برنامج المسار الوظيفي للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي

دليل المتدرب

البرنامج التدريبي لمهندس تشغيل مياه

خصائص مياه الصرف الصحي – ستة شهور

تم اعداد المادة بواسطة الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي
قطاع تنمية الموارد البشرية - الادارة العامة لتخطيط المسار الوظيفي V1 1-7-2015

الفهرس

مصادر وخصائص مياه الصرف الصحي والقوانين المنظمة للصرف على الشبكات العمومية والمسطحات المائية ٢
مقدمة ٢
مشاكل عدم وجود شبكات لتجميع مياه الصرف الصحي ٢
نظام تجميع المخلفات السائلة ٢
مصـادر ميـاه الصرف الصحي ٣
ميـاه الصـرف الصحي المنزلي ٤
مياه الأمطار ٤
المخلفات الصناعية ٥
المؤشرات القياسية المحددة لخصائص مياه الصرف الصناعي ٦
ميـاه الرشـح ١٢
مياه غسل الشوارع ١٣
مكونات وخصائص المخلفات السائلة ١٣
الملوثات في مياه الصرف الصحي ١٣
الغازات المنبعثة من مياه الصرف الصحي ١٥
خصائص مياه الصرف الصحي ١٧
خصائص مياه الصرف الصحي ١٨
أولاً الخصائص الطبيعية ١٨
ثانياً الخصائص الكيميائية ٢١
ثالثاً الخصائص البيولوجية ٢٤
التشريعات المصرية الخاصة بتحديد مواصفات مياه الصرف الصحي المعالج قبل صرفها على المجاري المائية ٢٩
خصائص المياه المعالجة التي تصرف على نهر النيل وفروعه وعلى الخزانات الجوفية ٢٩

مصادر وخصائص مياه الصرف الصحي والقوانين المنظمة للصرف على الشبكات العمومية والمسطحات المائية

مقدمة

من علامات التقدم الحضاري في منطقة ما وجود شبكات لتجميع المياه الملوثة بها يحقق صرف المخلفات السائلة لسكانها ومنشآتها صرفاً صحياً، وقد زاد في السنوات الأخيرة الاهتمام بأعمال الصرف الصحي نتيجة للزيادة المستمرة في معدلات استهلاك المياه، والتي ترتبط بعوامل كثيرة منها زيادة تعداد السكان والتقدم في الصناعة وكثرة الاحتياجات من المياه، وكل هذه العوامل جعلت من المخلفات السائلة من أهم العمليات اللازمة لضمان توفر البيئة الصحية الصالحة للأفراد في المجتمعات السكنية، والتي تساعد علي تجنب المشاكل التالية:

مشاكل عدم وجود شبكات لتجميع مياه الصرف الصحي

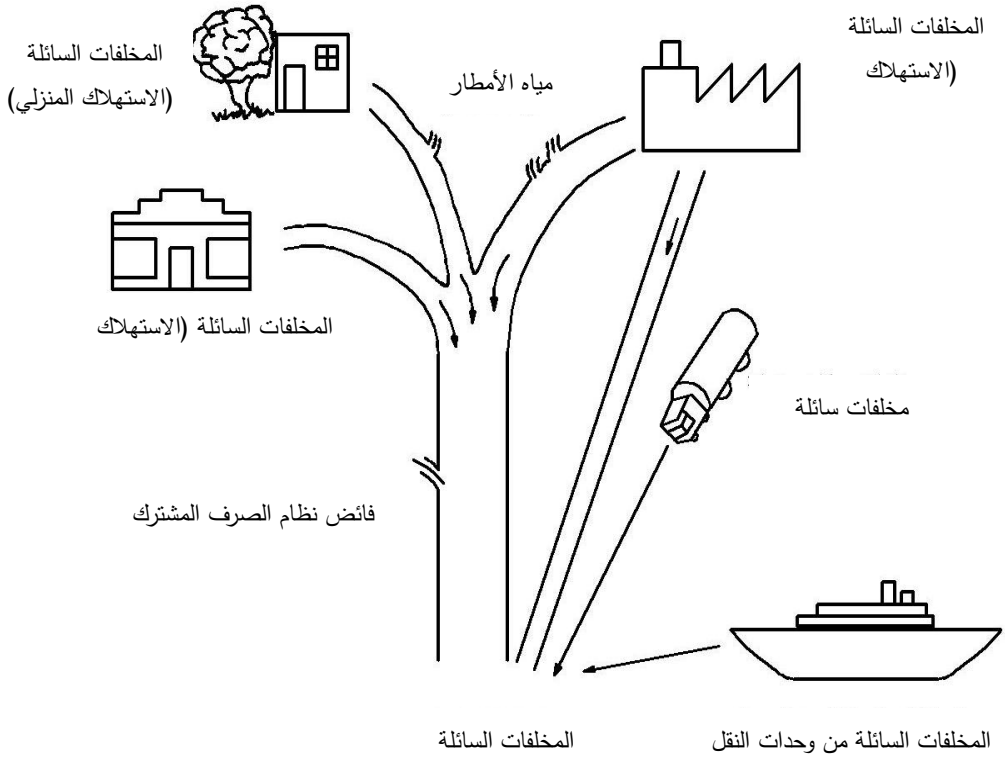
- تلوث المجاري المائية السطحية والمياه الجوفية.
- نمو وتكاثر الذباب والبعوض.
- معاناة الأهالي من مشاكل الصرف الصحي من المنازل وأعمال الكسح.
- تأثير الأحماض الناتجة من التفاعلات البيولوجية علي أساسات المنشآت.
- عدم الاستفادة من مياه الصرف الصحي بعد معالجتها وإعادة استخدامها.
- عدم الاستفادة من الرواسب الناتجة من وحدات معالجة مياه الصرف الصحي، وذلك بعد معالجتها.
- تلوث البيئة المحيطة (مياه – تربة – هواء – نباتات – حيوان).

نظام تجميع المخلفات السائلة

- شبكة المواسير بالانحدار الطبيعي وملحقاتها من المطابق وغرف التفتيش والعدايات والسيفونات وبالوعات تصريف مياه الأمطار ومنشآت أخرى.
- محطات الرفع وملحقاتها(مطبق الدخول والبيارة ووحدات الضخ من الطلمبات والمحركات ومواسير السحب والطرد وأجهزة قياس التصرف).
- المواسير الصاعدة (خطوط الطرد) وملحقاتها من غرف المحابس وأجهزة الحماية من المطرقة المائية وغرفة التهدئة والعدايات ومنشآت أخرى.

مصادر مياه الصرف الصحي

تنتج مياه الصرف الصحي أساساً من المخلفات السائلة المنزلية الناتجة من المباني السكنية ومن المخلفات السائلة الناتجة من بعض الصناعات الخفيفة كالصناعات الغذائية بالإضافة إلى مياه الرشح ومياه الأمطار التي تصل إلى الشبكة كما هو موضح بالشكل رقم (١).



وتتكون مياه الصرف الصحي أساسا من مياه الشرب المستعملة بما تحتويه من العناصر الكيميائية الموجودة فيها قبل الاستعمال مضافاً إليها الشوائب التي تصاحب استعمالها. وتعتمد هذه الشوائب في نوعيتها وكمياتها على مجالات استعمال المياه، فتختلف بالنسبة للمخلفات الصناعية عنها في الاستعمالات المنزلية أو مياه الأمطار أو مياه الرشح. وفي كل نوع من هذه الأنواع تتداخل عوامل كثيرة في التأثير على مكوناته، وتتفاوت هذه العوامل من منطقة إلى أخرى.

مياه الصرف الصحي المنزلي

تشمل المياه المستعملة في التجهيزات الصحية المنزلية والمراحيض وأحواض المطابخ والأجهزة الأخرى، ويتضح من ذلك أن نوعية الشوائب في هذه المياه هي مخلفات الطعام والفضلات الآدمية بالإضافة إلى المواد الناتجة عن الاستحمام ونظافة الملابس والأواني والأرضيات وأعمال النظافة الأخرى.

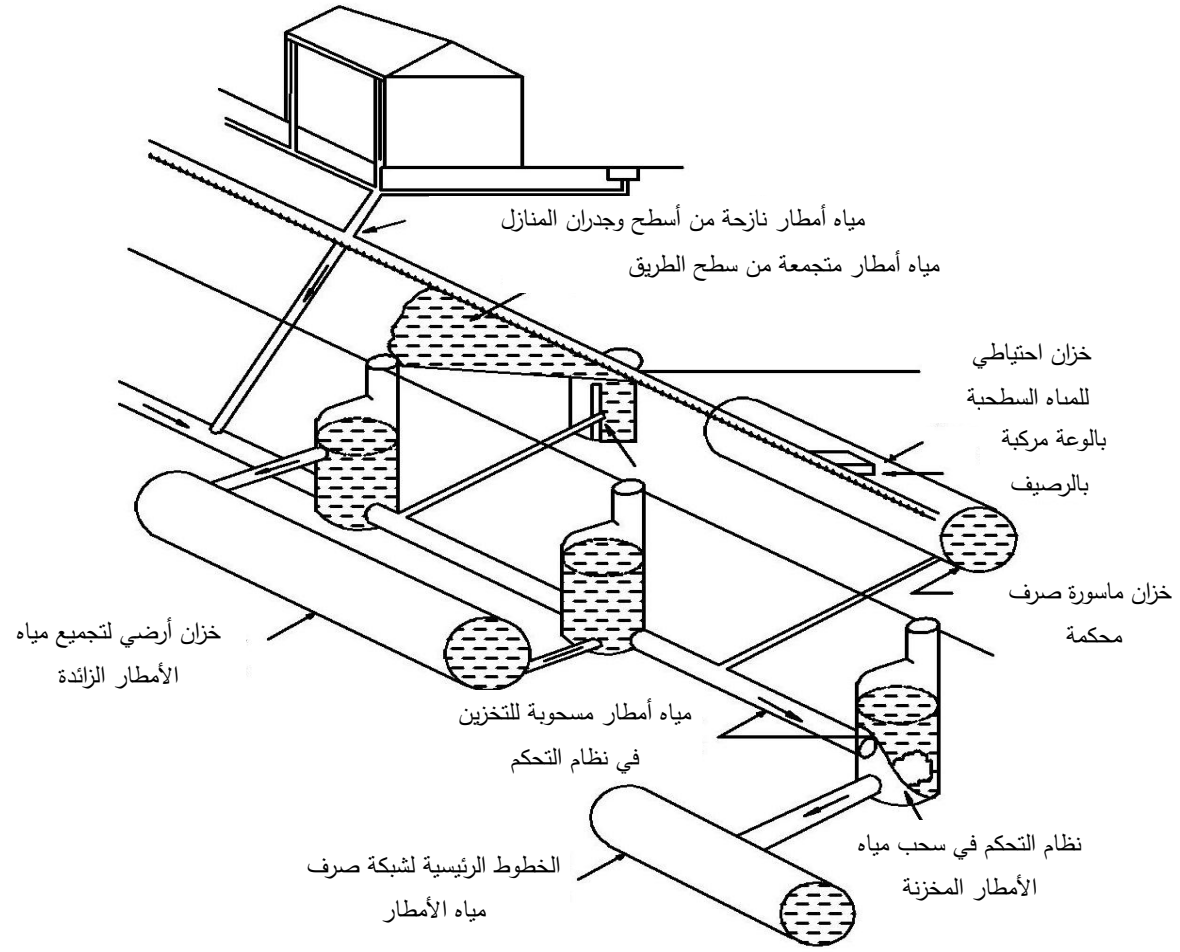
وتختلف نوعية مياه الصرف الصحي المنزلي طبقاً للعوامل التالية:

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

مياه الأمطار

تحتوي مياه الأمطار بعد تجميعها علي المواد التي تحملها الأمطار أثناء سقوطها وجريانها فوق أسطح المباني والأرض، وتختلف ما تحمله مياه الأمطار من أتربة ورمال ومواد عضوية طبقاً لعدة عوامل كثيرة منها طبيعة الأسطح التي تسقط عليها الأمطار ونوعية رصفها ومدى تكرار سقوط الأمطار ومدتها وقد تحتوي مياه الأمطار في بعض الأحيان على تركيز عالٍ من المواد العالقة التي تجرفها المياه من الأسطح التي تسقط عليها بالإضافة إلى بعض الغازات الذائبة في الأمطار أثناء هطولها وفي البلاد شحيحة المياه يفضل إنشاء شبكات منفصلة لتخزين مياه الأمطار لاستخدامها في أعمال الري أو في أي استخدامات أخرى، كما هو

موضح بالشكل رقم(٢).



شكل رقم (٢) الشبكات المنفصلة لتجميع مياه الأمطار

المخلفات الصناعية

تختلف مكونات المخلفات الصناعية السائلة وخصائصها حسب نوع السائلة الصناعة والعمليات الصناعية المستخدمة فيها، وكمية المياه المستعملة والمواد التي تدخل في التصنيع، والنسبة التي تصل منها إلى مياه الصرف الصحي. وتكون بعض المخلفات الصناعية أشد تركيزاً من مياه الصرف المنزلي بالنسبة للمواد العضوية والمواد العالقة والمواد الذائبة، وقد تكون بعضها أقل تركيزاً، فنجد مثلاً أن المياه المستعملة في صناعة الورق تحتوى على تركيز عال من المواد العضوية العالقة والذائبة، بينما نجد أن المياه المستعملة في صناعة التبريد تكون خالية من الشوائب. وتحتوى بعض المخلفات الصناعية على مواد سامة أو ضارة بالنسبة للكائنات الحية الدقيقة والتي لها دور كبير في عمليات المعالجة. ولذلك لا يُسمح بصرف المخلفات الصناعية على شبكات الصرف الصحي إلا إذا توافرت فيها معايير وخصائص معينة حددها القانون رقم ٩٣ لسنة ١٩٦٢ والقانون رقم ٤٤ لسنة ٢٠٠٠ في شأن صرف المخلفات الصناعية السائلة على شبكات الصرف الصحي.

المؤشرات القياسية المحددة لخصائص مياه الصرف الصناعي

المؤشر	الصناعة												
	السيارات	المشروبات	التعليب	الأسمدة	الكيماويات الغير العضوية	الكيماويات	منتجات اللحوم	تنظيب المعادن	البلاستيك	الورق واللب	تكرير البترول	الصلب	النسيج	الألبان
الأكسجين الحيوي الممتص (BOD_5)	X	X	X		X	X	X		X	X	X		X	X
الأكسجين الكيميائي المستهلك (COD)	X		X	X	X	X		X	X	X	X		X	X
الكربون الكمي العضوي (TOC)			X			X				X	X			X
الاحتياج الكلى للأكسجين (TOD)					X									
الأس الأيدروجينى (pH)		X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
المواد الصلبة الكلية	X				X									
المواد الصلبة العالقة	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

المؤشر	الصناعة													
	السيارات	المشروبات	التعليب	الأسمدة	الكيماويات الغير العضوية	الكيماويات	منتجات اللحوم	تنشيط المعادن	البلاستيك	الورق واللب	تكرير البترول	الصلب	النسيج	الألبان
المواد الصلبة القابلة للترسيب		X					X							
المواد الصلبة الذائبة		X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	
المواد الصلبة العالقة المتطايرة											X			
الزيوت والشحوم	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	
المعادن الثقيلة (عام)						X		X		X			X	
الكروم	X			X	X						X	X	X	
النحاس											X			
النيكل	X													

المؤشر	الصناعة													
	السيارات	المشروبات	التعليب	الأسمدة	الكيماويات الغير العضوية	الكيماويات	منتجات اللحوم	تنشيط المعادن	البلاستيك	الورق واللب	تكرير البترول	الصلب	النسيج	الألبان
الحديد	X			X	X						X	X		
الزنك	X			X				X			X	X		
الزرنيخ					X									
الزئبق				X	X									
الرصاص	X				X						X			
قصدير	X											X		
الكادميوم	X													

المؤشر	الصناعة													
	السيارات	المشروبات	التعليب	الأسمدة	الكيماويات الغير العضوية	الكيماويات	منتجات اللحوم	تنشيط المعادن	البلاستيك	الورق واللب	تكرير البترول	الصلب	النسيج	الألبان
الكالسيوم				X										
الفلوريدات				X	X									
السيانيد					X	X		X	X		X	X		
الكلوريدات	X			X	X	X					X	X		X
الكبريتات	X			X	X				X		X	X		
الأمونيا	X			X		X	X		X	X	X	X		
الصوديوم				X										
السيليكات					X									

المؤشر	الصناعة													
	السيارات	المشروبات	التعليب	الأسمدة	الكيماويات الغير العضوية	الكيماويات	منتجات اللحوم	تنشيط المعادن	البلاستيك	الورق واللب	تكرير البترول	الصلب	النسيج	الألبان
الكبريتيت										X				
النترات	X			X		X			X	X	X			X
الفسفور			X	X	X	X	X		X	X	X			X
اليوريا أو النيتروجين العضوي				X										
اللون		X	X				X			X	X		X	X
الحد الاحتمالي للمجموعة القولونية		X					X			X				
البكتريا القولونية			X							X				
المواد السامة		X					X		X	X	X		X	X

المؤشر	الصناعة												
	السيارات	المشروبات	التعليب	الأسمدة	الكيماويات الغير العضوية	الكيماويات	منتجات اللحوم	تنشيط المعادن	البلاستيك	الورق واللب	تكرير البترول	الصلب	النسيج	الألبان
درجة الحرارة		X	X	X	X						X	X	X	X
العكارة		X					X			X	X			X
الرغاوى	X													
الروائح											X			
الفينولات	X				X	X			X	X	X	X	X	
البنزوات المكلورة والمركبات الأروماتية					X				X					
المركابتنات والكبرتيد / Mercaptans sulfide									X		X		X	

مياه الرشح

وهي المياه التي تدخل مواسير الصرف الصحي من المياه السطحية أو من المياه الجوفية في باطن الأرض إذا كان منسوبها أعلى من منسوب المواسير، لذا يجب أن تقدر قيمتها لتؤخذ في الاعتبار عند التصميم. وتدخل المياه الجوفية عن طريق الوصلات والمسام والمطابق المعيبة وأغطية المطابق التي يقل منسوبها عن منسوب سطح الأرض. وتعتمد كمية مياه الرشح على ارتفاع منسوب المياه الجوفية فوق منسوب المواسير وعلى جودة الوصلات ونوعية مواسير الصرف المستخدمة وقطرها وطولها ونوع أغطية المطابق المستخدمة وتشمل أسس التصميم والمراجع المختلفة تحديد كميات مياه الرشح، فتتراوح مياه الرشح من ١٠ إلى ٣٠ متر مكعب في اليوم لكل كيلو متر من المواسير للمواسير قطر ٢٠٠مم، وتتراوح مياه الرشح من ٢٠ إلى ٨٠ متر مكعب لكل كيلو متر من المواسير للمواسير قطر ٦٠٠ مم. وتقدر كمية المياه المتسربة لكل مطبق بحوالي من ١،٣ إلى ٤،٧ لتر/ ثانية، وتتوقف هذه الكمية على عدد ومساحة الفتحات في غطاء كل مطبق. وهذه الكميات قابلة للزيادة في حالة سوء التنفيذ وقابلة للنقص في حالة استخدام أنواع جيدة من المواسير ذات المسامية المنخفضة أو المنعدمة وفي حالة استخدام عدد وصلات أقل للمواسير. وقد يحدث في بعض الأحيان ظاهرة الترشيح (عكس حركة مياه الرشح) في حالة وجود المياه الجوفية على منسوب أقل من منسوب المواسير حيث تتسرب المياه من المواسير إلى طبقات التربة المحيطة، مما يتسبب في تلوث التربة والمياه الجوفية بالإضافة إلى خلخلة التربة أسفل أساس المواسير والمطابق وتأثير ذلك على سلامة هذه المنشآت والمواسير. ويتأثر منسوب المياه الجوفية بالدرجة الأولى بموقع تركيب المواسير، حيث يرتفع عندما يكون الموقع مجاوراً للأنهار أو الترع أو المجاري المائية، بينما يقل عندما يزيد بعد الموقع عن المجاري المائية. ولذلك نجد أن منسوب المياه الجوفية في الموقع المجاور للنهر وعلى مسافة في حدود خمسون متراً من جسر النهر يتأثر بارتفاع أو انخفاض منسوب النهر.

مياه غسل الشوارع

وهذه المياه الملوثة تصرف في البالوعات ومنها إلى شبكة الصرف حاملة معها بعض الرمال والورق والزيوت والشحومات.

مكونات وخصائص المخلفات السائلة

تتغير مكونات مياه الصرف الصحي السائلة من وقت لآخر على مدار السنة والشهر واليوم أسوة بتغير كمياتها، إلا أنه يمكن القول أن المخلفات السائلة تتكون في المتوسط من ٩٩،٩% ماء، ٠،١% مواد صلبة سواء كانت عالقة أو ذائبة، عضوية أو غير عضوية، كما تحتوى على الكثير من البكتريا (هوائية أو لاهوائية).

الملوثات في مياه الصرف الصحي

وتتشعب آثار صرف مياه الصرف الصحي غير المعالجة في البيئة حسب نوع الملوثات وتركيزها، ويوضح الجدول رقم (١) الملوثات الهامة الموجودة في مياه الصرف الصحي.

فالأجسام الصلبة المعلقة مثلا، تؤدي إلي ترسب الحمأة وتوليد ظروف لاهوائية، بينما تؤدي المواد العضوية غير القابلة للتحلل الحيوي إلي استنفاذ موارد الأكسجين الطبيعية ونشوء ظروف ضارة بالأنواع المائية.

جدول رقم (١) الملوثات الموجودة في مياه الصرف الصحي وأهميتها

الملوثات	التأثير
المواد الصلبة العالقة	قد تؤدي إلي ترسب الحمأة وتوليد ظروف لاهوائية إذا تم صرف مياه الصرف الصحي غير المعالجة في البيئة المائية. والمواد العالقة بكثرة تعيق أنظمة الري في حالة استخدام المياه المعالجة في الري والزراعة، وفي بعض حالات وجود تركيزات عالية من المواد العالقة تقلل من كفاءة تطهير وتعقيم المياه المعالجة وذلك لحجبها كثير من المواد الممرضة.
المواد العضوية القابلة للتحلل البيولوجي	وتشمل المركبات العضوية التي يمكن أن تتحلل عن طريق العمليات البيولوجية المختلفة مثل التي تتم بتأثير الكائنات الدقيقة ومن أمثلة تلك المركبات البروتينات والدهون والكربوهيدرات. ولو تركت هذه المركبات أو تسربت للبيئة المائية تؤدي إلي استهلاك وإستنزاف الأكسجين الذائب وربما إلي التحلل الذاتي للأنهار والمسطحات المائية الصغيرة، وعند نقص ونضوب الأكسجين تبدأ التفاعلات اللاهوائية داخل المياه مسببة روائح كريهة وتزداد الجراثيم ومسببات الأمراض الأخرى.

الملوثات	التأثير
الكائنات الحية المسببة للأمراض	وهي الكائنات الدقيقة وغير الدقيقة والتي يؤدي تراكمها أو وجودها نفسه في مياه الصرف الصحي إلي الإصابة بالأمراض سواء للإنسان أو للحيوان أو للنبات داخل البيئة، وتشمل البكتريا والفطريات والطحالب والفيروسات والديدان وبعض الطفيليات.
المواد العضوية الشديدة المقاومة للتحلل	تقاوم طرق المعالجة التقليدية لمياه الصرف الصحي، وتضم العوامل ذات الفعالية السطحية والفينولات والمبيدات الزراعية الثانوية وهذه المواد غير قابلة للتحلل بيولوجيا وتحتاج إلي معالجة كيميائية وفيزيائية لإزالتها، حيث أنها تقاوم طرق المعالجة التقليدية، وتراكم هذه المواد يسبب ضررا شديدا بالبيئة. وقد تشمل تلك المواد أيضاً بعض أنواع المنظفات الصناعية والتي هي مواد خافضة للتوتر السطحي وهي عبارة عن جزيئات عضوية كبيرة ولها قابلية ضعيفة للذوبان وهي تسبب الرغوة في محطات معالجة مياه الصرف الصحي والصناعي وفي المياه السطحية التي يتم صرف المياه إليها.
المعادن الثقيلة	تنتج من الأنشطة التجارية والصناعية، وهي تسبب سمية شديدة وتلوثاً كبيرا وذلك في حالة إعادة استخدام المياه المحتوية علي تركيزات معينة منها، ولذلك ينصح بعدم استخدام المياه المحتوية علي العناصر الثقيلة في الري والزراعة ويجب إزالتها من مياه الصرف الصحي قبل إعادة استخدامها.
المكونات الذائبة غير العضوية	تضم الكالسيوم والصوديوم والكبريتات، ويجب إزالة هذه المكونات لإمكانية إعادة استخدام مياه الصرف الصحي.
المغذيات Nutrients	وهي عناصر لازمة لنمو النبات والحيوان وكثير من الكائنات الحية الدقيقة ولو بنسب ضئيلة. ومن أهمها النيتروجين والفسفور والتي عند وصولها للبيئة المائية كالأنهار والبحيرات تؤدي إلي نمو الطحالب غير المرغوب فيها، وأيضا وجودها بتركيزات عالية يسبب استنفاذ الأكسجين الذائب في المياه وموت بعض الكائنات المائية كالأسماك نتيجة للاختناق، ولو تسربت للأرض تسبب تلوثا للمياه الجوفية.

ونظراً لاختلاف طبيعة كل ملوث من الملوثات السابقة بعضها عن بعض، حيث أن كل ملوث له ما يميزه من الصفات والخصائص الطبيعية والكيميائية عن الآخر، لذلك فإن طرق إزالته أو التخلص منه تختلف من ملوث لآخر. وعموما فإن طرق التخلص من الملوثات هي نفسها أنظمة المعالجة إذ أن المعالجة تهدف إلي التخلص من الملوثات، لهذا نجد أن طرق التخلص من المولثات إما أن تكون طرق فيزيائية أو كيميائية أو بيولوجية.

الغازات المنبعثة من مياه الصرف الصحي

تحتوى المخلفات السائلة عند بدء جريانها في شبكة الصرف على بعض الأكسجين الذائب الذى سرعان ما يُستهلك نتيجة لنشاط البكتريا الهوائية التي تموت إذا لم يتجدد الأكسجين (أي إذا لم يكن هناك اتصال دائم بين المخلفات السائلة والهواء). وعندئذ تنشط البكتريا اللاهوائية ويحدث تحلل لاهوائي للمواد العضوية فتكتسب المخلفات لوناً داكناً ورائحة عفنة نتيجة لهذا التحلل اللاهوائي، وعلى النقيض من ذلك إذا تواجدت المخلفات السائلة على اتصال دائم بالهواء فعندئذ تنشط البكتريا الهوائية مما ينتج عنه تحلل هوائي للمواد العضوية لا ينتج عنه روائح عفنة أو تركيز عالي في اللون.

من هذا يتضح أن المواد العضوية تتعرض إلى نوعين من التحلل:

أولاً التحلل اللاهوائي (Anaerobic decomposition)

وهو الذى يحدث نتيجة لنشاط البكتريا اللاهوائية في غياب الأكسجين وينتج عنه غازات النشادر (Ammonia) والميثان (Methane) وكبريتيد الهيدروجين (Hydrogen Sulphide)، ومعظم هذه الغازات ذات رائحة نفاذة كريهة.

ثانياً التحلل الهوائي (Aerobic decomposition)

وهو الذى يحدث نتيجة نشاط البكتريا الهوائية عند تواجد الأكسجين وينتج عنه أملاح الأزوتات (Nitrates) والكبريتات (Sulphate) وثاني أكسيد الكربون (Carbon Dioxide) ومواد أخرى غير ضارة.

ويتأثر التحلل الهوائي بعدة عوامل مثل:

- **درجة حرارة المخلفات (Temperature Of Sewage)**

ويظهر تأثير درجة الحرارة في زيادة نشاط البكتريا سواء الهوائية أو اللاهوائية مع ارتفاع درجة الحرارة إلى درجة معينة يأخذ بعدها نشاط البكتريا في الهبوط.

- **العوامل الميكانيكية (Mechanical Factors)**

مثل مرور المخلفات السائلة على هدارات أو في منحدرات أو في وحدات الطلمبات، إذ أن مثل هذه العوامل تساعد على تفتت المواد العالقة الكبيرة الحجم نسبياً إلى مواد أصغر حجماً وتزيد نسبة الأكسجين الذائب.

- **كمية المياه المستخدمة (مياه الشرب) في المدينة**

وكذلك محتويات هذه المياه وكمية مياه الرشح وكمية مياه المطر، وهذه تؤثر على درجة تركيز المواد الصلبة (عالقة كانت أو ذائبة)، كما أن مياه الرشح بما قد تحتويه من أملاح ذائبة تؤثر على درجة تركيز المواد الذائبة.

- **المواد الصلبة الموجودة في المخلفات السائلة**

تتواجد إما عالقة أو ذائبة، فإذا أخذنا عينة من المخلفات السائلة ووضعناها في فرن تجفيف لتبخير ما فيها من ماء أمكننا تحديد كمية المواد الصلبة في العينة سواء كانت ذائبة أو عالقة، أما إذا رشحنا العينة قبل التجفيف ثم جففنا السائل الذى مر في ورقة الترشيح فإنه يمكننا تحديد كمية المواد الصلبة الذائبة. وتنقسم المواد الصلبة العالقة إلى:

- مواد سهلة الترسيب، أي ترسب في وقت قصير وتقدر بحوالي ٥٠% من المواد العالقة.
- مواد صعبة الترسيب، أي تحتاج إلى وقت طويل لترسيبها وتقدر بحوالي ٥٠% من المواد العالقة.

وتتراوح نسبة المواد الصلبة الذائبة من ٦٥% إلى ٧٥% من مجموع المواد الصلبة، بينما تتراوح نسبة المواد الصلبة العالقة من ٢٥% إلى ٣٥% من مجموع المواد الصلبة. وفي عمليات معالجة المخلفات السائلة تُحجز نسبة كبيرة من المواد العالقة بينما تمر نسبة كبيرة من المواد الذائبة في كامل عملية المعالجة دون تغيير يذكر إذ يتغير قليل منها بالأكسدة، كما هو موضح بالجدول رقم (٢).

جدول رقم (٢) مكونات مياه الصرف الصحي (من المدن السكنية)

<table>
<tr><td colspan="7">مياه الصرف الصحي</td></tr>
<tr><td colspan="6">١٠٠٠ جزء في المليون مواد صلبة</td><td rowspan="4">٩٩٩ × ١٠٠٠ جزء في المليون ماء</td></tr>
<tr><td colspan="4">٣٠٠ مواد عالقة</td><td colspan="2" rowspan="2">٧٠٠ مواد ذائبة</td></tr>
<tr><td colspan="2">١٥٠ قابل للترسيب</td><td colspan="2">١٥٠ غير قابل للترسيب</td></tr>
<tr><td>١٠٠ عضوي</td><td>٥٠ غير عضوي</td><td>١٠٠ عضوي</td><td>٥٠ غير عضوي</td><td>٣٠٠ عضوي</td><td>٤٠٠ غير عضوي</td></tr>
</table>

كما يمكن تقسيم المواد الصلبة في المخلفات السائلة إلى مواد عضوية ومواد غير عضوية:

- **المواد العضوية (Organic Solids)**

وتسمى أحياناً مواد طيارة أو غير ثابتة (Volatile–solids) نظراً لتطايرها عند التسخين لدرجة حرارة عالية.

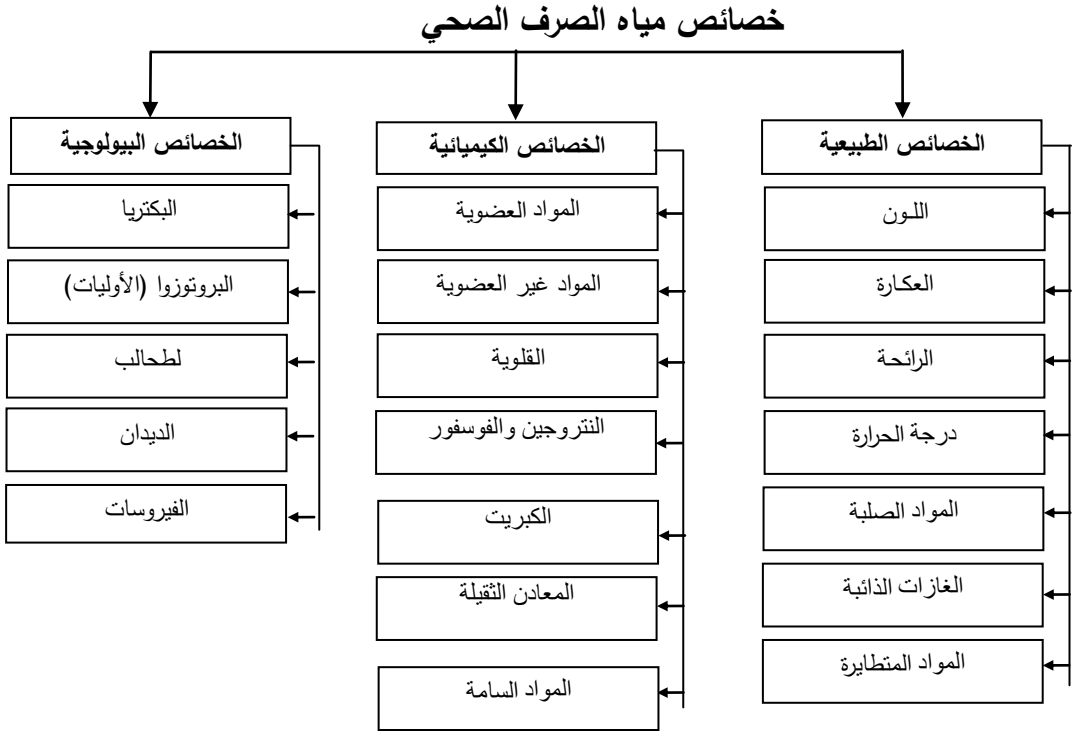
- **مواد غير عضوية (Inorganic Solids)**

وتسمى أحياناً مواد معدنية أو ثابتة (Mineral) لثباتها وعدم تطايرها عند التسخين لدرجة حرارة عالية. وتقدر نسبة كل من المواد العضوية والمواد غير العضوية الموجودة في المخلفات السائلة بحوالي خمسين في المائة (٥٠%) من مجموع المواد الصلبة.

خصائص مياه الصرف الصحي

تُحدَّد نوعية مياه الصرف الصحي حسب خصائصها الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية، فالخصائص الفيزيائية (الطبيعية) تشمل اللون والرائحة ودرجة الحرارة ودرجة العكارة، والمحتويات غير المذابة، ومنها المواد الصلبة العالقة والزيوت والشحوم.

وتصنف المواد الصلبة إلى مواد صلبة عالقة ومواد صلبة ذائبة ومواد صلبة عضوية متطايرة وغير عضوية ثابتة. وترتبط الخصائص الكيميائية بالمحتويات العضوية لمياه الصرف الصحي، حيث تشمل الطلب البيولوجي الكيميائي على الأكسجين (BOD) والطلب الكيميائي على الأكسجين (COD) ومجموع الكربون العضوي والطلب الكلي على الأكسجين، أما الخصائص الكيميائية غير العضوية فتشمل الملوحة والعُسر والرقم الهيدروجيني والحموضة والقلوية بالإضافة إلى المعادن المؤيّنة، ومنها الحديد والمنجنيز، المواد الأنيونية، ومنها الكلوريدات والكبريت والنترات والكبريتيد والفوسفات. وتضمّ الخصائص البكتيريولوجية بكتيريا الكوليفورم وبكتيريا الكوليفورم الغائطية والعوامل الممرضة والفيروسات، وتتغير مكونات مياه الصرف الصحي ومستويات التركيز مع الوقت وحسب الظروف المحلية، فالمجموع النموذجي للأجسام الصلبة للمياه المنزلية غير المعالجة مثلا يتراوح بين ٣٥٠ و ١٢٠٠ مليجرام/ لتر، ويوضح الشكل رقم (٣) مخطط يبين كافة الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية لمياه الصرف الصحي.



شكل رقم (٣) مخطط لخصائص مياه الصرف الصحي

وسوف نتناول بالتفصيل هذه الخصائص خلال الفقرات التالية نظراً لأهميتها في فهم عمليات المعالجة.

أولاً الخصائص الطبيعية

١. اللون

يكون لون مياه الصرف الصحي في بدء سريانها في شبكة الصرف الصحي رمادي حيث تحتوي على مواد برازيه وتتحول تدريجيا إلى اللون الداكن عند حدوث التعفن والتحلل اللاهوائي، أما إذا كان لونها خلاف ذلك فهذا يعني اختلاط مياه صرف صناعي بمياه الصرف الصحي.

٢. العكارة

العكارة هي مقياس لمرور الضوء خلال الماء، ويستخدم كاختبار لقياس مدي جودة مياه الصرف الصحي المعالجة بالنسبة للمواد الرغوية العالقة. وعموماً فإنه لا توجد علاقة بين درجة العكارة وتركيز المواد العالقة في المياه الغير معالجة ولكن تتوقف درجة العكارة علي كمية المواد العالقة ونوعها ولونها ودقة حبيباتها. وغالباً تقاس العكارة للمياه المعالجة الناتجة (مياه السيب النهائي) كاختبار سريع لجودة المياه المعالجة ومدي احتوائها علي مواد عالقة.

٣. الرائحة

مياه الصرف الصحي الخام لها رائحة مثل رائحة التربة وهي ليست رائحة نفاذة وخاصة عند توفر الأكسجين الذائب في المياه أثناء سريانها في الشبكة، وتتأثر رائحة مياه الصرف الصحي بقيمة تركيز الأكسجين الذائب في المياه، ففي حالة نقص الأكسجين الذائب في مياه الصرف الصحي تبدأ البكتريا اللاهوائية في النمو والنشاط وتأخذ في استهلاك وتحليل المواد العضوية وتحويلها إلي أمونيا وغازات أخري، ويصبح الماء حينئذٍ ذو رائحة كريهة جداً ويسمي ماءا متعفنا (متحللا)، ويعد غاز كبريتيد الهيدروجين من أكثر الغازات المسببة للرائحة الكريهة في مياه الصرف الصحي.

وتلجأ بعض محطات معالجة مياه الصرف الصحي لتقليل هذه الروائح الكريهة الناتجة باستخدام وحدات تتكون من الكربون النشط لامتزاز الروائح من المياه قبل صرفها إلى المياه المستقبلة إلا أن ذلك يعد مكلفا من الناحية الاقتصادية ؛ كما تلجأ محطات أخرى إلى استخدام الكلور لمعالجة الروائح الشديدة المصاحبة لمياه الصرف الصحي الخام عند دخولها لمداخل المحطات.

٤. درجة الحرارة

تكون درجة حرارة مياه الصرف الصحي أعلى قليلا من درجة حرارة الجو المحيط بسبب وجود المخلفات الآدمية و بسبب صرف مخلفات صناعية على الشبكة. ولدرجة الحرارة تأثير واضح علي نشاط البكتريا سواء الهوائية أو اللاهوائية، فزيادة الحرارة تزيد من النشاط البكتيري وذلك إلي درجة حرارة معينة يأخذ بعدها النشاط البكتيري في التناقص والهبوط.

وبالتالي فإن ارتفاع درجة الحرارة يسهم في الإسراع بتحلل وتكسير المواد الصلبة العضوية، كما تزداد في هذه الظروف كمية الأجسام الدقيقة الصغيرة المتحللة والتي تكون معلقة داخل المياه، مسببة تزايد عكارة المياه.

٥. المواد الصلبة الكلية Total suspended solids

من الناحية العلمية يتم تعريف المواد الصلبة الكلية في مياه الصرف الصحي علي أنها كل المواد التي تتبقي بعد التبخر عند درجة حرارة ١٠٥ مئوية، ويمكن تقسيم المواد الصلبة الكلية في مياه الصرف الصحي إلي المواد الصلبة العالقة والمواد الصلبة الذائبة (لا يمكن فصلها بالترشيح). والمواد الصلبة العالقة نفسها تنقسم إلي قسمين هما مواد قابلة للترسيب ومواد غير قابلة للترسيب (غروية)، وتعرف المواد الصلبة القابلة للترسيب علي أنها المواد التي تترسب في قاع إناء علي شكل مخروطي (يسمي قمع أو مخروط إمهوف) في زمن قدره ٦٠ دقيقة وتقاس بالملليتر لكل لتر، او التي تتبقي بعد التبخر وتقاس بالمليجرام/لتر وهي تقريبا مقياس لكمية الحمأة التي سوف تنفصل في مرحلة الترسيب الابتدائي والتي سيطلق عليها الحمأة الابتدائية.

٦. الغازات الذائبة

تحتوي مياه الصرف الصحي على بعض الغازات الذائبة والتي تتوقف علي حالة المياه إن كانت قديمة أو طازجة وكذلك على مقدار التلوث الموجود بها، ومن أمثلة هذه الغازات:

- غاز الأكسجين بنسب مختلفة خلال مراحل المعالجة المختلفة ويتوقف ذلك علي قدم مياه الصرف الصحي.
- غاز ثاني أكسيد الكربون وهو أحد نواتج تحلل المواد العضوية بواسطة البكتريا.
- غاز كبريتيد الهيدروجين ويتواجد بوفرة عند التفاعلات اللاهوائية وهو ناتج عمليات اختزال المواد العضوية الكبريتية.
- غاز الأمونيا الحر الناتج عن تحلل وهضم المواد العضوية النيتروجينية كالبروتينات واليوريا بتأثير البكتريا.
- غاز النيتريت NO_2 والناتج عن أكسدة الأمونيا خلال عملية النترتة وعن عمليات اختزال النترات NO_3.
- غاز النيتروجين والناتج من عمليات اختزال النترات خلال عمليات (عكس النترتة).

٧. المواد المتطايرة

تتواجد في مياه الصرف الصحي بعض المواد المتطايرة والتي هي في الغالب مواد عضوية ناتجة عن التحلل الهوائي واللاهوائي لمياه الصرف الصحي خلال سريانها في شبكة مياه الصرف الصحي أو خلال مرورها في وحدات المعالجة المختلفة بالمحطة، ومن أمثلة تلك المواد المتطايرة الأحماض العضوية مثل حمض الخليك، والغازات العضوية مثل غاز الميثان وغاز الأمونيا وغاز كبريتيد الهيدروجين.

ثانياً الخصائص الكيميائية

تعد المواد الموجودة في مياه الصرف الصحي ذات طبيعة كيميائية إذ تحتوي هذه المياه علي كثير من المركبات والمواد الكيميائية المختلفة وعموما تنقسم المواد الموجودة في مياه الصرف الصحي من حيث طبيعتها الكيميائية إلي مواد عضوية ومواد غير عضوية.

١. المواد العضوية

تتكون المواد العضوية من خليط من الكربون والهيدروجين والأكسجين وفي بعض الأحيان النيتروجين، هذا بالإضافة إلي بعض العناصر الأخرى المهمة مثل الكبريت والفسفور والحديد.

ومن أمثلة المواد العضوية المتواجدة بكثرة في مياه الصرف الصحي المواد البروتينية والكربوهيدراتية والدهون والزيوت بالإضافة إلي كثير من الكائنات الحية الدقيقة والتي هي في طبيعتها مواد عضوية.

ويمكن تقسيم المواد العضوية من حيث قابليتها للتحلل إلي:

- مواد عضوية قابلة للتحلل بيولوجيا وهي المواد التي يمكن تكسيرها وتحللها بفعل الكائنات الحية الدقيقة.
- مواد عضوية غير قابلة للتحلل بيولوجيا وهي التي لا تتحلل بفعل الكائنات الحية الدقيقة وإنما قد تتحلل بفعل بعض الكيماويات المؤكسدة القوية.
- مواد عضوية غير قابلة للتحلل مطلقاً.

هذا، وقد تحتوي مياه الصرف الصحي علي كميات من جزيئات عضوية مُخَلَّقة واردة إليها من صرف مياه المخلفات الصناعية علي شبكة الصرف الصحي، ويتباين التركيب الكيميائي لهذه الجزيئات تبايناً كبيرا مثل المنظفات الصناعية والمبيدات الزراعية، ويُؤَدِّي وجود هذه المركبات إلى تعقيدات عديدة لعمليات المعالجة لأن معظم هذه المركبات العضوية المُخَلَّقة لا تتحلل بيولوجيا أو تكون قابلة للتحلل ولكن ببطء شديد.

وتمثل المواد العضوية من ٤٥ إلي ٧٥% من المواد الصلبة الموجودة في مياه الصرف الصحي، في حين تمثل المواد الغير عضوية النسبة الباقية.

٢. المواد الغير عضوية

وتمثل المواد الغير عضوية من ٢٥ إلي ٥٥% من المواد الصلبة الموجودة في مياه الصرف الصحي. وتشمل المواد الغير عضوية الموجودة في مياه الصرف الصحي حبيبات الرمل، وتشمل أيضاً الأملاح المعدنية مثل أملاح الكلوريدات والصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم، كما تشمل كثير من العناصر الثقيلة مثل الرصاص والزئبق والكادميوم والحديد والمنجنيز والنحاس.

وهناك بعض المواد الغير عضوية الذائبة في مياه الصرف الصحي مثل أملاح السيانيد وأملاح الثيوسيانات وأملاح الثيوسلفات.

القلوية

تنتج القلوية بمياه الصرف من وجود عناصر الهيدروكسيدات والكربونات والبيكربونات مثل أملاح الكالسيوم والماغنسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والأمونيا، وأملاح الكالسيوم والماغنسيوم هما الأكثر انتشارا. ويمكن اعتبار السيليكات والفوسفات بالإضافة إلي مركبات مشابهة مكونة لجزء من القاعدية. ويساعد وجود القاعدية في مياه الصرف الصحي علي مواجه التغيرات في الأس الهيدروجيني الناتجة عن تكون الأحماض داخل الهاضمات اللاهوائية. ويشكل تركيز القاعدية في مياه الصرف الصحي أهمية من حيث التأثير علي كلٍ من المعالجة الكيميائية والمعالجة البيولوجية للتخلص من المغذيات (الملوثات) كذلك إزالة الأمونيا باستخدام الأكسدة الهوائية.

٣. الرقم الهيدروجيني

الرقم الهيدروجيني هو أحد العوامل الهامة المؤثرة على حياة الكائنات الدقيقة في المخلفات السائلة. وضبط قيمة الرقم الهيدروجيني هو أحد المهام الرئيسية التي يجب التقيد بها لتوفير البيئة الملائمة للكائنات، وأفضل قيمة للرقم الهيدروجيني هو ٧ أي يكون الوسط متعادلا، أما الارتفاع أو الانخفاض الكبير فإنه يؤدي إلى اضطراب في عملية المعالجة، وفي مياه الصرف الصحي تميل القيمة قليلا نحو القلوية أي pH = ٧،٢ تقريباً.

كما يعتبر قياس الأس الهيدروجيني أحد أهم الأدلة للتعرف على صرف مخلفات صناعية على شبكة الصرف الصحي.

٤. الكلوريدات Chlorides

تركيز الكلوريدات في المخلفات السائلة يكون عادة أكبر من تركيزها في مياه الشرب نتيجة لاستخدام كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) في النشاط الآدمي باستمرار، وربما أضيفت عن طريق الرشح من المياه الجوفية على شبكة الصرف الصحي، أو صرف مخلفات صناعية، ولا تتأثر أملاح الكلوريدات بالمعالجة الطبيعية أو البيولوجية. كما أن زيادة الكلوريدات في المخلفات تضر الإنشاءات والتركيبات المعدنية.

٥. النتروجين والفسفور Nitrogen – Phosphorous

يتعين وجود النتروجين والفسفور والكربون في مياه الصرف الصحي بنسب متوازية وهي ١٠٠ (كربون): ١ (فسفور). حتى تستمر الكائنات الدقيقة في حالة نشاط ونمو طبيعي.

٦. الكبريت Sulfur

يوجد الكبريت في المخلفات السائلة على هيئة كبريتيد الهيدروجين (H_2S) أو كبريتات (SO_4) وفي تكوين المواد العضوية تتأكسد الكبريتيدات بيولوجيا في وجود الهواء الجوي مكونة حمض الكبريتيك الذي يهاجم المنشآت الإسمنتية والشبكات.

كما يتم اختزال الكبريتات أيضاً في غياب الأكسجين الذائب الى كبريتيد الهيدروجين (H_2S) وهو غاز خانق وقابل للانفجار إذا زاد تركيزه في الهواء. كما أنه يسبب الرائحة الكريهة المميزة لمياه الصرف الصحي، وإلى جانب ذلك هو يستهلك جزءا من الأكسجين اللازم للعمليات الحيوية في محطات المعالجة البيولوجية.

٧. مثل النيكل والكادميوم والزئبق والنحاس والحديد والزنك. وهي تتواجد طبيعيا بنسب ضئيلة في المياه، وهي مطلوبة في تكوين الخلايا الجديدة والنمو الحيوي إلا أن التركيز العالي منها له تأثير سام على الكائنات الحية.

٨. **المعادن الثقيلة Heavy Metals**

٩. **المواد السامة Toxic metals**

إضافة إلى المعادن الثقيلة توجد مواد أخرى ذات تأثير سام على صور الحياة في المخلفات السائلة مثل مركبات السيانيد وأملاح الفضة والزرنيخ.

ثالثاً الخصائص البيولوجية

يقصد بالخصائص البيولوجية ما تحتويه مياه الصرف الصحي من الكائنات الحية الدقيقة؛ فبالإضافة إلي المحتويات السابق ذكرها؛ تحتوي مياه الصرف الصحي علي كثير من الكائنات الميكروسكوبية الدقيقة، والتي يوجد منها أعداد بالآلاف وربما بالملايين في كل ملليلتر من مياه الصرف الصحي. إلا أن غالبية أنواع هذه الكائنات غير ضار بل على العكس إن بعضها ضروري وله دور هام في عمليات المعالجة المختلفة وذلك فيما يتعلق بتثبيت المواد الصلبة العضوية وأكسدتها وتحويلها إلي مواد صلبة ثابتة غير عضوية.

ومن الطبيعي أن نجد بعضاً من هذه الكائنات الحية الدقيقة يسبب أمراضا أو أضراراً للبيئة المحيطة، بل وقد يخل بالتوازن البيئي إذا تراكم بدرجة معينة. وتنقسم الكائنات الحية الدقيقة الموجودة بمياه الصرف الصحي إلي كثير من الأنواع نتعرض باختصار لأهمها كما يلي:

١. **البكتريا**

تعد البكتريا من أهم الكائنات الدقيقة علي الإطلاق من حيث دورها في عملية المعالجة البيولوجية فعليها يقع العبء الأكبر في تكسير وأكسدة المواد العضوية ولهذا فإن دراستها بالتفصيل تعد من أساسيات فهم عملية المعالجة البيولوجية.

والبكتريا كائنات دقيقة وحيدة الخلية، تتواجد بآلاف الأنواع في الطبيعة سواء في الماء أو الهواء أو التربة، وتتكاثر معظم أنواع البكتريا بالانقسام الثنائي، ويوجد منها أنواع أخرى تتكاثر بالتكاثر الجنسي أو بالتفرع، وتندرج معظم البكتريا تحت ثلاثة أنواع رئيسية تبعا لشكلها وهي الكروية والأسطوانية (العصوية) والحلزونية (اللولبية)، وحجم البكتريا عموما يتراوح من ٠،١ الي١٠ ميكرون. وتختلف البكتريا في الحجم من نوع لآخر، فمثلا البكتريا الكروية الشكل يتراوح قطرها من ٠،٥ ميكرون إلى ١ ميكرون، أما البكتريا الأسطوانية فيتراوح طولها من ١،٥ ميكرون إلي ٣ ميكرون وعرضها من ٠،٥ ميكرون إلي ٥،٠ ميكرون، بينما يبلغ طول البكتريا الحلزونية من

٦،٠ إلي ١٥ ميكرون (الميكرون = ٠،٠٠١ مم) وتنقسم البكتريا إلى بكتريا هوائية وهي التي تعيش في وجود الأكسجين، ولاهوائية وهي تلك التي تنشط في غياب الأكسجين الذائب، واختيارية وهي التي تعيش في ظل وجود أو انعدام الأكسجين.

وتعد البكتريا من أكثر الكائنات الممرضة في مياه الصرف الصحي وذلك لأن أعدادها في السنتيمتر المكعب الواحد تعد بالملايين وأنواعها بالآلاف، والبكتريا (سواء كانت هوائية أو لاهوائية أو اختيارية) لها دور هام وأساسي في جميع عمليات المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي والصناعي.

٢. البروتوزوا والروتيفرز

البروتوزوا هي كائنات أولية ميكروسكوبية لها القدرة علي الحركة، ومعظم البروتوزوا غير ذاتية التغذية وهوائية أي تنشط وتنمو في وجود الأكسجين، علي الرغم من وجود أنواع قليلة منها لاهوائية. والبرتوزوا كائنات أكبر في الحجم من البكتريا إذ يتراوح حجمها بين ١٠ إلي ١٠٠ ميكرون، وهي تستهلك البكتريا كمصدر من مصادر الطاقة والغذاء لها. ومن الناحية العملية فأن البرتوزوا تقوم بدور فعال في ترويق المياه الخارجة من محطات المعالجة (السيب النهائي) حيث تستهلك وتلتهم البكتريا السابحة وجزيئات المواد العضوية الدقيقة. ومعظم البروتوزوا يتكاثر بالانقسام الثنائي البسيط وهي تعتمد علي البكتريا في إمدادها بمعظم العناصر اللازمة لنموها.

وتوجد الأوليات عموما في عمليات الحمأة المنشطة، والمرشحات البيولوجية، وبحيرات الأكسدة. وبصفة عامة توجد أربعة أنواع رئيسية من البرتوزوا وهي كالآتي:

Stalked Ciliates – Free swimming Ciliates – Mastigophora Sarcodina

Sarcodina: هي نوع من الطفيليات عبارة عن تركيب أميني خلوي يتحرك بالأقدام الكاذبة.

Ciliates: وهي كائنات متحركة عن طريق الأسواط كما تحتوي علي أهداب وهي شعيرات صغيرة حساسة تجمع بها الغذاء وهذه الأهداب تجعلها تتحرك بحركة حرة بطريقة بسيطة.

أما الروتيفرز فهي كائنات حية دقيقة تنتمي إلى المملكة الحيوانية وهي كائنات غير ذاتية التغذية هوائية ومتعددة الخلايا ويوجد مجموعتين من الأهداب في رأسها ولهذا تُسمَّى أيضاً بالهدبيات، وهذه الأهداب حرة الحركة وتدور حول نفسها مما يعطيها القدرة علي التحرك واصطياد الغذاء.

والروتيفرز مستهلك جيد للبكتريا المنتشرة في السائل المخلوط بأحواض التهوية، كما أنها أيضا مستهلك جيد للبكتريا التي كونت الندف كما أنها تقوم أيضاً بالتغذي على جزيئات المواد العضوية الدقيقة. ويعتبر وجود الروتيفرز في المياه المعالجة دليلاً قوياً علي أن عملية المعالجة البيولوجية بالمحطة تسير بطريقة ممتازة وكفاءة عالية وخاصة المعالجة الهوائية.

وعموماً البروتوزوا والروتيفرز تزيل وتخلص المياه الخارجة من البكتريا الحرة السابحة والبكتريا التي لا تترسب بسهولة مما يؤكد دورها في عملية المعالجة وتخفيض عدد البكتريا الممرضة.

والجدول رقم (٣) يوضح أهمية وجود البروتوزوا والروتيفيرز في عملية المعالجة البيولوجية وتأثيرها علي خصائص وجودة المياه المعالجة.

ومن مقارنة النتائج الواردة بالجدول نلاحظ أن وجود الهدبيات قد زاد من كفاءة المعالجة البيولوجية وبالتالي أصبحت المياه أكثر نقاء.

وبصفة عامة فإن وجود الهدبيات يعمل علي تخفيض الأكسجين الكيمائي المستهلك في المياه الخارجة بنسبة ٤٤%، وعلي تخفيض النيتروجين العضوي بنسبة ٥٠%، وعلي تخفيض المواد العالقة بنسبة ٧٠%، وعلي تخفيض البكتريا بنسبة ٧١%.

جدول رقم (٣) تأثير البرتوزوا والروتيفرز على جودة السيب النهائي

جودة المياه الخارجة	غياب الهدبيات	وجود الهدبيات
الأكسجين الكيماوي المستهلك COD mg/1	254-198	142-124
النيتروجين العضوي Organic Nitrogen mg/1	20-14	10-7
المواد العالقة Suspended Solids mg/1	118-86	34-26
البكتريا 10^6 ×Bacteria	42-29	12-9

٣. الطحالب

الطحالب كائنات إما وحيدة الخلية أو متعددة الخلايا ذاتية التغذية تعتمد في غذائها علي ضوء الشمس من خلال عملية البناء الضوئي. وللطحالب تأثيران في المعالجة البيولوجية أحدهما إيجابي والآخر سلبي نوجزها فيما يلي:

أولاً: التأثير الإيجابي يتضح في عملية معالجة مياه الصرف الصحي باستخدام بحيرات الأكسدة تقوم الطحالب باستهلاك ثاني أكسيد الكربون وإنتاج الأكسجين في وجود ضوء الشمس وذلك أثناء النهار، وعملية إنتاج الأكسجين هامة جدا للبيئة المائية الموجودة فيها الطحالب من حيث إحداث توازن وثبات بيئي مفيد لكثير من الكائنات داخل تلك البيئة المائية، وتقوم البكتريا الهوائية باستهلاك الأكسجين الذي أنتجته الطحالب داخل كلاً من بحيرات الأكسدة الهوائية وبحيرات الأكسدة الاختيارية.

ومن هنا توجد علاقة تعاون تبادلية بين البكتريا الهوائية والطحالب حيث يمكن للطحالب الاستفادة من ثاني أكسيد الكربون الموجود داخل البحيرات والمنتج من الكائنات الأخرى.

ثانياً: التأثير السلبي للطحالب ونجده في عمليات المعالجة البيولوجية بالحمأة المنشطة مثلاً حيث أنه إذا حدث تراكم للطحالب داخل المياه المعالجة والتي قد تجد طريقها إلي المسطحات المائية كالأنهار والبحيرات فتسبب بعض المشاكل البيئية، فنمو الطحالب غير المرغوب فيها، وأيضا وجودها بتركيزات عالية يسبب استنزاف

الأكسجين الذائب في المياه المستقبِلة وموت بعض الكائنات الحية المائية كالأسماك بالاختناق، كما أنه لو تسربت الطحالب إلى الأرض لسببت تلوثاً للمياه الجوفية.

إن وجود تركيزات عالية من المغذيات مثل الفسفور والنيتروجين يعتبر من أهم أسباب تراكم الطحالب ونموها بكثرة في المياه، ولهذا يُنصح دائماً بإزالة النيتروجين من المياه المعالجة أو إزالة الفسفور أو كليهما.

٤. الديدان

تتميز الديدان بأنها كائنات أكبر في الحجم وأكثر تعقيدا في تركيبها الخلوي من الكائنات الحية الدقيقة التي ذكرناها. ويمكن رؤية العديد من هذه الكائنات بالعين المجردة، ومن أمثلتها الديدان ويرقات الحشرات وبعض القشريات، وتتميز بقدرتها علي تمثيل الغذاء وتحويل المواد العضوية البسيطة إلي مركبات معقدة متراكبة لا تستطيع بقية الكائنات تحليلها أو تكسيرها، كما أن دورة حياتها معقدة.

وتعيش الديدان بنشاط في ظروف وفرة الأكسجين الذائب وتوافر الغذاء البكتيري، كما أنها تتواجد بأعداد كبيرة في وحدات المعالجة الثانوية والمرشحات البيولوجية والأقراص البيولوجية الدوارة. إن حركة الديدان داخل مياه الصرف الصحي مفيدة جداً حيث تسمح بتغلغل وانتشار الأكسجين داخل الندف المتكونة، كما أنها تقوم بتجميع واستهلاك أعداد كبيرة من البكتريا كغذاء لها.

٥. الفيروسات

الفيروسات أبسط وأصغر الكائنات الدقيقة، حيث يتراوح حجمها ما بين ٠،١ إلي ٠,٣ ميكرون، وتتكون الفيروسات أساسا من حامض نووي يحيط به بروتين، وتعتبر كل الفيروسات متطفلة أي لا يمكنها الحياة خارج الكائن الحي أو خارج الخلية الحية، وتعتبر الفيروسات من الكائنات عالية التخصص سواء فيما يتعلق بالكائن الذي تتطفل عليه (العائل) أو من حيث نوعية الأمراض التي تنقلها الفيروسات والتي من أشهرها أمراض الجدري، الالتهاب الكبدي الوبائي، شلل الأطفال والإيدز هذا بالإضافة إلي مجموعة متنوعة من أمراض الجهاز الهضمي والتنفسي.

ونظراً إلي عدم قدرة الفيروسات علي الحياة خارج الخلية الحية بالإضافة إلى قدرتها علي التبلر، فإنه تم وضع وتصنيف الفيروسات علي الخط الفاصل بين الكائنات الحية والمواد الكيميائية غير الحية.

ولرؤية الفيروسات والتعرف عليها يلزم استخدام أجهزه دقيقة جدا من أهمها الميكروسكوب الالكتروني، كما أن عمليات إحصائها تستلزم تقنيات خاصة.

وتحتوي مياه الصرف الصحي علي أعداد وأنواع هائلة من الفيروسات، كما أنها توجد أيضاً كذلك في معظم المسطحات المائية الملوَّثة والمعرَّضة للتلوث خاصة التلوث بمياه الصرف الصحي والصرف الزراعي. ونظراً لأن حجم الفيروسات دقيق جداً فإن ذلك يحول دون إزالة كميات كبيرة منها خلال مراحل معالجة المياه بالطرق التقليدية، إلا أنه يمكننا القول بأنه كلما انخفضت كمية الكائنات الممرضة الأكبر حجما من الفيروسات (مثل

البكتريا) كلما انخفضت بالتالي كمية الفيروسات خلال مراحل المعالجة المتتابعة. ومن المهم معرفة أن الفيروسات ليس لها أي دور في عمليات المعالجة البيولوجية بجميع أنواعها.

إن مرحلة التطهير التي تتم لمياه الصرف الصحي المعالجة تقوم بالقضاء بفاعلية على كثير من الفيروسات وتجعلها غير فعالة كمسببات للأمراض.

العوامل التي تؤثر على خصائص محتويات المخلفات السائلة كثيرة ومن أهمها ما يلي:

- عمر المخلفات السائلة.
- وقت جمع العينة.
- تعرض المخلفات السائلة للهواء.

أ. عمر المخلفات السائلة

أي الوقت الذي مضي منذ صبها في شبكة الصرف الي وقت أخذ العينة، فالمخلفات السائلة في بدء جريانها في شبكة الصرف تكون ذات لون مائل الي الرمادي مع وجود مواد برازيه وزيوت وشحوم وأوراق ومخلفات الخضروات طافية علي السطح. وبمضي الوقت ونتيجة لجريان هذه المخلفات السائلة في شبكة الصرف تتفتت المواد العالقة والطافية وتندمج مع سائل متجانس ذو عكارة عالية ولون أشد تركيزاً، بينما تتصاعد منها روائح كريهة نتيجة لتحلل بعض المواد العضوية تحللاً لاهوائياً.

وقت جمع العينة

لما كانت المياه المستعملة وكذلك الغرض من استعمالها يتغيران من وقت لآخر، فمن البديهي أن تختلف محتويات العينة ودرجة تركيز هذه المحتويات من وقت للآخر، فنجد أن أكثر العينات تركيزاً هي التي تؤخذ في الساعات الأولى من الصباح، بينما يقل تركيز العينات التي تؤخذ في الساعات المتأخرة من الليل. كما تتغير مكونات المخلفات السائلة ودرجة تركيز ما تحتويه من مواد عالقة أو ذائبة تبعاً لتغير للأنشطة الصناعية من موسم لآخر علي مدار السنة.

ب. تعرض المخلفات السائلة للهواء

تحتوي المخلفات السائلة عند بدء جريانها في شبكة الصرف علي بعض الأكسجين الذائب الذي سرعان ما يستهلك نتيجة لنشاط البكتريا الهوائية التي تموت إذا لم يتجدد الأكسجين. وعندئذ تنشط البكتيريا اللاهوائية ويحدث تحلل لاهوائي للمواد العضوية فتكتسب المخلفات لوناً داكناً ورائحة عفنة نتيجة لهذا التحلل اللاهوائي، وعلي النقيض من ذلك إذا تواجدت المخلفات السائلة علي اتصال علي اتصال دائم بالهواء عندئذ تنشط البكتريا الهوائية مما ينتج عنه تحلل هوائي للمواد العضوية.

التشريعات المصرية الخاصة بتحديد مواصفات مياه الصرف الصحي المعالج قبل صرفها على المجاري المائية

خصائص المياه المعالجة التي تصرف على نهر النيل وفروعه وعلى الخزانات الجوفية

صدر في مصر القانون رقم ٤٨ لسنة ١٩٨٢ بشأن حماية نهر النيل والمجاري المائية من التلوث وعدم الترخيص بصرف أية مخلفات سائلة إلى نهر النيل أو فروعه أو الترع والمصارف والجنابيات وخزانات المياه الجوفية ، قبل مطابقتها للمعايير الواردة باللائحة التنفيذية للقانون والصادرة بقرار وزير الري رقم ٥٨ لسنة ١٩٨٣. وقد نصت المادة ٦٠من القانون ٤٨ لسنة ١٩٨٢ على أنه:

وحددت المادة ٦١ من نفس القانون:

"معايير الترخيص بصرف المخلفات الصناعية السائلة المعالجة إلى مسطحات المياه العذبة وخزانات المياه الجوفية التي وضعتها وزارة الصحة طبقا لما هو مبين في الجدول رقم (٥).

ونصت المادة ٦٢ من نفس القانون على أنه:

"لوزارة الري، ودون إخلال بأحكام المادة ٦٠ من هذه اللائحة، أن تتجاوز عن بعض المعايير المشار إليها بالمادة ٦١ وذلك في الحالات التي تقل فيها كمية المخلفات الصناعية السائلة المعالجة التي يتم صرفها إلى مسطحات المياه العذبة عن مائة متر مكعب من اليوم ويشترط ألا تزيد عن الحدود الموضحة في الجدول رقم (٥).

ونصت المادة ٦٣ من نفس القانون على أنه:

" يجب ألا تكون المخلفات الصناعية السائلة المعالجة والتي يرخص بصرفها إلى مسطحات المياه العذبة مختلطة بمخلفات آدمية أو حيوانية.

ونصت المادة ٦٤ على أنه:

" في تطبيق أحكام القانون رقم ٤٨ لسنة ١٩٨٢ المشار إليه تسرى أحكام التشريعات المنظمة للمعايير الخاصة بالإشعاعات والمواد المشعة للتأكد من مطابقة المخلفات الصناعية السائلة لها قبل الترخيص بصرفها إلى مسطحات المياه العذبة ".

ونصت المادة ٦٥على أنه:

" يجب أن تتوافر في مياه المصارف قبل رفعها إلى مسطحات المياه العذبة المعايير المبينة في الجدول رقم (٦)". والجدول رقم (٧) يوضح المادة رقم (٦٦) من القانون رقم (٤٨) الخصائص التي يجب أن تتوافر في مياه

جدول رقم (٧) يوضح المادة رقم (٦٦) من القانون رقم (٤٨) الخصائص التي يجب أن تتوافر في مياه الصرف الصحي والمخلفات الصناعية السائلة التي يرخص بصرفها إلى مسطحات المياه غير العذبة.

البيان	**الحد الأقصى للمعايير والمواصفات (مليجرام / لتر – ما لم يذكر غير ذلك**	
	مياه الصرف الصحي	**المخلفات الصناعية السائلة**
درجة الحرارة.....	٣٥° مئوية	٣٥° مئوية
الأس الأيدروجيني.....	٦–٩	٦–٩
الأكسجين الحيوي الممتص.....	٦٠	٦٠
الأكسجين الكيماوي المستهلك الميكرومات	٨٠	١٠٠
الأكسجين الكيماوي المستهلك (بمرمنجات)	٤٠	٥٠
الأكسجين الذائب.....	لا يقل عن ٤	–
الزيوت والشحوم	١٠	١٠
المواد الذائبة	٢٠٠٠	٢٠٠٠
المواد العالقة	٥٠	٦٠
المواد الملونة	خالية من المواد الملونة	خالية من المواد الملونة
الكبريتيدات	١	١
السيانيد	–	٠,١
الفوسفات.....	–	١٠
النيترات....	٥٠	٤٠
الفلوريدات	–	٠,٥
الفينول.....	–	٠,٠٠٥
مجموع المعادن الثقيلة	١	١
المبيدات بأنواعها.....	معدوم	معدوم
العدد الاحتمالي للمجموعة القولونية ١٠٠سم٣	٥٠٠٠	٥٠٠٠

١. خصائص المياه الملوثة التي تصرف على شبكة الصرف الصحي

صدر القانون ٩٣ لسنة ١٩٦٢ ليوجب ضرورة معالجة المخلفات السائلة التي يتم صرفها من مختلف المنشآت الصناعية على شبكة الصرف الصحي بالمدن ثم صدر القرار الوزاري رقم ٩ لعام ١٩٨٩ بتعديل القرار رقم ٦٤٩ لسنة ١٩٦٢ لتصبح المعايير والمواصفات الواجب توافرها في المخلفات الصناعية التي يسمح بصرفها على شبكة الصرف الصحي كما هو مبين في الجدول رقم (٩).

جدول رقم (٩) المعايير الواجب توافرها في المخلفات السائلة قبل صرفها على شبكة الصرف الصحي " القرار ٩ لسنة ١٩٨٩"

الاختبار	المعايير (ملليجرام/لتر ما لم يذكر غير ذلك)
درجة الحرارة	لا تزيد عن ٤٠ °م
الأس الهيدروجينى (pH)	٦-١٠
مجموع المواد الصلبة الذائبة	لا تزيد عن ٢٠٠٠
المواد العالقة	لا تزيد عن ٥٠٠
الأكسجين الحيوي الممتص (BOD)	لا يزيد عن ٤٠٠
الأكسجين الكيميائي المستهلك (COD) دايكرومات	لا يزيد عن ٧٠٠
الأكسجين الكيميائي المستهلك (برمنجنات)	لا يزيد عن ٣٥٠
الكبريتيدات (كب)	لا يزيد عن ٠,١
السيانيد	لا يزيد عن ٠,١
فوسفات	لا تزيد عن ٥
نترات	لا تزيد عن ٣٠
فلوريدات	لا تزيد عن ١
فينول	لا يزيد عن ٠,٠٠٥
أمونيا	لا تزيد عن ١٠٠
الكلور الحر المتبقي	لا يزيد عن ١٠
أكاسيد كبريت	لا تزيد عن ١٠

جدول رقم (٩) المعايير الواجب توافرها في المخلفات السائلة قبل صرفها على شبكة الصرف الصحي " القرار ٩ لسنة ١٩٨٩"

الاختبار	المعايير (ملليجرام/لتر ما لم يذكر غير ذلك)
فورمالدهيد	لا يزيد عن ١٠
زيوت ودهون	لا تزيد عن ١٠٠
مجموع المعادن الثقيلة وتشمل: (الفضة، الزئبق، النسكل، الزنك، الكروم، الكادميوم، القصدير)	لا يزيد عن ١٠ إذا كان حجم الصرف لا يزيد عن ٥٠ م^{٣} يوميا، ولا يزيد عن ٥ إذا كان حجم الصرف يزيد عن ٥٠ م^{٣} يوميا
مجموع الفضة والزئبق	لا يزيد عن ١

المراجع

- **تم الإعداد بمشاركة المشروع الألماني GIZ**
- **و مشاركة السادة :-**

➢ مهندس / محمد غنيم	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالبحيرة
➢ مهندس / محمد صالح	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالبحيرة
➢ مهندس / يسري سعد الدين عرابي	شركة مياه الشرب القاهرة
➢ مهندس / عبد الحكيم الباز محمود	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالدقهلية
➢ مهندس / محمد رجب الزغبي	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالدقهلية
➢ مهندس / رمضان شعبان رضوان	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بسوهاج
➢ مهندس / عبد الهادي محمد عبد القوي	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالجيزة
➢ مهندس / حسني عبده حجاب	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالجيزة
➢ مهندسة / إنصاف عبد الرحيم محمد	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بسوهاج
➢ مهندس / محمد عبد الحليم عبد الشافي	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالمنيا
➢ مهندس / سامي موريس نجيب	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالغربية
➢ مهندس / جويدة علي سليمان	شركة مياه الشرب بالأسكندرية
➢ مهندسة / وفاء فليب إسحاق	شركة مياه الشرب والصرف الصحي ببني سويف
➢ مهندس / محمد أحمد الشافعي	الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي
➢ مهندس / محمد بدوي عسل	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بدمياط
➢ مهندس / محمد غانم الجابري	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بدمياط
➢ مهندس / محمد نبيل محمد حسن	شركة مياه الشرب بالقاهرة
➢ مهندس / أحمد عبد العظيم	شركة مياه الشرب القاهرة
➢ مهندس / السيد رجب محمد	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالبحيرة
➢ مهندس / نصر الدين عباس	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بقنا
➢ مهندس / مصطفي محمد فراج	الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي
➢ مهندس / فايز بدر	المعونة الألمانية (GIZ)
➢ مهندس / عادل أبو طالب	المعونة الألمانية (GIZ)