الجمهورية العربية السورية
وزارة الصناعة
مركز الاختبارات والابحاث الصناعية

أهمية ووسائل مراقبة مياه الصرف الصناعي

إعداد
الكيميائي أكرم القتابي الدفتري

2007/6/27

تقديم

المياه هي متطلب أساسي لأي صناعة، فلا تخلو صناعة من استخدام المياه بشكل أو آخر ويصعب أن تقوم صناعة بعيداً عن المياه.

تتنوع استخدامات المياه ضمن المنشأة الواحدة وتتراوح بين استخدامات بسيطة تتمثل بعمليات الغسيل والنقل والفرز، والدخول بالعمليات الإنتاجية والصناعية كالتبريد والتسخين وتوليد البخار.

تتطلب الاستخدامات الصناعية المختلفة كميات مختلفة من المياه وأن تكون هذه المياه بمواصفات محددة مناسبة لهذا الاستخدام .

المياه الداخلة يمكن أن تستهلك بشكل كلي أو جزئي ضمن المنتج النهائي، أو تضيع بشكل بخار، أو تبقى ضمن دارة مغلقة (مياه التكاثف والتبريد والتسخين)، والباقي يتم صرفه.

إذاً هناك نوعان من المياه الصناعية:

1- المياه الداخلة إلى الصناعة influent water.
2- المياه الخارجة من الصناعة effluent water.

ما يهمنا هنا هو المياه الخارجة والتي تدعى **مياه الصرف الصناعي**.

لا يمكن أن تكون مياه الصرف الصناعي بنفس مواصفات المياه الداخلة، ودائماً تخرج بمواصفات فيزيائية وكيميائية مغايرة لما كانت علية نتيجة لكونها أصبحت محملة بمواد كيميائية عضوية ولا عضوية مختلفة. وكل عملية صناعية ينتج عنها مياه مختلفة كماً ونوعا.

الوضع البيئي

كانت المنشآت الصناعية حتى زمن قريب، ومازال البعض منها يرمي مياه الصرف إلى الأنهار والبحيرات أو إلى شاطئ البحر بكل بساطة ودون أي تفكير بالآثار السلبية اللاحقة التي ستنتج عن ذلك.

فاحتواء مياه الصرف الصناعي على الملوثات العضوية أحيانا والمعدنية أحيانا أو كلاهما ورميها بشكل عشوائي يتضمن خطر كبير على الإنسان والبيئة.والمياه الجوفية.

ظهرت الآثار السلبية للرمي العشوائي لمياه الصرف الصناعي بوضوح في بلدنا وتسارعت خلال العقود الأخيرة تبعاً لعاملين متعاضدين هما:

- **النقص العام للمياه في المنطقة**
- **التوسع المتسارع للنشاطات الاقتصادية**.

وكون هذا الموضوع أصبح عالمياً فقد أصبحنا بوضع يفرض مراقبة مياه الصرف الصناعي ووضع الإجراءات التنظيمية والتشريعية لصرف هذه المياه
تصنف مؤشرات تلوث المياه العامة إلى صنفين:

1- مؤشرات تتعلق بحماية صحة الإنسان.
2- مؤشرات تتعلق بحماية البيئة.

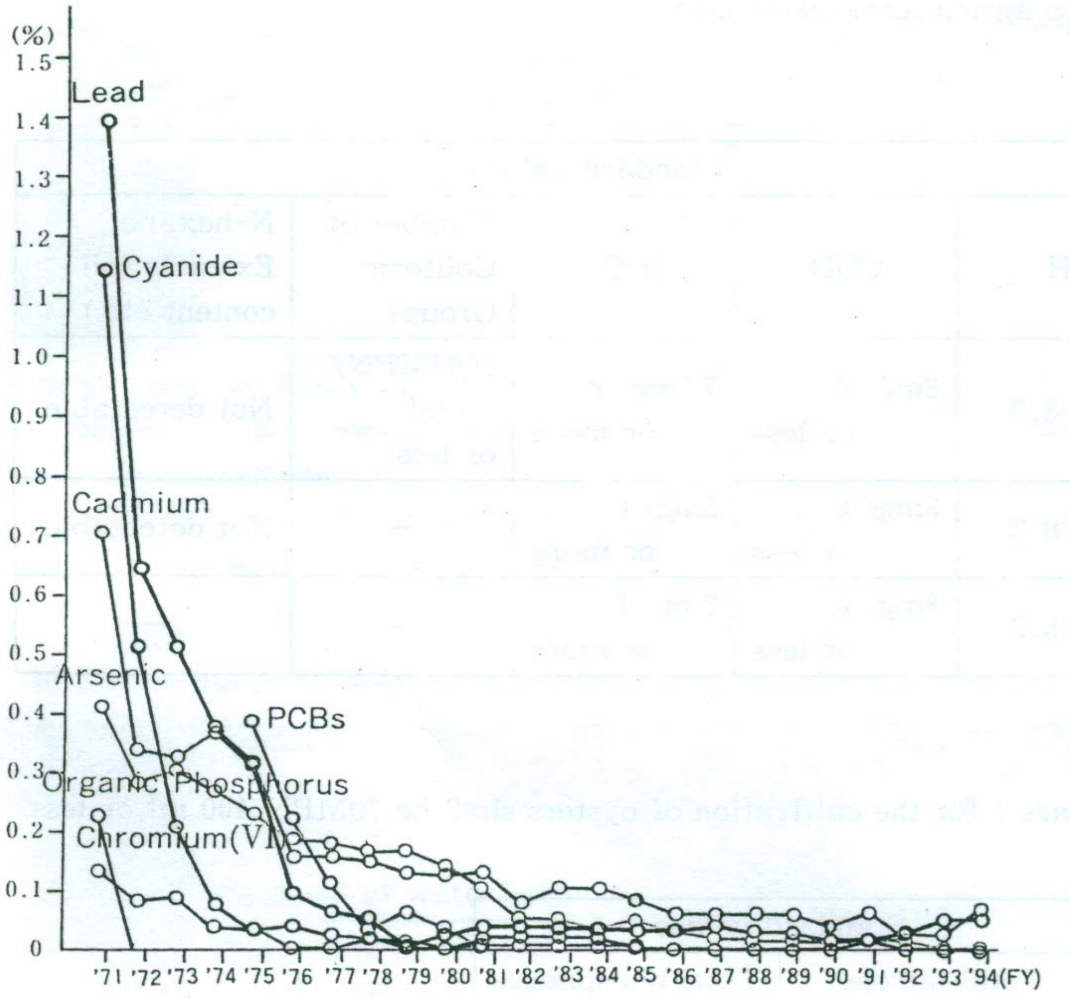
تبين الجداول التالية بعض مؤشرات تلوث المياه العامة المعتمدة في اليابان مرتبة حسب خطورتها، والمياه العامة التي يتجاوز فيها أحد المؤشرات القيم المذكورة تعتبر ملوثة بيئياً.

1- مؤشرات تتعلق بحماية صحة الإنسان	
مؤشر التلوث	**مغ/ل**
PCB's	دون حد الكشف
السيانيد	دون حد الكشف
مركبات الكيل الزئبق	دون حد الكشف
الزئبق الكلي	0.0005
الكادميوم	0.01
الزرنيخ	0.01
السيلينيوم	0.01
الرصاص	0.01
الكروم السداسي	0.05
مركبات الفوسفور العضوي	0.1
آزوت النترات والنتريت	10
VOC's	كما في الجدول اللاحق

مركبات VOC	
Compound	**Permissible Limit mg/l**
Carbon tetrachlorid	0.002
1,3-dichloropropane	0.002
1,2-dichloro ethane	0.004
1,1,2-trichloro ethane	0.006
tetrachloroethylene	0.01
dichloromethane	0.02
1,1-dichloro ethylene	0.02
trichloroethylene	0.03
Cis-1,2-dichloro ethylene	0.04
1,1,1-trichloro ethane	1.0

2- مؤشرات تتعلق بحماية البيئة								
	مغ/ل							
	pH	BOD5	COD	SS	DO	TN	TP	Oil
ماء النهر	6.0-8.5	8	-	100	2	-	-	-
ماء البحيرات	6.5-8.5	-	8	15	8	1	0.1	-
مياه الشاطئ	7.0-8.3	-	8	-	2	-	-	دون حد الكشف

المخطط التالي يبين الانخفاض في نسبة العينات المخالفة لبعض مؤشرات التلوث في اليابان خلال الفترة من 1971-1994



إن التوجه العام هو نحو مواصفات أشمل لعدد أكبر من مؤشرات التلوث وأكثر صرامة بحيث تفرض حدوداً أدنى لبعض الملوثات العالية الخطورة على الإنسان والبيئة.
إن هذا الأمر ليس سهلاً ويصعب تحقيقه دفعة واحدة لأسباب كثيرة اقتصادية وتقنية، فما فائدة أن يوضع حد منخفض لمؤشر تلوث ما إذا لم يكن بالإمكان تحديد هذا المؤشر تحليلياً عند المستوى الموضوع.

خيارات التخلص من مياه الصرف الصناعي

يعتمد التخلص من مياه الصرف الصناعي على نوعيتها. والخيارات الممكنة للتعامل معها هي التالية:

1- أن تصرف مباشرة إلى أقرب مجرى مائي.
2- أن تصرف مباشرة إلى محطة معالجة للصرف الصحي (توجد مواصفة)
3- أن تجمع وتنقل إلى محطة معالجة مركزية لمياه الصرف الصناعي
4- أن تطبق عليها معالجة أولية ضمن المنشأة لتصبح مواصفاتها ضمن الحدود التي تسمح بصرفها مباشرة أو إلى محطة معالجة للصرف الصحي

في كافة الأحوال يجب العمل على جعل كمية المياه المعالجة وحمولتها من الملوثات أقل مايمكن وعدم مزج مياه منخفضة التلوث مع مياه عالية التلوث إلا بشكل مدروس. ويجب عدم مزج مياه الصرف الصحي مع المياه الخارجة مباشرة عن العمليات الصناعية (لأن هذا الأمر يعيق عملية المراقبة).

محطة معالجة مياه الصرف الصحي

لاتستطيع محطات معالجة مياه الصرف الصحي تحمل جميع أنواع مياه الصرف الصناعي.
إن محطة المعالجة تكون مصممة لتعاج كمية محددة من المياه ذات مقدار محدد من الحمولة كماً ونوعاً خلال فترة زمنية محددة.

1- الحموضة والقلوية العاليتين تضران بمجرور الصرف الصحي
2- الحمولة العالية من المواد الدسمة والأجسام الصلبة يمكن أن تؤدي لانسدادات في المجرور وضمن محطة المعالجة، وبنفس الوقت تخفض من فعالية المعالجة.
3- المياه عالية الحموضة تؤذي تجهيزات المحطة.
4- ارتفاع نسبة الزيوت يعيق عملية المعالجة.
5- وجود المعادن الثقيلة والسيانوجين يعيقان عملية المعالجة ويلحقان الأذى بالبكتريا الهاضمة.
6- محطات معالجة مياه الصرف الصحي لاتستطيع التخلص من المعادن الثقيلة في المياه بشكل حاسم.

لذلك كان لابد من تنظيم عملية صرف المياه الصناعية إلى مجرور الصرف الصحي

المواصفة القياسية السورية 2002/2580
المخلفات السائلة الناتجة عن النشاطات الاقتصادية
المنتهية إلى شبكة الصرف الصحي

المادة	الحد الأقصى المسموح به مع/ل
درجة الحرارة	35 سيلسيوس
pH	6.5-9.5 درجة حموضة
مجموع المواد العالقة	500
TDS	2000
BOD	800
COD	1600
السيانيد	0.5
الكبريتيد	2
الكبريتات	1000
الفوسفات	20
الكلوريد	600
الفلوريد	8
آزوت الأمونيوم/امونيا	100
الباريوم	3.0
البور	1.0
الكادميوم	0.1
الكروم السداسي	0.1
الكروم الكلي	2.0
النحاس	1.0
الرصاص	1.0
الزئبق	0.01
النيكل	2.0
السيلينيوم	1.0
الفضة	1.0
التوتياء	4.0
الزرنيخ	0.1
الزيوت والشحوم الحيوانية والنباتية	100
الزيوت والشحوم المعدنية	10
المنظفات	5
مركبات الفنول	2.0
المركبات العضوية الهالوجينية	0.1
المبيدات	0.005

مخلفات صناعية غيرمسموح بإلقائها إلى شبكة الصرف العامة
رماد، زجاج، قمامة صلبة، تفل، خميرة، ألياف، قطع قماش، مواد صنعية،..
صموغ، دهان، سوائل مطاطية، مستحلبات،..
مخلفات حيوانية ونباتية (روث، تبن ، قش، بذور)..
مخلفات مسالخ (صوف، ريش، احشاء، عظام، بقايا جلود)..
مواد نفطية (بنزين، مازوت، كاز، نفط، زيوت وشحوم)..
مواد كيميائية(حموض وقلويات ومذيبات واملاح معدنية)...
مواد مرجعة كسلفيت الصوديوم وسلفات الحديدي..

المياه الخارجة من محطة معالجة مياه الصرف الصحي يفترض أن تكون صالحة لأغراض الري وفق المواصفة القياسية السورية 2003/2752

بالرغم من مرور عدة سنوات على اعتماد معالجة المياه الصناعية قبل صرفها. مازال التطبيق العملي لهذا الأمر ضعيفاً، وإن طبق فليس بالشكل الأمثل حتى أنه يكون أحياناً شكلياً. والأسباب وراء ذلك كثيرة اقتصادية وفنية ونقص الخبرة الكافية حتى عدم الشعور بالمسؤولية أحياناً..

وضمن الوضع الحالي من نقص للمياه العامة ودرجة الوعي في التعامل مع هذا الموضوع فإنه لا يحبذ صرف المياه الصناعية إلى مجرور الصرف الصحي ولو أجريت لها معالجة أولية. وعل كل منشأة صناعية أن تعالج مياهَها حتى النهاية وإعادة استخدامها كلها أو قسم منها إن أمكن.

المواصفة القياسية السورية 2003/2752
مياه الصرف الصحي المعالجة لأغراض الري

مؤشر التلوث	الخضار المطبوخه المنتزهات والملاعب جوانب الطرق الداخلية	الأشجار المثمرة الحبوب والمحاصيل العلفية المسطحات الخضراء جوانب الطرق الخارجية	الأشجار الحراجية المحاصيل الصناعية
الكوليفورم البرازية مستعمرة/100مل	دون 1000	دون 100000	دون 10000
بيوض الديدان المعوية بويضة/لتر	1	1	1

pH	9-6	9-6	9-6
الأوكسجين المنحل مع/ل	اكبر من 4	-	-
BOD5 مع/ل	30	100	150
COD مع/ل	75	200	300

الزيوت والشحوم مغ/ل	5	5	5
المنظفات مغ/ل	50	50	50
الفينولات مغ/ل	0.002	0.002	0.002

مؤشر التلوث	الخضار المطبوخه المنتزهات والملاعب جوانب الطرق الداخلية	الأشجار المثمرة الحبوب والمحاصيل العلفية المسطحات الخضراء جوانب الطرق الخارجية	الأشجار الحراجية المحاصيل الصناعية
مجموع الأملاح المنحلة مغ/ل	1500	1500	-
الأجسام الصلبة العالقة مغ/ل	50	150	150
الكربونات مغ/ل	520	520	520
الكبريتات مغ/ل	300	500	500
الفوسفات مغ/ل	20	20	20
الكلوريد مغ/ل	350	350	350
الصوديوم مغ/ل	230	230	230
المغنيزيوم مغ/ل	60	60	60
الكالسيوم مغ/ل	400	400	400
آزوت النترات مغ/ل	20	25	25
آزوت الأمونيا مغ/ل	3	5	-
الكلور المتبقي مغ/ل	0.5	-	-

العناصر (مغ/ل)	استعمال دائم	استعمال لمدة 20 سنة كحد أقصى
كادميوم	0.01	0.05
موليبدنيوم	0.01	0.05
سيلينيوم	0.02	0.02
كوبالت	0.05	5
بيريليوم	0.1	0.5
كروم كلي	0.1	1
فاناديوم	0.1	1
زرنيخ	0.1	2
نيكل	0.2	2
نحاس	0.2	5
منغنيز	0.2	10
بور	0.75	2
فلور	1	15
زنك	2	10
ليتيوم	2.5	2.5
المنيوم	5	20
حديد	5	20

هذه المياه بالرغم من المعالجة المطبقة عليها مازالت مجرثمة
- لا يسمح باستخدام هذه المياه لري الخضار التي تؤكل نيئة.
- يجب إيقاف الري بهذه المياه قبل أسبوعين من جني الأشجار المثمرة أو قص المحاصيل الحقلية أو رعي المحاصيل العلفية.

(لم تصدر مواصفات خاصة برمي المياه في الأنهار أو البحيرات أو البحار)

مراقبة مياه الصرف الصناعي

1- ماهي أهمية مراقبة مياه الصرف الصناعي

قبل أن تكون مراقبة مياه الصرف الصناعي لأسباب صحية و بيئية، ولوجود الأنظمة الحاكمة لصرف هذه المياه، فإنه من أولويات ضبط حسن سير العملية الصناعية والإنتاجية مراقبة مياه الصرف الصناعي. (الأمر الذي لم يطبق أبداً في منشآتنا الصناعية)، فمحتوى هذه المياه هو أداة تحكم قيمة جداً.

مراقبة مياه الصرف الصناعي توفر ما يلي:

1- مراقبة استقرار سير العملية الإنتاجية من خلال ثبات نوعية هذه المياه.
2- الكشف المبكر عن أي خلل في العملية الصناعية
3- كشف الضياع في المواد الأولية.
4- الكشف عن التآكل في خطوط الإنتاج.
5- وأخيراً ملائمة المياه لطريقة الصرف المتبعة.

2- كيف تتم المراقبة

هناك أسلوبان للمراقبة : أسلوب مراقبة مركزية وأسلوب مراقبة لامركزية لكل من الأسلوبين إيجابياته. قد يكون أحد الأسلوبين أكثر ملائمة لصناعة ما من صناعة أخرى.

في الأسلوب المركزي يكون مسؤولاً عن مراقبة المياه المصروفة مجموعة متخصصة تقوم بجمع العينات من مختلف أقسام الإنتاج وتحليلها ورفع التقارير عن أي تغير في النوعية ومدى ملائمتها لطريقة الصرف المتبعة.

هذا الأسلوب يريح قسم الانتاج من مسؤولية مراقبة المياه المصروفة ويفيد في حصر المعلومات الخاصة بهذه المياه بجهة واحدة تستطيع تشكيل نظرة أشمل عن الواقع الفعلي لهذه المياه وعن المنشأة بشكل عام. إضافة إلى أن هذا الأسلوب يتيح إمكانية استخدام تقنيات مراقبة مركزية متقدمة.

في الأسلوب اللامركزي يقوم كل قسم من أقسام الإنتاج بمراقبة المياه المصروفة من قسمه. هذا النظام أكثر فعالية من حيث المعالجة الفورية للمشاكل حال حدوثها. ولكنه يؤدي إلى تشتيت الإمكانيات.

إن أحد اهم العوامل التي تحدد اختيار نظام للمراقبة هو حجم المنشأة وتعدد العمليات الصناعية فيها.

فإذا كانت المنشأة تتضمن مصرف واحد أو إثنان لمياه ذات حمولة بسيطة يكلف قسم الإنتاج ومخبر المنشأة بعملية المراقبة.

أما إذا كان حجم المنشأة كبيراً كمصفاة نفط أو معمل للسكر وتوابعه حيث تتنوع المياه المصروفة فمن الأفضل وجود مجموعة مراقبة مستقلة تقوم بتنفيذ برنامج مراقبة محدد وموصف ضمن كامل المنشأة.

3- ماذا نراقب

تختلف المؤشرات الواجب مراقبتها في مياه الصرف الصناعي.

1- مؤشرات ذات علاقة بالصناعة بالذات بهدف مراقبة استقرار العملية الصناعية.

وأهمها : الناقلية الكهربائية، درجة الحموضة، COD، **TOC** ، TDS ، مركبات نوعية خاصة بكل صناعة، عناصر معدنية كمؤشرات على التآكل.

2- مؤشرات تتعلق بموافقة المياه لصرفها بالطريقة المعتمدة :

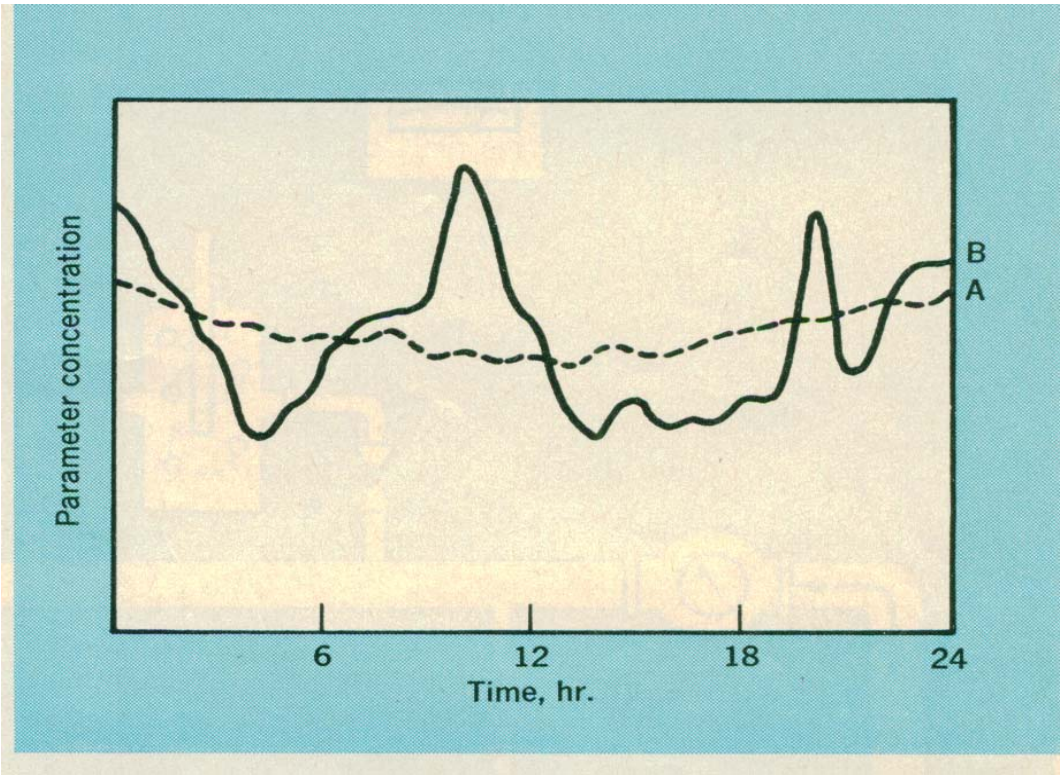
وأهمها pH و BOD وSS لمعظم الصناعات، ومؤشرات نوعية أخرى تتعلق بذات الصناعة حسب نظام الصرف المعتمد..

4- متى نراقب

يتعلق تواتر الاعتيان من مصادر الصرف المختلفة في المنشأة الصناعية بنوع هذه المنشأة.

في بعض المنشآت أو خطوط الإنتاج يكون هناك استقرار في نوعية المياه المصروفة ولايكون هناك تغيرات حادة، وإن حصل تغير فليس ذو أهمية ولا يشكل خطورة مباشرة على الإنسان أو البيئة. فيكون الاعتيان بشكل يومي.

في حالات أخرى يكون الأمر أكثر حرجاً وإلحاحاً بالنسبة للعملية الإنتاجية وخطورة الملوثات الممكن أن تصرف ويتطلب مراقبة دائمة لبعض المؤشرات على مدار الساعة، ويمكن أن يكون لحظياً online



من أجل المؤشر A المؤشر يكتفى بالاعتيان كل 24 ساعة.

من أجل المؤشر B يجب إجراء الاعتيان كل ساعة.

5- كيف يتم أخذ العينة

أحد الأخطاء الشائعة التي ترتكب يكمن في كيفية ومكان أخذ العينة. مكان أخذ العينة يجب أن يعكس جميع التراوحات التي تطرأ على مياه الصرف. ويجب عدم المبالغة في تقدير تجانس المياه المصروفة فتغير صغير بدرجة الحرارة واللزوجة والوزن النوعي يمكن أن يعيق امتزاج المياه بشكل كبير. وغالباً تختلف نوعية المياه الصناعية بشكل عمودي وأفقي. وأفضل طريقة للاعتيان هي التي تعطي عينة ممثلة، وقد تكون العينة المحللة إفرادية أو مخلوطة.

الخلاصة:

1- **يجب إجراء تقييم للأثر البيئي لكل صناعة**
2- **يجب وضع توصيف كامل لجميع استخدامات المياه في مختلف وحدات الإنتاج، وتحديد كافة المؤشرات الواجب مراقبتها في كل وحدة ، ومواقع وتواتر وكيفية أخذ العينات، وتحديد الأشخاص المسؤولين عن هذا العمل، والإجراء الواجب اتخاذه في كل حالة.**

وسائل المراقبة لأهم مؤشرات التلوث

تختلف وسائل المراقبة بين أجهزة قياس حقلية محمولة، وأجهزة مخبرية ثابتة، وأجهزة أوتوماتيكية تركب على خطوط الإنتاج.

1- pH : بواسطة مقياس pH .
2- الناقلية الكهربائية: مقياس ناقلية ذو مجال مناسب
3- TDS: مقياس ذو مجال مناسب
4- **TOC**: جهاز يعتمد أكسدة العينة على وسيط بلاتيني وقياس ثاني اوكسي الكربون المتحرر.
5- **BOD** مجموعة قياس تعتمد فرق الضغط في قوارير للحضن
6- **COD** اكسدة بواسطة ثاني الكرومات ضمن مفاعل وجهاز فوتومتر لقياس تغير لون المحلول.
7- العناصر المعدنية: كواشف لونية سريعة أو جهاز سبكترو امتصاص ذري أو بلازما.
8- **AOX** : فصل على الفحم المنشط وقياسبمعايرة كولومترية
9- المركبات العضوية الطيارة: GC
10- الزيوت: استخلاص بالهكسان
11- الشارسبات: كواشف لونية سريعة أوالكروماتوغرافيا الشاردية
12- الفنولات: طريقة لونية
13- المبيدات: HPLC

ملحق

غالباً ما تقاس حمولة مياه الصرف بعبارة المتطلب الاوكسجيني. وهناك ما يعرف بالمتطلب الحيوي للاوكسجين BOD والمتطلب الكيميائي للاوكسجين COD ، وغالباً مايسبب هذان المؤشران تشويشاً بالنسبة للعلاقة بينهما:
لدينا ثلاثة مزائج مشكلة من ثلاثة مركبات عضوية بنسب مختلفة بحيث يكون لها نظرياً نفس المتطلب النظري من الأوكسجين. وبالتحليل تبين مايلي:

	المتطلب النظري	COD دي كرومات	BOD5	TOD بالقياس	TOC بالقياس
المزيج#1	79.3	32.2	11.4	76.0	19.0
المزيج#2	79.4	17.6	22.8	77.2	19.8
المزيج#3	79.2	8.4	3.4	75.8	18.1

يبين الجدول أن نتائج طرق القياس التقليدية لـ COD و BOD غير متطابقة أبداً، وغير مطابقة للمتطلب الاوكسجيني النظري. أما نتائج القياس لـ TOD و TOC فكل منها متطابق للمزائج الثلاثة. ولكن يصعب تحويل النتائج من طريقة لأخرى. وكذلك فإن المتطلب الاوكسجيني لا يعطي أي دلالة عن مدى السمية. فالمزيج الثالث هو الأكثر سمية في حين قيم COD و BOD العائدة له هي الأخفض. ولوحظ عملياً أن أرقام BOD في الحقيقة تكون بعكس ترتيب السمية في المزائج.

مؤشرات تلوث:

BOD المتطلب الحيوي من الأوكسجين. وهو يعبر عن مقدار المواد العضوية في الماء القابلة للتأكسد بالأوكسجين المنحل فيه.

COD المتطلب الكيميائي من الأوكسجين. وهو يعبر عن مقدار المواد العضوية في الماء القابلة للتأكسد بمادة مؤكسدة (ثاني كرومات البوتاسيوم)

TOC الكربون العضوي الكلي في المياه.

AOX المركبات العضوية الهالوجينية القابلة للامتصاص

PCB's مركبات بيفنيل متعددة الكلورة

VOC's المركبات العضوية الطيارة

DO الأوكسجين المنحل

TDS مجموع الأملاح المنحلة

TSS مجموع الأجسام العالقة