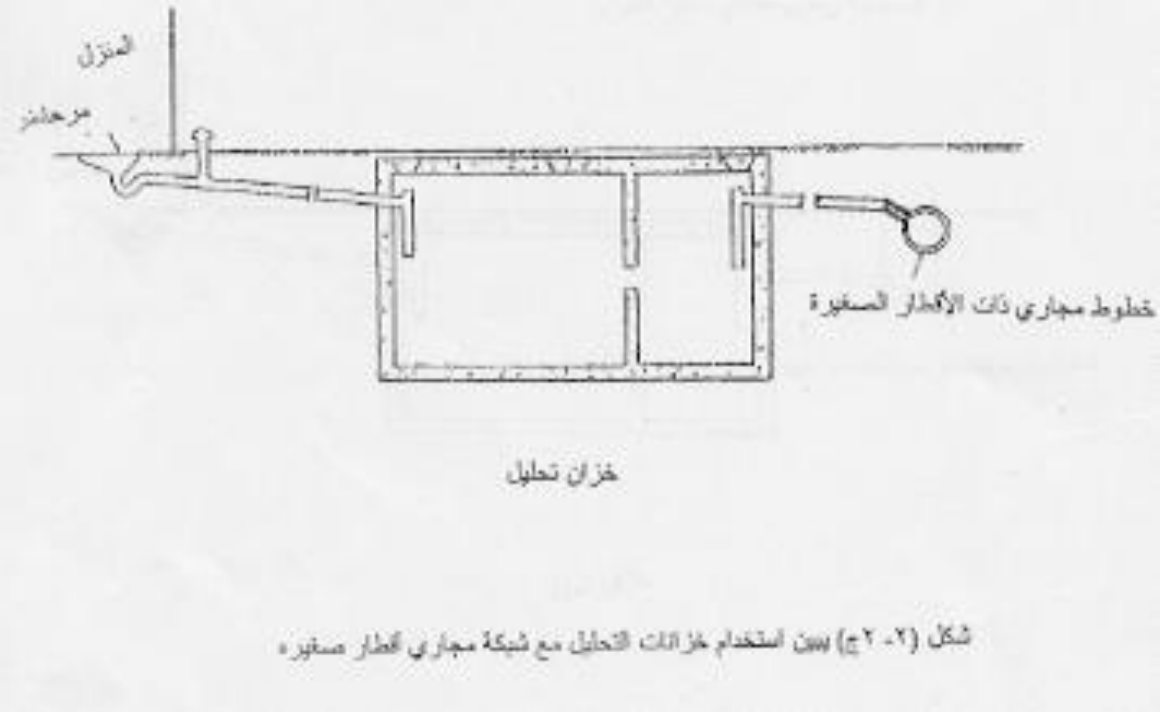
وكما قلنا أنفاً فإن الهدف من خزان التحليل هو عملية معالجة وتحليل المواد العضوية المترسبة وأن المياه الناتجة من الخزان في هذه الحالة يتم تصريفها عبر خنادق تصريف في أرض زراعية للاستفادة منها في ري النباتات أو الأشجار تحت سطح الأرض أو يتم تصريفها عبر مرشحات رملية لاحتجاز المكروبات والبكتيريا ثم تصرف عبر أي مجرى مائي للاستفادة منها وهذا النوع من التصريف يكون أفضل من الحفر خاصة في حالة عدم إمكانية حفر الحفر الامتصاصية أو ارتفاع منسوب المياه الجوفية أو السطحية وحتى نتفادى عملية التلوث.



شكل (٢- ٢ ب) يبين استخدام خزانات التحليل مع خنادق التصريف

3-2-2 المعالجة الأولية قبل شبكة المجاري ذات الأقطار الصغيرة

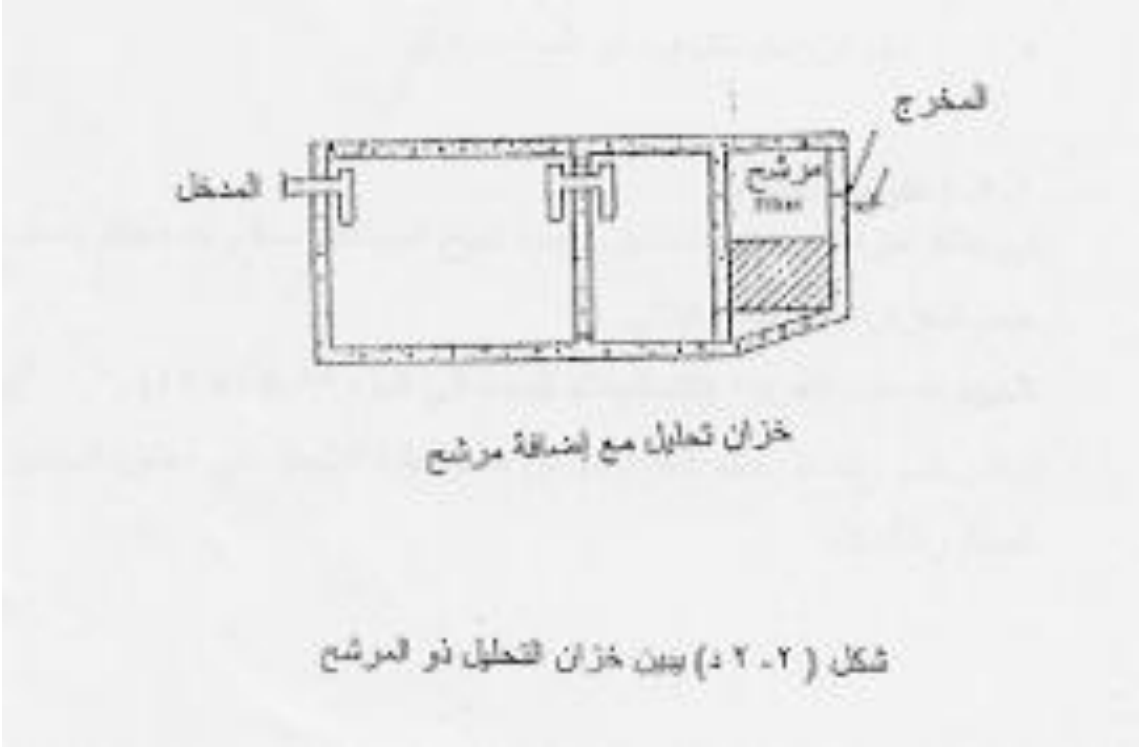
وهذا الوضع يعتبر وسيلة لتنفيذ شبكات صرف صحي رخيصة التكلفة في التنفيذ والتشغيل أيضاً حيث تصبح عملية المعالجة للمجاري فيما بعد معالجة ثانوية مما يقلل في مساحة وتكاليف محطة المعالجة وسوف يتم الحديث عن هذا النوع من شبكات الصرف في الأبواب القادمة .



شكل (٢- ٢ج) يبين استخدام خزانات التحليل مع شبكة مجاري أقطار صغيرة

وبالإضافة إلى ما تقدم نشير إلى الأنواع الأخرى من خزانات التحليل إذ هناك نوع أولي لخزانات التحليل ذات الغرفة الواحدة والذي يستخدم في حالة الكميات القليلة من مياه المجاري أو عندما يكون الخزان مقتصر على منزل واحد أو حد أقصى ثلاثة منازل يتدفق يصل إلى حوالي خمسة آلاف لتر أو بطول لا يتعدى 2,5م

وهناك النوع ذو الغرفتين بالإضافة إلى مرشح قبل الخروج وهذا تكون فيه المعالجة أكبر وأكثر كفاءة وتكون المياه الناتجة عنه أقل خطورة حيث يتم احتجاز أكبر قدر من المواد والمكروبات الضارة .



خزان تحليل مع إضافة مرشح

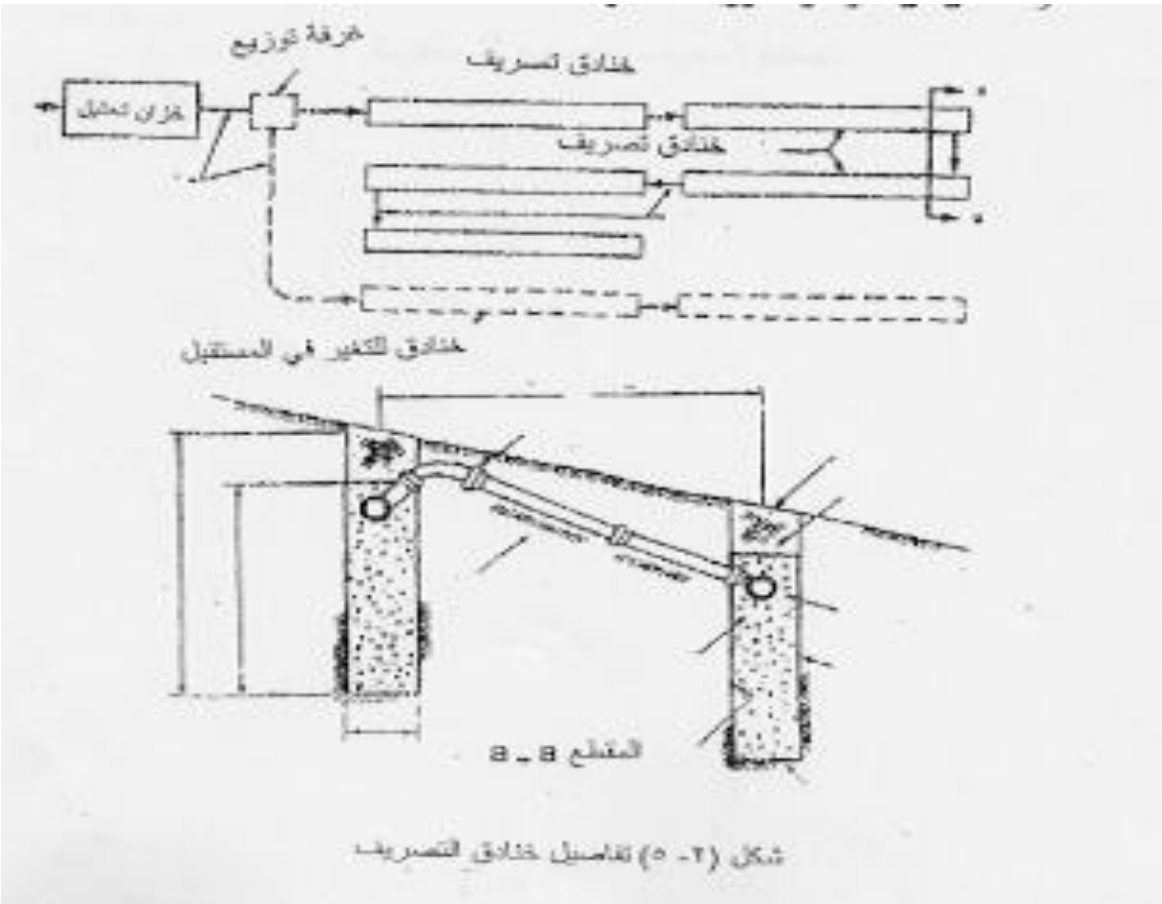
شكل (٢ - ٢ د) يبين خزان التحليل ذو المرشح

5-2 خنادق التصريف والمرشحات الرملية

بالنسبة لخنادق التصريف وكذا الحفر الامتصاصية فإنه يتم حساب المساحات المطلوبة على أساس مقدرة كل نوع من أنواع التربة لكمية المياه المترسبة مقدرة باللتر/للمتر المربع من سطح التربة بناء على الجدول التالي :

رمل خشن	50/ لتر/ اليوم
رمل ناعم	30/ لتر/ اليوم
تربة خشنة	20/ لتر/ اليوم
تربة مدكوكة أو متماسكة	10/ لتر/ اليوم

وبالنسبة للمياه الناتجة عن خزانات التحليل بالرغم إزالة معظم المواد العالقة إلا أنها تظل فيه كثيراً من الجراثيم أي أنها في الحقيقة لا زالت مياه مجاري تحتاج إلى معالجة وبالتالي فإن خنادق التصريف والمرشحات الرملية تقوم بإكمال عملية المعالجة والتخلص من المواد والمكروبات الضارة .



شكل (٢- ٥) تفاصيل خنادق التصريف

الجزء الثالث

شبكة الصرف الصحي

3 الصرف الصحي المركزي

3-1 شبكات الصرف الصحي المركزي وملحقاتها

3-2 مقدمة

تتكون شبكات الصرف الصحي المركزية من شبكة التجميع الفرعية والتي تتكون من غرف تفتيش صغيرة متصلة بالمواسير الخارجة من المنازل وهذه الرف بدورها تتصل بمواسير الشبكة الفرعية والتي تتراوح أقطارها بين 150مم و250مم . ويتم تجميع مياه الصرف الصحي التي تم تصريفها عبر الشبكة الفرعية في شبكة أخرى تسمى الشبكة الرئيسية حيث تتكون هذه الشبكة من غرف تفتيش أكبر حجماً ومواسير ذات أقطار أكبر حيث تبدأ أقطار الشبكة الرئيسية من 250 مم وما فوق حسب المساحة التي تخدمها هذه الشبكة . ويتم تجميع مياه الصرف الصحي من الشبكة الرئيسية عادة في خط رئيسي إلى محطة المعالجة . وفي حالة توفر الميول المناسبة فإن مياه الصرف الصحي تنساب في الشبكة بالانحدار الطبيعي دونما الحاجة إلى ضخها بمضخات رافعة . أما في المناطق ذات المساحات المسطحة والتي لا يمكن توفر الميول اللازمة لجريان مياه الصرف الصحي بالانحدار الطبيعي فيضطر في هذه الحالة إلى إنشاء محطات لرفع مياه الصرف الصحي حتى لا يتجاوز الحفر لخطوط الصرف الصحي إلى أعماق كبيرة تكون مكلفة اقتصادياً في الإنشاء والتشغيل والصيانة .

3-3 أنواع شبكات الصرف الصحي

(أ) شبكات صرف صحي مشتركة (Combined Sewerage System)

وتستخدم لتجميع مياه الصرف الصحي من المنازل والمخلفات الصناعية ومياه الأمطار.

(ب) شبكات صرف صحي منفصلة (Separate Sewerage System)

وتستخدم شبكة منفصلة لتجميع مياه الأمطار وشبكة أخرى لتجميع المخلفات السائلة والمخلفات الصناعية .

(ج) اختيار أنواع شبكات الصرف الصحي

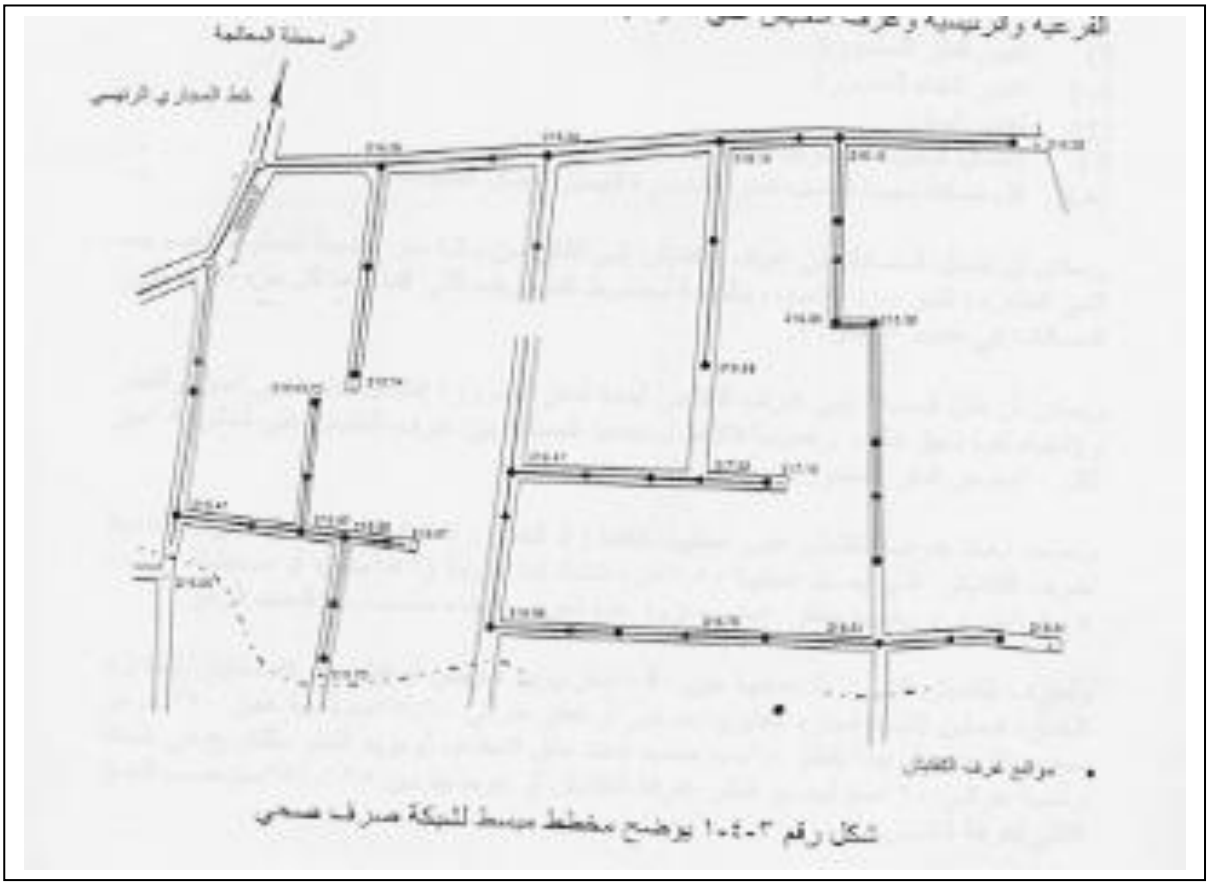
وتختلف كل مدينة أو منطقة عن الأخرى في الظروف والعوامل التي تؤثر في اختيار نوع شبكات الصرف ، فموسم الأمطار يقتصر في بعض البلاد على شهور الشتاء فقط ، أو فصل الصيف كما هو الحال في اليمن وفي بلاد أخرى على مدار العام كله ، وكثافة الأمطار ومدى تكرارها وشدتها وعلاقة ذلك بتصرفات المخلفات السائلة الأخرى وتأثير مياه الأمطار على طرق المعالجة المستخدمة ، وطرق التخلص من كل نوع من المخلفات ، وكذا طوبغرافية المدينة وتكاليف وتأثير إضافة مياه الأمطار أو فصلها على هيدروليكية المياه في مواسير الصرف ، وكذلك مدى التأثير على الصحة العامة ، وتكاليف الإنشاء كل هذه العوامل يجب

دراستها وتحليلها لاختيار نوع شبكة التجميع المناسبة التي تتوافر فيها شروط المحافظة على البيئة من التلوث وحماية المنشئات المختلفة وعدم التداخل مع معالجة المخلفات المنزلية والصناعية وتبسيط طرق الصيانة لشبكات الصرف الصحي . والنوع المستخدم في اليمن هو النوع الثاني أي شبكات الصرف الصحي المنفصلة نظراً لندرة هطول الأمطار وتوفيراً لتكاليف الإنشاء حيث عادة ما تكون الشبكات المشتركة أكثر تكلفة نظراً لزيادة حجم الشبكة وملحقاتها .

4 3 شبكات الصرف الصحي المنفصلة

يتم في هذه الشبكات تجميع المخلفات من المنازل والمنشآت الصناعية بعد معالجتها معالجة أولية . وكما سبقت الإشارة فإن هذا النوع هو المستخدم في اليمن لندرة الأمطار وهطولها بكميات كبيرة في فترة وجيزة الأمر الذي يجعل هذا النوع من الشبكات هو الأمثل في مثل هذه الأحوال.

وتتكون شبكات الصرف الصحي من غرف التفتيش المنزلية تليها الخطوط الموصلة من هذه الغرف إلى الخطوط الفرعية والتي بدورها تصرف مياه الصرف الصحي إلى الخطوط الرئيسية ومن ثم إلى خط التجميع الرئيسي الذي بدوره ينقل مياه الصرف الصحي إلى محطة المعالجة.
والشكل رقم 3-2-1 يوضح مخطط مبسط لشبكة صرف صحي مبسطة توضح الخطوط الفرعية والرئيسية وغرف التفتيش على الشبكة .



وفي حالة توفر الميول المناسبة فإنه يتم تصريف مياه الصرف الصحي بالانحدار الطبيعي دون الحاجة إلى استخدام محطات لضخ أو رفع المياه في الشبكة . وفي حالة المناطق المنبسطة يتطلب الأمر إنشاء محطات لرفع وضخ مياه الصرف الصحي تفادياً للحفر إلى أعماق كبيرة وبالتالي خفض تكاليف الإنشاء .

3 5 ملحقات شبكات الصرف الصحي

3 5 1 غرف التفتيش

وتنشأ من مباني الطوب أو الخرسانة العادية أو الخرسانة المسلحة ، وتكون مربعة أو مستطيلة أو دائرية ، ويكون سطح غطائها مع منسوب سطح الشارع ، وقاع غرفة التفتيش يكون منسوب قاع الماسورة وتختلف أبعاد غرفة التفتيش حسب عمقها الذي يرتبط ارتباطاً مباشراً بعمق المواسير . وعموماً تكون أبعادها كافية لتتسع لأعمال الصيانة . ويلزم إنشاء غرف التفتيش عند :

(أ) تغيير قطر الماسورة
(ب) تغيير اتجاه الماسورة
(ج) تغيير الميل
(د) اتصال خطوط التصريف ببعضها
(هـ) كل مسافة معينة تناسب قطر الماسورة لتيسير أعمال الصيانة

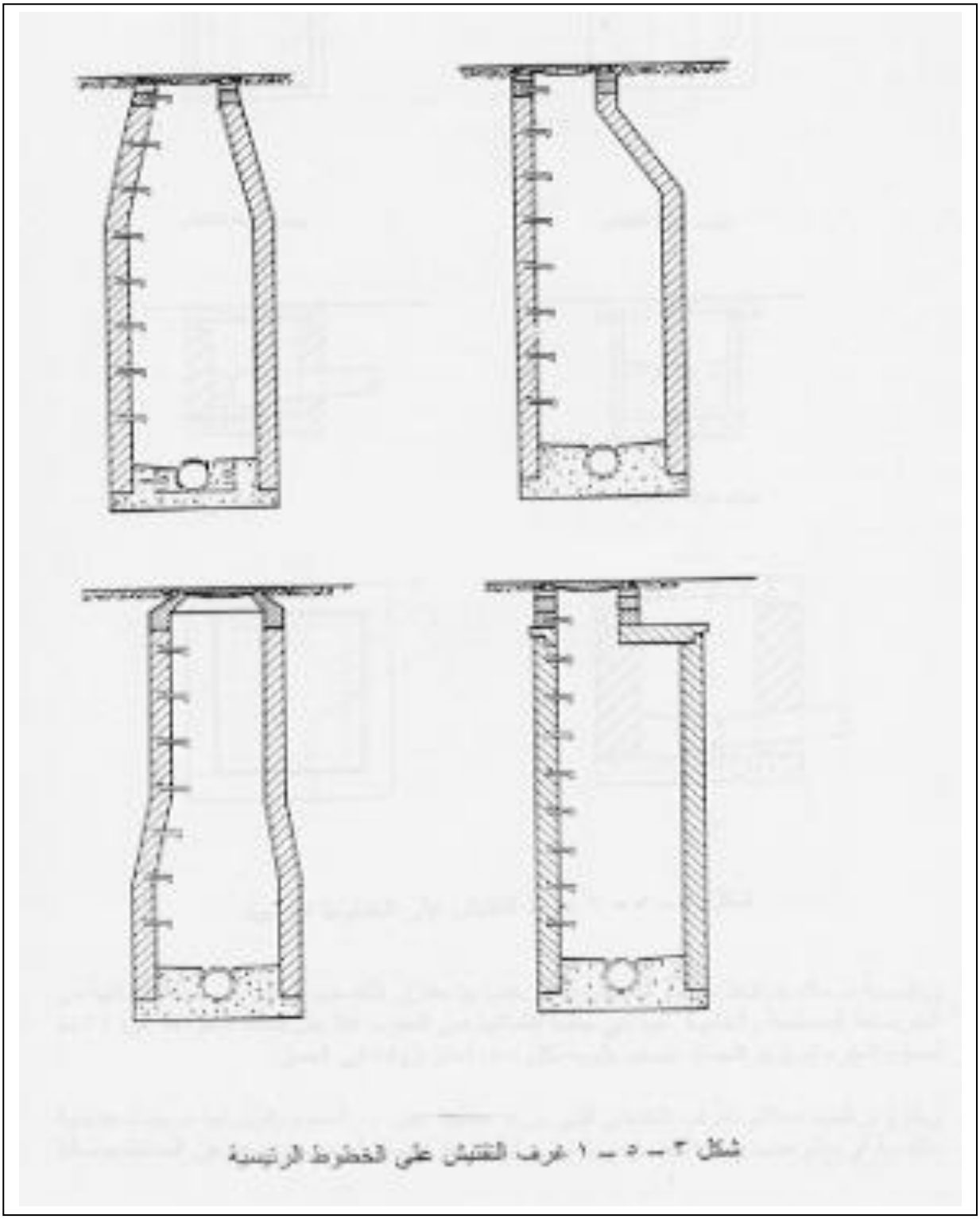
ويمكن أن تصل المسافة بين غرف التفتيش إلى أكثر من مائة متر بالنسبة لخطوط التصريف التي أقطارها أكبر من 90 سم ، وبالنسبة لخطوط التصريف التي أقطارها أقل من 60 سم تكون المسافات في حدود 75 متر .

ويمكن أن تقل المسافة بين غرف التفتيش لعدة أمتار لضرورة عند تغيير الميل والقطر والاتجاه كما سبق ذكره . وعموماً فالأفضل تحديد المسافة بين غرف التفتيش على أساس 15 متر لكل 10 سم من قطر الماسورة .

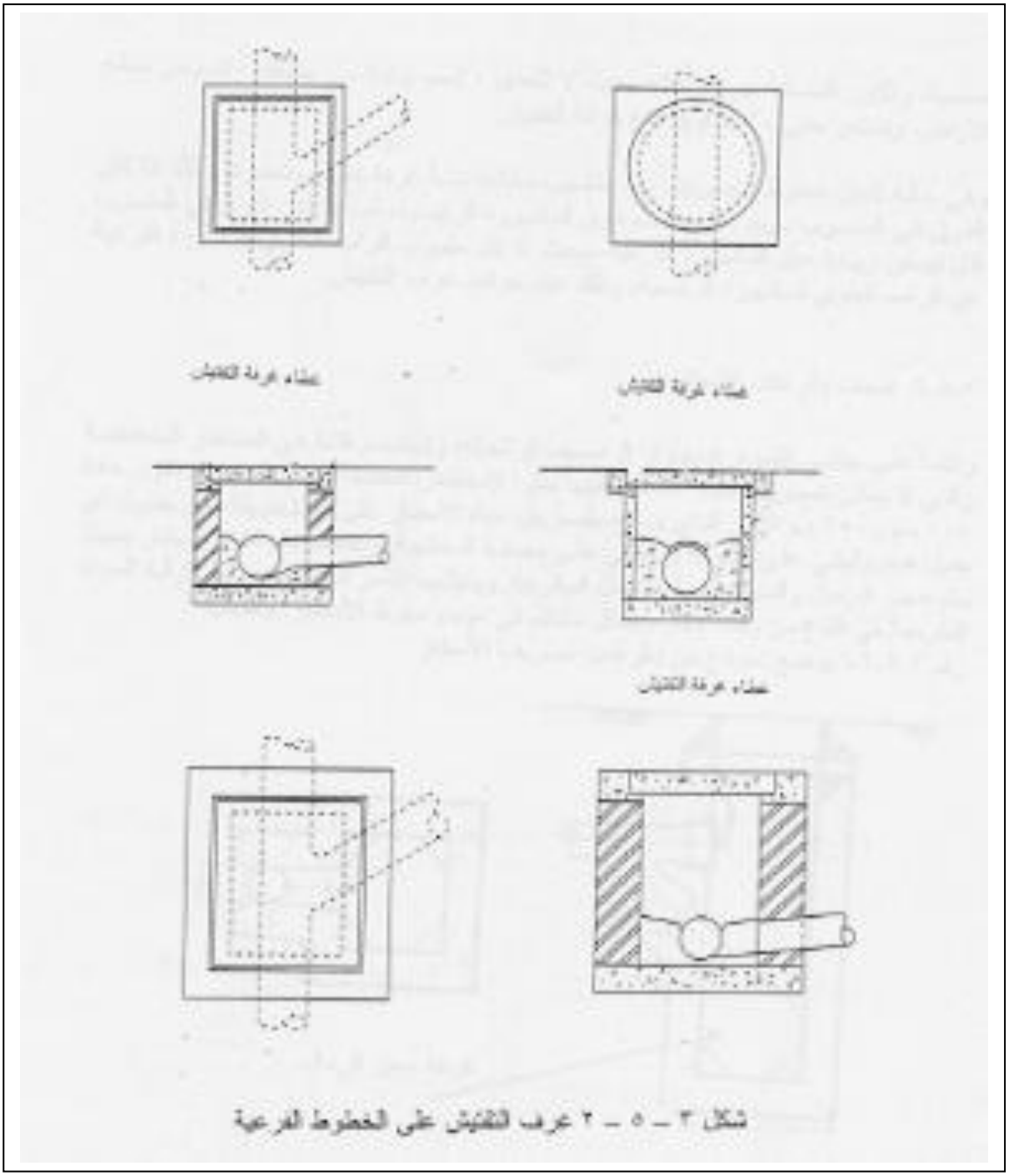
وتعتمد أبعاد غرف التفتيش على عمقها ، فكلما زاد العمق زادت أبعاد غرف التفتيش . فبالنسبة لغرف التفتيش التي يصل عمقها 1.50 متر تنشأ ، أما مربعة (1×1متر) أو مستطيلة (0.80 × 1.20 متر) أو دائرية بقطر 1 متر ، وتزود الغرفة بغطاء مناسب من الحديد الزهر.

ولغرف التفتيش التي يزيد عمقها عن 1.50 متر يزيد عرض أو قطر غرفة التفتيش كلما زاد العمق ، فيمكن إنشاء الجزء العلوي بعرض أو قطر حوالي 60 – 75 سم لغاية عمق 120 سم من سطح الأرض ، أو يبدأ بقطر 60سم ، حسب أبعاد حلق الغطاء ، ثم يزيد القطر بالتدرج في مسافة رأسية حوالي 120سم ليصير قطر غرفة التفتيش أو عرضها بين 125 – 150 سم حسب العمق الكلي لغرفة التفتيش .

وعادة تنشأ غرف التفتيش العميقة دائرية لعمق أكبر من 180سم ، لأن الشكل الدائري أكثر مقاومة للضغوط الجانبية الخارجية . والشكل 3-5 –1 و3-5-2 تبين نماذج مختلفة لغرف التفتيش.



شكل ٣ – ٥ – ١ غرف التفتيش على الخطوط الرئيسية



وبالنسبة لسمك حوائط غرف التفتيش يمكن حسابها بطرق التصميم العادية في حالة إنشائها من الخرسانة المسلحة والعادية . أما في حالة إنشائها من الطوب فلا يقل سمك الحوائط عن 24 سم لعمق 2 متر ، ثم يزيد السمك نصف طوبة لكل 1.50 متر زيادة في العمق .

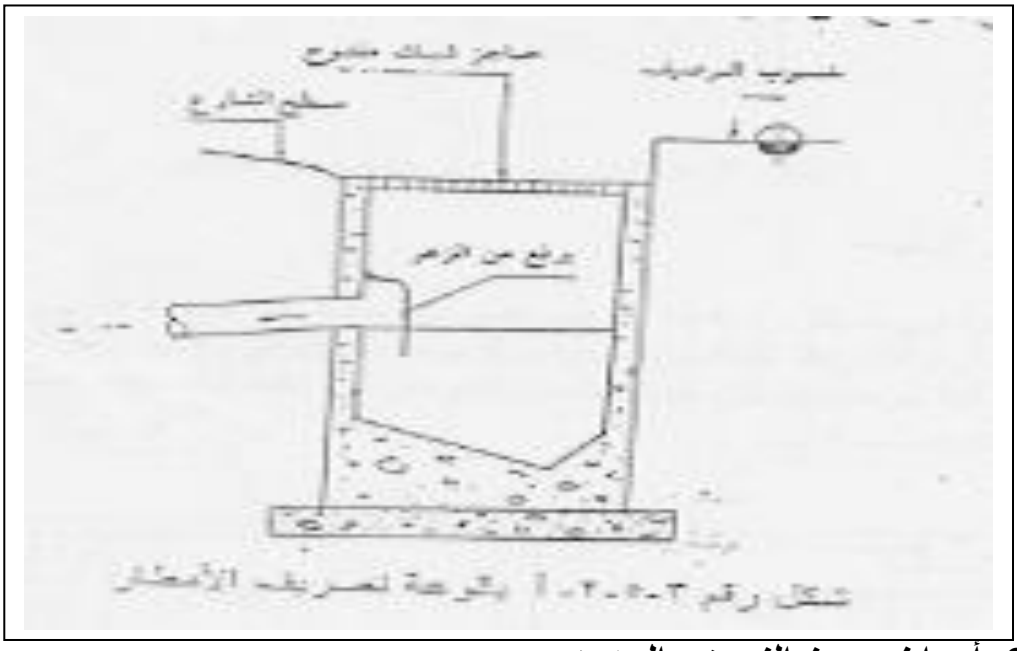
ويلزم تركيب سلالم لغرف التفتيش التي يزيد عمقها عن 100 سم وتكون أما درجات حديدية مناسبة أو سلم حديدي ، والأفضل زيادة في الأمان تركيب سلم حديدي يبعد عن الحائط بمسافة

مناسبة ، وتكون المسافة بين درجاته بحيث لا تتعدى 30 سم وتبدأ من مسافة 40 سم من سطح الأرض ، وتستمر حتى 30 سم فوق قاع غرفة التفتيش.

وفي حالة تقابل خطوط التصريف عند مناسيب مختلفة تنشأ غرفة تفتيش منحدرة . وذلك إذا كان الفرق في المنسوب يزيد عن 60سم فوق الماسورة الرئيسية ، أما إذا كان الفرق في المنسوب أقل فيمكن زيادة ميل الماسورة الفرعية ، بحيث لا يقل منسوب الراسم العلوي للماسورة الفرعية عن الراسم العلوي للماسورة الرئيسية ، وذلك عند حوائط غرف التفتيش .

3 5 2 فتحات بالوعات الأمطار :

وتنشأ على جانبي الشوارع بجوار الرصيف أو تحته ، وتستخدم فقط في المناطق المنخفضة والتي لا يمكن تصريف مياه الأمطار فيها نظراً لانخفاض المنطقة وقط الماسورة تكون عادة 100 مم و 150 مم الأمر الذي يسمح بتصريف مياه الأمطار على فترة طويلة دون حدوث أي حمل هيدروليكي على الشبكة وبالتالي على محطة المعالجة . وتصمم بالوعات الأمطار بحيث يتم حجز الرمال والمواد الصلبة أسفل البالوعة . ويتطلب الأمر تنظيفها دورياً لإزالة المواد المترسبة في ألقاع من وقت لآخر وبشكل منتظم في موسم سقوط الأمطار . والشكل رقم 3-5-2-أ يوضح نموذج من بالوعات تصريف الأمطار .



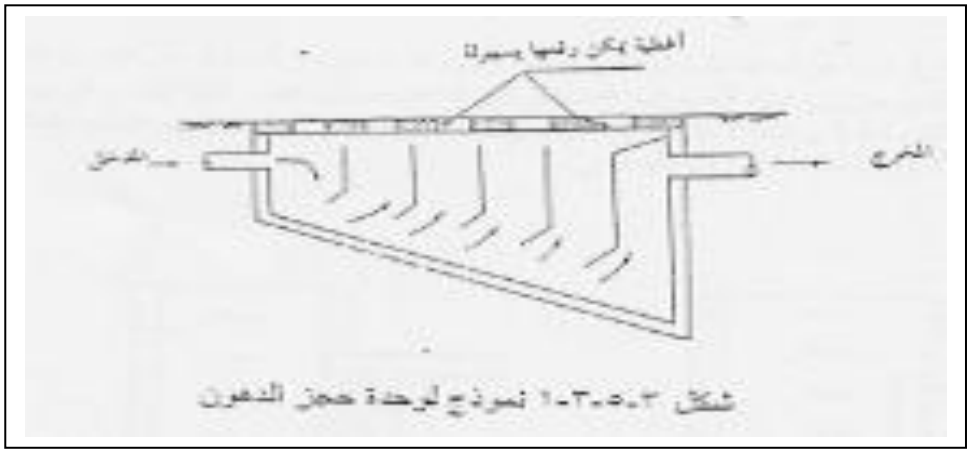
3 5 3 أحواض حجز الزيوت والدهون :

وتستخدم منها عدة أنواع ، تنشأ كأحواض صغيرة من الطوب أو الخرسانة ، أو تركب كوحدة جاهزة صغيرة من الحديد أو الألياف الزجاجية أو البلاستيك أو أي مادة أخرى ، وتكون ضرورية في المنشآت التي تصرف ضمن مخلفاتها السائلة كميات كبيرة من الدهون ، مثل

الفنادق والمطاعم ومحطات خدمة السيارات . وأشكالها متعددة ولكنها تعتمد على أن الزيوت أخف في الكثافة ويمكن تجميعها على السطح ثم تصرف المياه من أسفل الحوض .

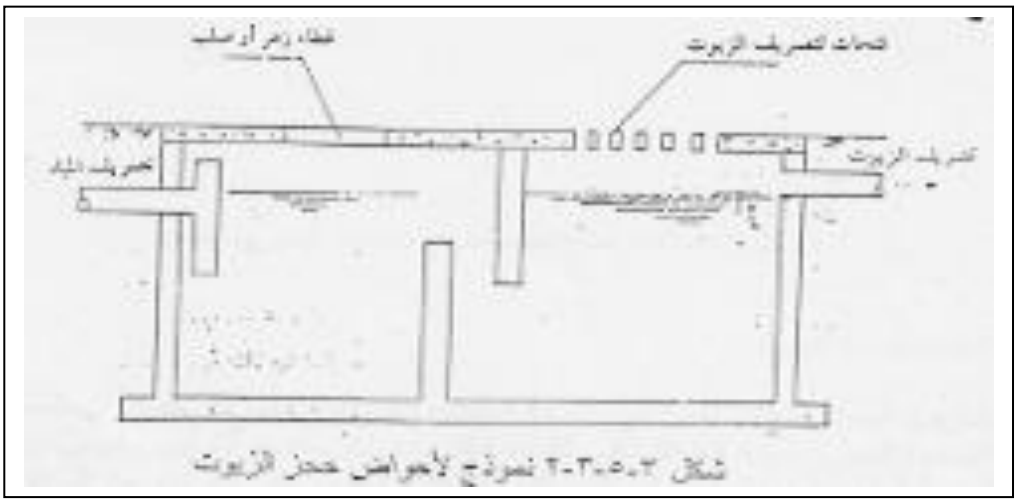
3-5-3-1 حجز الدهون

ويبين شكل 3-5-3-1 نموذج مبسط يمكن تنفيذه من الحديد أو أي مادة سهلة التشكيل ، ويمكن أيضاً بناؤه من الطوب أو الخرسانة . ويستخدم هذا النوع في المطاعم والفنادق لحجز الدهون الناتجة عن غسيل الأطباق وبقايا الطعام . ويحدد سعته وشكله حسب عدد الوجبات التي يقوم بإعدادها المطعم وكمية الزيوت المقدرة حجزها .



3-5-3-2 حجز الزيوت

والنموذج المبين في شكل 3-5-3-2 يستخدم في محطات خدمة السيارات ، ويقوم بحجز الزيوت ، والرمال والأتربة ، تصريف الزيوت بدون أي رمال . ويتم تصريف الزيوت من سطح الحوض ، أما الرمال فيمكن تفريغها من الحوض كل عدة أيام حسب استعمال الحوض .

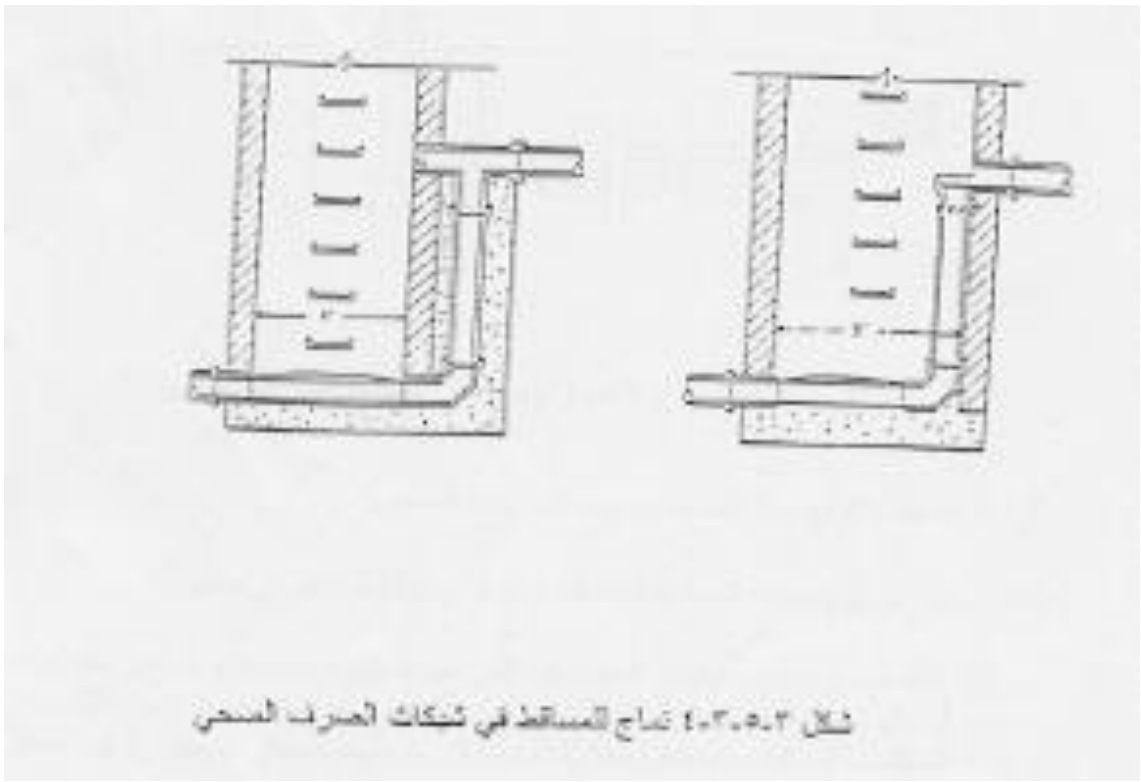


وتحتاج أحواض حجز الدهون والزيوت إلى عناية في تشغيلها لضمان عدم تسريبها إلى خطوط التصريف لتلافي ما يمكن أن تسببه من مشاكل في المواسير ومحطات الرفع ومحطات المعالجة .

وأحياناً توجد ضمن وحدات معالجة المخلفات السائلة أحواض لحجز الزيوت والدهون في حالة وصول نسبة منها إلى أعمال المعالجة .

4 5 3 المساقط

وهي عبارة عن غرف تفتيش توضع للتحكم في عدم تجاوز الميول عن الحدود المسموح بها وذلك لتفادي جريان مياه الصرف الصحي في الخطوط بسرعات عالية تؤدي في وجود الرمال والمواد الصلبة إلى تآكل جدران المواسير . الشكل رقم 3-5-4 يوضح نموذجان للمساقط المستخدمة في شبكات الصرف الصحي .

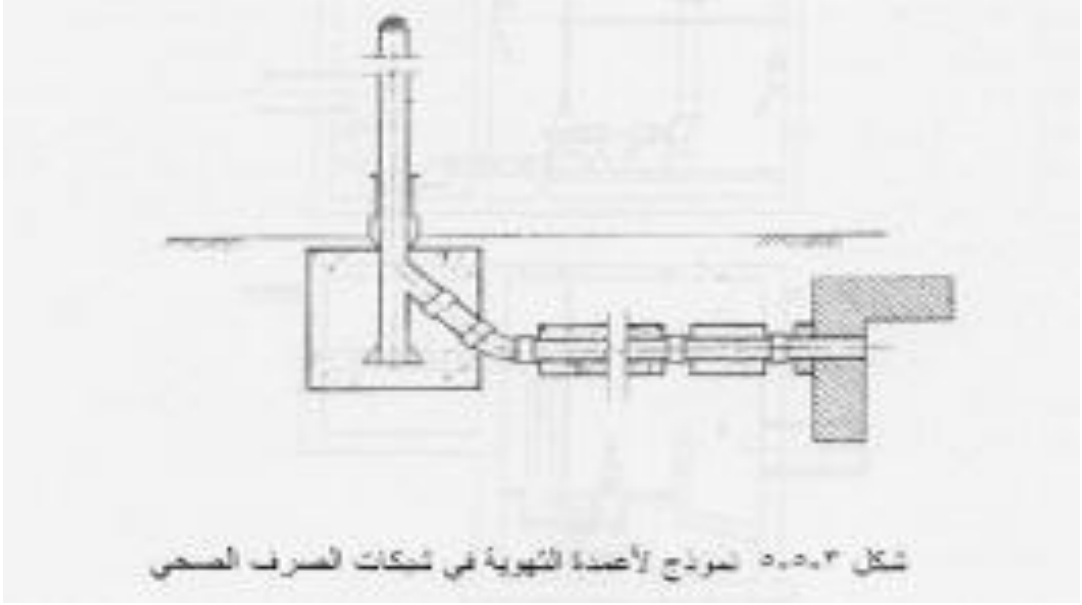


شكل ٣-٥-٤: نماذج للمساقط في شبكات الصرف الصحي

5 5 3 أعمدة التهوية

يتعرض العمال اللذين يعملون في صيانة شبكات التصريف وأحواض المجاري المحكمة ، إلى التسمم والضرر بسبب غازات ثاني أكسيد الكبريت وثاني أكسيد الكربون والميثان ، والغازات البترولية ووجود هذه الغازات أكيد نظراً لتحلل ما يترسب في المواسير من المواد العضوية وتساعد حرارة الجو على ذلك . ويمكن تصريف معظم هذه الغازات عن طريق أعمدة تهوية في

بداية خطوط التصريف . ويراعى وجود فتحات في أغطية غرف التفتيش ، أحياناً تساعد أعمدة التهوية في المباني على تصريف هذه الغازات . وفي حالة نزول أحد العمال داخل غرفة التفتيش يجب فتح غرفتي تفتيش قبل وبعد غرفة التفتيش المطلوب نزول العمال فيها ، ولا يسمح بنزول العامل إلا بعد حوالي نصف ساعة من فتح غرف التفتيش للتأكد من عدم وجود غازات سامة ، ويزيد العامل بجهاز تنفس قبل نزول غرفة التفتيش . ويراعى وجود عاملين على الأقل حول غرفة التفتيش على اتصال بالعامل الموجود بداخل غرفة التفتيش أو ماسورة التصريف . ثم يمنع التدخين تماماً بالداخل . وفي بعض الحالات يمكن الاستعانة بضاغط هواء للمساعدة في طرد الغازات من ماسورة التصريف وغرف التفتيش بحيث لا يوضع ملاصق لحافة غرفة التفتيش لاحتمال وجود غازات قابلة للاشتعال . والشكل رقم 3-5-5 يوضح أحد النماذج لأعمدة التهوية .



شكل ٣-٥-٥ نموذج لأعمدة التهوية في شبكات الصرف الصحي

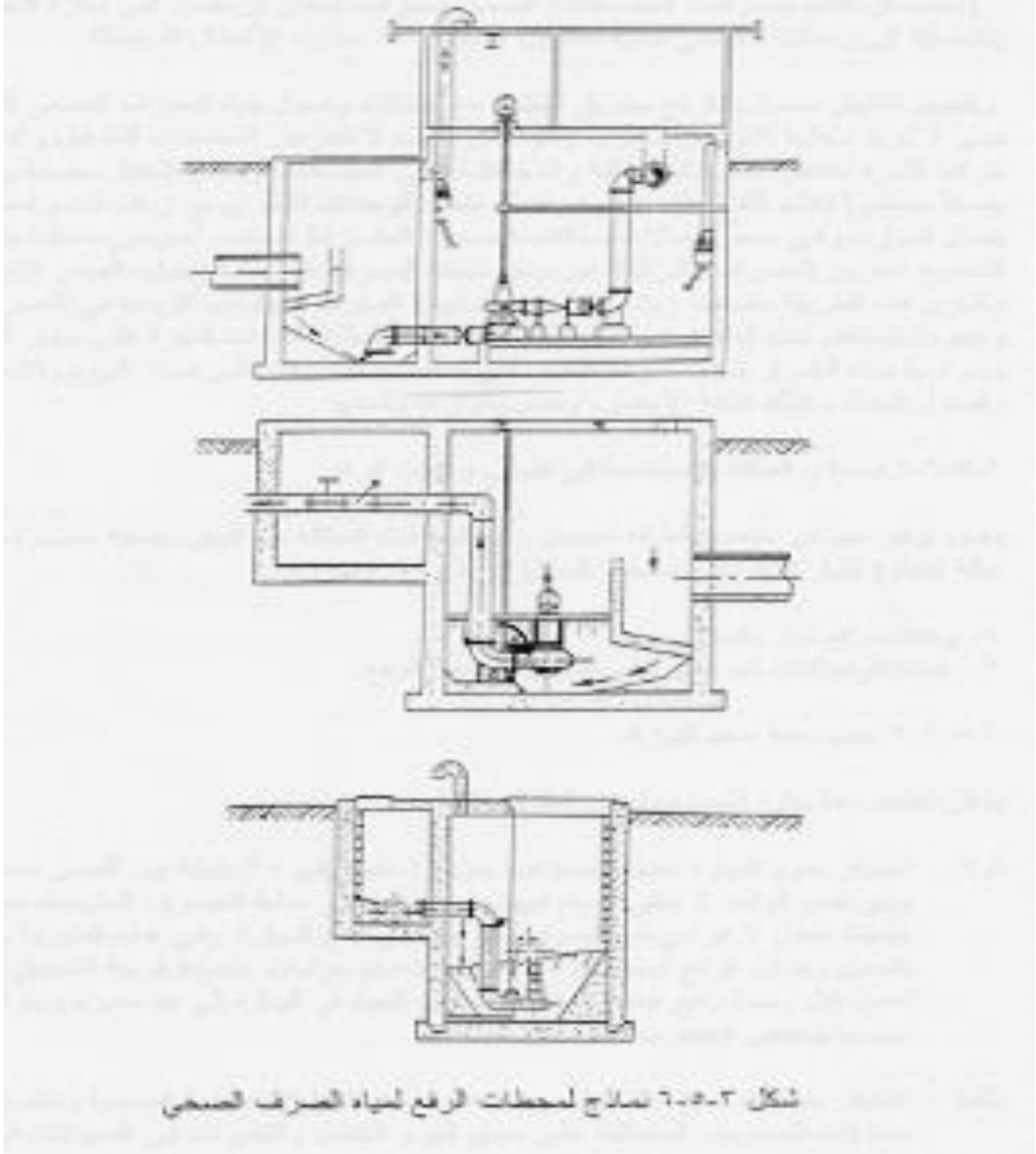
3 5 6 محطات الرفع وبيارات تجميع مياه الصرف الصحي

وتكون عادة في نهاية شبكة التجميع لمنطقة معينة أو مدينة وتستخدم في حالتين :

(أ) عندما يصل عمق ماسورة التصريف إلى مسافة كبيرة من سطح الأرض بحيث تصبح أعمال الحفر لتنفيذ خطوط التصريف غير اقتصادية أو عملية ، ويكون من الأفضل رفع المخلفات السائلة بواسطة وحدات تصب في خطوط انحدار جديدة . محطات كثيرة من هذا النوع في المدن الكبيرة .

(ب) في نهاية تجميع المخلفات السائلة من مدينة أو جزء من مدينة ، لرفع مياه الصرف الصحي لمحطة المعالجة أو للمكان المقترح للتخلص منها .

وتشمل محطات الرفع كما هو مبين في الشكل (3-5-6) بيارة تجميع للمخلفات السائلة ثم حيز منفصل توضع فيه المضخات بحيث تكون المحركات ولوحة التوزيع والتشغيل في غرفة أعلا غطاء البيارة . وتوضع في البيارة مصافي مناسبة لضمان منع المواد الطافية الكبيرة من الدخول في مواسير السحب لوحدات الرفع ، وتتصل ماسورة الطرد للمضخات بخط المواسير الصاعدة الذي يحمل المخلفات السائلة تحت ضغط إلى محطة المعالجة أو الموقع المقترح لإعادة استعمال مياه الصرف الصحي .



شكل ٣-٥-٦ نماذج لمحطات الرفع لمياه الصرف الصحي

وللتصرفات الكبيرة والمتوسطة ، يفضل وضع المضخات في منسوب أوطى من قاع بيارة التجميع ، لتظل ماسورة السحب مليئة عند توقف المضخات حتى يمكن تشغيلها بصورة طبيعية عندما يرتفع منسوب سطح المياه في بيارة التجميع إلى أعلا منسوب مسموح به ويجب تشغيل المضخات أتوماتيكياً بواسطة عوامات متصلة بلوحة التشغيل بحيث تعمل المضخات عندما يصل منسوب المياه إلى أقل منسوب في البيارة .

ويجب أن تلائم تصرفات المضخات ، أقصى تصرفات يمكن أن تصل إلى بيارة التجميع بالإضافة إلى وحدات احتياطي كافية للتشغيل المستمر عند حدوث الأعطال المحتملة .

ويفضل اختيار معدلات الرفع بطريق تتمشى مع معدلات وصول مياه الصرف الصحي للبيارة حتى لا تزيد سعتها أكثر لخفض استهلاك الطاقة والمحافظة على المضخات ويمكن تشغيل مضخة واحدة بصفة مستمرة تلائم التصرفات الصغيرة ، ثم تعمل الوحدات الأخرى مع زيادة التصرف الذي يصل للبيارة ، وفي بعض حالات شبكات الصرف المشتركة تستخدم أحواض ملحقة بشبكة التجميع لتخزين التصرفات الزائدة عن سعة شبكة الصرف في حالة زخات المطر الشديدة، وتقارن هذه الطريقة بإمكانية زيادة سعة خطوط شبكة الصرف لتستوعب الزيادة في التصرفات . وعموماً تستخدم هذه الطرق في حالة تكرار سقوط الأمطار لمرات كثيرة على مدار العام .
وبدارسة هذه الطرق يلزم معرفة التغير في معدلات الصرف على مدار اليوم والأسبوع وفصول السنة وكذلك كثافة الأمطار ، ومدى تكرارها وشدتها .

3 5 6 1 مصادر الطاقة المستخدمة في تشغيل وحدات الرفع :

يجب توفير مصادر متعددة للطاقة لضمان رفع المخلفات السائلة من البيارة بصفة مستمرة ، وفي حالة انقطاع التيار الكهربائي تستخدم البدائل الآتية :

1 -وحدات رفع تدار بالديزل
2 -استخدام مولدات كهربائية تكفي لتشغيل وحدات الرفع

3 5 6 2 تحديد سعة حجم البيارة :

يمكن تحديد سعة بيارة التجميع بإحدى الطرق الآتية :

أولاً : أختيار حجم البيارة بحيث تستوعب من 15 دقيقة إلى 30 دقيقة من أقصى تصرف ، وفي نفس الوقت لا تبقى المياه فيها وقت طويل في حالة التصرف المتوسط حتى لا يحدث تحلل لا هوائي في المواد المترسبة في قاع البيارة . وفي هذه الطريقة يكون تشغيل وحدات الرفع أبسط كما من قبل ، باستخدام عوامات متصلة بلوحة التشغيل بحيث تعمل كل وحدة رفع عندما يصل منسوب المياه في البيارة إلى حد معين ، ويتم إيقافها عندما ينخفض المنسوب لحد معين .

ثانياً : اختيار معدلات ضخ المضخات وعددها وتحديد السعة الاقتصادية المناسبة وذلك بتحليل معدلات التصريف المختلفة على مدى اليوم الكامل والتغيرات في المعدلات في أيام

السنة وكذلك معدلات سقوط الأمطار وخصائصها في حالة استخدام شبكات صرف منفصلة .

3 5 7 خط المجاري الرئيسي

يتم تجميع مياه الصرف الصحي من الخطوط الفرعية إلى الخطوط الرئيسية والتي بدورها تصرف هذه المياه إلى خط المجاري الرئيسي والذي بدوره ينقل المياه إلى محطة معالجة مياه . وعادة ما يكون قطر هذا الخط أكبر الأقطار في الشبكة على الإطلاق . ويتم تصميم هذا الخط ليخدم المناطق الحالية والمستقبلية ولفترة زمنية لا تقل عن عشرين عاماً .

وفي المناطق المسطحة يتم تجميع مياه الصرف إلى محطة ضخ حيث يتم ضخ المياه بواسطة مضخات عبر خط المجاري الرئيسي الناقل إلى محطة المعالجة .

3 6 تصميم شبكات الصرف الصحي

يجب أن يتم عمل الدراسات التمهيدية قبل إعداد الدراسات والتصاميم ووثائق المناقصات لأعمال مشروع الصرف الصحي . وتحتاج أعمال تصميم شبكات الصرف الصحي إلى معلومات وبيانات أساسية تشمل :

1 -خرائط كنتورية شاملة للمنطقة
2 -الكثافة السكانية والمناطق الصناعية والتجارية
3 -خرائط تفصيلية تشمل مخارج الصرف من المباني ومناسيب البدرومات
4 -قطاعات تفصيلية تبين مواقع المرافق الأخرى مثل خطوط المياه والكهرباء والتليفون والغاز وغيرها
5 -قطاعات طويلة تبين طبيعة التربة والطبقات الصخرية ومنسوب المياه الجوفية
6 -الموقع التي يفضل اختيارها لمحطات الرفع إذا احتاج الأمر لها
7 -الموقع المناسب للتجميع النهائي وتبعاً لذلك اختيار المجمعات الرئيسية والخطوط التي تصب فيها
8 -تخطيط الاتجاهات للمواسير الفرعية بحيث تكون ميلها مع ميول سطح الأرض كلما أمكن ذلك لخفض التكاليف الإنشائية وتكاليف الصيانة .

3-6-1 كمية مياه الصرف الصحي

عند تصميم شبكات الصرف الصحي المعتادة يجب أن لا يقل استهلاك الفرد عن 60 لتر في اليوم تتمكن المياه من نقل المخلفات الصلبة ويتم الحصول على سرعة التنظيف الذاتي في خطوط الشبكة وفي حالة عدم تحقق هذا الشرط يتطلب الأمر غسيل وتنظيف الشبكة من وقت لآخر الأمر الذي يزيد من أعباء التشغيل والصيانة وبالتالي زيادة نفقات التشغيل والصيانة ومن ناحية أخرى تتعفن المجاري في الشبكة وتصبح مصدر للروائح الكريهة كما أن هذا يؤدي إلى تآكل المواسير وغرف التفتيش وملحقات الشبكة وبالتالي تقصير العمر الافتراضي لشبكة الصرف الصحي .

3-6-2 أنواع المواسير المستخدمة وأقطارها

تصنع المواسير لخطوط شبكة الصرف الصحي من مواد مختلفة ويتم إختيار نوع المواسير بحسب طبيعة مياه الصرف الصحي والمنطقة التي سيتم تنفيذ شبكة الصرف الصحي فيها سواء من حيث المناخ أو طبيعة الأرض مثل أن تكون مناطق صخرية أو تربة عادية . وعموماً تستخدم الأنواع التالية من المواسير :

1 -مواسير من الإسبستوسمنت
2 -مواسير من الحديد الزهر
3 -مواسير إسمنتية
4 -مواسير فخارية
5 -مواسير من الحديد الزهر المرن
6 -مواسير بلاستيكية
7 -مواسير من البولي إثيلين
8 -مواسير البلاستيك المقواة بالألياف الزجاجية

3 6 3 الميول التصميمية وأعماق المواسير

يجب أن يتم تمديد شبكة الصرف الصحي بالميول المناسبة حتى يتم جريان مياه الصرف الصحي بالسرعة اللازمة لنقل المخلفات . ويعتمد مقدار الميل على القطر وكمية المياه في الشبكة . وفي ما يلي بعض الميول الموضحة في الجدول الآتي .

قطر الماسورة	الميل
75	150 : 1
100	200 : 1
150	275 : 1
225	425 : 1

ويجب أن يتم وضع المواسير على عمق لا يقل عن 1.20 سم . ولاعتبارات إقتصادية في التنفيذ والتشغيل والصيانة يجب أن لا يزيد العمق عن 6 أمتار.

4 6 3 إنشاء شبكات الصرف الصحي

يتم عمل التصاميم ووثائق المناقصات عن طريق شركة استشارية متخصصة بالتشاور مع الجهة المختصة وتحت إشرافها وتوجيهاتها . يلي ذلك الإعلان عن الأعمال في مناقصة عالمية

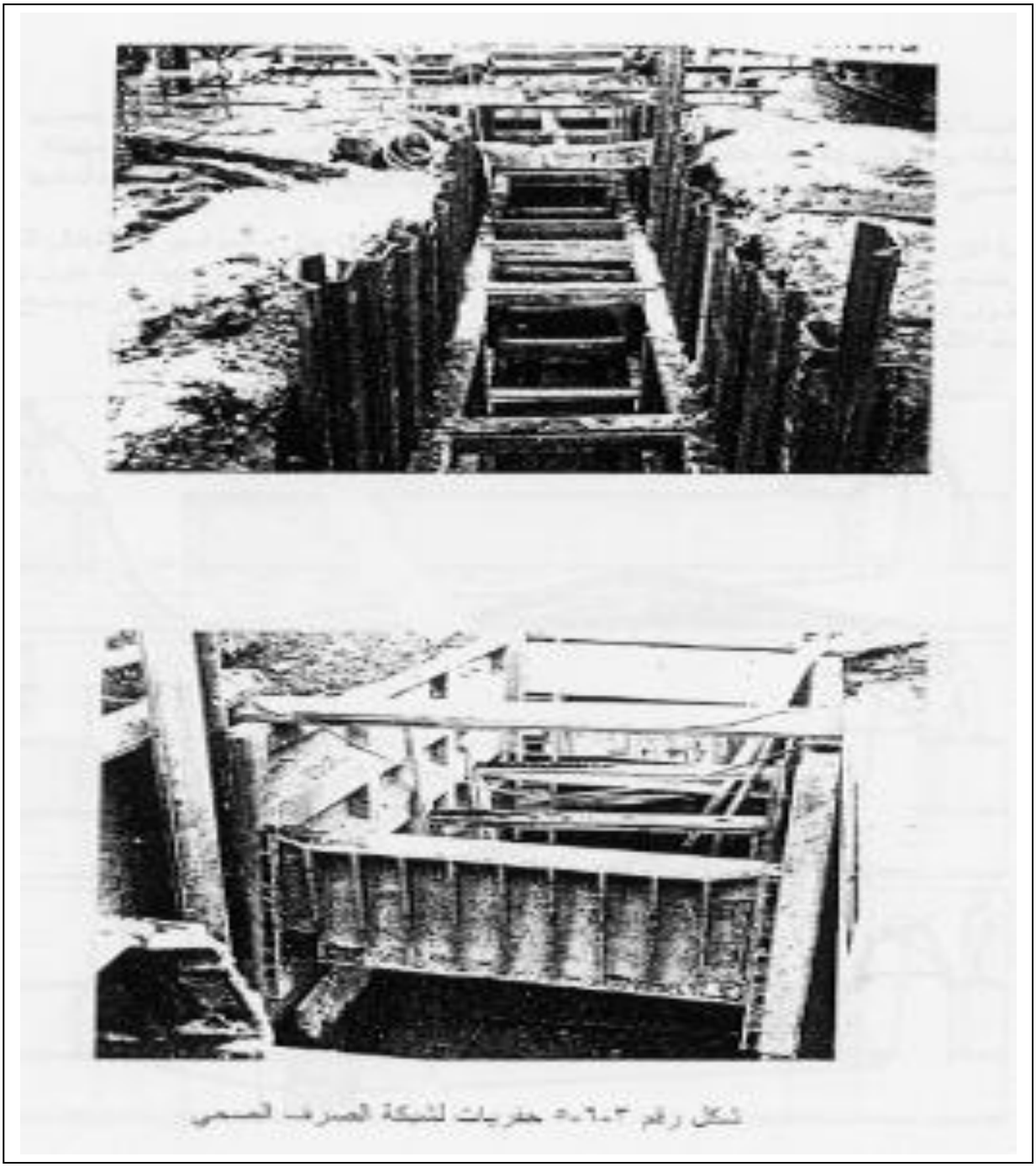
أو محلية حسب نوع وحجم المشروع وجهة تمويله . يتم تحليل العروض المقدمة من المقاولين وإرساء العطاء على أنسب العروض فنياً ومالياً .

تعطى فترة إستعداد للمقاول بعد إرساء العطاء عليه وعادة ما تكون في حدود ثلاثة أشهر . يبدأ المقاول أعمال التنفيذ تحت إشراف شركة إستشارية متخصصة وغالباً ما تكون هي الشركة التي قامت بعمل التصاميم ووثائق المناقصات . يتم حل الأمور التي يتطلب الأمر حلها قبل الشروع في تنفيذ المشروع مثل حيازة الأراضي اللازمة للمشروع والتي سبق وأن تم تعميمها للمشروع وكذلك إعطاء المقاول حق الوصول إلى الأماكن التي يتطلب العمل الوصول إليها بمعدات المقاول وأفراده. كما يتم تحديد مواقع الخدمات الموجودة في نطاق منطقة المشروع مثل شبكات المياه والهاتف والكهرباء وتصريف مياه الأمطار إن وجدت تصبح من مسئولية المقاول في توخي الدقة عند تنفيذ العمل وعدم الإضرار بهذه الخدمات ويعتبر المقاول مسئولاً عن أي أضرار تلحق بها من جراء أعمال ويتم ذلك بالتنسيق مع الجهات الخدمية ذات العلاقة .

بعد إنهاء الاستعدادات المذكورة أعلاه يبدأ المقاول في الحفر لشبكة الصرف الصحي وعادة ما يبدأ العمل من موقع محطة المعالجة وذلك بتنفيذ خط المجاري الرئيسي ثم الخطوط الرئيسية فالفرعية وانتهاء بالتوصيلات المنزلية . ويتم تنفيذ ملحقات الشبكة كلاً في موقعه . ويلاحظ ضرورة التنسيق مع المرور لتنظيم حركة السير أثناء التنفيذ حرصاً على سلامة المواطنين وعدم عرقلة المقاول في تنفيذ العمل .

ويتطلب الأمر الحفر لخطوط الشبكة إلى أعماق كبيرة مما يتحتم على المقاول تدعيم الحفر جيداً حتى يستطيع أن ينفذ خطوط الشبكة وملحقاتها وحماية عماله ومعداته أثناء العمل من حيث انهيارات في خنادق الشبكة ومن ناحية أخرى حماية الممتلكات الخاصة والعامة من التلف وخصوصاً في المناطق القديمة والتي تكون شوارعها ضيقة ومبانيها قديمة وذات أساسات ضعيفة.

وفي المناطق الساحلية القريبة من البحر يتطلب الأمر ضخ مياه البحر من الخنادق بصورة مستمرة حتى يتم وضع خطوط الشبكة وملحقاتها الأمر الذي يؤدي إلى زيادة التكاليف. والشكل رقم 3-6-4 يوضح طريقة حماية جدران الخنادق أثناء التنفيذ وخصوصاً في التربة الرملية الناعمة .



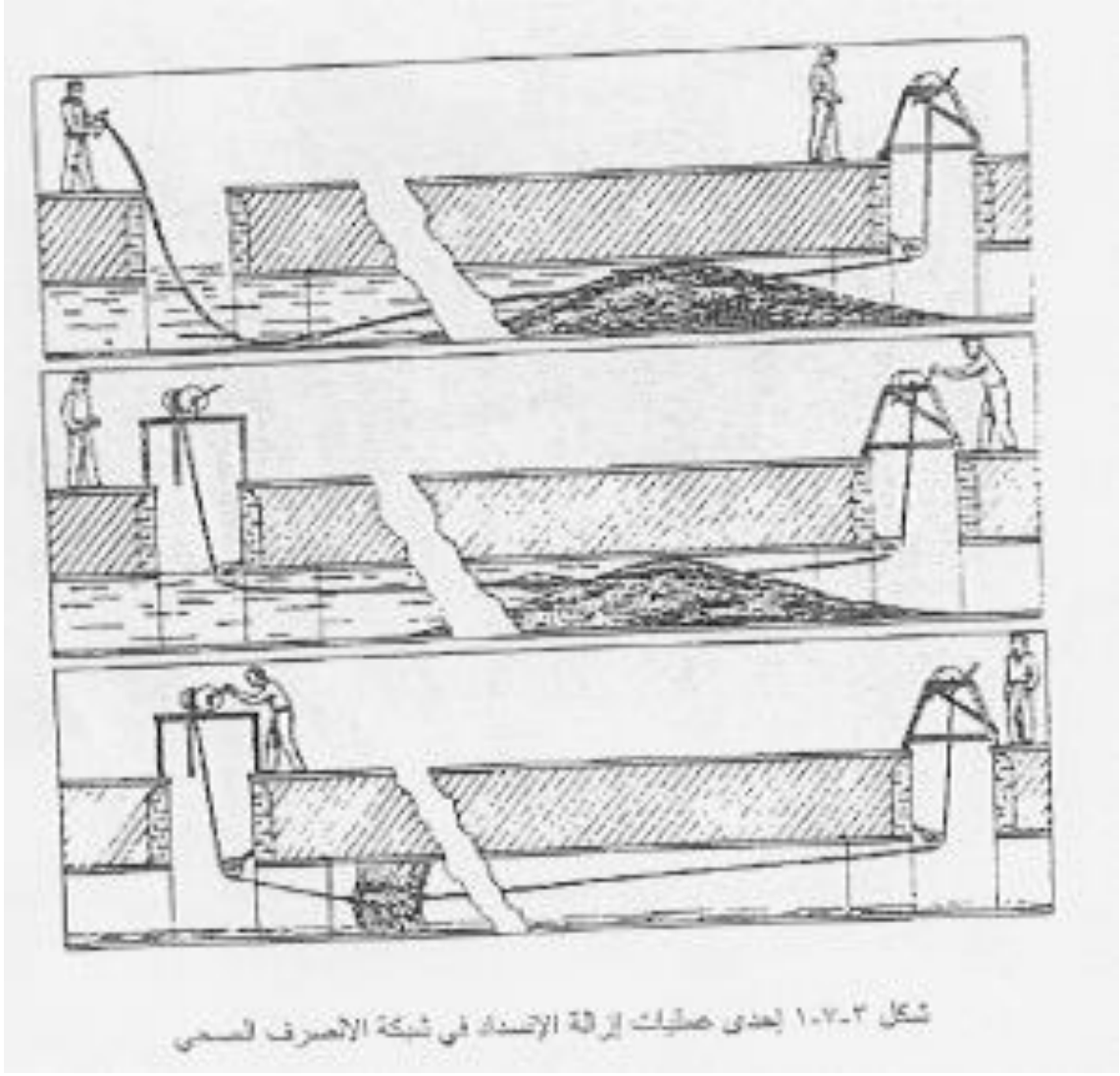
شكل رقم ٣-٦-٥ حفريات لشبكة الصرف الصحي

7 3 المعدات المستخدمة في صيانة شبكات الصرف الصحي

والمقصود بصيانة شبكة الصرف هو تنظيفها وإزالة ما قد يكون قد رسب في قاعها وعلى جوانبها من شوائب تقلل من قطاعها وتبعاً لذلك تحد من قدراتها على حمل التصرف التصميمي المقدر لها أن تحمله ، والصيانة الجيدة لشبكة المواسير تستلزم معرفة تامة بموقع الشبكة واتجاهات سير المخلفات السائلة فيها وكذلك توفير المعدات اللازمة لهذه الصيانة .

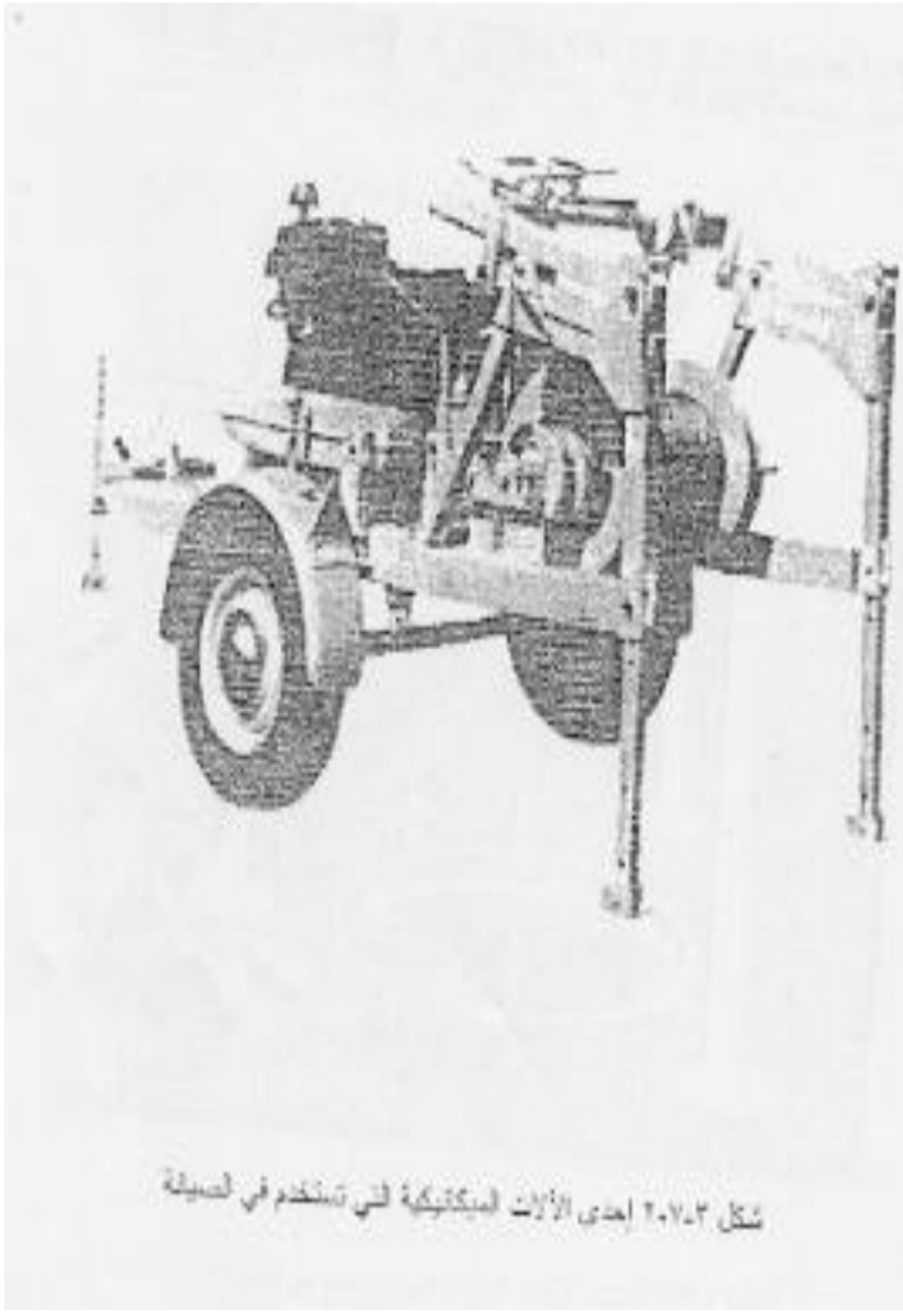
وقديماً كان يعتمد على الطرق اليدوية البدائية وذلك بإدخال عصا خيزرانية متصلة في نهايته بوصلات نحاسية مقلوظة ، في غرفة التفتيش فوق موقع السدد في الماسورة ومهمته دفع العصى في الماسورة لتتحرك الرواسب من مكانها ويدفعها الماء المجتمع في الماسورة أمامها .

أما ألان فتستعمل أجهزة ميكانيكية لإزالة الرواسب وتصريفها خارج المواسير والأشكال التالية توضح بعض المعدات المستعملة في التنظيف ، وهذه المعدات تركب في نهاية سلك مرن يدفع بطول الماسورة مع إدارته لولبياً بواسطة معدات ميكانيكية أو يدوية خاصة كما هو موضح في هذه الأشكال .

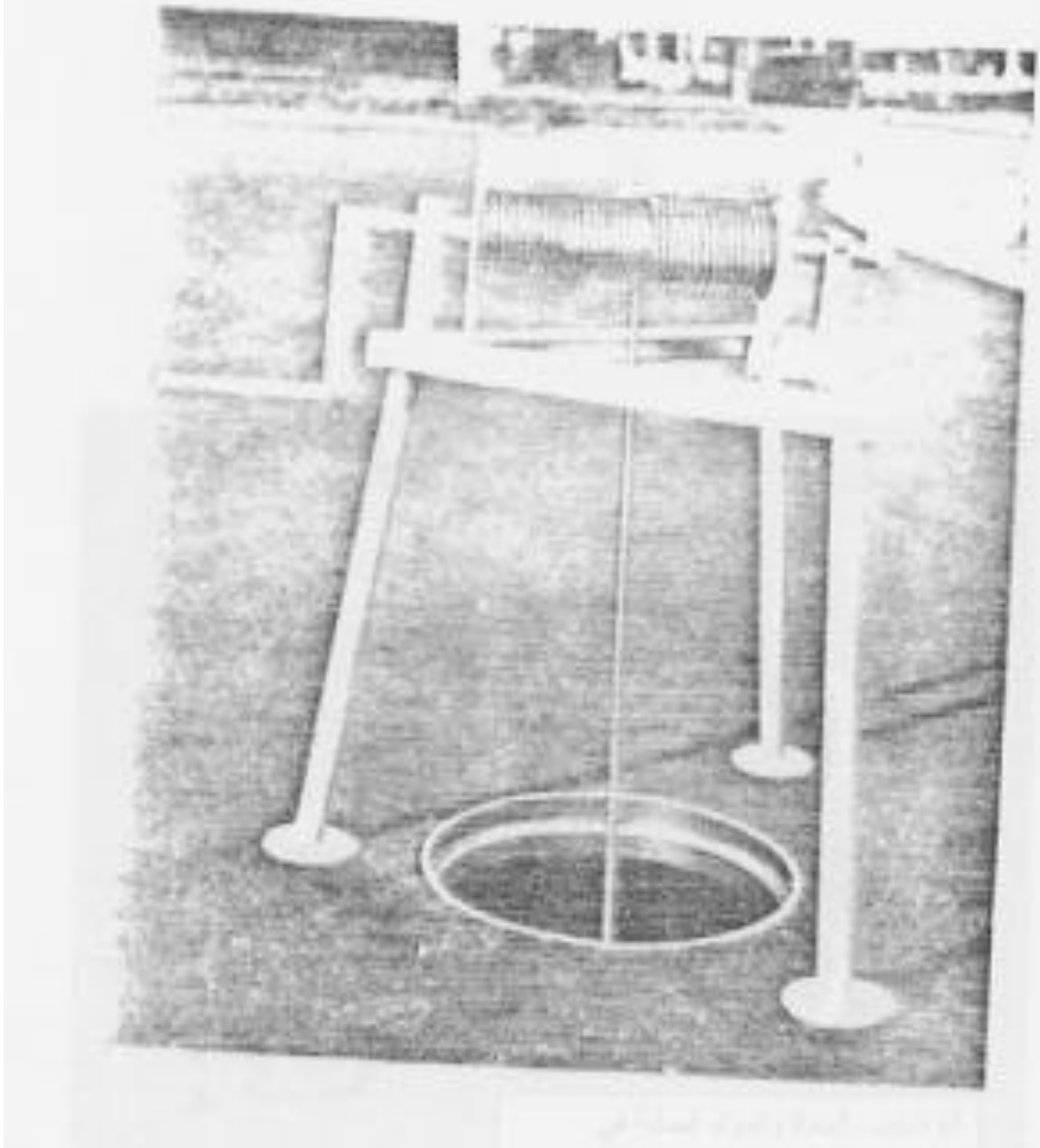


شكل ٣-٧-١٠ إحدى عمليات إزالة الإنسداد في شبكة الصرف الصحي

يلاحظ في الشكل أعلاه أنه تم إزالة الانسداد أو لا ثم تنظيف الخط وقد تم إستخدام الآلة المناسبة في الحالتين.



شكل ٣-٢٠٧ احدى الآلات الميكانيكية التي تستخدم في الصيانة

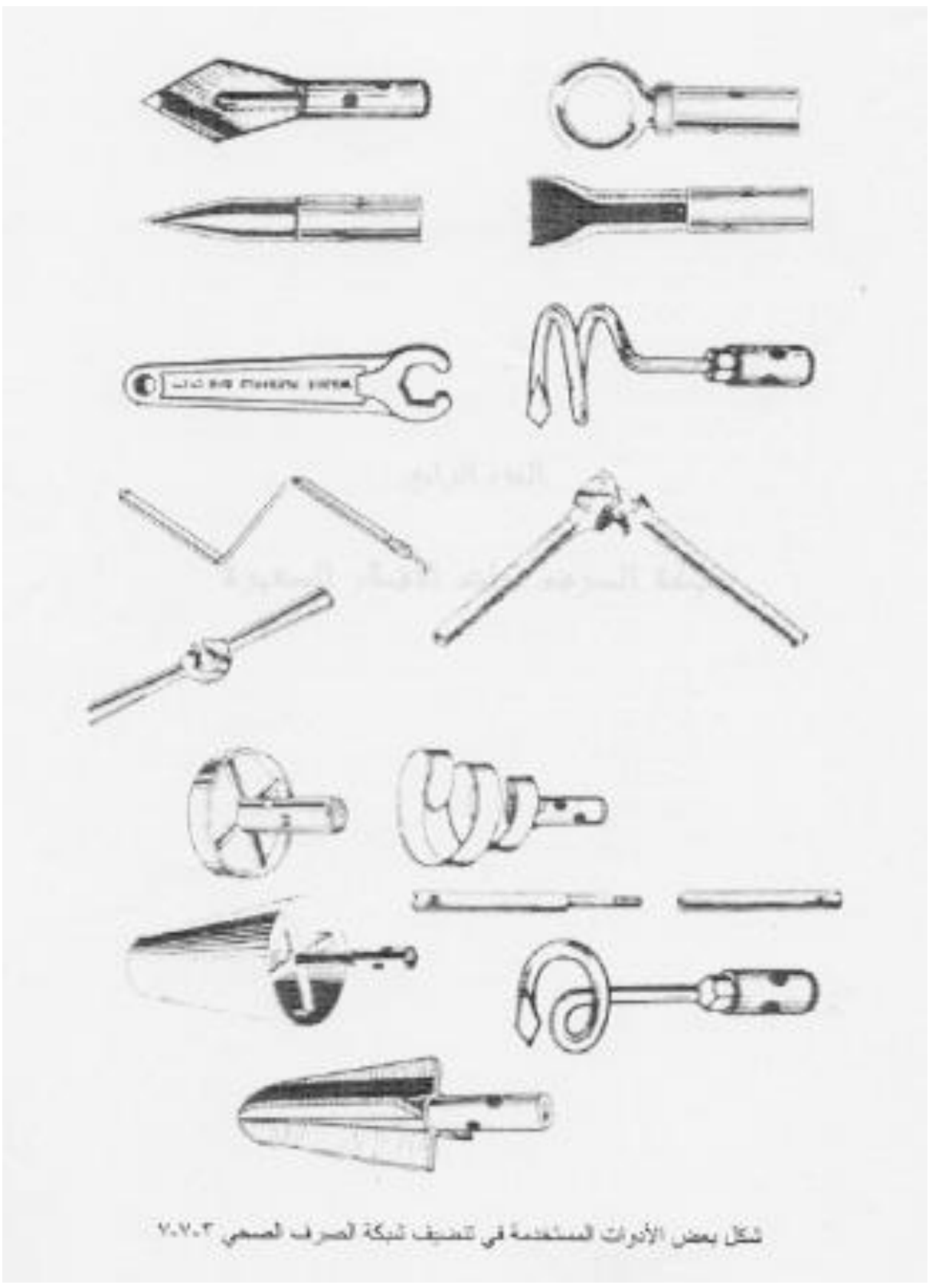


شكل ٣-٣٤٧ إحدى الآلات اليدوية التي تستخدم في الصيانة

شكل ٣-٧-٤: آلة تنظيف شبكة الصرف الصحي (مقطورة)

شكل ٥.٧.٣ آلة تنظيف شبكة الصرف الصحي (عربة)

شكل ٩٠٧٠٣ آلة تنظيف شبكة الصرف الصحي أثناء تفريغ المخلفات



شكل بعض الأدوات المستخدمة في تنصيف شبكة الصرف الصحي ٧٠٧٠٣

الجزء الرابع

شبكة الصرف ذات الأقطار الصغيرة

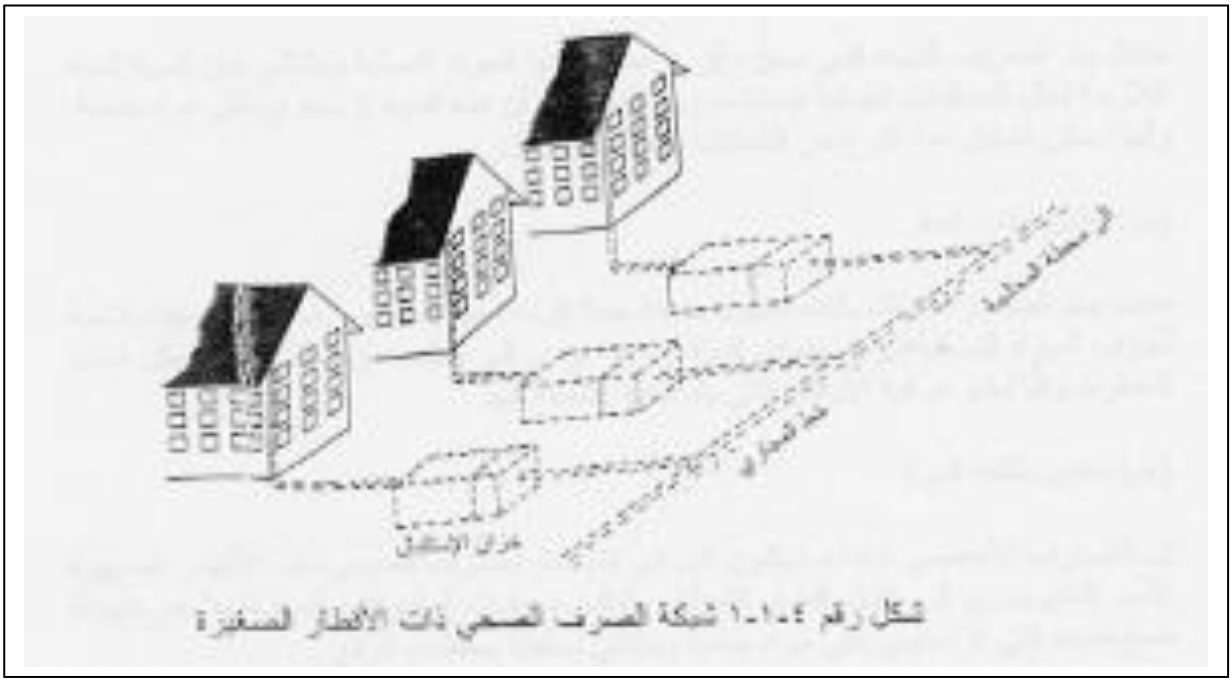
4 - شبكات الصرف الصحي ذات الأقطار الصغيرة

1-4 مقدمة :

شبكة الصرف الصحي ذات الأقطار الصغيرة هي التي تقوم بنقل المياه التي سبق وأن ترسبت منها المواد الصلبة ، وتعتبر من الحلول المناسبة لإنشاء شبكة صرف صحي منخفضة التكلفة.
ويعزى إنخفاض التكلفة إلى الأسباب الآتية :

- عدد غرف التفتيش محددة
- ميول المواسير بسطة حيث أن مخلفات الصرف الصحي لا تحمل أي مواد صلبة.
- تصريف مياه الصرف الصحي يتم من خزانات تحليل قريبة من سطح الأرض وبالتالي لا يتطلب الحفر أعماق كبيرة .

ومما ذكرناه أعلاه يتضح أنه من الضروري إنشاء وحدات خاصة لترسيب المواد الصلبة في مياه الصرف الصحي وهي ما تعرف بخزانات التحليل . وعادة ما تنشأ خزانات التحليل إما لمنزل واحد أو لعدة منازل مجتمعة على حسب المسافات بين المنازل ووجود المساحات اللازمة لإنشاء هذه الوحدات لكل منزل على حده . والشكل رقم 4-1-1 يوضح نموذج لشبكات الصرف الصحي صغيرة الأقطار .



شكل رقم ٤-١-١ شبكة الصرف الصحي ذات الأقطار الصغيرة

ويمكن أن تكون وحدات الترسيب إما خزانات تحليل أو بيارات ليست عميقة أو أي وحدات ترسيب مكافأة .

كما يتطلب الأمر تصريف المخلفات الصلبة المترسبة والمتحللة من وحدات الترسيب على فترات متباعدة تعتمد على عدد المنازل التي تخدمها هذه الوحدة وكذلك سعة هذه الوحدات .
وللحفاظ على شبكات الصرف الصحي ذات الأقطار الصغيرة بحيث تؤدي وظيفتها بشكل جيد يجب أن يتم إنشاء وحدات خاصة لحجز الرمال قبل دخول مياه الصرف الصحي إلى وحدات الترسيب خصوصاً في المناطق الرملية . كما يجب أن يتم إنشاء وحدات لحجز الشحوم والزيوت وذلك منعاً لترسب هذه الشحوم والزيوت على جدار المواسير الداخلية أثناء مرورها في هذه المواسير .

وتعتبر شبكات الصرف الصحي ذات الأقطار الصغيرة مناسبة جداً وحلاً معقولاً عندما يكون هناك وحدات صرف صحي موقعي تحيط به تربة مشبعة بالمياه ولا يمكن أن يتم تصريف أي مياه من خلالها وأيضاً عندما تزداد المواد العالقة في المخلفات بحيث لا تستطيع الوحدات المنشأة للصرف الصحي الموقعي من استقبالها بكفاءة . وفي هذه الحالة تكون شبكات الصرف الصحي بديل مناسب ومنخفض التكلفة عن شبكات الصرف الصحي المعتادة وللعلم فإن الصيانة المطلوبة لهذه الشبكات تكاد لا تذكر كما أن هذه الشبكات تكون مناسبة في المناطق التي تندر فيها المياه ويكون استهلاك الفرد للمياه متدني .

ومن أبرز مميزات استخدام شبكات الصرف الصحي ذات الأقطار الصغيرة ما يلي :

(أ) تقليل كمية المياه المستخدمة :

حيث يتم تصريف المياه التي سبق وأن ترسبت منها المواد الصلبة وبالتالي فإن كمية المياه اللازمة لنقل المخلفات الصلبة ليست ضرورية طالما وأن هذه المياه لا تحتوي على مواد صلبة .
ولهذا يمكن تشغيل هذا النوع من الشبكات بكميات مياه أقل .

(ب) تقليل نفقات الحفر :
حيث يتم تصميم هذه الشبكات بميول خفيفة جداً كونه ليس ضرورياً تحقيق سرعة ملائمة لجرف المواد الصلبة في المخلفات السائلة . وهذا يؤدي إلى تقليل عمق الحفر بحيث يمكن تمديد الخطوط وفقاً لطبوغرافية الأرض التي يتم تمديد الشبكة فيها .

(جـ) خفض تكلفة المواد
إن التصرف الأعظمي عادة ما يكون اقل في شبكات الصرف الصحي ذات الأقطار الصغيرة الأمر الذي يؤدي إلى تقليل أقطار الشبكة وبالتالي محطات الرفع إن وجدت فضلاً عن سهولة ضخ المياه التي لا تحتوي على مواد صلبة وبالتالي بساطة محطات الرفع .

هذا بالإضافة إلى أنه يستغني عن غرف التفتيش العالية التكلفة بغرف أقل تكلفة . وبالتالي يمكن الاستغناء عن معدات التنظيف الميكانيكية المعقدة .

(د) تقليل متطلبات المعالجة :

إن فصل الرمال والزيوت والمواد الترسيبية في المصدر يمكن الاستغناء عن أحواض المعالجة اللاهوائية وبالتالي تبسيط المعالج لمياه الصرف الصحي .

والعيب الرئيسي في هذا النوع من شبكات الصرف الصحي هو الحاجة المتكررة إلى تفريغ المواد الصلبة المترسبة في خزانات التحليل ، كما إنه من الضروري إدارة هذا النظام بدقة لمنع أي توصيلات منزلية غير قانونية لمنع تصريف مياه الصرف الصحي دون استقبالها وترسيبها في خزانات تحليل وبالتالي وصول المواد الصلبة إلى الشبكة والتي لم تصمم أصلاً لهذا الغرض الأمر الذي قد يؤدي إلى مشاكل خطيرة في التشغيل والصيانة .

2-4 مكونات الصرف الصحي ذات الأقطار الصغيرة :

يتكون نظام الصرف المكون لشبكات الصرف الصحي ذات الأقطار الصغيرة من الآتي :

1-2-4 التوصيلات المنزلية :

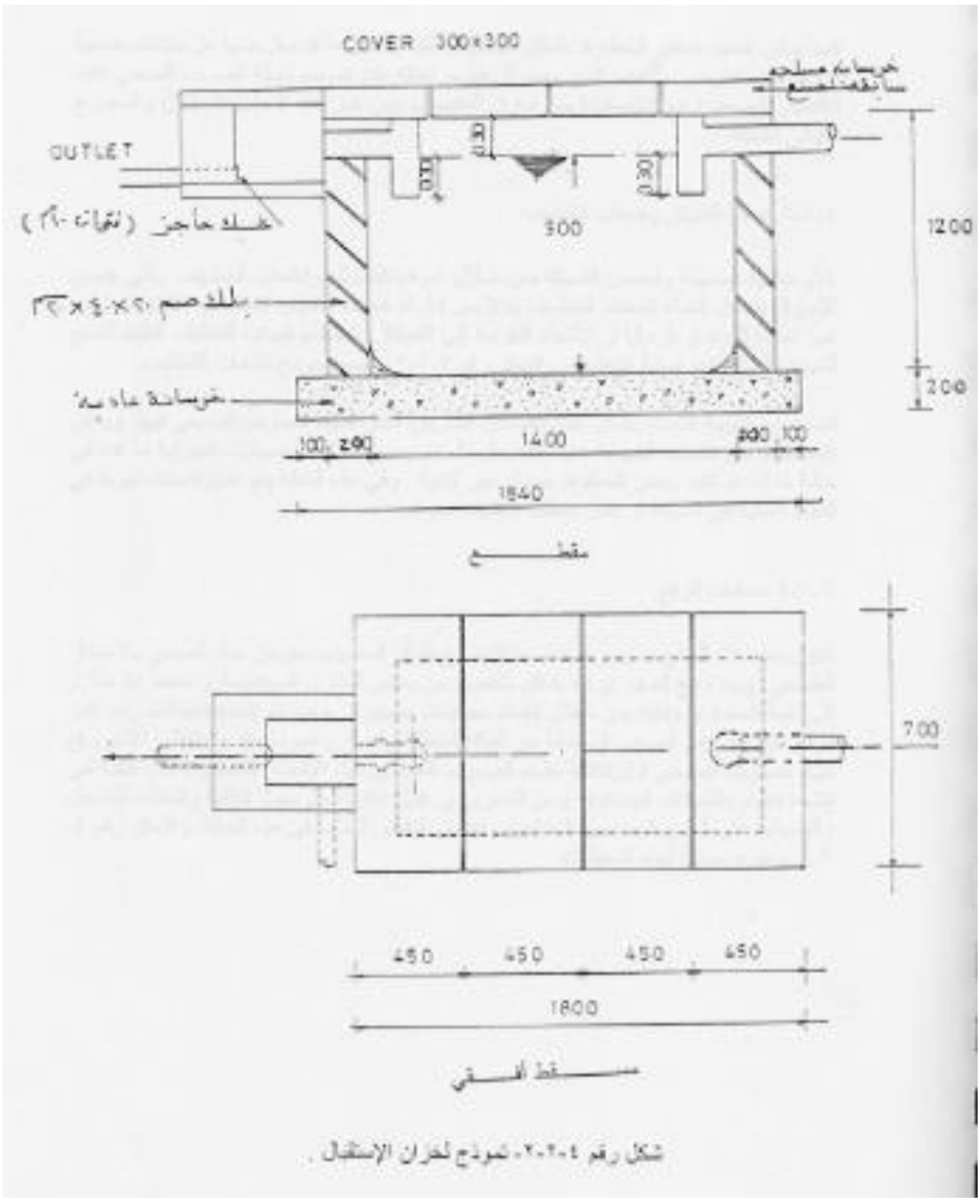
تعمل التوصيلة المنزلية للتوصيل بين المنزل ومدخل خزان التحليل ويتم تصريف جميع مخلفات المنزل السائلة عبر هذه التوصيلة ويمنع تصريف مياه الأمطار إلى خزان التحليل عبر التوصيلة المنزلية .

2-2-4 خزان الاستقبال :

وهو الخزان الأرضي الذي يتم تصميمه وإنشائه لهذا الغرض ويتم تصميمه لتخزين المياه لفترة تتراوح بين 12 و 24 ساعة حيث يتم حجز المواد الطافية والمواد القابلة للترسيب من مياه الصرف الصحي . ويراعى عند التصميم أن يكون هناك مجال لتراكم المواد الصلبة والتي يتم إزالتها بشكل متكرر . وعادة ما يتم استخدام خزان التحليل النمطي كخزان استقبال . والشكل رقم 2-2-4 يوضح نموذج لخزان الاستقبال .

3-4-3 خطوط الشبكة :

تتكون خطوط الشبكة عادة من مواسير من البلاستيك أو البولي إيثيلين (وأقل قطر لا يقل عن 100مم) ويتم تمديدها على أعماق تسمح بتصريف مياه الصرف الصحي من خزانات التحليل بالانحدار الطبيعي . وخلافاً لما هو عليه الحال في شبكات الصرف الصحي المعتادة فإن المواسير في شبكات الصرف الصحي ذات الأقطار الصغيرة ليس بالضرورة أن يتم تمديدها بانحدارات منتظمة وفي خطوط مستقيمة بين غرف التفتيش وغرف التنظيف . ويسمح هذا النظام أن تكون مقاطع من خطوط الشبكة مليئة بمياه الصرف الصحي وفي حالة سكون وعدم جريان .



شكل رقم ٤-٢-٢- نموذج لخزان الإستقبال .

كما يمكن تمديد بعض الخطوط بشكل منحنيات أفقية لتفادي ما قد يعترضها من منشآت خدمية قائمة تحت الأرض والهدف الذي يجب أن يتم مراعاته عند تصميم شبكة الصرف الصحي ذات الأقطار الصغيرة هو الاستفادة من فارق المنسوب بين خزانات التحليل للمنازل والمخرج النهائي للشبكة .

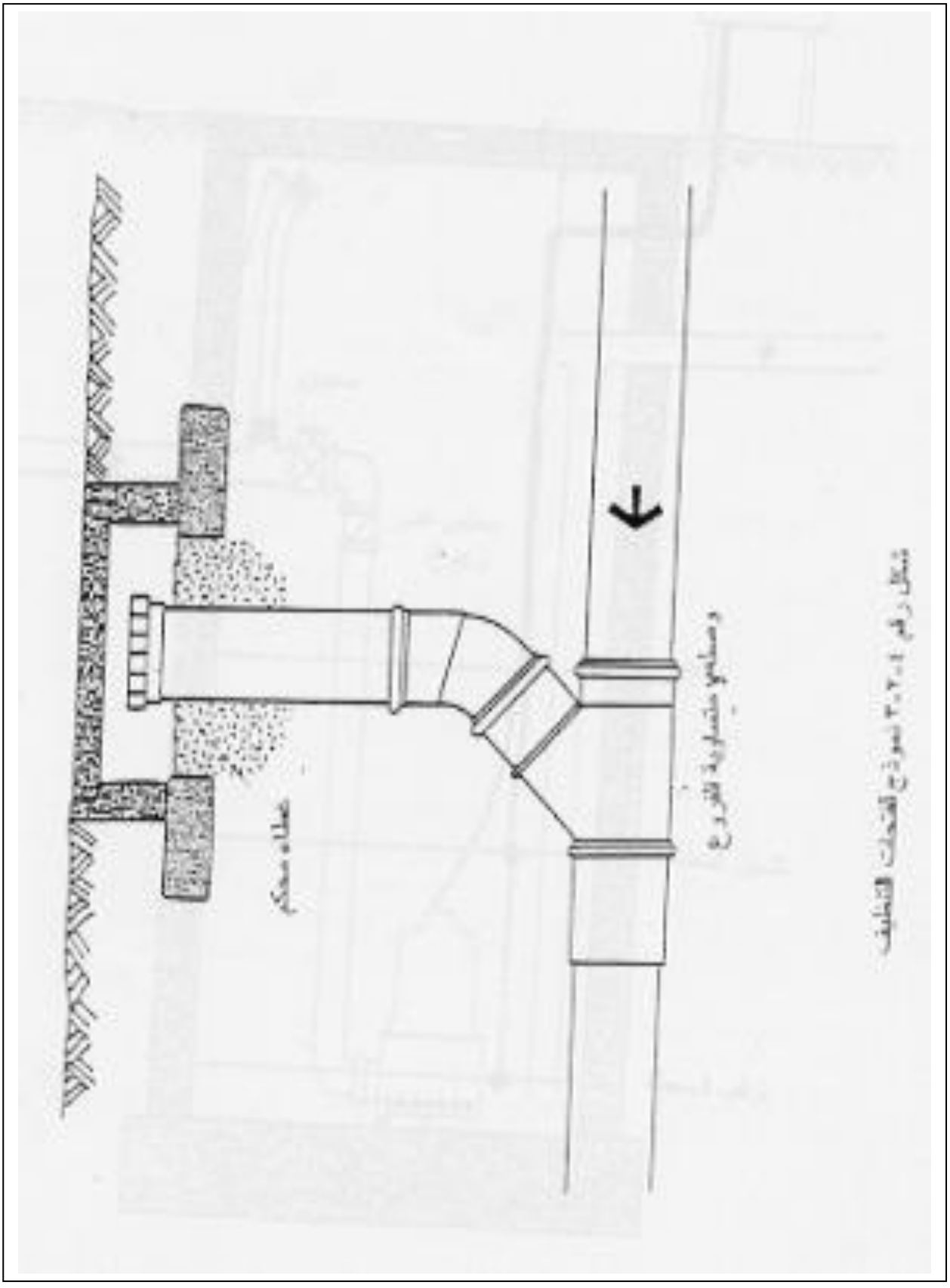
4-2-3 غرف التفتيش وفتحات التنظيف :

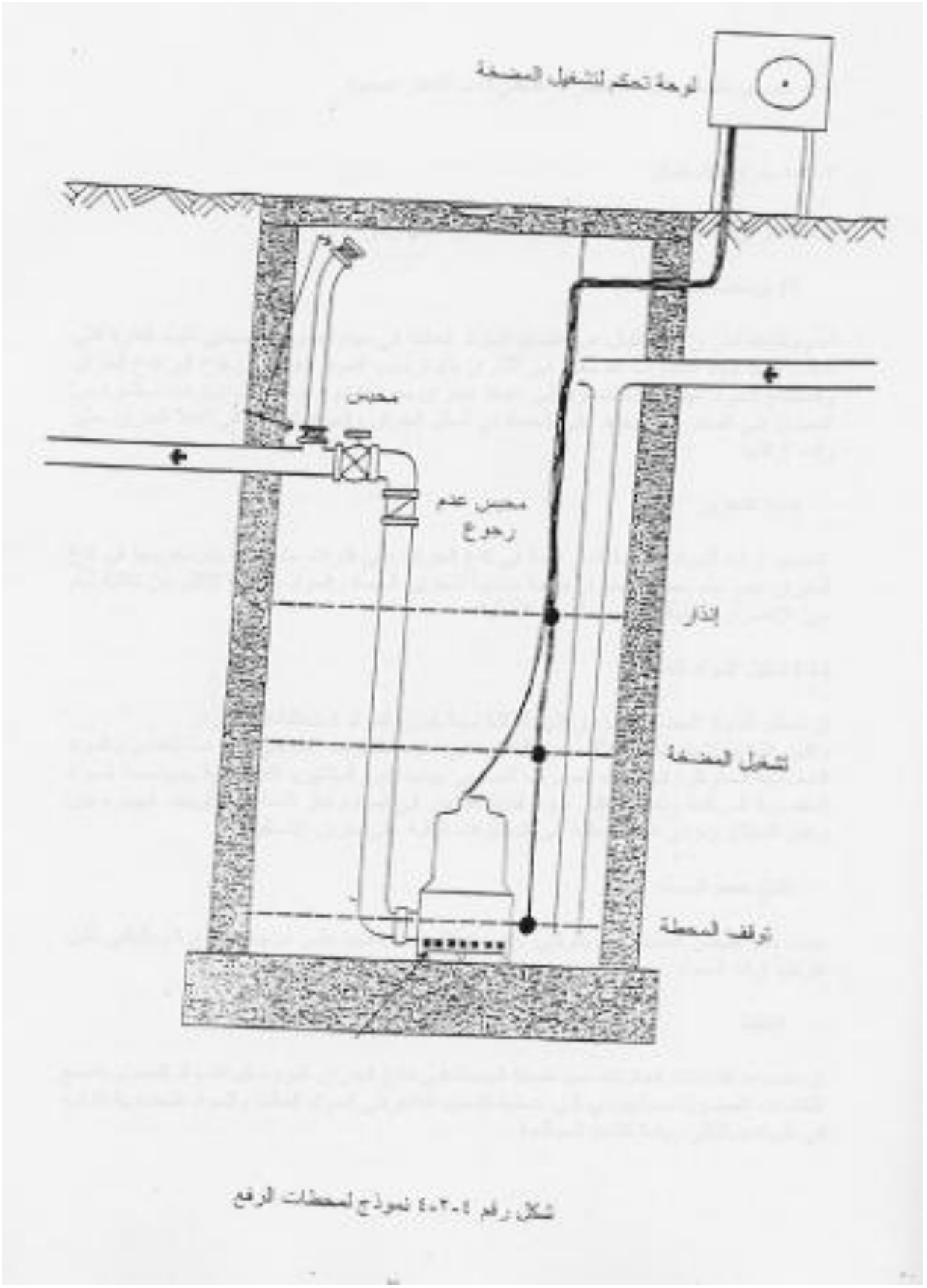
تتم عملية الصيانة وفحص الشبكة من خلال غرف التفتيش وفتحات التنظيف . وفي جميع الأحوال يفضل إنشاء فتحات بدلاً من إنشاء غرف التفتيش لانخفاض تكلفتها كما أنها غير منفذة للمياه أو الرمال أو الأشياء الغريبة إلى الشبكة . وتستخدم فتحات التنظيف كنقاط لكسح الشبكة بالمياه أثناء عملية التنظيف . والشكل رقم 4-2-3 يوضح نموذج لفتحات التنظيف .

كما يجب تهوية الشبكة بشكل جيد لضمان الجريان الحر لمياه الصرف الصحي فيها . ويمكن الاستغناء عن فتحات التهوية عند الاتصال بالمنازل من خلال التوصيلات المنزلية ما عدا في حالة ما إذا تم تنفيذ بعض الخطوط بميول غير كافية . وفي هذه الحالة يتم عمل فتحات تهوية في النقاط العالية في الشبكة أو عمل فتحات تنظيف مهواه .

4-2-4 محطات الرفع :

تكون محطات الرفع ضرورية عندما لا يسمح فارق المنسوب بجريان مياه التصريف الصحي بالانحدار الطبيعي ويتم رفع المجاري إما بشكل منفصل من بعض المنازل المنخفضة أو مجموعة منازل إلى خط المجاري وذلك من خلال إنشاء محطات صغيرة . بينما يتم إنشاء محطات رفع أكبر لرفع مياه الصرف الصحي المجمعة من شبكة لمنطقة واسعة . وعموماً عندما يتطلب الأمر رفع مياه الصرف الصحي فإن تكلفة نظام الصرف الصحي ذات الأقطار الصغيرة أقل تكلفة من إنشاء نظام بالشبكات المعتادة . ومن الضروري عمل مقارنة من حيث التكلفة والنفقات للتشغيل والصيانة على المدى البعيد بين النظامين واختيار النظام الأنسب في هذه الحالة . والشكل رقم 4-4-2 يوضح نموذج لهذه المحطات .


شكل رقم ٣-٢-١ نموذج لفتحات التنظيف
وصلة متصلة للفرع
غطاء محكم



شكل رقم ٤-٣-٤ نموذج لمحطات الرفع

3-4 تصميم مكونات شبكات الصرف الصحي ذات الأقطار الصغيرة :

1-3-4 خزان الاستقبال :

يصمم خزان الاستقبال لأداء المهام التالية (أنظر شكل رقم 4-2-2)

(أ) ترسيب المواد العالقة :
أهم وظيفة لخزان الاستقبال هي فصل المواد العالقة في مياه الصرف الصحي أثناء الفترة التي تمكث فيها الصرف الصحي في الخزان يتم ترسيب المواد العالقة إلى قاع الخزان والسماح للمواد الطافية بالصعود إلى أعلا الخزان بحيث يتم منع حدوث تيارات مباشرة من المدخل إلى المخرج والحفاظ على الحمأة في أسفل الخزان والمواد الطافية في أعلا الخزان حتى وقت إزالتها .

(ب) التخزين :
لتجنب إزالة المواد الصلبة المتراكمة في قاع الخزان على فترات متسارعة يتم تخزينها في قاع الخزان حيث يتم تصميم الخزان بسعة مناسبة لتخزين الحمأة والمواد الطافية لأكثر من ثلاث سنوات دون الإضرار بعملية الترسيب للمواد الصلبة .

(جـ) تحليل المواد العضوية :

إن تحليل المواد العضوية يؤدي إلى إطالة مدة خزن المواد المتحللة في الخزان وتقوم البكتيريا باستخدام الأكسجين الذائب في مياه الصرف الصحي عندما تتغذى بالمواد العضوية المتركزة في مياه الصرف الصحي بينما تقوم البكتيريا اللاهوائية بمهاجمة المواد العضوية المركبة وتحويلها إلى مواد قابلة للذوبان في الماء وغاز النشادر وكبريتيد الهيدروجين وغاز الميثان وتؤدي هذه العملية إلى المؤثرات التالية على خزان الاستقبال :

- تقليل حجم الحمأة :

حيث يتم تقليص الحمأة إلى حوالي 50 – 80 % وهذا يعتمد على درجة الحرارة وبالتالي تقليل فقرات إزالة الحمأة .

- الخلط :

إن تصاعد فقاعات الغازات من طبقة الحمأة في قاع الخزان تقوم بنقل المواد العضوية مع الكائنات العضوية مما يؤدي إلى عملية التحلل اللاهوائي للمواد العالقة والمواد العضوية الذائبة في المياه وبالتالي زيادة كفاءة المعالجة .

- **تكون الغازات السامة :**

تتوالد الغازات السامة والضارة والقابلة للانفجار وذلك من تراكم الغازات . وهذا الجو يؤدي إلى تهديد حياة العاملين عند تفريغ الحمأة من الخزان .

(د) تنظيم تدفق مياه الصرف الصحي من المنازل :

حيث يقوم الخزان بخزن مياه الصرف الصحي في ساعات الذروة وتصريفها بشكل منتظم مما يسهم في تقليل أقطار شبكة الصرف الصحي.

2-3-4 عدد المستفيدين (عدد المنازل)

عادة ما يتم إنشاء خزان استقبال لكل منزل . وتعتبر هذه الحالة المثلى ، وهناك خالات يتم فيها إنشاء خزان استقبال واحد للعديد من المنازل . وهذا يؤدي إلى خفض التكلفة خصوصاً في المناطق ذات الكثافة السكانية العالية . والشكل رقم 4-3-2 يوضح خطوط الصرف الصحي ومواقع خزانات الاستقبال

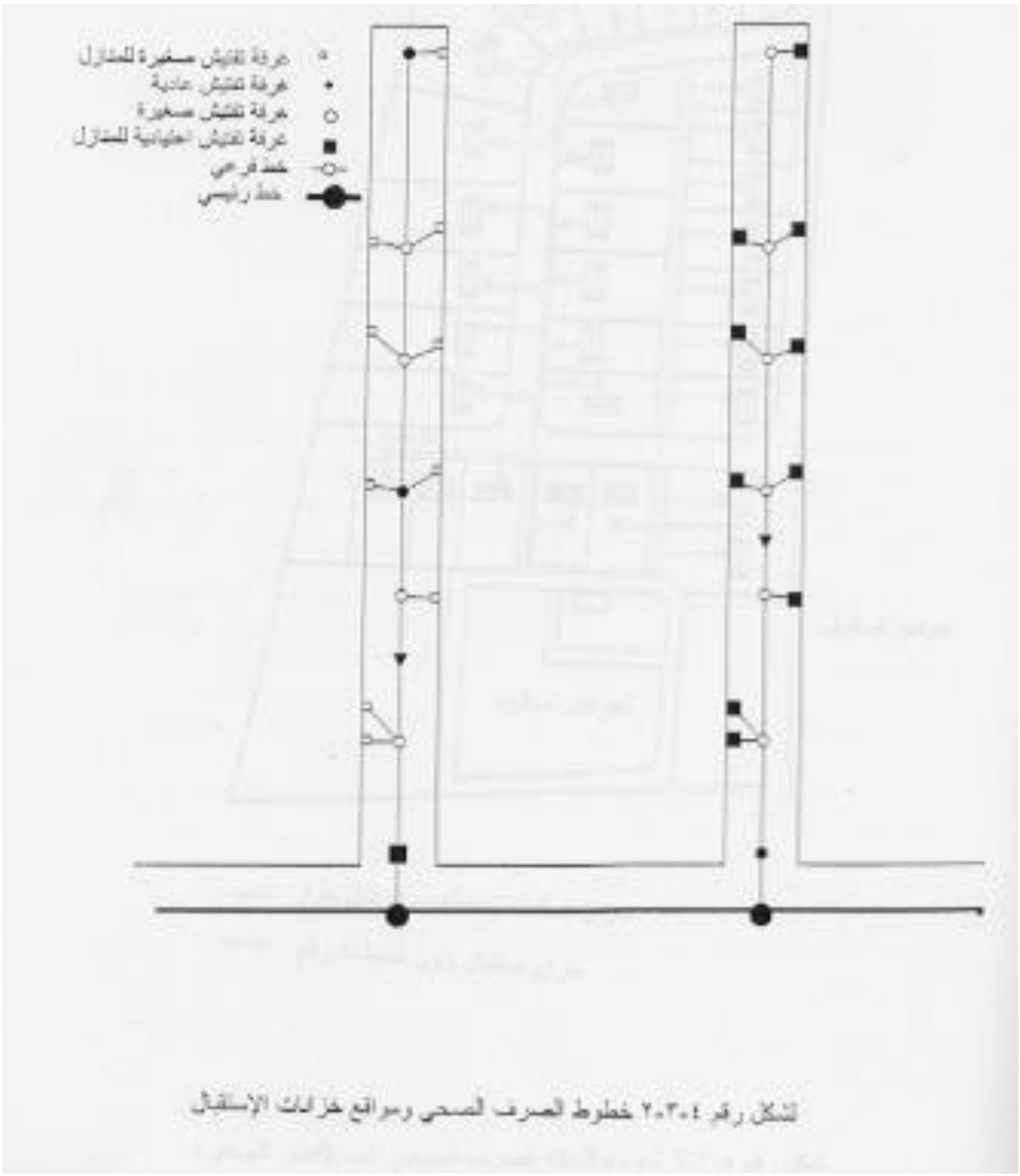
3-3-4 شبكة الصرف الصحي صغيرة الأقطار :

يتم تحديد الشبكة على الخرائط الخاصة بالمنطقة المراد خدمتها بهذه الشبكة حيث يكون موضح على هذه الخرائط المناسب (خريطة كنتورية) الشوارع ، المنازل وحدود الملكيات الخاصة وغيرها من المعلومات ويتم تحديد الشبكة من خلال تحديد المناطق الرئيسية والفرعية والغرض من تحديدها هو تحديد الخطوط الفرعية والرئيسية وتوقيعها على الخرائط حيث يجب مراعاة التالي :-

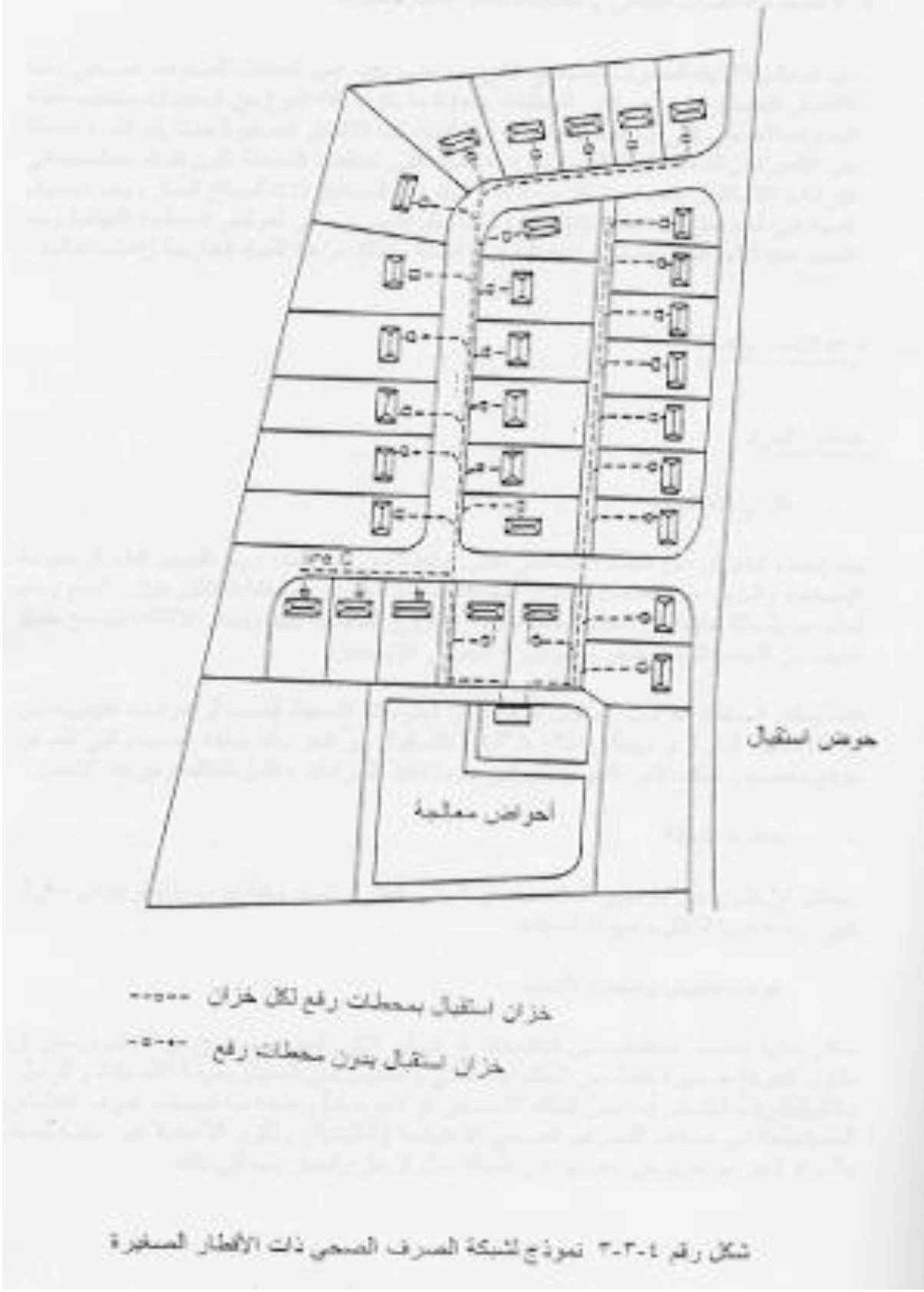
- موقع ومنسوب خزانات الاستقبال
- تحديد مسار الخطوط في الشوارع
- تحديد الخطوط وتوقيعها على الخرائط
- تحديد مواقع محطات الرفع
- التوسعات المستقبلية المحتملة
- تحديد نوعية الحركة على الشوارع ما إذا كانت تستخدم للمشاة أو السيارات .

إن مواقع خزانات الاستقبال ومناسيبها مع طبغرافية المنطقة هي التي تحدد مسار الخطوط وأعماقها . ومن المفضل أن تتم تصريف مياه الصرف الصحي من المنازل وكذلك تكاليف الحفر وأعماق الخطوط قد تتطلب عمل محطات للرفع . ويمكن خدمة مجموعة من المنازل بمحطة رفع واحدة أو عمل مضخات صغيرة لكل منزل ويتم تحديد هذا من خلال تقييمها اقتصادياً . وبالنسبة لأقطار المواسير المستخدمة فيمكن أن تكون أقل قطر مستخدم 50 مم أو 100 مم وذلك مراعاة لغياب أجهزة الصيانة الخاصة بالتنظيف للأقطار الصغيرة .

كما يلاحظ بأنه ليس من الضروري الحفاظ على سرعة التنظيف الذاتي والشبكة مصممة لحمل المخلفات السائلة والخالية من المواد الصلبة وعموماً يجب مراعاة فارق الارتفاعات بحيث لا ترتفع المياه أعلى من مخارج خزانات الاستقبال ويوضح الشكل رقم 4-3-3 شبكة الصرف الصحي للمنازل حيث يتم التصريف لمياه الصرف الصحي بالانحدار الطبيعي وأخرى عن طريقاً الضخ .



الشكل رقم ٤-٣-٢ خطوط الصرف الصحي ومواقع خزانات الإستقبال



شكل رقم ٤-٣-٣ نموذج لشبكة الصرف الصحي ذات الأقطار الصغيرة

4-4 معالجة مياه الصرف الصحي في الشبكات ذات الأقطار الصغيرة :

تتم المعالجة لمياه الصرف الصحي التي يتم تصريفها عبر شبكات الصرف الصحي ذات الأقطار الصغيرة في أحواض المعالجة . وعادة ما تكون هذا النوع من المحطات مناسب لمياه الصرف الصحي التي يتم تصريفها عبر الشبكات ذات الأقطار الصغيرة حيث يتم إنشاء سلسلة من الأحواض للمعالجة . وبالنسبة لنوعية المياه التي تستقبلها المحطة تكون قد تم معالجتها في خزانات الاستقبال بنسبة 60% - 90% وذلك في المناطق ذات المناخ الحار ويتم استقبال المياه في أحواض المعالجة الابتدائية ومنها يتم التصريف إلى أحواض المعالجة النهائية ويتم تحديد عدد الأحواض بحسب نوعية المياه الواصلة وكذلك نوعية المياه الخارجة واستخداماتها .

5-4 الإنشاء والصيانة :

1-5-4 المواد

- خزانات الاستقبال :

يتم إنشاء الخزان من البلك الإسمنتي على قاعدة من الخرسانة ويتم تلبيس الخزان بمونة الإسمنت والرمل من الداخل . وتكون سماكة قاعدة الخزان بسماكة لا تقل عن 10 سم ويتم تسليحها بشبكة خفيفة من الحديد لمنع حدوث الشروخ السطحية فيها ويمكن الاكتفاء بتسليح حديد خفيف من الحديد العادي بقطر 6مم كل 15سم في الاتجاهين .

كما يمكن استخدام خزانات استقبال جاهزة من الخرسانة المسبقة الصب أو خزانات الفيبرجلاس أو البلاستيك الحراري ويمكن إنتاج خزانات الاستقبال من الخرسانة سابقة الصب والتي تعد في موقع مخصص لذلك الأمر الذي يؤدي إلى جودة تنفيذ الخزانات وتقليل التكلفة وسرعة الإنجاز .

- خطوط الشبكة :

ويمكن أن تكون من مواسير البلاستيك أو البولي إثيلين وتتميز بخفة وزنها وتوفرها في أطوال كبيرة ومقاومتها للتآكل وسهولة تمديدها

- غرف التفتيش وفتحات التنظيف :
يمكن تنفيذ فتحات التنظيف من البلاستيك أو البولي إثيلين كما هو موضح في الشكل ويمكن أن تكون كغرفة صغيرة تنشأ من البلك الإسمنتي والملبس من الداخل بمونة الإسمنت والرمل .
وتنشأ غرف التفتيش إما من البلك الإسمنتي أو الخرسانة وعادة ما تستخدم غرف التفتيش المستخدمة في شبكات الصرف الصحي الاعتيادية (التقليدية) . وتكون الأغطية غير منفذة للمياه والمواد الغير مرغوب في دخولها إلى الشبكة مثل الرمل والغبار وما إلى ذلك .

2-5-4 التنفيذ :

- خزان الاستقبال :

يجب وضع خزانات الاستقبال في أماكن يسهل الوصول إليها لإزالة الحمأة المترسبة. كما يجب ألا يكون عرضه لمرور السيارات عليه ما لم فيجب أن يتم تصميمه لتحمل أحمال السيارات أثناء المرور عليه.

ويجب أن تكون جدران الخزان مصمته ولا تسمح بنفاذ المياه من أو إلى الخزان . ويجب اختبار الخزان بعد إنشائه وذلك بملئه بالمياه لعدة ساعات ويجب مراقبة أي تسرب واصلاحه قبل استخدام الخزان .

كما يجب أن تكون المواسير الداخلية والخارجية من الخزان ذات وصلات غير منفذة للمياه وتكون مرنة وحرة الحركة ويجب أن يوضع الخزان أفقياً وبمنسوب يسمح بتصريف المياه منه بالانحدار الطبيعي . وفي حالة ما إذا كانت التربة التي يوضع الخزان فيها غير قوية يمكن وضع كسر الحجر كقاعدة لوضع الخزان عليها . كما يتم الدفن حول الخزان بمواد لا تحتوي على أحجار كبيرة أو مواد غير مناسبة . ويراعى المحافظة على المواسير الداخلية إلى الخزان والخارجة منها حيث يتم الدفن حولها بالرمل ويتم الدفن يدوياً وعموماً يمكن وضع الخزان على عمق حوالي 30 سم تحت سطح الأرض وذلك لسهولة إزالة الحمأة المترسبة .

- مجاري المنازل :

يكون خط المجاري من المنزل إلى الخزان بقطر 75 – 100 مم ويتم تمديده بانحدار منتظم وكافي لنقل المخلفات الصلبة والسائلة . وتكون الانحدارات 1 : 30 للمواسير بقطر 75 مم وميل 1 : 40 لقطر 100 مم ويجب مراعاة أن تكون جميع الوصلات غير منفذة للمياه .

- التوصيلة المنزلية

التوصيلة المنزلية من خزان الاستقبال إلى خط الشبكة ويكون قطرها نفس قطر الشبكة أو أقل قليلاً . وتعمل الوصلة إلى الخط إما عن طريق (y) واي أو مثلوث (T) في حالة ما إذا كانت التوصيلة إلى جزء من الشبكة في منطقة عالية يفضل أن تكون التوصيلة في أعلى نقطة من الشبكة لتستخدم كمخرج تهوية للشبكة من هذه التوصيلة .

- محطات الرفع :

تعتبر المضخات الطاردة المركزية الغاطسة من المضخات الشائعة في ضخ مياه الصرف الصحي للشبكات الصغيرة الأقطار . ويجب أن تكون المضخات الفردية ذات قدرات صغيرة لمنع حدوث ضخ للشبكة أكثر مما يمكنها تصريفه . وتكون المضخات من الحديد الزهر أو البرونز والبلاستيك وترتكز على ثلاث ركائز أو قواعد.

ويجب أن تكون المواسير التي تصرف مياه الصرف الصحي من محطات الرفع من البلاستيك لمقاومتها للتآكل . وتستخدم وصلات بين المواسير والمضخة بحيث يمكن فكها بسرعة إذا تطلب الأمر صيانة المضخة .

ويتم التحكم الآلي في تشغيل المضخة عن طريق عوامة على سطح المخلفات السائلة وتتصل العوامة بمؤشر ومفتاح كهربائي لتشغيل المضخة .

وهذه العوامة في حركة مستمرة في انخفاض وارتفاع مع منسوب المياه . وللعوامة منسوب خاص إذا وصلت إليه أثناء ارتفاعها حدث اتصال كهربائي في المفتاح فيتم تشغيل المضخة ، وعندما يصير معدل تشغيل المضخة أكبر من معدل دخول المخلفات السائلة فيأخذ المنسوب في الانخفاض فإذا وصلت العوامة إلى المنسوب الذي بدأ معها تشغيل المضخة عنده انقطع التيار الكهربائي عن المفتاح وتوقفت المضخة .

- تمديد خطوط الشبكة .

يتم تنفيذ الشبكة بنفس الاعتبارات السابقة للشبكات العادية التقليدية إلا أنه لا يتطلب الأمر أن يكون هناك دقة كبيرة في تنفيذ الميول لخطوط الشبكة . وعادة ما يتم البدء في تنفيذ الخطوط ابتداء من محطة المعالجة في اتجاه المناطق المراد تصريفها .

وعند الحفر للخطوط في الشوارع يجب مراعاة الخدمات الأخرى الموجودة في الشوارع مثل شبكات المياه والهاتف والكهرباء ومنشآت تصريف مياه الأمطار ، كما يجب وضع المواسير في الخنادق على أرضية خاصة مثل الرمل وذلك لحمايتها من أي مواد صلبة وكذلك حول وأعلى الماسورة ، وعلى العموم يتم عمل فرش من هذه المواد تحت الماسورة بعمق 10 سم وأعلى الماسورة إلى ارتفاع 30 سم مع الدك جيداً ويجب أن توضع المواسير على عمق لا يقل عن 70 سم لحمايتها من الأثقال الناتجة من حركة السيارات فوقها .

ويتم الردم بتربة خالية من المواد العضوية والمخلفات الأخرى ، كما يجب تحديد مسار الخطوط من خلال ربطها بالمعالم الدائمة الموجودة وتدوين ذلك في خرائط تنفيذ تمثل الأبعاد الحقيقية كما تم تنفيذها في الواقع .

3-5-4 الصيانة :

لا تتطلب شبكات الصرف الصحي ذات الأقطار الصغيرة صيانة دورية كما هو الحال في الشبكات العادمة التقليدية .

ويعتبر إزالة الحمأة في خزان الاستقبال بشكل دوري من أهم أعمال الصيانة الدورية المستمرة إلا أنه يتطلب الأمر غسيل الشبكة من وقت لآخر لمنع الإنسدادات والتسربات التي قد تحدث ويتم تحديد الفترات من واقع ما يتم ملاحظته من أداء الشبكة . وعموماً تصمم هذه الخزانات بحيث يتم تفريغها خلال فترة تتراوح بين عام وعامين .

أما بالنسبة لخزان الاستقبال فيكتفي بالفحص الدوري السنوي وإزالة المواد المترسبة كلما تطلب الأمر ذلك ، ويتم لإزالته الحمأة المترسبة من خلال ضخها إلى عربة مصممة لهذا الغرض ويجب إزالة كل الحمأة المترسبة إلا أنه يتبقى جزء منها كنواة للحمأة الجديدة التي ستتولد بعد التنظيف . ويراعى الحذر عند تفريغ الحمأة من الغازات السامة التي عادة ما تتوالد في خزان التحليل .

ويتم تجفيف الحمأة في أماكن خاصة بها حتى تجف ومن ثم يمكن استخدامها كمخصبات (سماد) للتربة الزراعية . وكما سبق الإشارة فإن الشبكة بحاجة إلى التنظيف والغسل بالمياه من وقت لآخر وتبدأ عملية الغسيل من أعالي الشبكة بحيث تتولد سرعة لا تقل عن ½ متر / ثانية في الشبكة . وفي حالة انسداد الشبكة يتم إزالة هذا الإنسدادات إما بواسطة غسلها من خلال ضخ المياه بسرعة كبيرة في اتجاه الانسداد أو باستخدام آلات إزالة الإنسدادات من خلال فتحات التنظيف في الشبكة أو غرفة التفتيش .

الجزء الخامس

طرق معالجة المجاري

5- معالجة الصرف الصحي

1-5 تصنيف مياه الصرف الصحي :

تشمل مياه الصرف الصحي المخلفات السائلة الناتجة من المباني والمصانع ومياه الأمطار ، ويمكن تصنيفها كالآتي :

(أ) المخلفات السائلة المنزلية ، وتسمى أحياناً بمياه المجاري ، وهي المياه المستعملة في الوحدات السكنية المطاعم والفنادق والمباني العامة .
(ب) المخلفات الصناعية ، وهي الناتجة من المياه المستخدمة في عمليات التصنيع المختلفة .
(ج) مياه الأمطار ، التي يتم تجميعها من مياه الأمطار على مساحة معينة تخدمها شبكة تجميع للمخلفات السائلة .
(د) يضاف إلى ما سبق مياه الرشح التي يمكن أن تصل إلى مواسير الصرف إذا كان منسوب المياه الجوفية أعلا من المواسير وخصوصاً في المناطق الساحلية حيث يكون منسوب مياه البحر أعلى من منسوب مواسير المجاري.

مكونات المخلفات السائلة أصلاً من المياه المستعملة بما تحويه من عناصر موجودة فيها قبل الاستعمال ، مضافاً إليها الشوائب التي تصاحب استعمالها .

وتعتمد هذه الشوائب في نوعيتها وكمياتها على مجالات استعمال المياه فتختلف بالنسبة للمخلفات الصناعية عنها بالنسبة للاستعمالات المنزلية وعن مياه الأمطار ، وكل نوع من هذه الأنواع تتداخل عوامل كثيرة في التأثير على مكوناته ، وتتفاوت هذه العوامل من مدينة إلى أخرى ، ثم في المدينة نفسها من منطقة لأخرى ، وتختلف المخلفات الصناعية حسب طبيعة الصناعة وعمليات التصنيع والمواد التي تستعمل ومعدلات استهلاك المياه ومستوى تشغيل عمليات الصناعة .

1-1-5 خواص مياه الصرف الصحي المنزلية :

وتشمل المياه المستعملة من التركيبات الصحية المنزلية مثل أحواض الدش والحمامات وغسيل الأيدي والمراحيض وأحواض المطبخ والأجهزة الأخرى ، ويتضح من ذلك نوعية الشوائب في هذه المياه وهي مخلفات الطعام والمياه التي يخرجها الجسم ، بالإضافة إلى المواد الناتجة من الاستحمام ونظافة الأواني والأرضية وأعمال النظافة الأخرى ، علاوة على ما يمكن أن يجب وضعها في صناديق القمامة مثل ، ولكنها تصل إلى مواسير الصرف الصحي ، وتسبب مشاكل كثيرة سواء في شبكات التجميع أو في محطات الرفع والمعالجة .

وتشمل مكونات مياه المجاري :

1 - 0.01% مواد صلبة + 99.90% ماء
2 - تتكون المواد الصلبة من مواد ذائبة ومواد عالقة
3 - المواد العضوية تمثل حوالي (45 – 70)% من المواد الصلبة ، في حين تمثل المواد الغير عضوية النسبة الباقية
4 - المواد العالقة تشمل مواد رسوبية يمكن ترسيبها في أحواض الترسيب ، كما تشمل مواد معلقة صغيرة الحجم يصعب ترسيبها
5 - يبين الجدول الآتي نموذج لبعض تحاليل مياه الصرف الصحي المنزلية بتركيزات متفاوتة مقدرة بالجزء في المليون (مجم/لتر)

جدول يبين نموذج لبعض تحاليل مياه الصرف الصحي المنزلية

العناصر	مياه صرف صحي ضعيفة التركيز	مياه صرف صحي متوسطة التركيز	مياه صرف صحي خفيفة التركيز
المواد الصلبة	500	850	1200
المواد العالقة	100	200	400
المواد العالقة المتطايرة	70	140	300
الأكسجين الحيوي المستهلك	100	330	450
نتروجين نشادري	5	12	21
نتروجين عضوي	8	21	40
نشادر بروتيني	3	7	12

ويستخدم تعبير الأكسجين الحيوي المستهلك (B.O.D) كمقياس لتركيز المواد العضوية في مياه الصرف الصحي ، وهو أحد العوامل الهامة في معرفة كفاءة وحدات المعالجة ، ويقاس بالجزء في المليون أو بكمية الأكسجين الحيوي المستهلك لكل شخص . ونظراً لقلة استخدام المياه في اليمن لندتها فالتركيز أعلى بكثير من التي في الجدول . فمثلاً يصل تركيز الأكسجين الحيوي إلى 1500 مجم / لتر بينما تصل المواد الصلبة إلى 1500 مجم / لتر .

6 - تكون الـ BOD في مياه الصرف الصحي عادة 54 جسم /شخص / يوم

7 - في البلاد المتقدمة التي تستخدم فيها كسارات (فرامات) القمامة والتي تركب في أحواض المطبخ ، يزيد الـ BOD مياه الصرف الصحي المنزلية ليصل جم/شخص/يوم

8 - في المنشآت العامة التي لا تعمل طول اليوم مثل المباني الإدارية والمصانع والمدارس يمكن اعتبار الـ BOD حوالي 27جم/شخص/يوم

9 - يختلف تركيز المواد الذائبة والعالقة في مياه الصرف الصحي حسب :

(أ) نظام شبكات التجميع وهل هي مشتركة أو منفصلة
(ب) مستوى المعيشة
(ج) معدل استهلاك المياه
(د) خصائص مياه الشرب

وتتميز مياه الصرف الصحي بالتغير المستمر في صفاتها نتيجة لتحلل المواد العضوية بها، ويساعد على ذلك وجود عدد كبير من البكتيريا في مياه الصرف الصحي والذي يتغير من نصف مليون إلى خمسة مليون خلية في كل سنتيمتر مكعب من مياه المجاري ، حسب تركيز الشوائب بهذه المياه .

والغرض الأساسي من معالجة مياه الصرف الصحي هو تحسين خواصها وتثبيت المواد العضوية بها ، ونتيجة لنشاط البكتيريا الهوائية في تثبيت هذه المواد يستهلك الأكسجين الذائب في المياه ، ولذلك تكون مياه الصرف الصحي عادة خالية من الأكسجين الذائب . ويستمر نشاط البكتيريا اللاهوائية في تثبيت المواد العضوية في حالة عدم وجود أكسجين ذائب في المياه ومع نشاط أنواع البكتيريا المختلفة تتغير صفات مياه الصرف الصحي ويساعد على تغير هذه الصفات عوامل كثيرة منها ، معدلات استهلاك المياه ونظام التجميع ووجود مخلفات أخرى مع المجاري ثم طول مواسير الصرف الصحي وهيدروليكية المياه بها ، ولذلك نجد تغيراً كبيراً في صفات العينات المأخوذة من أماكن مختلفة من شبكة الصرف والمأخوذة في أوقات مختلفة من نفس النقطة ، ويفضل في حالة أخذ عينة ممثلة لمياه الصرف الصحي في نقطة معينة ، أن تؤخذ عينات كل فترة زمنية قصيرة ، ولمدة 24 ساعة متواصلة .

2-5 دراسة البدائل المختلفة لمعالجة مياه الصرف الصحي :

إن الطرق المختلفة لمعالجة المجاري والمتاحة في الوقت الحاضر تعتمد على المعالجة البيولوجية. وهذه الطرق تختلف من أبسط الطرق من خلال استخدام خزانات التحليل مروراً بأحواض المعالجة (والتي تتطلب مساحات كبيرة من الأرض إلى المعالجة بطريقة الحمأة المنشطة والتي تتطلب منشآت ومعدات معقدة إضافة إلى توفر العمالة المؤهلة للتشغيل والصيانة والاستهلاك العالي للطاقة .

إنه لجدير بالذكر الإشارة إلى أنه لا توجد طريقة قياسية واحدة لمعالجة المجاري . وبالتالي فإن اختيار وتصميم طريقة المعالجة تعتمد بالدرجة الأولى على نوعية المياه المراد معالجتها (مياه مجاري منزلية ، صناعية ...الخ) وكذا الظروف المحلية مثل توفر التمويل والقدرة على التشغيل والصيانة (ماليا وفنيا) وكذلك طبوغرافية المنطقة التي ستقام عليها وحدات المعالجة وموقعها من

التجمعات السكانية والوسط الذي سيتم التخلص فيه من المياه المعالجة وكذلك إمكانية استخدام هذه المياه .

وفيما يلي العديد من العوامل التي تؤثر على اختيار طريقة المعالجة :

1 -الخواص الكيميائية والبيولوجية للمياه المراد معالجتها
2 -استخدام المياه أسفل المنطقة التي سيتم تصريف المياه المعالجة فيها
3 -الخواص الفنية والفيزيائية للتخلص من الحمأة الناتجة وإمكانية استخدامها كسماد ومخصبات للتربة الزراعية
4 -توفر المواد اللازمة للإنشاء
5 -توفر العمالة المؤهلة للتشغيل والصيانة
6 -توفر النفقات الاستثمارية للتنفيذ
7 -طبوغرافية المنطقة وتوفر الموقع المناسب
8 -وجود مصدر يعتمد عليه للطاقة
9 -الاستعداد لدى المستفيدين لدفع نفقات التشغيل والصيانة

مراحل المعالجة البيولوجية

يمكن تقسيم طريقة المعالجة إلى المراحل التالية :
1 -المعالجة التمهيدية
2 -المعالجة الأولية
3 -المعالجة الثانوية

أولاً : المعالجة التمهيدية

يتم في هذه المرحلة إزالة الأشياء الكبيرة والرمال من مياه المجاري . وذلك منعاً للإنسدادات في وحدات المعالجة . وتتم عن طريق الوحدات التالية :

1- المصافي
تتكون من قضبان من الحديد متوازنة بينها فراغات . وتزال المواد المحجوزة من وقت إلى أخر ويتم التخلص منها بالحرق أو الدفن في مكان مناسب منعاً للتلوث الناجم عنها.

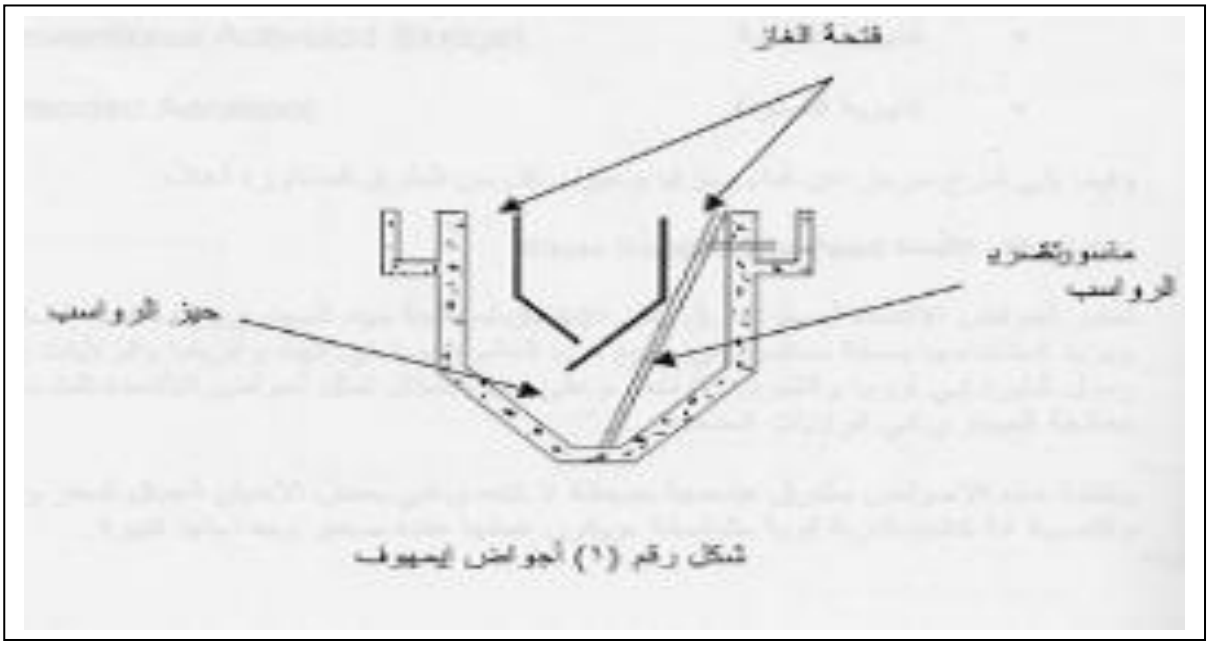
2- أحواض ترسيب الرمال
من المهم جداً إزالة الرمال من مياه المجاري حيث ووجودها يقلل من الحيز المخصص للترسب في وحدات المعالجة التالية . ويتم فصل الرمال بواسطة الترسيب ويتم غسل المواد المترسبة قبل التخلص منها أو يتم دفنها في مكان مناسب .

ثانياً المعالجة الأولية

يتم في هذه المرحلة إزالة المواد العالقة من خلال ترسيبها في أحواض الترسيب . يتم في أحواض الترسيب إزالة 60% من المواد العالقة وحوالي 50% من التلوثات ومن الضروري إزالة المواد المترسبة ومعالجتها يومياً منعاً لانتشار الروائح نتيجة للغازات التي تنبعث منها نتيجة لتحللها . ويتم إستخدام أحواض الترسيب التقليدية للترسيب أو يمكن إستخدام أحواض إيمهوف (Imhoff Tanks) كوسيلة من وسائل المعالجة الأولية . وفيما يلي نبذة عن هذا النوع من المعالجة وإستخداماته .

وهو حوض تحليلي ذو طابقين تستعمل الغرفة العليا للترسيب والغرفة السفلى تستقبل الرواسب من الغرفة العليا لتحتفظ فيها مدة كافية لتحللها تصل إلى شهرين أو أربعة أشهر شكل (1) .

والحوض ينقسم إلى طابقين بطول الحوض والطابق العلوي يتكون إما من غرفة واحدة أو من غرفتين إلا أنه في الأحواض التي لا يتبع فيها التنظيف الميكانيكي فإنه يجب أن يشكل قاع الطابق العلوي على شكل حرف V لمنع تراكم الرواسب على جانبي القاع ، ومن خلال عدد من الفتحات في قاع الغرفة تنفذ الرواسب إلى الغرفة السفلى .



شكل رقم (١) أحواض إيمهوف

وتصمم الغرف العليا في أحواض إمهوف بحيث تكون مدة المكث فيها ساعتان ، بحيث ينظم دخول الماء وخروجه إلى ومن جانبي الحوض ، أما الغرفة السفلى فتصمم بحيث تستوجب الرواسب المتجمعة لمدة تتراوح من شهرين إلى أربعة أشهر ، وتتوقف هذه المدة على درجة حرارة 25-37درجة مئوية أنسب درجة لتحليل المواد العضوية في الرواسب . وتبلغ كفاءة أحواض إمهوف كما يلي .

- إزالة المواد العالقة %45 -%60
- خفض المواد العضوية %25 - %45

وتعتبر المعالجة بهذه الطريقة من أنسب الطرق في اليمن نظراً لإرتفاع درجة الحرارة طوال العام وخصوصاً في المناطق الساحلية .

ثالثاً : المعالجة الثانوية

يتم في هذه المرحلة معالجة المياه الناتجة من المراحل المذكورة سابقاً بيولوجياً لتقليل المواد الملوثة في المياه . وتتم المعالجة من خلال أكسدة المواد العضوية بواسطة الكائنات الحية الدقيقة والتي تعمل في وجود الأكسجين الذائب في الماء وتحويلها إلى مواد غير عضوية يتم فصلها بالترسيب في الأحواض الخاصة بذلك . وفيما يلي الطرق الرئيسية للمعالجة الثانوية :

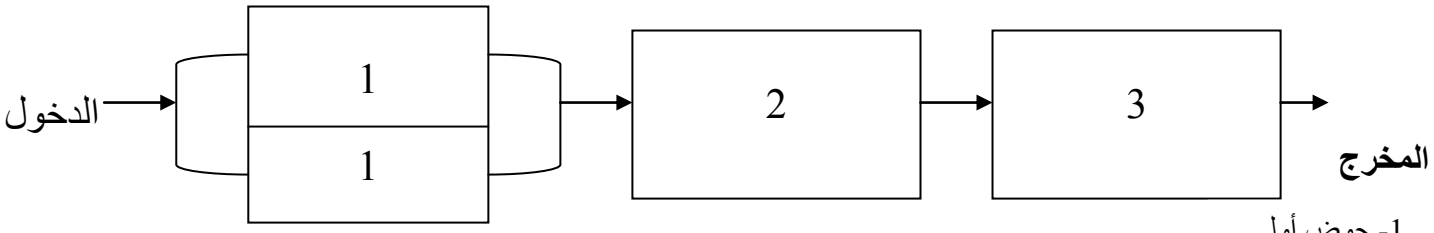
1- أحواض الأكسدة (Waste Stabilization Ponds)
2- المرشحات البيولوجية (Trickling Filters)
3- الأقراص البيولوجية الدوارة (Rotating Biological Contactors)
4- الحمأة المنشطة (Activated Sludge)
   - التهوية التقليدية (Conventional Activated Sludge)
   - التهوية المطولة (Extended Aeration)

وفيما يلي شرح موجز عن أداء ومزايا وعيوب كل من الطرق المذكورة أعلاه :

أولاً أحواض الأكسدة (Waste Stabilization Ponds)

تعتبر أحواض الأكسدة أبسط الطرق على الإطلاق لمعالجة مياه المجاري والمخلفات الصناعية . ويزيد استخدامها بصفة مستمرة في جميع دول العالم خاص في الهند وأفريقيا والولايات المتحدة ودول كثيرة في أوربا والشرق الأوسط ، وعلى سبيل المثال تمثل أحواض الأكسدة ثلث محطات معالجة المجاري في الولايات المتحدة .

وتنشأ هذه الأحواض بطرق هندسية بسيطة لا تتعدى في بعض الأحيان أعمال الحفر والتمهيد والتسوية إذا كانت التربة قوية متماسكة ، ويكون عمقها عادة صغير ومساحتها كبيرة .



1- حوض أولي
2-حوض هوائي
3-حوض إنضاج

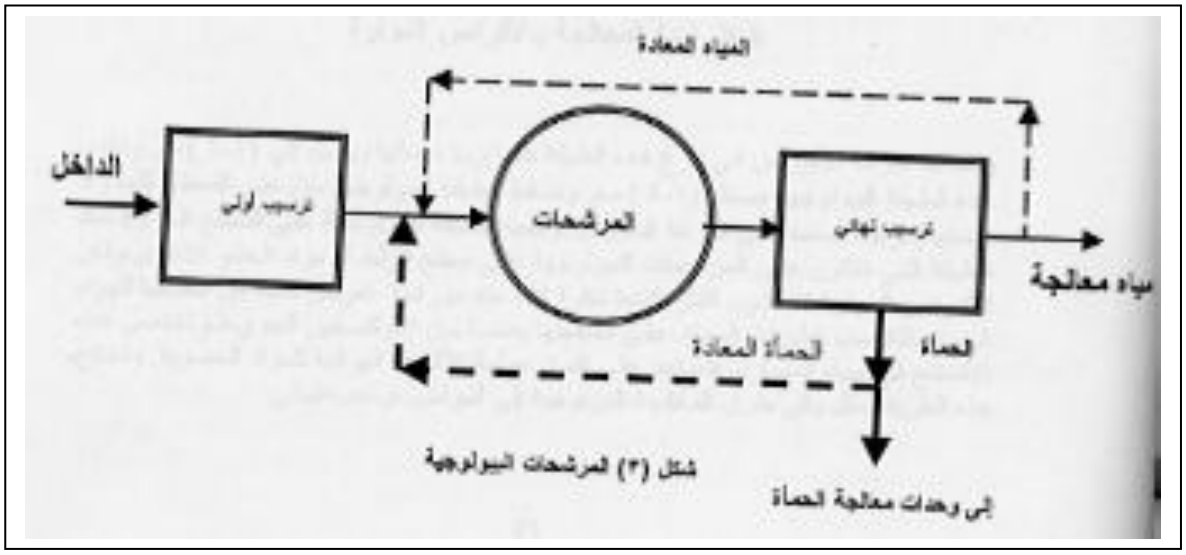
شكل رقم (2) أحواض الأكسدة

وتتم المعالجة في هذه الأحواض بطريقة طبيعية تعتمد على نشاط مشترك متكامل تقوم به الطحالب والبكتيريا بالاستعانة بأشعة الشمس وبعض العناصر الموجودة أصلاً في مياه المجاري ، فالبكتيريا الهوائية تستخدم الأكسجين الذائب في المياه لأكسدة المواد العضوية ، وينتج من هذه الأكسدة مواد عضوية مثبتة وثاني أكسيد الكربون . والطحالب بدورها تستخدم ثاني أكسيد الكربون مع بعض الأملاح في تخليقها الضوئي بمساعدة أشعة الشمس وتعطي أوكسجين وهو من احتياجات البكتيريا.

ومعنى هذا أن كل من الطحالب والبكتيريا تعطي للأخرى ما تحتاجه أو بمعنى آخر تعتمد الطريقة أساساً على تبادل المنفعة بينهما . ويكون نشاط البكتيريا أكبر ما يمكن في الطبقات السطحية من المياه والتي تصل إليها أشعة الشمس وتكون هذه الطبقات بها تركيزات عالية من الأوكسجين الذائب أثناء النهار ، أما في ساعات الليل فينعكس نشاط الطحالب وتبدأ في استهلاك أوكسجين ذائب من المياه وإعطاء ثاني أوكسيد الكربون الأمر الذي يتسبب في نقص الأوكسجين الذائب في المياه أو اختفاءه .

ثانياً : المرشحات البيولوجية (Trickling Filters)

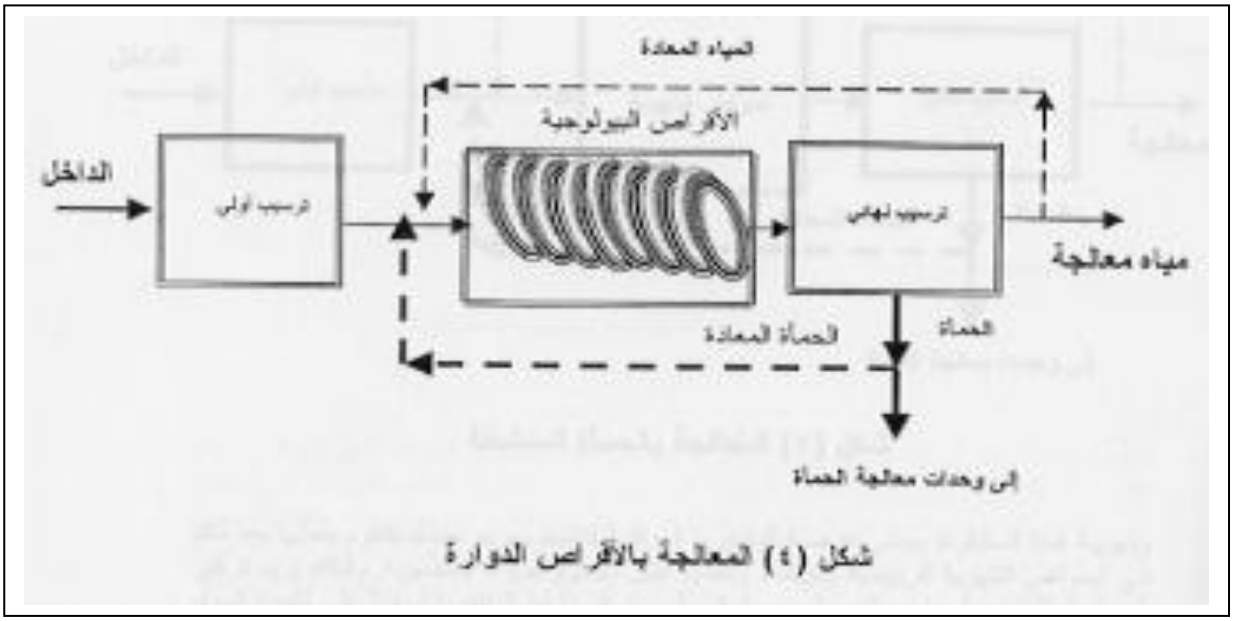
تتكون هذه الوحدات من أحواض تنشأ عادة من الخرسانة المسلحة أو من مباني الطوب وتكون دائرية أو مربعة أو مستطيلة حسب كمية المخلفات السائلة ومساحات الأرض المتوفرة ونوعية المعدات الميكانيكية التي يمكن الحصول عليها .



وتملأ هذه الأحواض بالأحجار الصغيرة المستديرة أو كسر الطوب أو الحجارة بأحجام متناسبة وبعمق محدد . كما يمكن أن يكون الوسط من البلاستيك حيث وهو أخف من الأحجار الصغيرة وأرخص في تكاليف الإنشاء للمنشآت الخرسانية ولكن استيرادها قد يجعلها أكثر تكلفة وبالتالي ترجيح إستخدام الأحجار الصغيرة المستديرة والمتوفرة بكثرة في اليمن .

ثالثاً : الأقراص البيولوجية الدوارة(Rotating Biological Contactors)

تتكون من أقراص دائرية خفيفة الوزن تدور بسرعة بطيئة مغمورة لمنتصفها تقريباً في حوض قاعة أسطواني به مياه المجاري . وتصنع هذه الأقراص عادة من بعض أنواع البلاستيك . وأثناء التشغيل تكون الأقراص مغمورة إلى أسفل عمود الدوران المثبت في مركز الأقراص بحيث تغمر 40% من مساحة سطحها في مياه المجاري أثناء الدوران . إلا أنه نتيجة لهذا الدوران فإن جميع أسطح الأقراص الدوارة تتكون عليها طبقة بيولوجية تقوم بعملية المعالجة مع غمر الأقراص في مياه المجاري ثم تعرضها للجو مبتلة بقطرات من المياه .



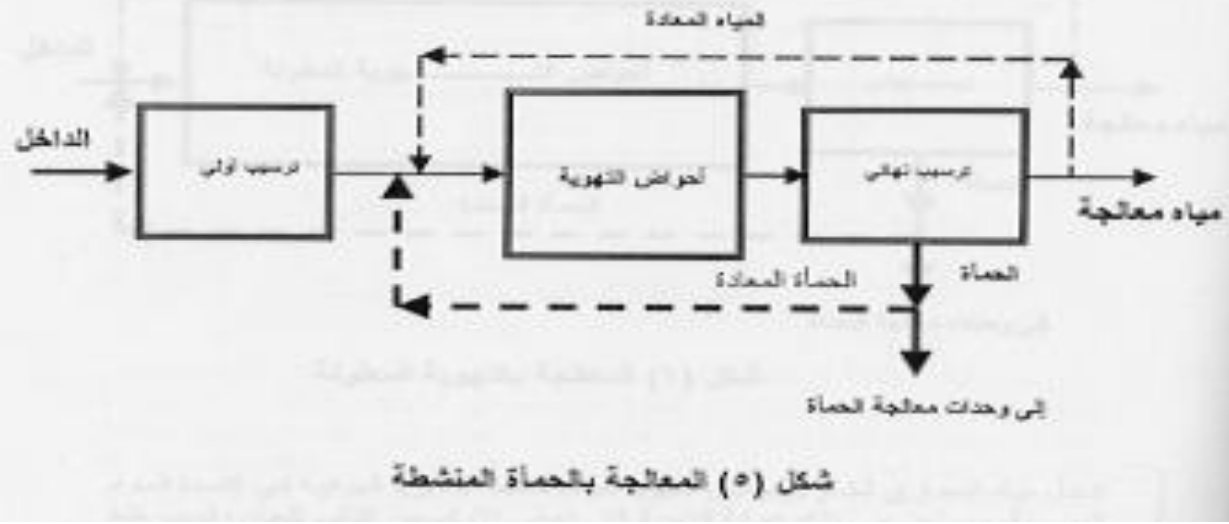
شكل (٤) المعالجة بالأقراص الدوارة

وتساعد حركة الأقراص في نزع هذه الطبقة كلما زيد سمكها ويصل إلى (1-4) مم . وتكون هذه الطبقة البيولوجية بسمك (1-4) مم . وتسقط الطبقة البيولوجية من على السطح كلما زاد سمكها بدرجة تعتمد على سرعة الدوران . وتشبه الطبقة البيولوجية على أسطح الدوارة تلك الطبقة التي تتكون على المرشحات البيولوجية على سطح الزلط أو مواد الحشو الأخرى ، ولكن الأقراص الدوارة قد تكون أكثر كفاءة نظراً لأنه عند دورانها تعرض نسبة من سطحها للهواء الجوي فتكسب قطرات المياه على سطحها بعضاً من الأوكسجين الجوي ثم ، تنغمس هذه الأسطح في مياه المجاري فتساعد على إتمام عملية الأكسدة الهوائية للمواد العضوية . وتحتاج هذه الطريقة مثل باقي طرق المعالجة إلى أحواض ترسيب نهائي .

وتزيد التكاليف الإنشائية لهذه الطريقة بنسبة 20% عن طريقة الحمأة المنشطة ، إلا أن تكاليف التشغيل والصيانة أقل بالنسبة للأقراص الدوارة .

رابعاً الحمأة المنشطة (Activated Sludge)

تعتمد هذه الطريقة على تنشيط الكائنات الدقيقة المتواجدة في مياه المجاري ، وتوفير البيئة الملائمة لنموها ولتكاثرها وتغذيتها بالمواد العضوية العالقة في مياه المجاري . ويتم في هذه العملية إعادة جزء من المواد التي يتم ترسيبها في أحواض الترسيب الثانوية إلى أحواض التهوية - كما هو موضح بالرسم – بغرض تنشيطها لاستمرار عملية المعالجة .



شكل (٥) المعالجة بالحمأة المنشطة

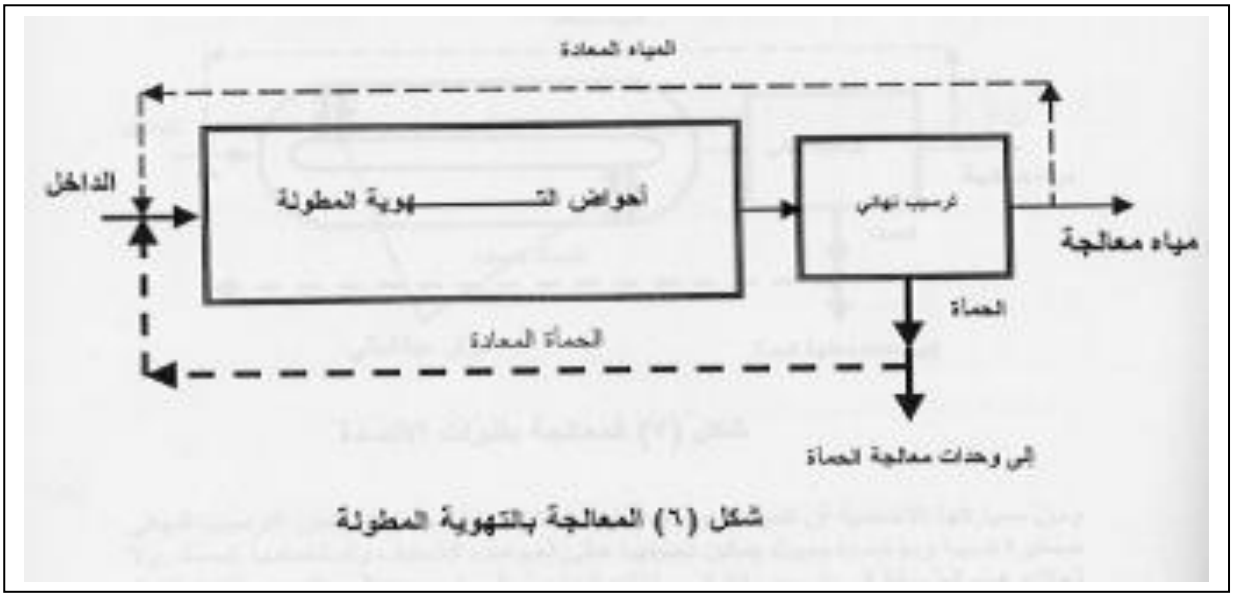
وتهوية هذا المخلوط يعطي فرصة للبكتيريا الهوائية لتنشط ويزيد عددها ، فتقوم بعملها بعد ذلك في أحواض التهوية الرئيسية وتؤكسد وتعمل على تجميع المواد العضوية . ولذلك يزيد تركيز المواد العالقة في أحواض التهوية بدرجة كبيرة ، ويتركز نشاط البكتيريا أساساً على أكسدة المواد الذائبة لسهولة امتصاصها وهضمها بواسطة أنزيمات داخلية وخارجية تفرزها البكتيريا .

وهذه الطريقة أكثر كفاءة من المرشحات ولكنها تحتاج إلى مهارة في التشغيل بواسطة الفنيين على اختلاف مستوياتهم أو يتم تشغيلها بالتحكم الآلي . ومتابعة تشغيل هذه له أهمية خاصة مهما كانت وحدتها مصممة ومنفذة بدرجة فنية عالية .

خامساً : التهوية المطولة (Extended Aeration)

وهي أحد طرق الحمأة المنشطة التي تستخدم لمعالجة التصرفات الصغيرة ، وهي طريقة سهلة ومرنة في تشغيلها ويمكن الاستغناء عن مرحلة الترسيب الابتدائي ومعالجة مياه المجاري بعد

حجز المواد الطافية والرمال إن أمكن ، ومن مزايا هذه الطريقة تثبيت المواد العضوية والاستغناء عن معالجة الرواسب قبل تجفيفها أو استعمالها . ويبين شكل (6) رسم تخطيطي لطريقة المعالجة بالتهوية المطولة ، فتدخل مياه المجاري الخام لأحواض التهوية حيث تنشط البكتيريا الهوائية في أكسدة المواد العضوية ، ويساعد على ذلك عملية التهوية التي توفر الأوكسجين الذائب للمياه ، وتسبب خلط وحركة مستمرة في الحوض تزيد من فعالية العملية . وتخرج المياه من أحواض التهوية لأحواض الترسيب حيث ترسب المواد العالقة وما بها من الكائنات الحية الدقيقة ، ثم يعاد نسبة كبيرة من هذه الرواسب إلى أحواض التهوية للحفاظ على التركيز المناسب من المواد العالقة وما تحمله من البكتيريا التي تقوم بعملية الأكسدة .



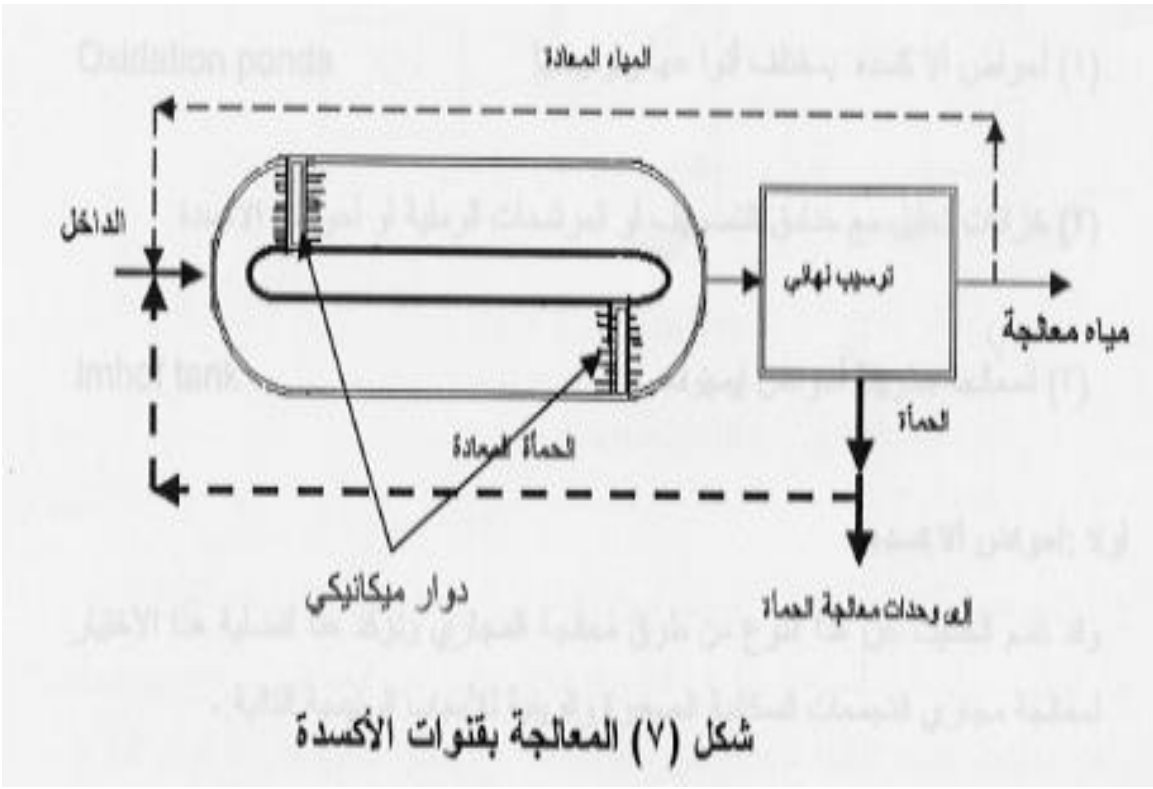
شكل (٦) المعالجة بالتهوية المطولة

ويلزم للحفاظ على تركيزات ثابتة من المواد العالقة في أحواض التهوية أن يتم تصريف نسبة من المواد المترسبة في أحواض الترسيب بدون مشاكل الرائحة حيث تكون هذه الحمأة مؤكسدة لبقائها في أحواض التهوية مدة طويلة .

ويمكن التخلص من الحمأة الزائدة من هذه العملية بتجفيف الحمأة الزائدة في أحواض تجفيف ثم استخدامها كسماد وتصرف الحمأة الزائدة كنسبة من الحمأة المترسبة في أحواض الترسيب ، أو كنسبة من التصرف من مياه أحواض التهوية .

سادساً : قنوات الأكسدة : (Oxidation Ditches)

وهي أساساً طريقة من طرق التهوية المطولة ، تصمم بنفس الأسس ، ولكنها تعتمد على البساطة في الإنشاء والتشغيل ، وتتكون من وحدة أو أكثر من القنوات التي يتم فيها تهوية وتقليب مياه المجاري بواسطة دوار ميكانيكي أو أكثر وعمقها صغير يتراوح بين (1-1.5) متر ، ولذلك يمكن إنشائها من الطوب أو الخرسانة المسلحة . في حالة زيادة العمق والعرض ومعدلات التهوية ، ويمكن إنشائها في التربة الطبيعية إذا كانت قوية ومتماسكة .



شكل (٧) المعالجة بقنوات الأكسدة

ومن مميزاتها الأساسية أن كمية الرواسب الزائدة التي تصرف من أحواض الترسيب النهائي صغيرة نسبياً ومؤكسدة بحيث يمكن تجفيفها على أحواض التجفيف واستخدامها كسماد . ولا تحتاج هذه الطريقة إلى ترسيب ابتدائي وتعالج فيها مياه المجاري بعد المصافي ويمكن استخدام القنوات للترسيب أيضاً مدة مرة إلى ثلاث مرات يومياً بوقف التهوية للسماح بالترسيب وبعد ذلك يتم تصريف المياه المروقة بعد الترسيب ويعاد تشغيل العملية . وفي أثناء فترة الترسيب يتم حجز مياه المجاري في خطوط التجميع أو باستخدام وحدتين من قنوات الأكسدة أو بتقسيم القناة إلى جزأين ، ولا يستخدم هذا التشغيل إلا في التصرفات الصغيرة نسبياً ، أما في التشغيل العادي فيلزم إنشاء حوض ترسيب نهائي بعد قنوات الأكسدة.

اختيار نوع المعالجة المناسب

استعرضنا فيما تقدم الطرق المختلفة لمعالجة مياه الصرف الصحي ويهمنا هنا الوقوف على افضل الطرق التي ينصح باتباعها في معالجة مجاري المناطق ذات التجمعات السكانية الصغيرة وتندرج حسب الأفضلية على النحو التالي :-

1- أحواض الأكسدة بمختلف أنواعها وترتيباتها Oxidation Ponds

2- خزانات تحليل مع خنادق التصريف أو المرشحات الرملية أو أحواض الأكسدة

3- المعالجة بطريقة أحواض إيمهوف Imhof tank

أولاً : أحواض الأكسدة :-

وقد تقدم الحديث عن هذه النوعية من طرق معالجة المجاري ونؤكد هنا أفضلية هذا الاختيار لمعالجة مجاري التجمعات السكانية الصغيرة والريفية للأسباب الرئيسية التالية :-

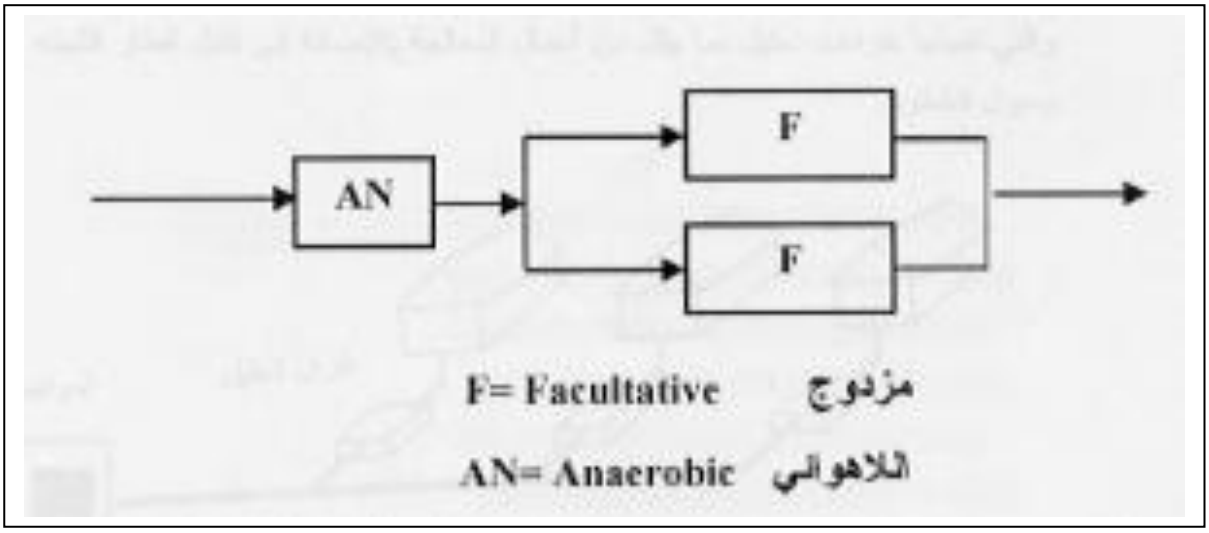
1 -فعالية المعالجة المتمثلة في تحليل المواد العضوية وأيضاً التخلص الكبير من الميكروبات والفيروسات الضارة العالقة في المجاري

2 -قلة تكاليف التنفيذ وأيضاً سهولة وقلة تكاليف التشغيل والصيانة ويمكن أن تستخدم الأحواض للمعالجة الابتدائية أو للمعالجة الثانوية ويتضح هذا كما يلي :-

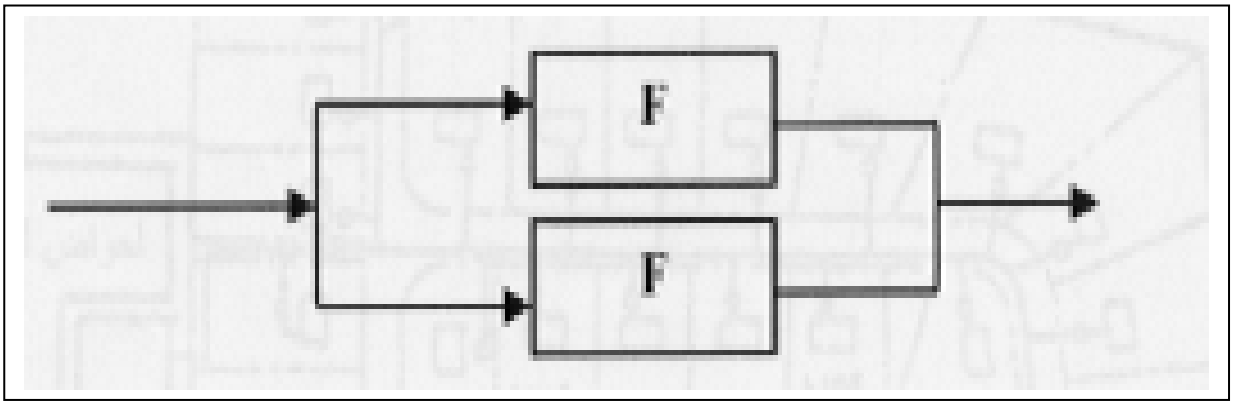
ففي حالة تجميع مياه الصرف الصحي عبر شبكة صرف صحي بالنظام التقليدي المعتاد فإنه يمكن نقل هذه المياه إلى محطة معالجة من أحواض الأكسدة والتي قد تتكون حسب ظروف المنطقة من الخيارات التالية :

1- الأحواض الابتدائية اللاهوائية (Anaerobic Ponds) ثم الأحواض ذات المزدوج الهوائي واللاهوائي (Facultative Ponds) وهذا الوضع يتم تطبيقه في حالة عدم توفر مساحات كبيرة من الأرض حيث وجود الأحواض اللاهوائية ذات العمق الكبير نسبياً من (2-4) متر يقلل من المساحة المطلوبة إلا أن وجود الأحواض اللاهوائية قد يكون

مصدراً للروائح وقد تكون الضرورة في بعض الأحيان ملحة لمثل هذه الأحواض خاصة عندما يكون تركيز الـ (BOD) في مياه الصرف كبير أو هناك صعوبة في توفير المساحات المطلوبة .



2- الأحواض ذات النظام المزدوج (الهوائي واللاهوائي) (facultative) وهذا النوع من الأحواض أيضاً لا تتصاعد منه الروائح وتتم فيه المعالجة لمياه الصرف إلى مستوى مقبول يمكن استخدام المياه الناتجة منه في الزراعة للنباتات والأشجار العالية التي لا تؤكل ثمارها نيئة .

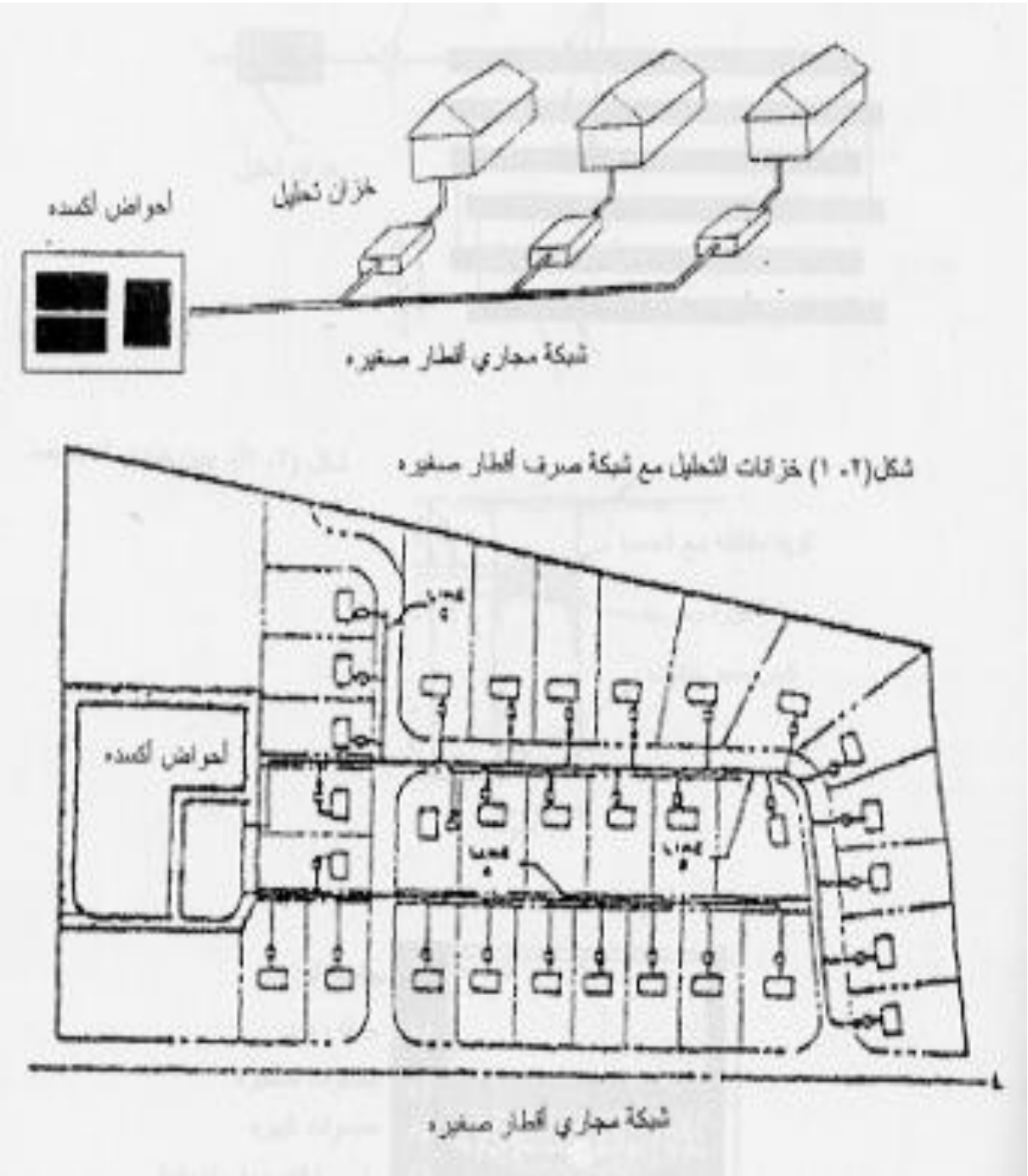


وهذا النوع يكون أكثر فعالية في معالجة المجاري المنصرف عبر شبكات الصرف الصحي ذات الأقطار الصغيرة حيث يسبق المعالجة عمليات الترسيب للمواد العضوية بواسطة خزانات التحليل.

3 -أحواض الأكسدة الهوائية (Aerobic) وهي التي تعمل فيها البكتيريا الهوائية على تحليل المواد العضوية وتثبيتها ولا تتصاعد فيها الروائح المنفردة وتكون أعماقها صغيرة إلا إنها أكثر تكلفة من حيث المساحات الكبيرة التي تحتاجها .

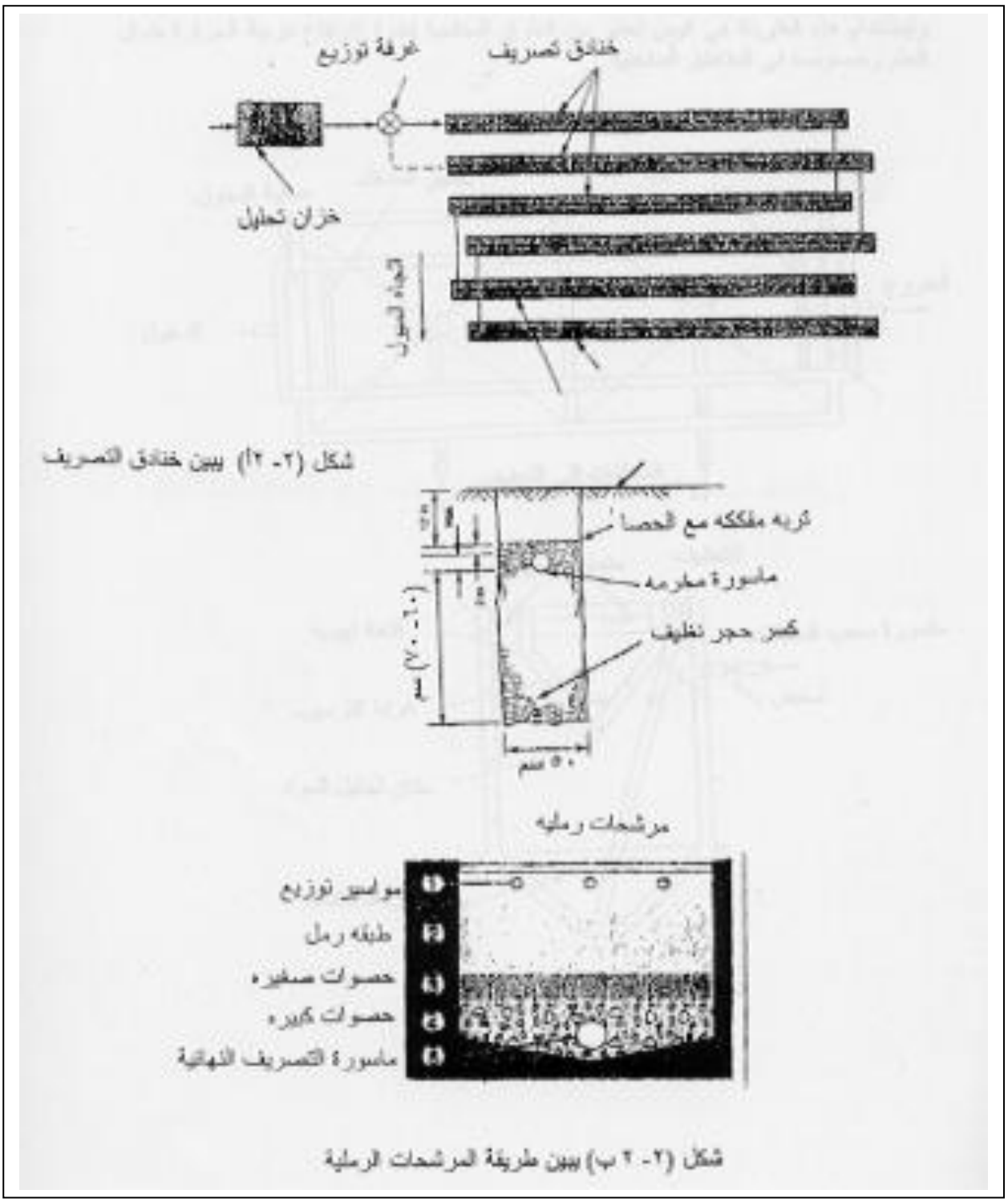
ثانياً : خزانات التحليل مع أحواض أكسدة أو خنادق التصريف أو المرشحات الرملية :-

1- خزانات تحليل تتبعها شبكة مجاري ذات الأقطار الصغيرة ثم المعالجة بأحواض أكسدة وكما تقدم عند استعرضنا لشبكات الصرف الصحي أن الشبكات ذات الأقطار الصغيرة والتي تسبقها خزانات تحليل مما يقلل من أعمال المعالجة بالإضافة إلى تقليل أقطار الشبكة وميول الخطوط .



2- خزانات تحليل وحفر امتصاص أو خنادق تصريف أو مرشحات رملية.

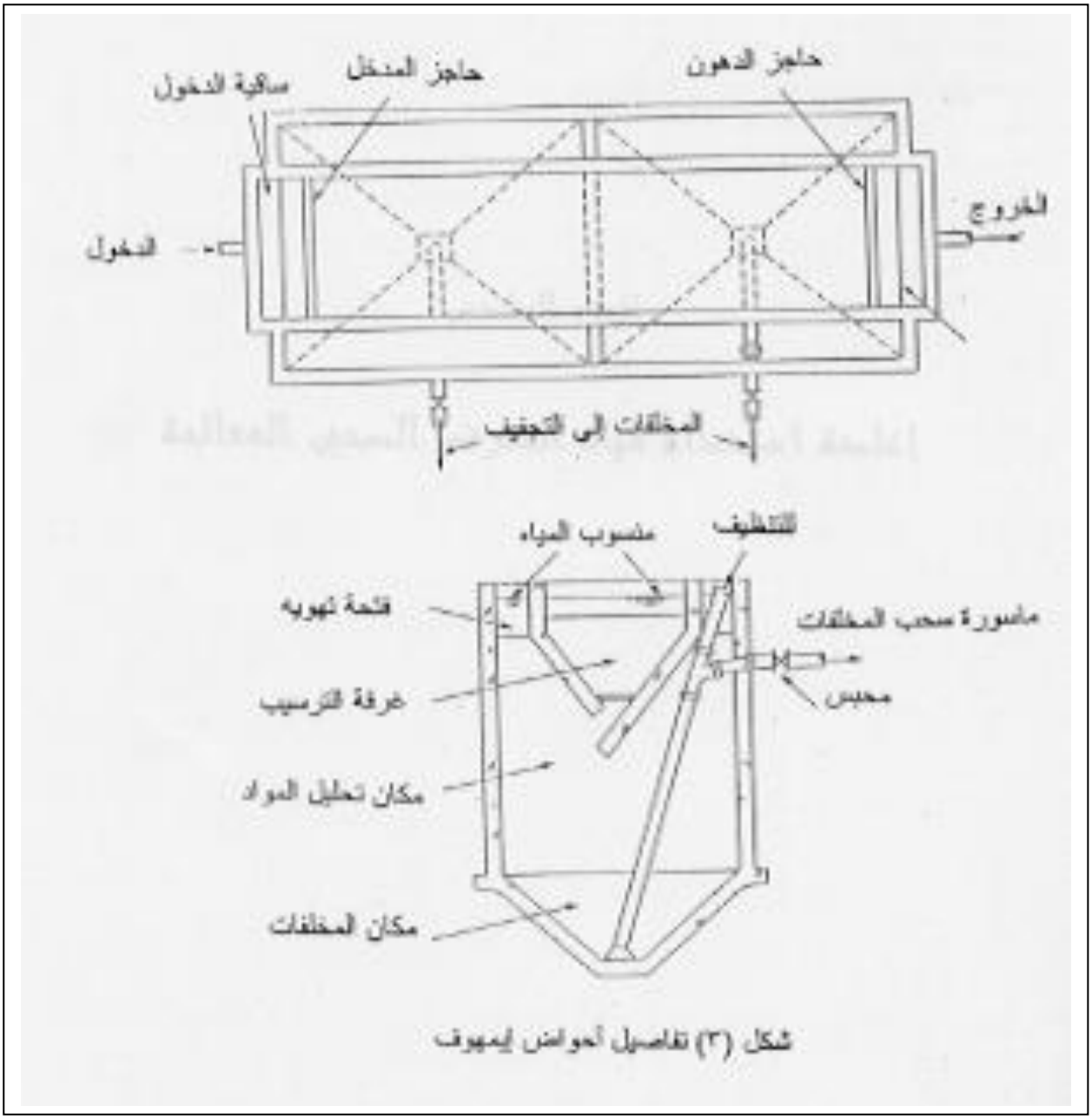
في حالة محدودية كميات الصرف وصغر التجمع السكاني فإنه يمكن الاكتفاء في معالجة المجاري بخزانات التحليل مع الحفر الامتصاصية أو خنادق التصريف أو إذا كانت غير ممكن لطبيعة المنطقة الصخرية أو ارتفاع منسوب المياه عند ذلك يمكن استخدام المرشحات الرملية .



ثالثاً : أحواض إيمهوف

وهي تعتبر من المعالجة الأولية حيث يتم فيها ترسيب المواد العالقة بنسبة تصل تتراوح بين (45% - 60%) أما كفاءتها في معالجة المواد العضوية فتتراوح بين (30% - 40%) وعموماً فإن كفاءة هذه الأحواض تعتمد إلى حد كبير على درجة الحرارة . ولا بد للمياه الناتجة من هذه الأحواض من معالجة ثانوية ومن أنسبها أحواض الأكسدة كما تم إيضاح ذلك سلفاً .

واستخدام هذه الطريقة في اليمن تعتبر من الطرق المناسبة نظراً لإرتفاع درجة الحرارة طوال العام وخصوصاً في المناطق الساحلية .



شكل (٣) تفاصيل أحواض إيمهوف

الجزء السادس

إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة

6-إستخدام مياه الصرف الصحي والحمأة المعالجة

مقدمة :

تعتبر مياه الصرف الصحي المعالجة أحد المصادر غير التقليدية للمياه خصوصاً في البلدان التي تعاني من شحة المياه وقلة هذه المصادر . ويمكن تنظيم استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري وذلك لتوفير المياه النظيفة واستخدامها للأغراض المنزلية . وللعلم فإن كمية المياه التي تستخدم للزراعة في اليمن تتراوح بين 90% - 93% وهذا يبرز أهمية إستخدام مياه الصرف الصحي في الأغراض الزراعية وفق نظام صارم للاستخدام وذلك لحماية الصحة العامة وكذلك الأراضي الزراعية من التدهور نتيجة الاستخدام المستمر لمياه الصرف الصحي المعالجة .

مجالات استخدام مياه الصرف الصحي :

(أ) استصلاح الأراضي الصحراوية
(ب) ري المحاصيل الزراعية
(جـ) الأغراض الصناعية كمياه تبريد
(د) ري الحدائق والملاعب والأشجار في الشوارع
(هـ) تغذية المياه الجوفية

ويلاحظ أن درجة المعالجة المطلوبة عند ري الأراضي بمياه الصرف الصحي تختلف بحسب نوعية التربة ونوعية المحاصيل المزروعة حيث يمكن إستخدام مياه الصرف بدرجات المعالجة المختلفة أو حتى بدون معالجة في بعض الحالات طالما روعيت الشروط الصحية للتحكم في تلوث المحاصيل والمحافظة على العاملين في الزراعة .

إستعمال مياه الصرف الصحي في الري :

تستخدم مياه الصرف الصحي في بلدان كثيرة من العالم سواء معالجة أو بدون معالجة ، ومياه الصرف الصحي تستعمل أيضاً بعد المعالجة الابتدائية أو بعد المعالجة الثانوية وفي حالات خاصة عندما يتطلب الأمر تتم المعالجة المتقدمة وذلك لإستخدام مياه الصرف الصحي في الزراعة دون قيود أو استخدامها لحقن المياه الجوفية . وفي حالة إستخدام المياه المعالجة بالأحواض (أحواض الأكسدة) تزيد فوائد إستخدام المياه المعالجة في الري لأن الخلايا الطحلبية التي تتكاثر في الأحواض هي في حقيقتها مواد عضوية ثابتة إلى حد ما وتضيف للتربة قيمة تسميدية عضوية مفيدة للنبات . وعموماً فإن مياه الصرف الصحي في اليمن لا تحتوي على مخلفات صناعية ، الأمر الذي لا يؤثر إستخدامها بعد المعالجة على التربة أو النباتات وبالتالي

صحة الإنسان أو الحيوان الذين يستخدمان المواد الزراعية المروية بهذه المياه ، وتحتوي مياه الصرف الصحي المنزلية على المواد التسميدية التالية لكل شخص في العام :-

3.00– 2.50	كيلو جرام نيتروجين
1.00 – 0.80	كيلو جرام فوسفور
1.60 – 1.30	كيلو جرام بوتاسيوم
12.00 – 10.00	كيلو جرام مواد عضوية

وعادة ما يتم حساب هذه التركيزات في اللتر أو المتر المكعب على أساس متوسط صرف كل فرد في المياه وعند معالجة مياه الصرف الصحي تنخفض تركيزات هذه المواد لأنها تتحول إلى مكونات أخرى في الرواسب التي يتم فصلها بطرق المعالجة المختلفة . وتستخدم المخلفات الصلبة كسماد ، ومعالجة مياه الصرف الصحي الكاملة أولية ابتدائية وثانوية تقلل كثيراً من تركيز المواد التسميدية في المياه الناتجة من المعالجة ويمكن القول بأن إنتاجية المحاصيل التي تروى بمياه الصرف الصحي عادة ما تزيد عن التي تروى بالمياه العادية وتسمد بالأسمدة الكيميائية ، كما تساعد المواد العضوية في مياه الصرف الصحي على تحسين التكون الحبيبي للتربة خصوصاً الرملية مما يساعد على أداء التربة لوظيفتها بصورة أفضل في عمليات الري وتغذية النبات ، ويمكن تحويل الأراضي الرملية إلى أراضي زراعية وذلك بريها بمياه الصرف الصحي المعالجة فقط .

الضوابط والإحتياطات في إستخدامات مياه الصرف الصحي المعالجة :

1 -خفض عدد البكتيريا الضارة وهذا يعتمد على نوعية المعالجة حيث تنخفض البكتيريا في حالة محطات المعالجة بالأحواض وخصوصاً إذا كان ترتيب الأحواض على التوالي ، ونظراً لفترة المكث التي تصل إلى 30 يوم . أما في حالة المحطات الميكانيكية يفضل أن يضاف الكلور بجرعة تركيز (15-20) مجم/لتر للمياه المعالجة على أن تبقى في حوض تلامس لمدة تتراوح بين (1-2) ساعة حتى يتم قتل البكتيريا .

2 -يفضل عدم ري المحاصيل لمدة أربعة أسابيع قبل الحصاد

3 -إستخدام مياه الصرف الصحي لري المحاصيل التي لا تؤكل نيئة

4 -إستخدام النباتات ذات الثمار أو المحاصيل البعيدة عن الأرض (أي لا تلامس مياه الصرف الصحي)

5 -دراسة تركيز الأملاح واختيار المحاصيل الزراعية ومتابعة التركيز في التربة وزراعة المحاصيل المختلفة بالتناوب للحفاظ على نسبة تركيز الأملاح المسموح بها في التربة .

6 -في حالة وجود مخلفات صناعية تصب في الشبكة العامة للصرف الصحي لا بد من ضرورة معالجتها قبل السماح بتصريفها في الشبكة العامة للتخلص من المواد السامة

خصوصاً المعادن الثقيلة التي يصعب إزالتها بالمعالجة التقليدية لمياه الصرف الصحي من المنازل .

7 -توعية المزارعين بطرق السلامة في التعامل مع مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة وتقديم التوعية المستمرة والرقابة على عملية الري والتعامل عموماً مع مياه الصرف الصحي المعالجة والمحاصيل التي يتم زراعتها بهذه المياه .

8 -يفضل إنشاء أحواض تخزين لمياه الصرف المعالجة تنشأ بعد محطات المعالجة وخصوصاً الميكانيكية وذلك للتخلص من البكتيريا وترسيب بيوض الجراثيم المسببة للأمراض ومن مزايا هذه الأحواض :-

أ - تحسين حالة مياه الصرف الصحي المعالجة حيث يمكن خلال عدة أيام القضاء على معظم البكتيريا الضارة والميكروبات الممرضة .

ب إستخدام هذه الأحواض في التخزين والموازنة بين المياه المعالجة الخارجة بإستمرار من البحيرات وبين إحتياجات مياه الري المتقطعة والمطلوبة فقط في مناوبات الري .

طرق الري :

1 -الغمر
2 -قنوات الري
3 -الري بالتنقيط
4 -الري بالرش

إختيار طرق الري

1- الري بالغمر

وتستخدم هذه الطريقة في الأراضي الأفقية وهي من أرخص الطرق لعدم حاجتها إلى إستخدامات كبيرة من الطاقة ، ويمكن إستخدامها في الأراضي التي تصل ميولها إلى 2% بالطرق المناسبة في تقسيم وتسوية الأراضي ، وتروى الأراضي بمعدل يزيد عن معدل نفاذية التربة لضمان ري المساحة بأكملها . ولا ينصح بإتباع هذه الطريقة في إستخدام المياه المعالجة في الري .

2- طريقة الري بالقنوات :

وهي أرخص الطرق المستخدمة عموماً ولكنها تحتاج إلى تجهيز وأعمال حفر قبل إستخدامها ، لتوفير الميول الملائمة للأراضي التي ستروى بهذه المياه .

3- الري بالتنقيط :

حيث يتم تمديد شبكة للري ويجب أن تقل فتحات الري عن 4.5 مم وذلك عندما تكون المعالجة عن طريق الأحواض حتى لا تتعرض هذه الفتحات للانسداد نتيجة لوجود الطحالب في المياه المعالجة.

4- الري بالرش :

لا يوصى بإستخدام هذه النوع من طرق الري في حالة الري بمياه الصرف الصحي المعالجة نظراً للمخاطر الصحية على المزارعين لإنتشار البكتيريا مع الرذاذ المتطاير فضلاً عن إنسداد فتحات المرشات بالطحالب والمواد الصلبة التي عادة ما تكون في المياه المعالجة.

وهناك اتجاه للتعامل مع مياه الصرف الصحي المعالجة كمياه يجب التخلص منها بأي طريقة أو ابتكار إستخدامات لها كعمل أحزمة خضراء حول المدن ، وهذا تعامل غير سليم حيث يجب أن تسهم إستخدامات المياه المعالجة في الحد من إستخدام المياه الجوفية وذلك بإستخدامها كبديل عن هذه المياه في الزراعة وتوفير المياه للأغراض المنزلية وللمحاصيل التي لا يمكن ريها بمياه الصرف الصحي مثل الخضروات والفواكه وغيرها .

فهرسة المحتويات

مقدمة	2
الأثر الصحي للمياه والأمراض المتعلقة بمياه الصرف الصحي	4
خيارات تكنولوجيا معالجة الصرف الصحي	5
الأسس التي على ضوئها يمكن اختيار نظام الصرف الصحي المناسب الموقعي والمركزي	7
أنظمة الصرف الصحي الموقعي	8
الجزء الأول : الصرف الصحي الموقعي بواسطة مراحيض الحفر المحسن المهوى ومراحيض الطرد بالماء	10
- مرحاض الحفر المحسن المهوى	11
مميزات المرحاض المحسن وعيوبه	11
سعة الحفرة	13
العناصر الرئيسية المكونة للمرحاض وتصميمها	14
التشغيل والصيانة	20
تدريب عملي	21
- مراحيض الطرد بالماء	22
محاسن مراحيض الطرد وعيوبها	24
الأجزاء الرئيسية وتصميمها	24
الـصـيـانـــة	28
غرفة المرحاض داخل المباني	29
تدريب عملي	30
الجزء الثاني : الصرف الصحي عبر خزانات التحليل	32
إنشاء و تشغيل خزانات التشغيل	37
الـــصـيـــانـــة	38
2-2 أنواع واستخدام خزانات التحليل	40
2-2-1 معالجة وترسيب المواد العالقة قبل الحفر الامتصاصية	40
2-2-2 معالجة المجاري قبل تصريفها عبر خنادق التصريف والمرشحات الرملية	41
2-2-3 المعالجة الأولية قبل شبكة المجاري ذات الأقطار الصغيرة	42
الجزء الثالث الصرف الصحي المركزي	45

3 الصرف الصحي المركزي	46
1-3 شبكات الصرف الصحي المركزي وملحقاتها	46
2-3 مقدمة	46
3-3 أنواع شبكات الصرف الصحي	46
(أ) شبكات صرف صحي مشتركة Combined Sewerage System))	46
(ب) شبكات صرف صحي منفصلة Separate Sewerage System))	46
(ج) اختيار أنواع شبكات الصرف الصحي	46
4-3 شبكات الصرف الصحي المنفصلة	47
5-3 ملحقات شبكات الصرف الصحي	48
1-5-3 غرف التفتيش الرئيسية	48
2-5-3 فتحات بالوعات الأمطار	51
3-5-3 أحواض حجز الزيوت والدهون	51
1-3-5-3 حجز الدهون	52
2-3-5-3 حجز الزيوت	52
4-5-3 المساقط	53
5-5-3 أعمدة التهوية	53
6-5-3 محطات الرفع وبيارات تجميع مياه الصرف الصحي	54
7-5-3 خط المجاري الرئيسي	57
6-3 تصميم شبكات الصرف الصحي	57
1-6-3 كمية مياه الصرف الصحي	57
2-6-3 أنواع المواسير المستخدمة وأقطارها	58
3-6-3 الميول التصميمية وأعماق المواسير	58
4-6-3 إنشاء شبكات الصرف الصحي	58
7-3 المعدات المستخدمة في صيانة شبكات الصرف الصحي	60
الجزء الرابع : شبكة الصرف ذات الأقطار الصغيرة	68
4 شبكات الصرف الصحي ذات الأقطار الصغيرة	68
1-4 مقدمة	68
1-2-4 التوصيلات المنزلية	71

4-2-2 خزان الاستقبال	71
4-2-3 غرف التفتيش وفتحات التنظيف	73
4-2-4 محطات الرفع	73
4-3 تصميم مكونات شبكات الصرف الصحي ذات الأقطار الصغيرة	76
4-3-1 خزان الاستقبال	76
4-3-3 شبكة الصرف الصحي صغيرة الأقطار	77
4-4 معالجة مياه الصرف الصحي في الشبكات ذات الأقطار الصغيرة	80
4-5 الإنشاء والصيانة	80
4-5-1 المواد	80
خزان الاستقبال	80
خطوط الشبكة	80
غرفة التفتيش وفتحات التنظيف	80
4-5-2 التنفيذ	81
خزان الاستقبال	81
مجاري المنازل	81
التوصيلة المنزلية	81
محطات الرفع	81
تمديد خطوط الشبكة	82
4-5-3 الصيانة	82
الجزء الخامس : معالجة مياه الصرف الصحي	84
5- معالجة الصرف الصحي	85
5-1 تصنيف مياه الصرف الصحي	85
5-1-1 خواص مياه الصرف الصحي المنزلية	85
5-2 دراسة البدائل المختلفة لمعالجة مياه الصرف الصحي	87
مراحل المعالجة البيولوجية	88
أولاً المعالجة التمهيدية	88
ثانياً المعالجة الأولية	89
ثالثاً المعالجة الثانوية	90

أحواض الأكسدة	90
المرشحات البيولوجية	91
الأقراص البيولوجية الدوارة	92
الحمأة المنشطة	93
التهوية المطولة	93
قنوات الأكسدة	94
اختيار نوع المعالجة المناسبة	96
أولاً أحواض الأكسدة	96
ثانياً خزانات التحليل مع أحواض أكسدة أو خنادق التصريف أو المرشحات الرملية	98
ثالثاً أحواض إيمهوف	100
الجزء السادس : إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة	101
استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة	102
مقدمة	102
مجال إستخدام مياه الصرف الصحي	102
إستعمال مياه الصرف الصحي في الري	102
الضوابط والإحتياطات في إستخدامات مياه الصرف الصحي المعالجة	103
طرق الري	104
إختيار طرق الري	104
1- الري بالغمر	104
2- طريقة الري بالقنوات	105
3- الري بالتنقيط	105
4- الري بالرش	105