بسم الله الرحمن الرحيم

تقييم السلامة الميكروبية لماء الشرب

عمليات التحسين والطرق

تأليـــف

آل دوفور، ماريو سنوز، وولفجانج كوستر،

جيمي بارترام، التيرا رونتشي، لورنا فيوترل

ترجمـــة

أ.د.عبد الوهاب بن رجب هاشم بن صادق

أستاذ التلوث الميكروبي البيئي

كلية العلوم- جامعة الملك سعود

النشر العلمي والمطابع - جامعة الملك سعود

ص.ب ٦٨٩٥٣- الرياض ١١٥٣٧- المملكة العربية السعودية

ⓒ جامعة الملك سعود، ١٤٢٨هـ (٢٠٠٧م)

هذه ترجمة عربية مصرح بها من مركز الترجمة بالجامعة لكتاب:

Assessing Microbial Safety Of Drinking Water
IMPROVING APPROACHES AND METHODS
By: Al Dufour, et al
© OECD / WHO, 2003

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

آل دوفور، ماريو سنوز

تقييم السلامة الميكروبية لماء الشرب عمليات التحسين والطرق/ آل دوفور، ماريو سنوز؛ عبد الوهاب رجب هاشم بن صادق- الرياض، ١٤٢٨هـ.

٤٠٠ص؛ ١٧سم × ٢٤ سم

ردمك: ٥- ٢٠٩- ٥٥- ٩٩٦٠- ٩٧٨

١- مياه الشرب- تحليل ٢- تلوث المياه

أ. بن صادق، عبدالوهاب بن رجب هاشم (مترجم) ب. العنوان

ديوي ٦٢٨،١٦ ٧٤٦٩/ ١٤٢٨

رقم الإيداع: ١٤٢٨/٧٤٦٩

ردمك: ٥-٢٠٩-٥٥-٩٩٦٠-٩٧٨

حكمت هذا الكتاب لجنة متخصصة شكلها المجلس العلمي بالجامعة، وقد وافق على نشره، بعد الاطلاع على تقارير المحكمين في اجتماعه الحادي عشر للعام الدراسي ١٤٢٧/١٤٢٨هـ المعقود بتاريخ ١٤٢٨/٢/٧هـ الموافق ٢٠٠٧/٢/٢٥م.

النشر العلمي والمطابع ١٤٢٨هـ

الإهداء

إلى أحفادي...

بدر

ساره

جود

جنا

إلى زهور المستقبل هذا الإهداء.

تقديم

قال تعالى: ﴿ وَجَعَلْنَا مِنَ ٱلْمَآءِ كُلَّ شَىْءٍ حَىٍّ ﴾ ، الأنبياء (٣٠).

قال تعالى: ﴿ وَإِذِ ٱسْتَسْقَىٰ مُوسَىٰ لِقَوْمِهِۦ فَقُلْنَا ٱضْرِب بِّعَصَاكَ ٱلْحَجَرَ ۖ فَٱنفَجَرَتْ مِنْهُ ٱثْنَتَا عَشْرَةَ عَيْنًا ۖ قَدْ عَلِمَ كُلُّ أُنَاسٍ مَّشْرَبَهُمْ ۖ كُلُوا۟ وَٱشْرَبُوا۟ مِن رِّزْقِ ٱللَّهِ وَلَا تَعْثَوْا۟ فِى ٱلْأَرْضِ مُفْسِدِينَ ﴾ ، البقرة (٦٠).

قال تعالى: ﴿ وَأَنزَلَ مِنَ ٱلسَّمَآءِ مَآءً فَأَخْرَجْنَا بِهِۦٓ أَزْوَٰجًا مِّن نَّبَاتٍ شَتَّىٰ ﴾ ، طه (٥٣).

الحفاظ على المصادر المائية في الإسلام واجب ديني قبل أن يكون نظاماً تشريعياً

هذا الكتاب واحد من سلسلة من المؤلفات المطوّرة لتعزيز التطور في المجالات الميكروبية في الإصدار الثالث لمنظمة الصحة العالمية "الخطوط المرشدة لنوعية ماء الشرب" والمرشد لصانعي القرار والمشرعّين والمحامين في مجالات التخطيط والأداء. المجلدات الأخرى تضمن:

- حفظ الماء الجوفي للصحة: إدارة نوعية مصادر مياه الشرب.
- حفظ الماء السطحي للصحة: إدارة نوعية مصادر مياه الشرب.
- نوعية الماء ومعالجة مياه الشرب: أثر عمليات المعالجة على نوعية ميكروبات الماء ووجود الممرضات والمؤثرات في المياه السطحية.
- نوعية ميكروبات الماء في أنظمة توزيع الأنابيب: استعراض استطلاعي وتطبيقي.
- إدارة الماء في المنزل: اكتساب صحة الإسراع من نوعية المياه المحسنة.
- خطط سلامة المياه: إدارة التزود بالمياه العامة للسلامة.

كتب أخرى ذات صلة مباشرة وتتضمن:

من منظمة الصحة العالمية

- نوعية الماء: الخطوط المرشدة والقياسات والصحة
- *Legionella* والوقاية من مرض Legionellosis
- مجموعات منفصلة ومتسلسلة من الكتب تتعامل مع إصدارات منبثقة في الماء والأمراض المعدية.
- بكتيريا *Mycobacterium* الممرضة في الماء.

- الصفات الخطرة للممرضات في الغذاء والماء (منظمة الصحة العالمية ومنظمة الفاو)
- نوعية المخاطر للصحة العامة في الخطوط المرشدة لنوعية ماء الشرب: عبء العملية المرضية.

من منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية

جلسات منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية. التقنية الحيوية لاستخدام الماء والحفاظ عليه: ورشه العمل '96' في المكسيك (١٩٩٧م)

- سعر الماء: الاتجاهات في دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (١٩٩٩م).
- التقنية الحيوية الجزيئية لماء الشرب الآمن (١٩٩٨م) (والمتوفر على الموقع www.oced.orglpdf/Mooo14000/Mooo/14623Pdf
- ماء الشرب والأمراض المعدية: تأسيس العلاقات (طبع بواسطة مطابع IWA، ٢٠٠٢م)

مقدمة المؤلفين

التزود بماء الشرب غير الملائم والنوعية وفقد الصحة يعد من أهم القضايا العالمية والتي تسبب الإعاقة المرضية والفنائية للإنسان.

بالإشارة إلى منظمة الصحة العالمية، فإن تقدير الأمراض الصحية كان ذو تأثير معنوي على صحة الإنسان. حيث أن مرض الإسهال وحده سبب موت ٢,٢ مليون من ٣,٤ مليون؛ بسبب المياه الملوثة كل سنة. العديد من الموتى يشمل الأطفال تحت سن ٥سنوات من العمر والمجمعات والبيوت الفقيرة. المشكلة ليست محصورة في الدول المتقدمة، ففي الدول الأعضاء لمنظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (OECD)، فإن انتشار الأمراض مائية المنشأ تحدث في الجميع تكراراً. علاوة على ذلك، فإن العديد من الأوبئة تظل غير محدودة، وأنه من الواضح تحت تلك التقارير، هناك خلفية غير واضحة لثقل المرض.

الإصدارات ذات العلاقة بالماء كانت عالية في برنامج السياسة العالمية عام (١٩٧٠م)، متبوعاً بالمؤتمر العالمي الأول عن البيئة والذي عقد في Stockholm عام (١٩٧٢م). على أي حال، مع حلول العقد العاشر العالمي للإمداد بمياه الشرب والصحة (١٩٨١- ١٩٩٠م)، فإن الاهتمام بدأ يتضاءل في الدول الصناعية،

الاهتمام وجّه على التلوث الكيميائي كما أن برنامج الاهتمام تحرك بشدة تجاه الإصدارات الأساسية للبيئة مثل التغيرّ في مناخ الأرض، ونقص الأوزون والتصحر.

هناك على أي حال، مستوى زائد للاهتمام العام والخاص عن سلامة المياه، يشحن بواسطة الاهتمام ويرتفع بواسطة انتشار المرض وتمييز عوامل مرضية جديدة والتحديات الظاهرة لحماية الصحة.

أتاح انتشار مدنية Milwaukee عام (١٩٩٣م) تقريباً عن (٤٠٠٠٠ألف) حالة من مرض داء المستخفيات، بوضوح وتحتها خط، كان نتيجة النجاة لانتشار المرض المائي في دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية.

سجل انتشار داء المستخفيات في مدينة (Las Vegas) بولاية (Nevada) في ربيع عام (١٩٩٤م) موضحاً الاحتياج لفهم أكثر لفعالية المؤثرات وعمليات العلاج لمراقبة المرضات مائية المنشأ. كما أشارت إلى الاحتياج لإعادة التقدير لفعالية المؤثرات التقليدية وكقواعد لإدارة الخطر، بما أن الانتشار يحدث في الماء المستوفي لقياسات السلامة بواسطة خطوط الترشيد للمؤثر التقليدي وبكتيريا القياس.

الماء والصحة تحركا ثانية إلى برنامج السياسة العالمي كجزء مكثف لفهم التنمية المستدامة. وهذا دليل للإعلان من المنتديات المائية العالمية في مراكش عام (١٩٩٧م) وفي مدينة Hague عام (٢٠٠٠م) ولزيادة التعاون بين المنظمات العالمية، بالإضافة إلى برنامج التعاون بين منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية ومنظمة الصحة العالمية. التمهيد الذي قاد إلى هذا التقرير يعد الإنتاج الأول لذلك البرنامج.

الاحتياج لتحسين التقييم والإدارة لمصادر مياه الشرب في العالم أعطى إضاءة عالية عام (١٩٩٦م) في ورشة عمل (OWCD) في مجال التقنية الحيوية لاستخدام الماء وحفظه في مدينة (Cocyco) في المكسيك، ثم بعد ذلك في عام (١٩٩٨م) فإن (OWCD)

عقدت لقاء دولي في مجال التقنية الحيوية الجزئية لسلامة ماء الشرب؛ وذلك لمراجعة فعالية أنظمة الإمداد بماء الشرب للحفاظ ضد التلوث الميكروبي وللتأكد من القياسات الإرشادية وأنظمة الفحص، وقد أكد ذلك الاحتياج لقياسات إرشادية أحسن وطرق لتقييم سلامة ماء الشرب وللقياسات واستجاباتها للإحداث المعاكسة.

الأكثر أهمية أعطت الأعداد المرضة والتي لا يمكن على وجه الخصوص تعقبها بواسطة الطرق الاعتيادية، خصوصاً الفيروسات والطفيليات مثل *Cryptosporidium* و*Giardia* ورشة العمل أعطت نقطة توصية تتضمن "التجارة كالمعتاد" ليست طويلاً قابلة للتطبيق الاختياري.

خطوط منظمة الصحة العالمية الإرشادية لنوعية ماء الشرب أعطت قواعد علمية لتطوير قياسات وتشريعات لحماية نوعية ماء الشرب ولصحة الإنسان، حيث تستخدم بواسطة معظم دول العالم كما أنها تحدّث نظامياً استجابة إلى المعلومات الحديثة والتطورات. العديد من اللقاءات منذ عام (١٩٩٥م) أوصت باتخاذ أنظمة وقائية إدارية عملية لمراقبة الأخطار الميكروبية من البداية وحتى المستهلك لماء الشرب.

مظاهر الهيكل الموّحد لتقييم الخطر وإدارته في سلامة الماء تطوّر أيضاً في اللقاء الذي عقد في مدينة Stockhom في عام (١٩٩٩م).

عمليات التناغم الهيكلي تطبيقية لماء الشرب، ومياه المخلفات المستخدمة ونوعية مياه الاستجمام، وتلك تتضمن "خطط مياه سلامة المياه" والبناء على تحليل نقاط التحكم الحرجة (HACCP) وأساس الحد المتضاعف، تلك الوثيقة (طوّرت بواسطة OECD ومنظمة الصحة العالمية) تعتبر واحدة من عمليات خطوط الإرشاد الحديثة.

الطرق منتهية التاريخ لم توّضح فعلياً ولم تمنع الأمراض الشديدة المعوية مائية المنشأ، وهناك معدات ضخمة يمكن استخدامها لتحسين تقييم سلامة ماء الشرب، بينما المعقول لاستخدام كشاف للكائنات الحية الدقيقة لملاحظة التلوث في مصدر الماء لا يزال متردداً في تقدير فعالية المعالجة.

علاج التلوث المتأخر على سبيل المثال يتطلب مؤشرات متضاعفة، حيث لا يعتبر ميكروب مفرد (أو غير موجود) مؤشر قياسي ملائم لتحديد ما إذا كانت الخطوات في عمليات الإنتاج الكلي لماء الشرب تعمل بشكل جيد في كل الحالات، وعليه فإنه من الأهمية إحراز فهم جيد للقاعدة ولعدم الفائدة من القياسات التقليدية والحديثة للكشف وعن الطرق المتاحة لتحليلها، والمعلومات المطلوبة لتأسيس إجراءات علاجية ووقائية فعالة.

المعهد السويسري الاتحادي لعلم البيئة والتقنية (EAWAG) تنبه إلى النداء للاستعراض الرئيس لأهمية المعلومات بالإشارة إلى قياسات الكشف وطرق الفحص ذات العلاقة في مراقبة سلامة ماء الشرب من الميكروبات، تحت مسئولية المعهد القيادية، فإن الأستاذ الدكتور Alexander Zehnder مع الدعم السخي من (EAWAG)، تم طرح المبادرة لتطوير إرشاد موثّق لتحديد مثل هذا الاحتياج، مع التعاون مع (OEXD) ومنظمة الصحة العالمية، المسئول عن هذا التعاون الموثق كان Dr. Wolfgang koster وDr. Mariosonzzi من (EAWAG) وDr. Jamie Bartram من منظمة الصحة العالمية و Dr. Elettra Ronchi من (OECD) وDr. AlDufour من وكالة حماية البيئة الأمريكية. النجاح الخارجي لهذه المبادرة كان على أي حال للجهد الاستثنائي الذي عمل بواسطة جهد العلماء العالميين.

الدعم المادي من مجلس الصناعة للتنمية (ICD) للاستعراض والتوثيق المتقدم للتطور كان أيضاً ذو أهمية قيمة. كما أن مساعدة الخبير التحريري Dr. lorna Fewtrell ومساعدة السكرتارية Alysia Ritter لا تثمن.

هدف التوثيق

يهدف هذا التوثيق الاسترشادي الخطي إلى الاستجابة إلى الاحتياج لتحسين التقييم والإدارة للسلامة الميكروبيولوجية لماء الشرب، وعن طريق البعد من استخدام الكشف البسيط بأداة لإثبات السلامة (أو بطريقة أخرى) للناتج النهائي من خلال استخدام النتائج كقواعد لفعاليات الإدارة الخطرة.

اختبار الناتج النهائي جاء متأخراً للتأكد من سلامة ماء الشرب، المطلوب في الطبيعة بالنسبة للعينات الميكروبية والفحص الحالي، والذي مثالياً زوّد بنتائج فقط بعد توزيع الماء وغالباً استهلكت وعليه، فإن هذه الوثيقة أعطت إرشاداً في التطبيق الملائم لقياسات الكشف للتأكد من سلامة ماء الشرب وللإبلاغ بالحكم عن الخطر الإداري، مع التأكد على مراقبة التلوث البرازي، كما أنه يقدم إرشاداً في كيفية اختيار واستخدام الكواشف المتعددة للوصول إلى معلومات معينة كتأييد للتطبيق الآمن خلال نظام الماء الكلي: حفظ ابتدائي، وتقييم مصدر نوعية الماء، وفاعلية تقييم المعالجة، كشف نوعية ماء الشرب في جهاز المعالجة المتبقي وفي نظام التوزيع. كما يقدم استعراضاً كاملاً للمؤشر التقليدي ومؤشر الكائنات الحية الدقيقة وتقنيات ناشئة.

الطريقة المشروحة هنا تحتوي على عناصر لكلا الثورة والتقدير، وهي ثورية في كونها تعزز نشوء عملية سريعة والتي تحقق المتطلب للتغيير من مؤشر ميكروبي مفرد، والتي تستخدم ابتدائياً للكشف عن الناتج النهائي لتحديد النوعية الصحية، إلى

كواشف متضاعفة تتضمن فهرست ومؤشرات ميكروبية مع منظور إداري واسع مدمج وهيكل لإدارة الخطر. كما أنه تقدير في كون العملية تبنى فوق حاجز لعملية متضاعفة وفي جسم لحصاد معلوماتي من الدراسات العلمية ومفحوصة في الطبيعة وتحت تصرف كلا الممرضات والمؤشرات الميكروبية في أنظمة الماء وبين العلاقة بين المؤشرات الميكروبية والـمُمرِضات.

الفصل الأول يفحص المشهد، ويشرح المشكلة ويؤسس الاحتياج للكشف، كما أنه يختصر قصة الكواشف لمؤشر البراز ويشرح مختلف المعلومات المطلوبة الاستخدام لمدى من الكواشف لتقييم الاختيار لفاعلية العملية والسلامة التشغيلية والتي تم إيجازها في الفصل الثاني.

الفصل الثالث يبحث في استخدام الكشف الميكروبي في تقييم الخطر.

الفصل الرابع والخامس والسادس يوّفر إرشاد في كيفية استخدام مدى واسع من الكواشف والتي يجب أن توضع للاستخدام.

الفصل الرابع يشرح المميزات التمهيدية ومصدر تقييم نوعية الماء. الفصل الخامس يبحث في فاعلية المعالجة والفصل السادس في اختبار استخدام مؤشرات الكواشف للكشف عن نوعية ماء الشرب خلال التخزين والتوزيع.

الفصل السابع يرّكز على دراسة الماء خلال انتشار المرض والحوادث الخارجية، مع حالة دراسية توضّح استخدام مختلف الكواشف لأغراض محددة.

الفصل الثامن يقدم رؤية عليا لمختلف تقنيات التحليل لتحديد أعداد فهرسية للبرازيات والمؤشر البكتيري بالإضافة إلى اختيار عينات الممرضات المائية.

يتضمن قواعد (أساسياً بيولوجيا جزيئية) تقنيات ومختصرات لميزات ثم إنجازها لطرق مختلفة مع اعتباراتها الاقتصادية (قمة المخالفات البنائية والاستهلاكية ومستوى التدريب التقني للأعضاء).

التحديات للقرن الحادي والعشرون

الوثيقة رسمت اهتمام تحديات مهمة بالإشارة إلى صيانة وإدارة سلامة ماء الشرب وخصوصا الاحتياج إلى تطوير نظام تنبؤ يحذّر من وضع الأخطار القريبة والوقت الممكن والثمن الفعال لتصحيح الوضع. ربما التحدي الأعظم هو إعادة تحديث إدراك إعادة التدفق والممرضات الناشئة مع المقاومة العالية للمعالجة والتي تعتبر خطر معنوي، ليس فقط في البلاد قليلة التطوّر، ولكن في البلدان عند كل مستويات التنمية الاقتصادية والصناعية.

الحذر من دخول مثل تلك الميكروبات تم تطويره ابتدائياً بسبب الانتشار المعنوي المحلي. العامل المسبب يتحقق منه فقط عند نصف الانتشار المطلوب نظراً للنقص في طرق الكشف أو للنقص في تطبيقاتها. التطبيق الناشئ للطرق الجزيئية، بينما ربما أنه غير ملائم للكشف الروتيني، يظهر أنه يؤدي إلى إسهام معنوي في هذا المجال.

النقص في الطرق العملية لملاحظة وتقدير العديد مثل الكائنات الحية الدقيقة على الصحة أيضاً تتصل مباشرة إلى توّفر طريقة ملائمة للكشف في تاريخ الميكروبات الجيني الماضي، حالياً فإن الأدوات لتمييز الميكروبات توفرت.

كلا الأدوات الجينية (قواعد الأحماض النووية) والمناعية متاحة وبعض تقنيات الجزيئات يظهر أنها ذات مستقبل على وجه الخصوص، على سبيل المثال، فإن النوع الجيني أو الوصف الجزيئي يعد قوى لإدارة جديدة لتحديد مصدر التلوث الميكروبي،

كما أنه أيضاً ذو استخدام تقليدي للكشف عن Cryptosporidium في بعض الدول في الأفق، كما في الفصل الثامن، فإن الطرق تعتمد على الترتيب الدقيق والحس الحيوي.

التقدم في أشباه الموصلات والحواسيب متوقع أن تتيح للجيل الحيوي الميكروبي التالي وأن تكون صغيرة وبسيطة الرسم، كما يتوقع أن تكون سريعة الاستجابة.

وعليه فإن المستقبل يمتلك تقنيات جديدة واعدة لملاحظة كلا الممرضات المتواجدة والناشئة. بالإضافة إلى أن العديد من التحويرات تظل مواصلة لسلامة جميع ماء الشرب.

المصادر مطلوبة لزيادة الاستخدام الأمثل لتقنيات الجزيئات الحديثة في خطوط الأنابيب. التقدم في تقنيات الجزيئات الحديثة لا بد أن يشّجع ويرّشد، على أساس أنها تقدم أمل جيد لملاحظات محسّنة وسريعة للملوثات الميكروبية في الماء.

مقدمة المترجم

هذا الكتاب يعد ضمن سلسلة من الكتب والإصدارات المتنوعة في مجالات المياه وما يتعلق بالمياه الجوفية والسطحية ونوعية مياه الشرب وحفظ سلامة المياه والمؤشرات الميكروبية للتلوث المائي بالإضافة إلى العديد من المواضيع المائية المختلفة.

وقد تم اختيار هذا الكتاب للترجمة نظراً لاحتوائه على العديد من الفصول ذات الاتصال الوثيق بتموجات المياه المختلفة بالإضافة إلى حاجة المكتبة العربية لهذا النوع من الكتب المتخصصة في مجال المياه وسلامتها.

لا بد من التأكد على أهمية المياه والحفاظ عليها وصّونها من كل ما يسبب لها التلوث وخصوصاً في منطقة الخليج العربي والتي تعاني من شح شديد في المصادر المائية بالإضافة إلى اعتمادها بعد الله عز وجل على تحلية المياه المالحة والتي تتطلب المزيد من العناء والجهد والتكلفة العالية.

لا بد أيضاً من التأكيد على أن الإسلام حدد بوضوح أن ((الحفاظ على المياه في الإسلام واجب ديني قبل أن يكون نظاماً تشريعياً)) وهذا ما دلت عليه الآيات القرآنية والأحاديث النبوية المطهرة وللاستزادة في هذا المجال عليك عزيز القارئ الرجوع إلى كتاب ((الإدارة المائية في الإسلام)) لمؤلفه (ISBN:92-808-1030-7, Foruqui *et. al.*, 2001).

يقدم هذا الكتاب للقارئ إن شاء الله تعالى ضمن فصوله الثمان، مواضيع متعددة وقيمّة في مجال سلامة مياه الشرب وقياسات التقييم لنوعية مياه الشرب وتقييم المخاطر وفعالية المعالجة والكشف عن نوعية مياه الشرب خلال عمليات الخزن والتوزيع بالإضافة إلى الكشف عن مؤشرات التلوث الميكروبي لمياه الشرب وطرق التحاليل الميكروبيولوجية لفحص نوعية مياه الشرب.

أرجو من الله العلي القدير أن أكون قد وفقت لاختيار هذا الكتاب لترجمته وأن يكون من ضمن العلم المنتفع يوم لا ينفع مال ولا بنون إلا من أتى الله بقلب سليم وبالله التوفيق.

المترجم

المحتويات

الإهداء .... هـ
تقديم...ز
مقدمة المؤلفين .... ك
مقدمة المترجم .... ق
الفصل الأول: سلامة مياه الشرب: التحدي المستمر.................. ١
(١,١) المقدمة ١
(١,٢) قصة جعل الماء سليماً ٦
(١,٣)تحديد دور مفهوم المؤشر ١١
(١,٤) نشوء نموذج جديد: واجب الاجتهاد......................١٨
(١,٥) الفحص الممرض المباشر ٢٢
(١,٦) المعلومات المطلوبة ٣٠
(١,٧) الاقتراح الجديد...٣٥
(١,٨) الملخص..٣٨
الفصل الثاني: تقديم القياسات البارامترية لتقييم نوعية ماء الشرب...............٤٧
(٢,١) المقدمة ٤٧

(٢,٢) القياسات البارامترية الميكروبية ٤٩

(٢,٣) البارامیتر غیر الميكروبي ٧٦

(٢,٤) الملخص ٨٧

الفصل الثالث: تقييم الخطر ٩٣

(٣,١) المقدمة ٩٣

(٣,٢) ما هو الخطر ٩٤

(٣,٣) أنواع الدليل ٩٥

(٣,٤) العمليات الوبائية للخطر ٩٧

(٣,٥) الدراسات التي تربط الصحة بالقسم إلى المؤشرات ٩٩

(٣,٦) تقييم المخاطر الميكروبية الكمية ١٠٥

(٣,٧) تقييم المخاطر النوعية ١١٩

(٣,٨) الملخص ١٢٣

الفصل الرابع: وصف الحجز ونوعية المصدر المائي ١٣٣

(٤,١) المقدمة ١٣٣

(٤,٢) مصادر التلوث البرازي ١٣٦

(٤,٣) النقل والبقاء ١٤٥

(٤,٤) تقارير الحجز والحماية ١٥٣

(٤,٥) الكفاءة النوعية لمصدر الماء ١٧٠

(٤,٦) تلخيص ونظرة مستقبلية ١٨٤

الفصل الخامس: فعالية المعالجة ١٩٧

(٥,١) المقدمة ١٩٧

(٥,٢) فعالية المعالجة الميكروبية ١٩٩

(٥,٣) الملخص ٢٢١

الفصل السادس: الكشف عن نوعية ماء الشرب خلال الخزن والتوزيع........ ٢٢٥

(٦,١) المقدمة ٢٢٥

(٦,٢) أنظمة توزيع التمديدات (شبكة المواسير) ٢٢٦

(٦,٣) أنظمة التمديد بدون شبكات ٢٣١

(٦,٤) أخذ العينات في تمديد شبكات التوزيع........................ ٢٣٥

(٦,٥) عمليات أخذ العينات في الشبكات غير الأنبوبية ٢٤٧

(٦,٦) الملخص ٢٥٥

الفصل السابع: مراقبة وتقصي حدوث التلوث وتفشيات الأمراض مائية المنشأ. ٢٦٣

(٧,١) المقدمة ٢٦٣

(٧,٢) تفشيات النقل المائي.. ٢٦٥

(٧,٣) منع التفشيات ٢٦٩

(٧,٤) تقصي التفشي ٢٧٧

(٧,٥) مراجعة النتائج الموجودة ٢٨١

(٧,٦) تحسين الكشف المتضمن اكتشاف الممرض ٢٨٣

(٧,٧) الملخص ٢٩٨

الفصل الثامن: طرق تحليل الفحص الميكروبيولوجي لنوعية الماء................ ٣٠٧

(٨,١) المقدمة ٣٠٧

(٨,٢) استخلاص هدف الكائنات الحية الدقيقة المستهدفة................ ٣٠٨

(٨,٣) الكشف، التحديد وتقدير الكائنات الحية الدقيقة ٣٢٤

(٨,٤) العمليات الناشئة ٣٥٣

(٨,٥) إنجاز وصحة الطرق ٣٥٨

(٨,٦) الملخص.. ٣٦٢

قائمة الاختصارات.. ٣٧٧

ثبت المصطلحات ٣٨١

أولاً: عربي- إنجليزي ٣٨١

ثانياً: إنجليزي- عربي ٣٨٩

كشاف الموضوعات.. ٣٩٧

الفصل الأول

سلامة مياه الشرب: التحدي المستمر

G.J.Medema, P. Payment, A.Dufour, W. Robertson, M. Waite, P. Hunter, R. Kirby and Y. Anderson

(١,١) المقدمة

(١,١,١) تفشي الأمراض مائية المنشأ

تتعلق الجودة الميكروبيولوجية لماء الشرب بالمستهلكين والإمداد المائي والأنظمة ورسميات الصحة العامة معاً. كما أن قدرة ماء الشرب على حمل الميكروبات الممرضة إلى مجاميع كبيرة من الناس، يسبب أمراضاً متعاقبة، وموثقة في الدول عند كل المستويات المتطورة اقتصاديا. تفشي *Cryptosporidiosis* عام (١٩٩٣م) في مدينة Milwaukee وWisconsin في الولايات المتحدة الأمريكية قدّم مثالاً جيداً لذلك. تم تقدير حوالي (٤٠٠,٠٠٠ألف) حالة مفردة تعاني من أعراض المعدة والأمعاء، وفي نسبة كبيرة للحالات منسوبة إلى *Cryptosporidium* وهو عبارة عن حيوان أولي طفيلي (Macltenzie *et al.*, 1994)، على الرغم من أن التقارير اللاحقة اقترحت أن هذا ربما يكون تقدير معنوي عالي (Hunter and Syed, 2001)، والأكثر حداثة للتفشي تضمن *OIS7: H7* *E.coli*، حيث إن معظم الخطر حدث في مدينة Walkerton (Ontario Canada), في ربيع عام (٢٠٠٠م)، ونتج عنه ست وفيات وأكثر من (٢٣٠٠) حالة (Brace – Grey – Owon

(Saund Health Unit, 2000. العدد المتفشي والذي سُجل خلال العالم أوضح أن انتقال الممرضات بواسطة ماء الشرب يظل معنوياً لإحداث المرض. على أي حال، فإن تقدير المرض المعتمد كلياً على ملاحظة التفشي والذي يظهر أنه غير مقدّر للمشكلة.

النسبة المعنوية للأمراض مائية المنشأ يظهر أنها غير ملاحظة تحت إشراف المرض المعدي وأنظمة التقارير. الأعراض لمرض الأمعاء المعدي (غثيان، إسهال، قيء، ألم بالبطن) والتي عادة تكون معتدلة وعموماً تظل فقط لأيام قليلة إلى أسبوع، وفقط فإن نسبة مئوية من أولئك المتأثرين يمكن رؤيتهم بواسطة الطبيب.

من خلال تلك، فقط نسبة ثانوية سوف تفحص مجهرياً والفحص عادة يبدأ بممرضات الغذاء البكتيري. أعداد تقارير التفشي تختلف جوهرياً بين الدول (Stenstrom, 1994) حتى من متشابه المقارنة، مثل الدول الإسكندنافية (النرويج، والسويد، والدنمارك، وفنلندا).

في العديد من الحالات، فإن هذه يظهر أنها تعكس فعالية أنظمة التقارير أكثر من الاختلاف الحقيقي في العدد (أو الحجم) للتفشي.

معظم الحالات المتقطعة لأمراض الأمعاء مائية المنشأ لا يمكن ملاحظتها أو إذا تمت ملاحظتها ربما تلاحظ كعلامة مائية. في الدول الصناعية، فإن ماء الشرب والذي يحقق القياسات النوعية للماء الحالي ربما يظل ملاذاً لتراكيز منخفضة من الكائنات الحية الدقيقة الممرضة، وهذه سوف تحدث مرضاً لمرضى من خلال جماعة الخدمة. من الصعوبة نسب هذه الحالات المتقطعة لماء الشرب، وكما دفنت مع مستوى المستوطن للمرض والمدوّر في الحماية خلال مسالك نقل أخرى (شخص- شخص، غذاء واحتكاك بحيوان). هنالك على أي حال، معلومات من نقل المرض خلال ماء الشرب ثبت حدوثها (Payment *et al.* 1991, 1997; Isacc-Renton *et al.*, 1996).

(١,١,٢) العبء المرضي عالي

حاول العديد من الباحثين تقدير العبء الكلي للمرض مائي المنشأ في معظم العالم. سجل (Huttly, 1990) أن العدد الكلي يصل إلى (١,٤) مليون مرض سنوياً للإسهال في الأطفال تحت خمس سنوات من العمر، مع تقدير لحوالي (٤,٩) ملايين من الأطفال يموتون كنتيجة (على الرغم من تلك مراجعة إلى كل الحالات للإسهال وليست فقط إلى حالات ذات علاقة مائية). بينما (Pruss et al., 2002) قدّر أن الماء وعمليات التعقيم والصحة قد تكون مسؤولة عن (٤٠٪) من حالات الموتى و(٥,٧٪) من جميع أحمال المرض التي تحدث عالمياً (محسوبة لأمراض الإسهال، والفصام، والتراخوما، والإسكارس، وداء الشعريات، ومرض دودة الإنكلستوما). بوضوح فإنه في الدول والتي فيها العدد الأكبر من السكان لا يملكون القدرة على سلامة ماء الشرب، فإن العدد الجوهري لحالات الإصابة سوف تكون من الأمراض مائية المنشأ، وقد أختتم (Hunter, 1997) تقديره بأن الأمراض مائية المنشأ ربما تحتسب لثلث الإصابات المعوية في العالم كافة.

الأمراض مائية المنشأ ليست محصورة مع الدول المتطورة، فقد حاول (Morris and Levine, 1995) تقدير عبء مائية المنشأ الممرضة سنوياً في الولايات المتحدة الأمريكية، وقد أشارا إلى أن حوالي (٥٦٠,٠٠٠ألف) شخص ربما يعانون من حالات متوسطة إلى شديدة من الإصابة بمائية المنشأ كما أن (٧,١) ملايين يعانون قليلاً إلى متوسطةٍ من إصابة مائية المنشأ سنوياً. كل حالات الإصابة بمائية المنشأ ربما تقود إلى تقدير لحالات وفاة (١٢٠٠) كل سنة. وحتى إذا كانت هذه الأرقام الغليظة فوق

معدلات التقدير، فإن كلا عبء الصحة والاقتصاد لا بد من اعتبارهم حتى في التجمعات الصناعية (Payment, 1997).

الأمراض لا بد أن تكون بتكرار متساعدة مع الماء لإصابات داخلية (مثل إصابات الإسهال) والتي أيضاً تكون مرتبطة بالغذاء (Mead *et al*., 1999) في العديد من الحالات، كما أن المرض سوف يختفي نسبياً ويكون محدد ذاتي. على أي حال، فإن نسبة الإصابة السكانية سوف تعاني أكثر وبشدة وخصوصاً عندما لا يتواجد نظام الرعاية الصحية. العديد من المرضات مائية المنشأ مثل *Vibrio cholerae*، وفيروس الكبد الوبائي (E) و*Escherichia coli* OIS7: H7 ذات معدلات وفيات عالية (Hunter, 1997). في حالات تفشي الكوليرا الحديثة على سبيل المثال، فإن معدلات الوفاة كانت عموماً (٣- ١٪) ويمكن أن تكون عالية من (٨- ٢٢٪) لإصابات فيروس الكبد الوبائي (E) والذي ربما يقود إلى كبد وبائي فجائي قاتل في (١- ٢٪) من الحالات، ومع النساء الحوامل فقد بدأت خصوصاً لخطر أعلى وشديد الخطورة.

الإصابات بمائية المنشأ بالبكتيريا *E. coli* 0157: H7 تتزامن مع تدفق الدم لغشاء القولون المخاطي وأعراض تبولن البول الدموي، كلاهما أمراض خطيرة، مع حدوث الأخير خصوصاً عند الأطفال. معدل الموت لتفشي مائية المنشأ حوالي (١,٦- ٣٪). (Hunter, 1997; Bruce - Grey - Owen Sound Health Unit, 2000) في عام (١٩٩٠م)، وهذا الدليل على أن الإصابة الميكروبية تتزامن مع المرض المزمن والذي بدأ في التراكم، كما أن العديد من المرضات مائية المنشأ تتزامن مع داء العقبول (مثال المرض الشديد أو المزمن أو المرض المرتد الذي يظهر طويلاً بعد التعرض الأولى إلى الماء الملوث). الأمثلة لداء العقبول والتي ربما باحتمال تتزامن مع المرض مائي المنشأ الحاد تتضمن:

- داء البول السكري والمرتبط بفيروس Coxsackie B4 (Roivainen et al., 2000; Horwitz *et al*., 1998)

- داء التهاب العضلة القلبية والمرتبط بفيروس Echo (Ferreira Jr., 1995; Shanmugam *et al*., 1986)
- أعراض مرض Guillian-Barre والمرتبط بالبكتيريا *Campylobacter* spp. (Prendergas and Moran, 2000)
- سرطان المعدة والمرتبط بالبكتيريا *Helicobacter* sp. (Uemura et al., 2001)
- التهـــاب المفـــاصل الإنجعـــاعي والمرتبـــط بالبكتـــيريا *Klebsiella* sp. (Ebringer and Wilson, 2000)

مع استثناء البكتيريا *Klebsiella*، فإن ارتباط هذه الميكروبات مع المرض مائي المنشأ والمرض المزمن قد تم معرفته. وأكثر الارتباطات بين المرض مائي المنشأ، والمرض الحاد لا يمكن معرفته كلية ولكنها تخمينات عالمية (Hunter, 1997).

(١,١,٣) الممرضات الجديدة الناشئة

طرز التغيّر في الإصابة للزمن الإضافي- مسؤولية الصحة العامة ويمكن مواجهتها مع الاكتشاف الجديد أو الممرضات الناشئة والتي ربما تكون ذات قدرة على إنهاك العديد من العوائق للمعالجة المائية وأنظمة التوزيع.

تعرّف الممرضات الناشئة على أنها كائنات حية دقيقة مسؤولة عن الأمراض المعدية والتي تظهر أو تزداد في حدوثها خلال العقدين الماضيين (CDR, 1998) الإصدارات في مجال نشوء الممرضات جاء إلى المقدمة في عام (١٩٩٠م) عندما تم اكتشاف الإمداد المائي فجأة بكائنات حية دقيقة مفردة وأساسية وغير معروفة، وهذا يظهر أنه عند الاستمرار مستقبلاً لمثل تلك النشوءات أو إعادة النشوء ترتبط بالزراعة الضخمة وزيادة النمو والهجرة السكانية للإنسان وتغير المناخ (Us Department of Health and Human Servies, 1998; WHO, 1998). الأمثلة عن الممرضات المعوية الناشئة عن مائية المنشأ تتضمن فيروسات Calici، و E. coli وOIS7:H7، و*Helicobacter* sp،

و(Mycobacterium avium complex (MAC، و الحيوان الأولي .*Cryptosporidium* sp و.*Cyclospora* sp و.*Toxoplasma* sp.

هذه المشكلة تتطلب لجنة ثابتة في معاني ما الذي سيربط الحديث، أيضاً هناك تطور ثابت مع اعتبارات عملية وتقنيات لملاحظة مثل هذا التهديد. وكما تمت ملاحظته بواسطة (Lechevallier *et al.*, 1999)، فإن المعرفة تعتبر الخط الأول للدفاع من أجل الاحتياطات بسلامة ماء الشرب.

(١,٢) قصة جعل الماء سليماً

كان ذلك الإدراك في عام (١٨٠٠م) حيث لوحظ أن البكتيريا تعتبر عوامل إمراض، تزامناً مع التطور في علم البكتيريا ومنذ أن تم استخدامها كأدوات لتقدير نوعية المياه والمعالجة.

أساسياً، لا ممرضات يمكن إدراكها والمستخدمة كمؤشر أن التلوث قد أخذ مكانه، ومثل ذلك، فإن هناك خطراً على الصحة العامة. الاحتياج ممكّن من تقييم نوعية الماء، كما أن الواقع أن معظم الممرضات في ماء الشرب برازية مشتقه وأن تحرك الهدف الممثل بواسطة الممرضات ناتج من فكرة قياس المستويات العامة للتلوث البرازي ونشوء فكرة المؤشر.

وجود البكتيريا متباينة التغذية والتي تقاس بواسطة عد المستعمرة متبوعاً بالنمو على بيئة الجيلاتين ثم استخدامه منذ أواخر القرن التاسع عشر الميلادي للكشف عن نوعية المياه العامة، بالإضافة إلى كفاءة وفعالية غشاء الرمل البطيء.

افترض (koch, 1893) (انظر الصندوق رقم ١.١) أنه إذا كان تدفق غشاء الرمل البطيء يحتوي على أقل من ١٠٠ خلية بكتيرية/مل، فإن الماء يكون صالحاً للشرب ويظهر أنه لا خطر لمرض الكوليرا أو التيفؤيد. العديد من النتائج مهدت الطريق لهذا

التطور. كتاب الكائنات الحية الدقيقة في الماء، على سبيل المثال لمؤلفه (Franklands, 1894) يحتوي على العديد من النتائج المهمة والمشتملة على:

- عدد البكتيريا في الماء يوضح قياس التلوث، وأن عدد البكتيريا في ماء البحر والماء الجوفي وماء البحيرة لا بد وأن يكون أقل من ١٠٠/مل.
- الغشاء الرملي البطيء قلَّل من عدد البكتيريا من ماء النهر بواسطة أكثر من ٩٠٪إلى أقل من ١٠٠/مل.

وعليه فإن ١٠٠خلية بكتيرية/ مل أصبحت القياس للمستوى في العديد من الدول الأوربية والتي يتوقع منها هدف ممكن إحرازه، بينما في الولايات المتحدة الأمريكية وكندا فإنه حوّر إلى ٥٠٠خلية بكتيرية/مل كخط استرشادي. على الرغم من أن مستوى البكتيريا متباينة التغذية في ماء الشرب لا يرتبط إلى التلوث بواسطة المرضات، فإنه لا يزال يظهر في معظم القوانين المحلية على نوعية ماء الشرب كمؤشر لكل النوعية للماء (Van derkooij, 1993; Anon, 1999).

الصندوق رقم (١,١). منع نقل المرض: السنوات المبكرة.

مبكراً مثل عام (٤٠٠م)، فإنه قد تم ملاحظة أن الماء الملوث يرتبط مع الزمن (Whitlock، ١٩٥٤م)، الملاحظة الأولى أن المرض قد انتقل بواسطة الماء ليأخذ مكانه لأكثر من (٢٠٠٠م) سنة فيما بعد، عند وبائيات الكوليرا الأولى، والتي نشأت في الهند وأوروبا ونتج عنها العديد من الضحايا. في الوقت نفسه كان يعتقد عموماً أن المرض قد انتشر خلال الرائحة الفاسدة. قياسات الوقاية اتخذت ضد تلك الرائحة.

عالم الأوبئة الشهير (Snow Joh، ١٨٥٥م) درس تفشي الكوليرا في بريطانيا، وقد وجد في العديد من الحالات أن الصرف الصحي أو تربة الليل قد لوثت ماء الشرب في الآبار كما أن حالات الكوليرا قد سحبت من الماء. لم تسجل حالات الكوليرا في العوائل التي يأتي منها الماء من الآبار غير الملوثة. في شهري أغسطس وسبتمبر (١٨٥٤م)، فإن وباء الكوليرا قد تفشى في لندن مع (٥٠٠) حالة وفاة لمعدل يصل إلى (٢٥٠) ياردة. بواسطة التحليل الدقيق والنظامي، فإن العالم (Snow) لاحظ أنه فقط عامل محدد

لاستهلاك الماء من مضخة الشارع الوسيع لحالتين من الأدلة شديدة الأثر، الأولى، رجل من (Brighton) جاء لزيارة أخيه المريض بالكوليرا، الأخ قد مات والأخ ظل في المنزل لحوالي فقط (٢٥) دقيقة ويمكن أنه شرب شراب مسكر وماء، في اليوم التالي مات بالكوليرا. الثانية، امرأة تعيش في الجزء الآخر من لندن،

تابع الصندوق رقم (١,١)

ويمكن تفضل طلب الماء إلى منزلها من مضخة الشارع الوسيع حيث أن الناقل جمع الماء عند مضخة الشارع الوسيع وجلبه لمنزلها، المرأة وابنة أختها شربا من الماء وماتا بالكوليرا خلال يومين.

بدأ التفشي عند (٣١) أغسطس، حيث أعتقد أن البئر ملوث بالمجاري المحلية والتي تستقبل الماء من المنزل حيث تمت إصابة طفل بالكوليرا في (٢٨) أغسطس. أوضح العالم (Snow) أن نقل الكوليرا كان من بعض «المادة الممرضة» للكوليرا البرازية والتي ربما لوثت ماء الشرب وتم إعادة نشاطها في الشخص الذي شرب ذلك الماء (Snow، ١٨٥٥م). بعد حوالي (٣٠) سنة، طوّر العالم (Koch Robert) بيئة صلبة لحصاد بعض الكائنات الحية الدقيقة كما أوضح أن البكتيريا مادة ممرضة والتي وصفت بواسطة (Show)، حيث تم عزل البكتيريا التي تسبب الكوليرا من براز أشخاص مصابين من الماء، ثم كشف أن استهلاك الماء الملوث ربما يحدث الكوليرا (Koch، ١٨٩٣م). صيغة نقل مشابهة تم شرحها لحمى التيفوئيد بواسطة (Budd William، ١٨٧٣م)، في عام (١٨٨٠م) اكتشف (Eberth) أن التيفوئيد تم إنتاجه بواسطة بكتيريا typhi Salmonella ثم بعد أربع سنوات تم عزل (Gaffky) وزرع ميكروب المرض (Levine and Edelman،١٩٨٦م). اهتمام أساسي متلاحق في دور الماء في نقل المرض ثم التركيز عليه أساسياً في هاتين الحالتين من الإصابة.

وصف الارتباط بين التلوث البرازي للماء ونقل التيفوئيد والكوليرا أعطى اهتمام في النهاية للعقد التاسع عشر الميلادي لنوعية الماء وحجم نقائه. ثم بعد ذلك أصبح واضحاً من العديد من الدراسات إن استخدام مصادر المياه غير الملوثة أو الماء المعامل معنوياً يقلل حدوث المرض ومن الوفيات، خصوصاً في معاني الكوليرا والتيفوئيد. مثال جيد والتي تم تقديمه من وباء الكوليرا في Hamburg عام (١٨٩٢م)، حيث عانت المدينة من الوباء حيث نظراً لإصابة أكثر من (١٧٠٠٠) شخص وحوالي (٨٥٠٠)شخص ماتوا (بنسبة تصل إلى ١٣٪ من عدد السكان). المدينة استخدمت الماء من نهر (Elbe) للشرب حيث إن التطهير كان الترسيب في ثلاث خزانات فقط. المدينة المجاورة (Altona) تستخدم نفس ماء النهر (مع إضافة مجاري مدينة (Hamburg)، ويمكن يوجد بها غشاء رملي بطيء. فقط قليل من الناس من مدينة (Altona) وقع تحت الكوليرا، كما أن معظمهم سافر إلى (Hamburg) (Koch،١٨٩٣م). بعد سنة، سجلا (Millsal and Reinke) تقرير لتحسين المجتمع الصحي بعد معرفة مصدر التلوث لماء الشرب والذي تم استبداله بواسطة الآخر غير الملوث (White، ١٩٩٩م).

دراسات أخرى قامت على فكرة المؤشر البرازي. في عام (١٨٨٥م)، حيث إن البكتيريا *Escherich* كشفت العديد من الكائنات الحية الدقيقة في براز حديثي الولادة والأطفال الرضع.

وهذه تضمنت المسوّطة وعصوية الشكل من الكائنات الحية الدقيقة التي يمكن أن تسبب تخثراً للحليب، والتي أطلق عليها *Bacterium coli* Commune (والتي يشار إليها عادة *Bacterium* أو *Bacillus coli*). لاحظ أنه خلال أسابيع قليلة بعد الولادة، فإن هذه البكتيريا تصبح كائناً حياً دقيقاً مستوطناً في أمعاء الرضيع. بعض الباحثين لاحظوا أن تلك الكائنات الحية الدقيقة تتواجد مع وصف *Escherichs* للبكتيريا *Bacterium coli* والتي وصفت في كونها من مكونات فلورا البراز، كما أن وجودها في الماء ربما يؤخذ "كمؤشر لوجود التلوث البرازي ومن ثم الأقوى لوجود الممرضات المعدية".

(١,٢,١) التنقية

فكرة مؤشرات الفحص الميكروبي للتلوث البرازي استخدمت في التطور مباشرة بعد شرح البكتيريا Bacterium coli، فإن بكتيريا سالبة لصبغة جرام تخمرّ سكر اللبن تم عزلها من البراز والماء.

البكتيريا *Klebsiella* عام (١٨٨٢م) و *Aerobacter* (تسمى الآن *Enterobacter* عام ١٨٩٠م) منذ عام (١٩٠١م)، فإن هذه البكتيريا تم تصنيفها تحت مسمى بكتيريا القولون، القولونية تصنف على أنها سالبة لصبغة جرام، لا تكوّن جراثيم، كما أنها اختيارية لا هوائية عصوية، تخمرّ سكر اللبن مع إنتاج غاز وحمض خلال (٤٨) ساعة عند (٣٥°م). التصنيف اعتمد على طرق الملاحظة والتي أتيحت للعزلة البسيطة وتعداد القولونيات. عندما تم تطبيق هذه الطريقة، فإنه أصبح حالاً ظاهرياً أن العديد

من الأجناس والأنواع والتي تطابق وصف بكتيريا القولون ليست أو فقط نادرة، بالإشارة إلى التلوث البرازي (Geldreich *et al*., 1962; Mack, 1977).

تحت ظروف محدودة فإنها قادرة أيضاً على التضاعف في البيئة المائية، وهذا قلَّل من قيمتها كمؤشر للتلوث البرازي.

في ذلك الحين، فإن (Eijkman, 1904) أدخل تعديلات للفحص المعملي والمتضمن تحضين لدرجة حرارة عالية والذي حسّن نوعية المؤشر. التحويرات الإضافية لهذه الطريقة حسّن طريقة الكشف لهذه القولونيات المقاومة للحرارة (أيضاً أطلق عليها القولونيات البرازية، على الرغم من أن هذه ليست وصفاً دقيقاً (انظر الفصل الثاني).

على الرغم من أن هناك تخصصاً معنوياً كبيراً للتلوث البرازي، فإن هذا القياس أيضاً ذو عيب مشابه. أصبح من الملاحظ أن البكتيريا الأخرى (معظمها *Klebsiella*) والتي تطابق الوصف للقولونيات مقاومة الحرارة، والناشئة من البيئات غير البرازية، مثل الورق المطحون أو المخلفات المائية لبطاطس المصانع، بالإضافة إلى بعض النفايات المائية للكربوهيدرات العالي (Dufour and Cabelli, 1975). أخيراً تمت ملاحظة أنه من خلال القولونيات مقاومة الحرارة مثل *Escherichia coli* والتي تعد المؤشر المفضل للتلوث البرازي (Dufour, 1977)، كما أنه عضو مجموعة القولون والتي توجد ثابتة في البراز كالحيوانات ذات الدم الحار ويفوقه عدداً القولونيات مقاومة الحرارة الأخرى في براز كل من الإنسان والحيوان. كائنات حية دقيقة أخرى تم اقتراحها كمؤشرات ميكروبية للتلوث البرازي (انظر الفصل الثاني)، مثل البكتيريا *Enterococci* (أطلق عليها سابقاً *Streptrococci* البرازية) ولاقمات الكولاي ومختزلة الكبريتات الجرثومية Clostridial.

على الرغم من أن البرازية المشتقه القولونية، فإن القولونيات مقاومة الحرارة أو E. coli تمتلك العديد من العوائق، فإنها قصصياً ذات استخدام نافع، كما أنها وبدون شك، تعتبر من أكثر الميكروبات للقياسات المهمة لاختيار نوعية ماء الشرب. أدى استخدامها إلى تحسينات معنوية لسلامة ماء الشرب بتوسع في العالم، كما أنها مختارة لدى منظمة الصحة العالمية (WHO) لخطوط الاسترشاد لجودة (نوعية) مياه الشرب وكل القياسات العالمية لنوعية ماء الشرب واحد من الأسباب الأساسية؛ لنجاحها سهولة تحليها. بالمقارنة مع عملية الملوثات الكيميائية للماء، وكمصدر مألوف لهذه المرضات والتي كانت تلوث برازي، فإن الميكروبيولوجيين يهدفون إلى مؤشر ميكروبي عالمي للتلوث البرازي.

السهولة وقلة التكاليف لمعاني التحليل والمتاحة لفحص محتويات الماء تكراراً. التلوث البرازي متنوع ومن المحتمل أن ذروة التلوث سوف تظهر في حالة الصحة الخطرة العالمية. أهمية الفحص المتكرر ذات تميزّ واسع وطويل:

''من الأهمية العظمى لمراقبة النوعية الصحية للإمداد المائي أن علماء البكتيريا عليهم فحص الماء الداخل لشبكة التوزيع والماء في نظام التوزيع في كونه يحمّل خارجياً تكراراً وقياسياً '' (منظمة الصحة العالمية، ١٩٧٦م).

''وأنه من الأهمية القصوى لفحص الإمداد المائي تكراراً بواسطة فحص بسيط أكثر من الاعتيادي عن طريق فحص معقد أو سلاسل من الفحوصات'' (Anon, 1969) .

(١,٣) تحديد دور مفهوم المؤشر

الدور التقليدي لقياسات المؤشر في ماء الشرب كعلامة للتلوث البرازي، وذلك في كونه من المحتمل أن يكون خطر صحي (انظر الصندوق رقم ١,٢). القياسات الميكروبية الأساسية كانت جميعها بكتيرية، لدرجة عظمى أو دنيا، والمشتقه من التلوث البرازي.

المرض البرازي الخارجي، على أي حال، ليس فقط محدث بواسطة البكتيريا المعدية ولكن العديد من النتائج كانت من الإصابة بممرضات فيروسية أو لحيوانات أولية والتي تمتلك استجابات بيئية مختلفة ومميزات للعيش بالنسبة للبكتيريا، والتي تعني أن البكتيريا البرازية ليست دائماً مؤشراً ملائماً لوجودها أو غيابها.

وهذا خصوصاً صحيح لماء الشرب المطهّر، في كون البكتيريا ذات حساسية عالية للمطهرات بينما الفيروسات والطفيليات ذات مقاومة شديدة. وعليه فإن المنطق القاعدي أن تركيز مؤشر الكائنات الحية الدقيقة يجب أن يكون ذو علاقة لمدى التلوث البرازي بواسطة التضمين إلى التركيز للممرضات وحدوث مرض مائية المنشأ والذي لا يمكن صيانته (Pipes, 19832).

الأدوار لمفهوم المؤشر، على أيَّ حال، ذات توسع تدريجي، كما في حالة العدد المحتمل لمؤشرات القياس. هناك احتياج جديد لتحديد هذه الأدوار الخاصة كمصدر تقيمي، شرعية طرق معالجة مياه الشرب والتشغيل والكشف الروتيني، بالإضافة إلى التثبت التقليدي للمنتج النهائي (انظر الفصل الرابع).

الصندوق رقم (١,٢) مفهوم المؤشر والمعيار.

المؤشرات الميكروبية للتلوث استخدمت في العقود الماضية. وقد اشتقت تطورياً كقياسات للتلوث البرازي لمصدر المياه وبالتالي فإن نفس الكائنات الحية الدقيقة تم تقديمها لفعالية القياس للمعالجة وللتلوث السابق وللفساد.

اعتمد (Mossel, 1978) على (Ingran) مع التمييز للمعايير المختلفة والتي فيه ما يطلق عليه المؤشرات، والتي أصبحت ذات تطبيق والاقتراح على أن المصطلح مؤشر، لا بد وأن يستخدم لتقييم عمليات المعالجة وفعاليتها، بينما الدلالة لا بد وأن تستخدم للدور الأساسي للمؤشرات وذلك كقياس للتلوث البرازي. البحث عن مؤشرات لميكروبات البراز أستند على العديد من الصفات المقبولة تماماً من المجتمع العلمي، ويمكن أنها استندت على افتراض أن نفس الكائن الحي الدقيق يستخدم كدلالة وكمؤشر. والصفات كانت كالتالي:

تابع الصندوق رقم (١,٢).

- المؤشر لابد أن لا يتواجد في الماء غير الملوث ويظهر عندما يكون المصدر الممرض للكائنات الحية الدقيقة ذات الاهتمام متواجدة.
- المؤشر لا بد أن لا يكون متضاعف في البيئة.
- المؤشر لا بد أن يتواجد بأعداد كبيرة أكثر من الكائنات الحية الدقيقة الممرضة.
- المؤشر لا بد أن يستجيب للظروف البيئية الطبيعية وعمليات المعالجة المائية لسلوك مشابه للممرضات ذات الاهتمام.
- لا بد للمؤشر أن يكون سهلاً بالنسبة للعزلة، والتعريف والعدد. بالإضافة، فإن الصفات التالية قد أضيفت إلى القائمة الأساسية.
- الفحص لا بد أن يكون غير غال مما يتيح لعينات مختلفة للفحص.
- المؤشر لا بد ألا يكون كائن حي دقيق ممرض (للتقليل من الخطر الممرض للتحاليل).

ملاحظة: الكائنات الحية الدقيقة الممرضة ليست دائما متزامنة مع معيار المؤشر، حيث إن كل ممرض أساساً يظهر فقط نفسه كما أن غيابه ليست مؤشر لغياب ممرضات أخرى.

الاستعمال الرسمي الحالي للمرض الذي يحقق معيار المؤشر هو ملاحظة بويضات ***Cryptosporidial*** كمؤشر لفعالية العلاج في بريطانيا.

القائمة القياسية للميكروبات نمت مع الوقت وتلك تم تطبيقها للعديد من البيئات على الرغم من أن بعض الشواهد لتطبيقاتها ظلت بعيداً من المفهوم الأساسي (مثال العلاقة إلى التلوث البرازي)، مع المؤشرات أصبحت مستخدمة غير ملائمة.

خلال هذا الكتاب، الإرشاد أعطى على الاستخدام الأمثل للعديد من الميكروبات المختلفة والقياسات غير الميكروبية للإبقاء بالوصف للحالات الخاصة. هذه الحالات تحت الحد وفي معظم الحالات ربما تتطلب استخدام أكثر من معالجة أو قياسات غير ميكروبية.

- دليل (أو مؤشر) التلوث البرازي في المياه غير المؤكدة والتي لم تتلقى أي معاملة (تشمل المياه غير المحسوبة لأغراض الشرب).
- دليل (أو مؤشر) للتلوث البرازي للماء الجوفي.
- مؤشر للمعالجة المزالة أو فعالية التطهّير.
- مؤشر للمياه المعاد تلوثها والمعالجة بنظام التوزيع.
- الطرز للكائنات الحية الدقيقة الممرضة.

تابع الصندوق رقم (١,٢).

في عام (١٩٩١م)، استعرض (Waite) التطوّر لعلم البكتيريا المائي وافترض المصطلحات دليل، ومؤشر لا بد وأن تتكيف مع الاقتراح الأساسي بواسطة (Ingran). ميكروب دليلي، يعتبر أي كائن حي دقيق ذو نقاط وجود تؤدي إلى احتمال حدوث المرض لكائن حي دقيق مشابه بينما الميكروب المؤشر واحد وجوده يمثل سقوط لتطبيق صناعي جيد يؤثر على الإنتاج النهائي. هذا المفهوم للدليل والمؤشر يمكن توسيعه لتغطية القياس غير الميكروبية.

منذ استخدام المؤشر كبديل لاختبار فاعلية المعالجة فإنه من الأفضل عدم استخدامه كمصطلح في العزل، ويمكن مع الاتحاد لماذا المعالجة تصبح مهمة (مثال عملية المؤشر، تظهر مؤشر، عكارة كمؤشر لفعاليته الترشيح). مشابهة، فإن المصطلح دليل ربما يكون مقيد (مثال دليل التلوث البرازي، التوصيل في الماء الأرضي كدليل للفساد).

(١,٣,١) التطبيق الحالي

الفكرة الأساسية خلف استخدام القياسات التقليدية البرازية كمؤشر (عندما لا توجد، فإن الممرضات لا تتواجد)، بينما عالمياً غير ناجحة، ولكنها لا تزال تطبق ومفيدة اليوم إذا ما تم اختيار القياس بدقة.

الاستخدامات المألوفة بشدة للكشف عن ماء الشرب عند السدادة، وكما عند مقاومتها أعمال المعالجة.

مع إهمال العيب الذي تمت ملاحظته لبعض الوقت، في العديد من السلطات فإن هذه لا تزال تعمل بواسطة التحليل لغياب بكتيريا القولون، مع أو بدون الامتحان التام عن E. coli أو القولونيات مقاومة الحرارة. عندما يتم توزيع الماء، فإنه امتحان إيجابي للقولونيات ربما يشير إلى وجود التلوث البرازي ولكن ربما أيضاً يشتق من منشأ غير برازي. وعليه فإن الاختبار المستخدم كتحذير أولي للتلوث البرازي يعطي معلومات قليلة جداً عن وجود أو غياب خطر على الصحة.

تأكيد منشأ البرازية اعتبر جزءا لمعظم الأنظمة ويتطلب اختبار للقولونيات مقاومة الحرارة أو *E. coli*. أشارت منظمة الصحة العالمية عام (١٩٩٣م) إلى أن E. coli تعتبر قياس اختباري للكشف عن نوعية ماء الشرب (مع القولونيات مقاومة الحرارة كاختيار).

بكتيريا *Enterococci* و *Clostridia* مختزلة الكبريت تعتبران أيضاً ذات استخدام كقياسات إضافية للتلوث البرازي أو للكشف عن سلامة نظام الخزن أو التوزيع. القليل من المألوف هو استخدامها لتصنيف مصدر الماء، مع مستوى المعالجة لإنتاج ماء شرب سليم قد بدأ في وضعه وفقاً لذلك (تفاصيل أكثر لاستخدام قياسات المؤشر لأهداف خاصة أعطيت في الفصل الثاني).

المشكلة الأساسية، لمعاني حفظ الصحة العامة هي أنها تعتمد(لمعظم الجزء) في الكشف عن نوعية مياه الشرب وهي تفاعلية، في المعنى أنها لحدوث أي حالة أو انتشار في النظام يمكن حدوثه لساعات عديدة وفي بعض الأحيان لأيام، قبل ملاحظتها بواسطة الكشف لأي قياسات ميكروبية. هذه ذات علاقة طبيعية للفحص الميكروبي والتي تتطلب حالياً يوماً على الأقل للحصول على النتيجة، وأيضاً إستراتيجية الكشف، والتي عادة تركّز على الماء عند مغادرته أعمال المعالجة وفي نظام التوزيع.

(١,٣,٢) التحديات الجديدة

بينما تستخدم القولونيات (المقاومة للحرارة) والمعوية الداخلية كحالة للتلوث البرازي قد قدَّم إعاقة ناجحة في نشر مائية المنشأ من الكوليرا والتيفوئيد، في عام (١٩٦٠م) فإن تحدي جديد للصحة العام قد شُخِّص.

لوحظ بكثافة أن الفيروسات المعوية مثل فيروس الكبد الوبائي (أ) وبعض الفيروسات الداخلية الأخرى، ربما أيضاً تنتقل خلال ماء الشرب (Anon, 1999).

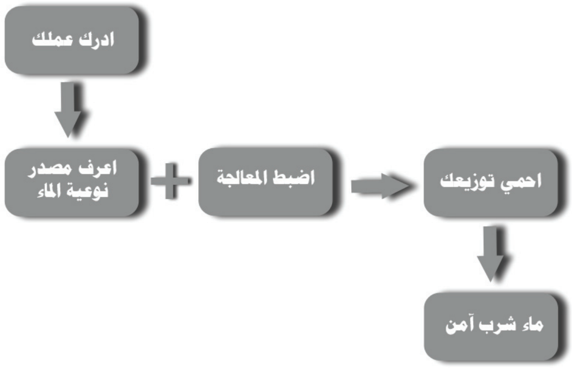
التلوث الفيروسي للماء ينشأ أيضاً من التلوث ببراز الإنسان، كما أن طبيعة الفيروسات تختلف تماماً من البكتيريا، فالفيروسات صغيرة جداً، بالإضافة إلى كونها أقل إزالة خلال الترشيح أو خلال المرور المائي، كما أن مقاومتها للمطهرات أيضاً عالية. يتزامن حدوث التفشي للأمراض الفيروسية مع ماء الشرب والمحقق لقياسات القولون والتي تشير إلى أن هناك مقياساً غير ملائم لتقييم نوعية الفيروسات لمعالجة مياه الشرب (Berg and Metcalf, 1978; Petrilli *et al*., 1974; Melnick and Gerba, 1982) ميكروبيولوجي المياه يلتمسون قياسات خيارية ملائمة ولوجود العديد من المجاميع الفيروسية التي تغزو البكتيريا، والتي يطلق عليها لاقمات البكتيريا (الفاجات)، والتي تمتلك الأحجام المشابهة والتركيب البنائي للفيروسات المرضة للإنسان. وهذه اقترحت كطرز ملائمة للوجود القوي للفيروسات ومقاومتها وسلوكها في البيئة، بالإضافة إلى إزالتها وتنشيطها بواسطة المعالجة المائية وعمليات التطهير (Grabw *et al*., 1984; Havelaar *et al*., 1993). والأكثر حداثة، فإن تحدي إضافي قد تم تحديده مع انتشار مرضٍ معويٍ؛ بسبب الحيوان الأولي *Giardia sp.* و *Cryptosporidium sp.*. وكما في الفيروسات فإن التفشي قد حدث بدون أي مؤشر، من اختبار القولون، فإن نوعية الماء قد سويت (Barrell *et al*., 2000). تم إدراك أن السقوط لقياس بكتيريا القولون؛ نتيجة للطبيعة النشطة للأوليات بالنسبة للمطهّر، والتي تنتج عن تنشيط خمول لمؤشر البكتيريا ويمكن ليس للفيروسات والأوليات المرضة. جراثيم البكتيريا *Clostridium pertringens*، وبكتيريا *Clostridia* المختزله للكبريت والتي تعرف أيضاً بأنها قوية ومقاومة للمطهّر والتي تم تجهيزها لقياسات ميكروبية اختيارية لمثل تلك الأوليات. مؤشر آخر قياسي والذي تم اقتراحه لتقييم فاعلية المعالجة لإزالة المرضات كانت جراثيم لا هوائية (الفصل الثاني USEPA, 2000).

وكما تمت الإشارة إليه مبكراً، فإن الرسم الخلفي للاستخدام الحالي للقياسات الميكروبية في مصطلحات حماية الصحة العامة، هو الاعتماد على كشف الناتج النهائي. الكشف للناتج النهائي لا يمكن دائماً اعتبارها سبب سلامة للصحة ولكن فعلها مختلف (أو ليس) لفعالية الناقل العلاجي. وهذه يمكنها تقديم معلومات إدارية مهمة (انظر الفصل السابع)، كما أنها مراجعة مستخدمة جيدة، والتي سوف تحدد إلى عمل ناقص وأيضاً يتيح التقييم لأي عمليات مصححة. وعليه فإن أهدافها الرئيسة، لمختلف أنواع فعالية المعالجة والمطهّر، كما أنها تلاحظ التلوث العلاجي السابق.

بينما القياسات الميكروبية التقليدية تقدم استخدامات نافعة ولا تزال تمتلك دور مهم للعبة، فإن الكشف عن مظاهر مختلفة للإمداد الخلفي بالإضافة إلى متطلبات الصحة المحتملة والتي تتطلب قياسات تطبيقية ميكروبية تقليدية مختلفة بالإضافة إلى قياسات مختلفة وعمليات مختلفة. هناك طريقتان تمهيديتان أساسيتان للتحرك إلى تحديد هذا التحدي:

تطوير خطط السلامة المائية (انظر الصندوق رقم ١,٣).

التقييم للأخطار عند كل المراحل بين العمل والمستهلك (الشكل رقم ١,١).

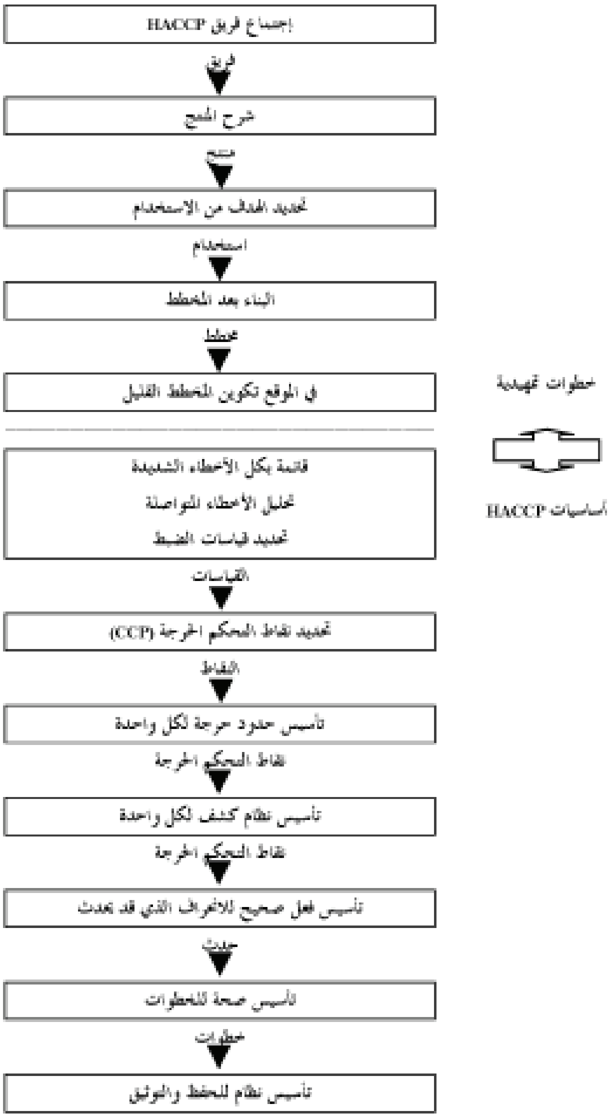


الشكل رقم (١,١). "إدراك إلى المستهلك" طريقة لإدارة خطر سلامة ماء الشرب.

بالإضافة، فإن التطور للفحص السريع وتقنيات الجزيئات للقياسات الميكروبية وفحص الممرض (الفصل الخامس) ربما تلعب دوراً مسانداً، خصوصاً في تقييم الخطر (الفصل الثالث)، وبحث التفشي. على سبيل المثال، فإن تقنيات الجزيئات تستخدم، في العديد من الحالات، وتتيح معرفة مصدر التلوث في تفشي مائية المنشأ (الفصل السابع).

(١,٤) نشوء نموذج جديد: واجب الاجتهاد

مظهر الاجتهاد، والمقصود منه منع الأذى قبل وقوعه تحت سعر معقول، أخذ الخطوة المعنوية لتغيير "التفاعل والتصديق" النموذج تحت أي الإمدادات (المتضمن الإمداد المائي) التشغيلية. يتطلب الاستعراض للنموذج الكشف عن أن كل القياسات المتاحة قد تم أخذها مقدماً؛ لمنع حدوث النتائج السلبية على الصحة. وعليه، عندما تم تعريف الحدث الملاحق العكسي الجهد، فإن العملية الوقائية لا بد أن تستخدم. واحدة مثل تلك العملية، والتي جاءت من برنامج الفضاء في عام (١٩٦٠م)، وهي تحليل المخاطر ونقاط التحكم الحرجة (HACCP)، والواضحة في الشكل رقم (١,٢)، حيث تم تحويرها لاستخدام ماء الشرب وأدمجت في 'خطط سلامة الماء' [الصندوق رقم (١,٣)، والشكل رقم (١,٣)].



الشكل رقم (١,٢). خطوات في تطور خطة تحليل المخاطر ونقاط التحكم الحرجة حوّرت من (Deere *et al.*, 2001).

الصندوق رقم (١,٣) خطط سلامة الماء للتزود بماء الشرب.

القواعد للتأكد من سلامة المياه ذات خمس مفاتيح أساسية:

١- أهداف نوعية الماء وتعتمد على حماية الصحة العامة ومنع المرض.

٢- نظام التقييم لتحديد هل شبكة الإمداد المائي (حتى نقطة الاستهلاك) كما في الكل يمكنها حمل الماء لنوعية تحقق الأهداف المحددة.

٣- مراقبة الخطوات في شبكة الإمداد والتي تعتبر ذات أهمية خاصة لسلامة أمن ماء الشرب.

٤- خطط الإدارة تصف الأفعال الواجب اتخاذها من الظروف الاعتيادية إلى الأحداث الشديدة.

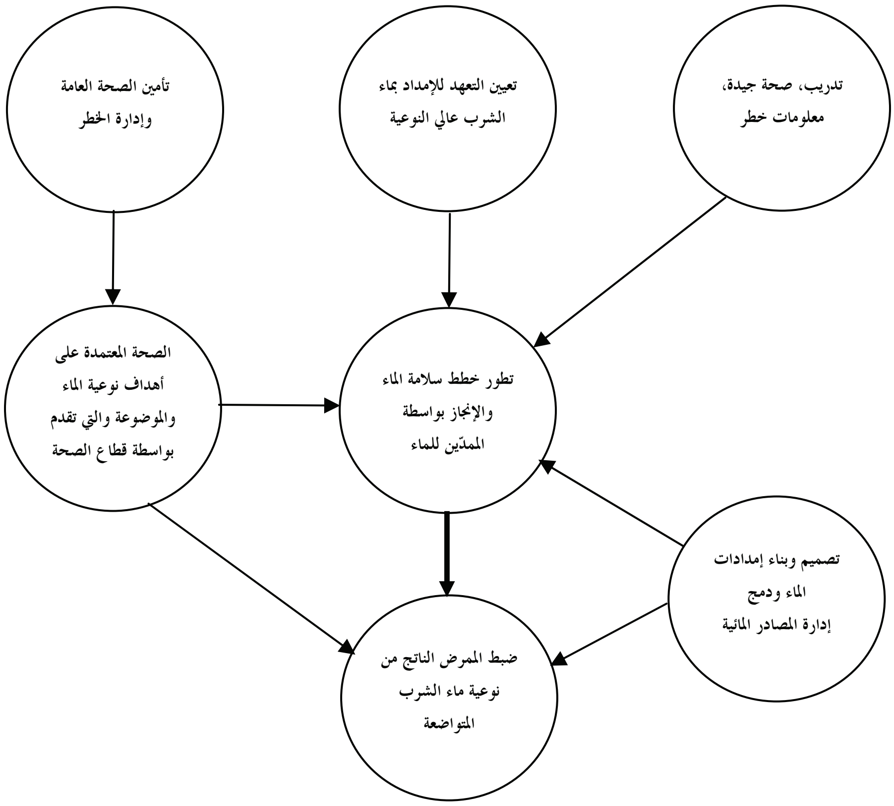
٥- المراقبة الجهازية المستقلة والتي تؤكد أن تلك الخطوات تشتغل صح. خطط الإدارة التي طورت بواسطة الإمداد المائي، من الأحسن أن يطلق عليه خطة الماء السليم (WSP). ضبط نوعية ماء الشرب الميكروبيولوجية والكيميائية تتطلب تطوير (WSP)، والتي عندما تنفذ تقدم قواعد لعمليات مراقبة للتأكد من أن الكيميائيات الإضافية والممرضات مقبولة. المفهوم مع هذه العمليات هو أن عبء المرض المحتمل تم تحديده عند مستويات علمية ومحلية وأن أهداف نوعية الماء قد تم تأسيسها لكل نوع من التقنيات المستخدمة.

نقل الماء الآمن، بعد ذلك يتطلب أفعال داخله بواسطة مختلف الموزعين، كما تم توضيحه في الشكل رقم (١,٣).

أهداف نوعية الماء لا بد من تعيينها لتحسين الصحة العامة. الممدين (المزودين) بالماء عليهم مسؤولية أساسية لاحتياط الماء الآمن كما يتوقعون أخذ الاحتياطات المحققة للنقاط ٢-٤ في الأعلى.

الأساس الأخير يتحقق عادة بواسطة محتوى النظام، والتي ربما تطبق في الصحة وفي قطاعات البيئة للحكومة المحلية.

كل تلك العمليات هامة في توزيع نوعية جيدة لماء الشرب كما أنها هدف لنشورات أخرى ترتبط مع إرشادات منظمة الصحة العامة لنوعية ماء الشرب.



الشكل رقم (١,٣). حفظ الصحة العامة من خلال التأكد من نوعية مياه الشرب (Davison *et al.*, 2002).

في تطبيق ماء الشرب، فإن (HACCD) تعتبر مصدر نقطة النظام. يعتبر الأمن الميكروبي حارس سلامة خلال معلومات (اختلافات) نوعية مصدر الماء، مراقبة عمليات المعالجة وسلامة التوزيع أو نظام الخزن. لا ميكروب مفرد (أو غير ميكروبي) قياسي ملائم لتحديد ما إذا كانت كل الخطوات في هذا النظام تعمل بشكل صحيح في كل الحالات. الفصول ٢-٤-٥-٦ توضح أي القياسات أكثر ملاءمة لكل مرحلة.

نتائج المعلومات يمكن دمجها إلى طرز تقييم المخاطر (نوعي أو كمي) أو ربما تستخدم لإكمال طرق التفشي الوبائي، وكما تم توضيحه في الفصل الثالث.

(١,٥) الفحص الممرض المباشر

اكتشاف وتمييز العدد المعنوي لمرضات المعدة والأمعاء قاد إلى تطوّر لتنظيم واسع لطرق حديثة لملاحظته وتحديدها (Anon, 1999; Hurst *et al.*, 2001) بالإضافة، فإن الطرق لتمييز هذه الممرضات من المياه الطبيعية قد تطور في عام (١٩٧٠م) وعام (١٩٨٠م) وطبق إلى الماء الملوث بشدة بواسطة التلوث البرازي.

أشارت النتائج أن الفيروسات (Payment and Armon, 1989; Grabow *et al.*, 2001) والطفيليات (Lechevallier *et al.*, 1991) ربما تظل متواجدة بطريقة أو بأخرى بوضوح في ماء الشرب الآمن. هذه مع المميز أن المرض يمكن أن يترابط مع ماء الشرب الذي يحقق القياسات النظامية للسلامة كدليل بواسطة القياسات البكتيرية التقليدية (Payment *et. al.*, 1991,1997)، والذي رفعت أسئلة عن سلامة ماء الشرب (Lechevallier *et al.*, 1999a,b).

دللت الولايات المتحدة الأمريكية الأساس للماء الخالي من الممرضات إلى أمد لمستوى الصفر للممرضات، بينما ميزّت أنه في الحقيقة هذا يتضمن حكم في مستوى المعالجة اللازمة لاكتساب الخطر الأدنى أو المقاوم. لتحديد أهداف المعالجة هذه، فإنه لا بد من فحص للمصدر المائي والذي تمت مواصلته باستخدام طرق قياسية للحصول على المعلومات لتواجد الممرض. المعلومات عكست الصعوبات المتزامنة مع مثل هذا الفحص حتى عند جمع معلومات عند الحدوث (الفصل الرابع) (Rosen and Ellis, 2000; Allen *et al.*, 2000).

في بريطانيا، فإن فحص بويضات *Cryptosporidium* أصبح إجبارياً في بعض المواقع (أسس على قواعد تقييم الخطر). العملية البريطانية تتطلب عينات مستمرة لحصة من الماء المعالج كما يكون عند مغادرته عمليات المعالجة، في رؤية حقيقية فإن نقطة العينة للممرضات لا بد وأن تكون عرضة للخطأ في المعالجة؛ وذلك للضعف في قلة البقاء.

المعلومات من برنامج الإرشاد الحالي هو الاستخدام لتأكيد الإذعان مع قياس المعالجة لإزالة البويضات لأقل من بويضة واحدة في كل عشرة لترات من الماء المعالج (HMSO, 1999).

بالإضافة لما هو مطلوب بواسطة الأنظمة، فإن عدداً من مزودي الماء يبدأون ببعض التكوين لفحص الممرضات (Allen *et al.*, 2000). الفحص المرضي يمكنه كأداة ذات فائدة للكشف الصحي في المناطق ذات الإدراك لوضع أهداف للفحص في المعمل أو في الميزان الإرشادي للبرهنة؛ لفعالية الوجود أو للمعالجة الجديدة للماء؛ ولفحص التفشي.

عموماً فإن الفحص المرضي يساعد في زيادة التطبيقات للإمداد بماء شرب سليم، وللملاحظة الممرضات (النامية) في ماء الشرب فإنه يعتبر إحداثاً قوياً لفعالية شافية.

الفحص المرضي يمكن عمله، بالإضافة إلى القياس التوجيهي، لكن ليس أداة إرشاد بسيطة.

تتطلب الطرق الإجبارية فكرة واضحة لما يمكن إحرازه بواسطة التمرين الواجب تكوينه قبل أخذ الفحص الممرض (Havelaar, 1993) والنتائج التالية يجب أن تفسر بحذر.

المستويات المنخفضة من الفيروسات المعوية وبيوضات الحيوانات الأولية وجدت في ماء الشرب في غياب تقرير التفشي (Gebra and Rose, 1990; Payment and Anon, 1989) هذا ربما يتعلق بعدم وجود الإصابة، وضعف التطهير، المناعة المكتسبة أو الإصابات غير المتكشفة (Allen *et al.,* 2000; Issac-Renton *et al.,* 1994; Gerba and Rose, 1989; Payment *et al.,* 1997).

طرحت التجربة في سيدني (أستراليا) ومدينة (Wyoming) في الولايات المتحدة الأمريكية بعض الضوء في الصحة، والسياسة، والاقتصاد، وتطبيقات رسمية لمثل تلك المكتشفات حتى عند وجود أي ملاحظات صحية ذات تأثير (Allen *et al.,* 2000). كتلك الحالات أظهرت ما لم يتم معرفة كيف تفسر النتائج وخطة الطوارئ جاهزة للتفاعل إلى نتائج سالبة، فإن التفاعل ربما يكون غير ملائم.

الطرق لملاحظة المرضات في الماء والتي لا يزال معظمها في مرحلة التطوير (الفصل الثامن):

- حساسيتها لا تزال ضعيفة، حيث إن طرق ملاحظة الممرض عادة شديدة الحساسية، ولكن بسبب المستوى الضعيف للممرضات في الماء، فإن أحجام كبيرة مطلوبة للتحاليل، كما أن طرق الملاحظة يمكن أن تكون فقط عملية فاعلة لأحجام صغيرة، وعليه فإن تركيز متقدم لخطوة يجب أن تؤخذ.
- فقط القليل من المرضات الممكنة الوفيرة تمت ملاحظتها حالياً. أعطى أن الماء يحتوي على المئات من المرضات المختلفة، وهذه ربما تختلف مع الوقت السؤال لأي من المرضات يجب النظر لمن يبقى. طرق الملاحظة للمرض ذات علاقة خاصة وسوف لن نلاحظ جميع المرضات المتواجدة. طرق الجزيئات والمقترنة مع عمليات التوازي العالية والتثقيف الحيوي، تحمل بشري لملاحظة

مدى واسع للكائنات الحية الدقيقة، ولكنها ليست الآن في مجال التطبيق. اقتراح واحد تم البحث عنه لمعظم الممرض المهم كمؤشر لفعالية المعالجة. طوّرت بريطانيا هذه الطريقة واختبرت بويضات *Cryptosporidium* في الماء المعالج من عمليات معالجة المياه المختارة.

- يتطلب تحليل عينات الماء للممرضات معملاً متخصصاً، وشخصاً عالي التدريب وسلالة حيوية لتلوث ملائم. في الدول الصناعية توجد معامل قليلة خارج النطاق الطبي تحقق تلك المتطلبات، وفي العديد من الدول الأخرى فإن مثل هذه التجهيزات لا توجد. يتطلب الفحص الممرض نمو ومعالجة للممرضات، وعليه فإن الخطر الشديد للتحاليل يحتاج للأخذ به في الاعتبار.
- على الرغم من أن بعض الممرضات يمكن معالجتها بسرعة، فإن معظم عينات الممرض وطرق الملاحظة لا تزال تمتلك الوقت (لتأكيدها) لنتائج لبضعة أيام. الفحص الممرض للماء المعالج، على أي حال لا يمكنه الهروب من المشكلات الموضحة مع نهاية الفحص المنتج باستخدام القياسات البكتيرية التقليدية، فعلى سبيل المثال فإنه يشير إلى أن بعض الشيء خطأً بعد تصحيح الخطأ. محدودية تلك الطرق أيدت استخدام حذر عظيم لتفسير النتائج من اختبار الممرض. إلى نتائج موجبة ربما تشير إلى عدم صلاحية الماء للشرب ثم تستخدم لتقدير مستوى الخط للمستهلكين.

النتائج الموجبة لا بد وأن تستخدم فقط في إدارة جيدة، خطر يعتمد على طريقة العمل. النتائج السالبة لا بد دائماً أن ترى مع وثيقة تعطي العدد الكبير للممرضات الممكنة والتي يجب ألاَّ تستخدم كمخرج للمرضى. مستويات فحص الممرض ربما

تختلف من العينة للفحص الاعتيادي أو التجربة المخططة إلى إرشاد روتيني لمصدر الماء، بالإضافة إلى الماء المعالج.

على أي حال، إذا كان فحص الممرض تضمن من خلال القياسات، فإنه من الأهمية عدم عمل هذا على حساب الإرشاد القاعدي الأساسي. الفحص الممرض ذو اعتبار مقبول، لكن أين يجب أن يعمل؟ الفحص الممرض للكشف الصحي الابتدائي لمصدر الماء مقبول تماماً. بعد المعاملة عند أعمال الماء، فإن العينات لا بد أن تكون سالبة للإصابة المرضية، ولكن أي حجم لا بد أن يفحص؟ كم عدد العينات الواجب أخذها للتأكد من أنها تمثل إحصائياً؟ تشير المألوف مع المعاملات المائية إلى أن ما يجب الخوف منه هو الزائل، البقاء الساقط للنظام، والذي يعتبر صعب الملاحظة. أعطاء السعر الغالي للفحص الممرض- وهذا لن يتغير في القريب العاجل- هل تكلفة الفحص الروتيني للممرض كافية؟

يظهر تحليل العينات للتوزيع المائي أنه في التحدي المشابه. الهدف هو ملاحظة إعادة التلوث للماء في نظام التوزيع. كم عدد العينات الواجب أخذها؟ أين يجب أخذها ولأي الممرضات؟

مؤشر جيد لإعادة التلوث لمتطلب التطهير ربما يكون أكثر تكلفة فاعلية، كما يجب أن يتحصل على معلومات رخيصة لأعداد كبيرة من العينات.

(١,٥,١) جرعة الاستجابة وعلاقتها بالممرضات

تحديد أثر التعرض (المستويات مختلفة) للممرضات من الكائنات الحية الدقيقة (مثال الجرعة – أثرها الاستجابي) أعطى إتاحةً لتفصيل خطر معتمدٍ على

العملية (الفصل الثالث)، مشابهة فإن المأخوذ ضد الخطر للكيميائيات السامة في ماء الشرب.

بسبب الغياب الكامل للممرضات في ماء الشرب (صفر خطر) لم يتم التأكد منه حالياً ، إن هذه الميزة تم استبدالها بواسطة تعريف مستوى الخطر المقاوم أو المقبول (Hunter and Fewtrell, 2001). مثل تلك العملية المعتمدة على الخطر تم تطويرها بواسطة أبحاث أمريكا الجنوبية مع التعاون مع هيئة حماية البيئة الأمريكية (Haas, 1983; Rosal Gebra, 1991; Regli *et al.*, 1991) في هذه الطريقة، فإن مستوى الخطر إصابة واحدة لكل ١٠٠٠٠شخصٍ في السنة تم اعتمادها كقبول عالٍ للممرضات في ماء الشرب. وهذا يعتمد على ما وجد من أنه خلال كل تقرير لتفشي منشأية الماء لمرض giardiasis، فإنه يكون عند أقل من ٠,٥٪ من السكان (٥٠ أو أكثر لكل ١٠٠٠٠شخص) حيث تمت الإصابة بسبب الإمداد لماء الصحة والذي لا بد وأن يتضمن حماية عظمى من الممرض مائي المنشأ، كما أن معالجة المياه لا بد التأكد من كونها أقل من حالة واحدة للممرض ميكروبي كل سنة لكل ١٠٠٠٠ ؛شخص بسبب أنها مقاومة كثيراً للتطهير أكثر من الممرضات الأخرى (Regli *et al.*, 1993).

هذه العملية تم تحويرها أو أنها أصبحت اعتبارية بواسطة عدد من الدول. في هولندا، على سبيل المثال، فإن خطوط الإرشاد تم إصدارها لتراكيز عالية مقبولة من الممرضات في مياه الشرب، تستند إلى $١٠^{-٤}$ إصابة خطر للمستوى.

(١,٥,٢) التقنيات الجزيئية

حالياً (لمعظم الجزء) فإن فحص القياس الميكروبي يتضمن أخذ العينات ثم الترشيح متبوعاً بحصاد اختياري للكائن الحي على بيئة مختارة ثم يتم حساب

المستعمرة، أو في بعض الحالات فإنه يتم استعراض النمو (مثال: اختبار الوجود والغياب) وهذه العملية يمكن أن تأخذ ٢٤-٧٢ساعة وربما ليس التقاط عدد من الكائنات الحية الدقيقة.

العقدان الأخيران من القرن العشرين، على أي حال، أظهرا تطوّر للجزيئات البيولوجية وإعطاء أمل لاختبار سريع (لأقل من ثمان ساعات). هذه النتيجة في التقنيات، مثل تفاعل السلالة البوليمرية (PCR) لفحص سريع وحساس وخاص لدليل ومؤشر للكائنات الحية الدقيقة والممرضات.

في حقل الصحة المرتبط بميكوربيولوجيا المياه، هذا أتاح لتطور طرق فحص للفيروسات التي لا يمكن حصادها، مثل الفيروسات Norwalk-like بين طرق فحص *Cryptosporidium* التقليدي لم تفرق بين الممرضات للإنسان والبويضات غير الممرضة، كما أن خصوصية PCR وطرق التأكد التالية (التهجين، التعاقب) أتاحت فحص خاص أكثر للأنواع الممرضة أو الطرز الجينية مع *Cryptosporidium* (انظر الفصل السابع).

العكارة وصف آخر لتفاعل سلسلة البوليمرات (PCR) وعلاقتها بتقنيات الجزيئات (انظر الفصل الثامن). طوروا العديد من الباحثين تقنيات (PCR) للفحص السريع للبكتيريا *E. coli* والقولون، وهذا أدى إلى إمكانية الفحص خلال ساعات عديدة. (Bej *et al.*, 1991; Fricker and Fricker, 1994) واحد من تحديات الطرق الجزيئية تقييم الفاعلية الحيوية للكائنات الحية الدقيقة المفحوصة، وحالياً فإنها تفحص وجود سلسلة الحمض النووي، والذي ربما نشأ من كائن حي ميت وحتى من حمض نووي (DNA) والذي لم ينحل في البيئة المائية.

تقنيات الاستنبات أمدت بهذه المعلومات لكائنات حية دقيقة حية فقط وكما تم فحصها. العديد من التقنيات أو اتحاد للتقنيات متاحة حالياً للتغلب مشكلة الفاعلية الحيوية. الأمثلة لاستخدام استحثاث الحمض النووي mRNA كهدف لمعنى RT-PCR (عكس نسخ تفاعل سلسلة البوليمرات) أو لاستخدام طرق الفاعلية الحيوية قبل استنبات الخلية بطريقة PCR للكائن الحي *Cryptosporidium* والفيروسات (الفصل الثامن) (Spinner and DiGiovanni, 2001)، على الرغم من أن طريقة قبل الاستنبات تزيد من زمن التحليل عموماً.

يعتبر تصنيف الكائنات الحية الدقيقة الآن أساساً معتمدة على الطرز الجينية، أكثر من الطرز النوعية الوصفية. أتاح هذا التصنيف الجيني وصف سريع ومقارنة للطرز الجينية. وهذا مفيد في الكشف عن التفشي وللفحص عن المشابه للعزل من المرضى والمصادر القابلة للتفشي وتعقب مصادر التلوث لمياه الأمطار أو لمياه الشرب (الفصل السابع، Kuhn *et al.*, 2000).

التقدم في الحاسب الآلي، الرقائق، الليزر وتقنيات البصريات قدمت وتقدم فرصة جديدة للفحص والتعريف للكائنات الحية الدقيقة. الإدارة الحديثة استخدمت أساساً في مجال البحث، ولكن العديد من التقنيات تستخدم حالياً في التطبيق، مثل القياس الخلوي الجاري، والتصنيف الخلوي ومجهر الليزر متحد المسح والمسح الليزري. العديد من الطرق أصبحت الآن متطورة ولكن ليست الآن جميعها غالي كمثل الجهاز المالي الاستثماري المرتفع. اهتمام تطوري واحد لاتحاد الحاسب الآلي لتقنية الرقائق وبيولوجية الجزيئات للكائنات الحية الدقيقة، والتي يجب أن تتيح فحص آلي للممرضات المتضاعفة مع نظام الرقائق DNA (الفصل الثامن).

تقديم تلك التقنيات ربما يتيح لفحص آلي سريع (للمرض أو الدليل أو المؤشر) للكائنات الحية الدقيقة في المستقبل القريب.

التحريات التي لا تزال لهذه الطرق الحديثة هي:

- التقديرات: مظاهر التقديرات تحتاج إلى تحسين، كما في حال الطرق الجزيئية الحديثة، في أحسن حال، فقط شبه التقديرية.
- المعدي. حيوية ومعدية الكائنات الحية الدقيقة المفحوصة لا تزال غير متأكد منها.
- "قضية التركيز" ملاحظة (الممرض الخاص) الكائنات الحية الدقيقة في الماء تتطلب تحليل أحجام كبيرة (٠.١ إلى ١٠٠لتر أو أكثر)، بينما التقنيات الحديثة حالياً تعمل مع أحجام صغيرة (٠,٠٠٠٠١-٠,٠٠١لتر). وهذا يتطلب طرق تركيز يمكنها تقديم المستردات المفقودة.
- البراعات والإصدار الجديد للأسس (كلا التدريب الشخصي والجهاز). إضافة إلى الإنجاز لتلك التقنيات في التطبيق تتطلب تبسيطاً مثالياً وأيضاً تبسيطاً آلياً.
- القيمة: لا تزال التكلفة عالية وحالياً غير قابلة للتحسين بالإضافة إلى تكرار فحص يومي مع ميزانية إجبارية للإمداد الصغير للماء.

(١,٦) المعلومات المطلوبة

الاستعداد لسلامة ماء الشرب غالباً ذا اهتمام نادر للشخص العادي وبالإضافة إلى الممددين بالماء والتي يظهر أنها تتضمن فحصاً داخلياً كما أن الحكومة المحلية، ومسؤولي الماء، ومسؤولي الصحة العامة في بعض الحالات، الضابطة المعروفة ربما تكون متضمنة عالمياً.

تقليدياً، فإن السبب الرئيسي للإرشاد عن نوعية الماء، للتأكد من أن ملاحظة نوعية الماء ملائمة لمتطلباتنا (في هذه الحالة للاستهلاك الآدمي). كما أن فهم الأسباب للمعلومات التي جمعت (الهدف من الاسترشاد) تساعد في التأكد في أن المعلومات المجموعة ملائمة لإدارة الاستخدام لأي غرض مطلوب (Bartram and Helmer, 1996; Makela and Meybeck, 1996). المعلومات المختلفة المطلوبة تم شرحها في التالي.

(١,٦,١) النظام

شرحت العديد من الهيئات، متضمناً منظمة الصحة العالمية (WHO, 1976, 1997) اثنين من الأنظمة المتتامة في استرشاد ماء الشرب. ضبط النوعية بواسطة الممدّين والإشراف غير المعتمد بواسطة نظام المحتوى. هناك دليل متتام بينهما، ولكن الدمج بين الاثنين غير ملائم؛ بسبب التضارب المهم الذي قد ينشأ. ومع ذلك، فإنه في السنوات الحالية التجربة مع زيادة مشاركة المعلومات، نشوء المعلومات بواسطة الفرق الثلاث والفحص القاعدي أصبح متراكماً وأدخل لتقليل التضاعف للجهد. يعتمد النظام على الاسترشاد والتحليل، كما أنه ليس تقليداً نموذجياً لمتطلبات الممدّين بالماء قد يكون نشط مقدماً وربما مشكلات مفردة خارجية، مثل مناطق التوزيع والتي بعضها تسبب مشكلات أو يعرف بأنها من ذات جدل.

الهيئة النظامية أساساً مسئولة عن تحديد المستوى المطلوب لسلامة ماء الشرب. وتفعل ذلك عن طريق وضع قياسات والتأكد من أن الممدّين بالماء يحققون ذلك. بينما المتطلبات تختلف بتوسع من دولة لأخرى، يعتمد الإذعان أساساً على المواصفات (مثل التوجيه الأوروبي المشترك WHO, 1993; Anon, 1998, 98/83/EC)، والتي تهدف

إلى حماية الصحة العامة. خصصت القياسات نموذجيا في معاني تكرار العينة والتوزيع (عند نقاط ثابتة أو مختلفة) بالإشارة إلى الإمداد السكاني أو نقاط الخطر العالية.

تتضمن القياسات نموذجياً اختبارات فيزيائية وكيميائية بسيطة (بقايا المطهّر والعكارة ... إلخ)، وتكراراً استرشاد ذو علاقة مع اختبار ميكروبيولوجي قليل لمؤشرات التلوث البرازي (بعض الأحيان قياسات ميكروبيولوجية أخرى) مع متطلبات متابعة خاصة عندما لا يتم تحقيق القياسات. تهدف هذه القياسات بوضوح للتقليل من انتقال المرض الوبائي خلال ماء الشرب ولكنها أيضاً تحت مصادر التوزيع التجمعي لشرب ماء شرب معالج. ماء الشرب الناقل الواحد فقط للإصابات المرضية المعوية. للقدرة على المثالية على إتاحة المصادر الاجتماعية للحفاظ على ماء الشرب، فإن النظام مطلوب لمعلومات لمساهمة ماء الشرب لجميع الممرض ولعبء السكان. في المستوى الأول للوصف، فإن واضعي النظام يحتاجون لمعلومات عن معظم التهديدات المهمة لسلامة ماء الشرب، وبذلك يمكنهم التركيز على نقاط إدارة الخطر لمعظم التهديدات ذات العلاقة (Fewtrell and Bantram, 2001)، على سبيل المثال، فإن النظام مع معالجة متقدمة لخطر عالي نوعاً ما لا بد وأن يُركّز عليه أولاً، للتقليل من الخطر، أكثر مما يكون في فاعلية حفظ المصدر أو على المعالجة.

(١,٦,٢) الإمداد المائي

يتطلب الإمداد المائي معلومات للنوعية الميكروبيولوجية لمصدر الماء. المعلومات لمستوى تلوث المصدر يعتبر القواعد لتخطيط نظام معالجة ملائم. معلومات المصادر للتلوث في المنطقة المحددة للمواقع التجريدية تعطي كلا من مؤشر لمستوى التلوث

والـذي ربـما يتوقـع حدوثـه وجهـد خطـر الأحـداث (مثـل المـاء الغزيـر والـذي يقـود إلى الزراعة بماء المطر).

يعطي الفحص المؤكد ربما أيضاً معلومات لغرض الضبط التأكيدي، وهـذا ربـما ليس ضمن ميدان المدّين بالماء، ولكن تتيح لهم الاختبار بين تعيين حاجز المعالجة أو محاولة لتحقيق قياسات الحفظ للمصدر. في مرحلة التخطيط، فإن الفحص المؤكد سوف يهدف إلى اختيار أحسن الموقع للتلخيص (الفصل الرابع).

يحتاج مزودو الماء أيضاً لمعرفة فعالية المعالجة للعمليات في التخلص من الكائنات الحية الدقيقة، أساساً في طور التخطيط؛ وذلك للقدرة على تخطيط نظام معالجة ملائم وذلك في طور الإنتاج؛ للتأكد من ملاءمته للتشغيل.

في الطور الأخير، فإن المعلومات التفصيلية ربما تساعد للتقليل من عمليات المعالجة (الفصل الخامس Lechevailler and Au, 2002). لتحديد ما إذا كانت المعالجة ملائمة وماء الشرب سليم، فإن الإمداد المائي يحتاج أيضاً لأهداف لنوعية الماء (الصندوق رقم ١,٣) (Fewtrell and Bartram, 2001).

في عملية الاعتماد على الخطر، فإن أهداف نوعية الماء لا بد أن تكون مشتقة مستوى خطر عالي المقاومة. أهداف نوعية الماء، عادة توضع بواسطة المشرّعين المحليين، والتي لا بد وأن توضع استناداً لمستوى الخطر. في عملية الاعتماد على الخطر، فإن الأهداف ربما أيضاً تكون ذات تركيز عالي للمرض ولكن عموماً ليس المقصود لأن تكون هدفاً قياسياً.

لأعمال التشغيل، يستند الإمداد المائي على القياسات التحليلية مثل جرعة التخثر. وللتأكد من أن المعالجة قد أزالت الكائنات الحية الدقيقة تماماً كل ساعة من

اليوم، فإنه مطلوب معلومات عن العلاقة قياسات التشغيل وإزالة الكائنات الحية الدقيقة (الفصل الخامس، Lechevallier and Au, 2002).

أخيراً، الشركة أو الهيئة والتي توزع الماء للمستهلكين تحتاج معلومات عن التغيرات النوعية التي تحدث خلال التوزيع وعليه فإنها تستطيع الملاحظة وتستجيب لأيٍّ ماء غير مقبول لنوعية الماء (انظر الفصل السادس، Ainsworth, 2002).

(١,٦,٣) منظمات الصحة العامة

في معظم الدول، منظمات الصحة العامة ليست مسئولة دائماً عن إدارة الإمداد المائي وأنظمة التوزيع، ولهذا السبب، فإن القليل من المختصين في الصحة العامة يتوقع منهم رؤية المعلومات الروتينية في نوعية الماء في قواعد نظامية. ومن ناحية أخرى، فإن معظم المشرفين في الصحة العامة سوف يكونون ملاحظين مباشرين في حالات الإصابة في المجتمع.

هل التفشي الملاحظ يتضمن الإمداد المائي؟ مراجعة الاسترشاد بنوعية المعلومات الروتينية للماء سوف يكون جزءاً من سلسلة متتابعة من التقصي (انظر الفصل السابع). حيوية الإمداد المائي من الممرضات ربما أيضاً تؤخذ في أي فحص.

معظم ما تم تسجيله من خطة الاسترشاد المرضي لنظام الماء العام، وكما تمت الإشارة إليه سابقاً، تم تقديمه في بريطانيا للحيوان الأولي *Cryptosporidium*. في بريطانيا وويلز، فإنه الآن جريمة غضب للإمداد المائي المحتوي على أكثر من ١٠٩٠ بويضة *Cryptosporidium* لكل ١٠٠٠لتر والممدّين يعتقدون أنه ذا خطرٍ عالٍ ويجب مراقبته باستمرار (HMSO, 1999).

يعتمد القياس المختار على العمليات أكثر من الأرضيات والحسابات المتصلة لخطر الصحة العامة ذات صعوبة (Hunter, 2000). مع كل تلك المسئولية تجاه الصحة العامة، فإن المقبول والمسئولية النهائية لن تنتهِ عند نوعية الماء المغادرة من أعمال معالجة الماء نهائياً، معظم المقبول للصحة العامة ربما تكون ذات اهتمام حدوثي بعد الإمداد المائي ودخوله للاستخدام المنزلي والحد أو عدم الاستفادة السكانية حيث لا توجد هيئة رسمية للإمداد. المجمّع الصغير وخصوصاً الإمداد المائي الريفي ذات مشكلات خاصة وذات اهتمام في الدول عند كل المستويات الاجتماعية والاقتصادية للتطور.

بينما العوامل مثل اختيار القياس ربما لا تكون مختلفة تماماً لمثل تلك المناطق، فإن كل العمليات للاسترشاد ذات مشكلات قاسية كما أن عمليات الابتكار تتطلب دوراً فعالاً (الفصل السادس، Bartram, 1998).

البحث عن الأحداث للصحة العامة واهتماماتها ربما تحدث بواسطة مراقبة المرض، المعلومات من الإمداد المائي أو استرشاد آخر تم الأخذ به أو خلال معاني غير رسمية.

منذ تأخير الآثار، فإن مثل البحث عن المشكلات الخاصة المتواجدة وفي المنطقة ذات طرق التحليل الحديثة، مثل هذه الملاحظات الخارجية في الفصل (١-٥-٢) تأخذ بتدخل خاص. هذه الظاهرة تم عنونتها بإضافة في الفصل السابع والثامن.

(١,٧) الاقتراح الجديد

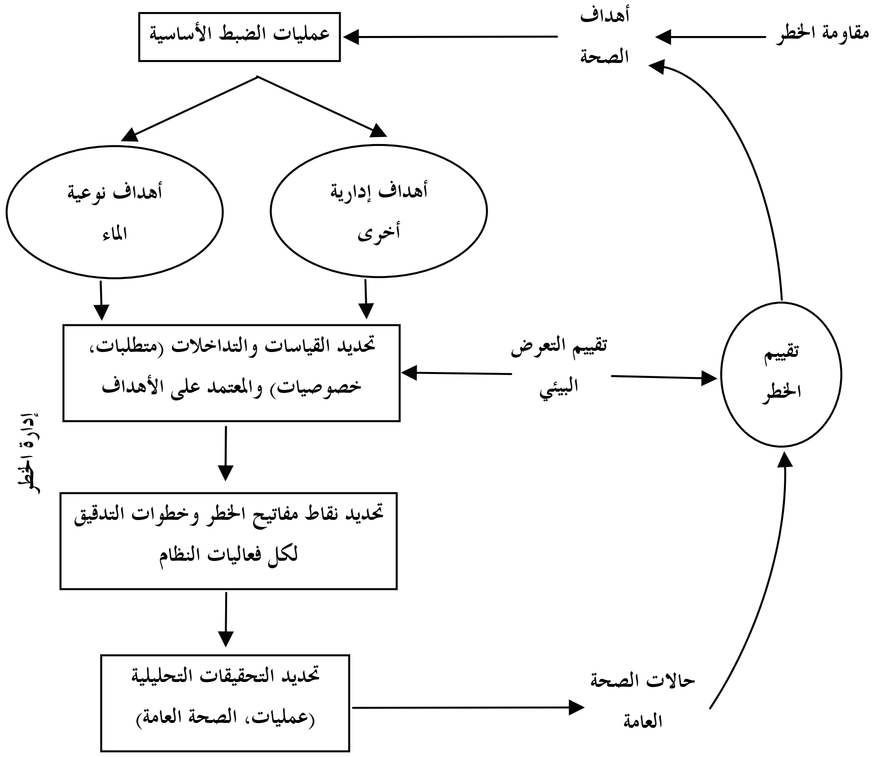
الجمع بين تلك التطورات قاد لاتجاه قاعدة الخطر لعملية التأكد من سلامة ماء الشرب (انظر الصندوق رقم ١,٣). تقليديا، فإن ماء الشرب تم اعتباره سليماً عندما يكون الكشف عن الماء المعالج لا يرى فيه وجود بكتيريا القولون في العينات اليومية لماء الشرب.

التقسيم الكمي للخطر، سلامة ماء الشرب يمكن شرحها عن طريق جمع معلومات كمية عن نوعية مصدر الماء، فاعلية المعاجلة وسلامة نظام التوزيع. وهذه ذات فائدة للإمداد بالماء كما أن الهيئات ذات العلاقة عليها التبصير إلى مستوى الحفظ الاستهلاكي والإمداد بمعلومات بخصوص قوة وضعف الأنظمة المنصوبة لحماية نوعية ماء الشرب. يظل الإنتاج النهائي الاسترشادي مهماً لفترة طويلة للتحقق من ضبط النظام.

تأسيس نظام لإدارة الخطر طويل المدى وأساسي لماء الشرب ليس من المعتمد في حالة العائق المفرد ضد الكائنات الحية الدقيقة المرضة، ولكن لاستخدام عملية العائق متضاعف. هذه تتضمن ليس فقط عائقاً متضاعفاً في معالجة المياه، ولكن يشمل عملية أكثر من المصدر إلى حنفية المستهلك (انظر الشكل رقم ١,١). وكما تم اقتراحه في الأعلى، في حالة التخطيط لإستراتيجية إدارة الخطر الفعالة، فإن المعلومات مطلوبة في التالي:

- النوعية الميكروبيولوجية لمصدر الماء وتغيراته. نوعية مصدر الماء، تحت ظروف عادية وخلال قمة الأحداث. تحديد مستوى مطلوب للمعالجة. المعلومات عن مستوى التلوث عند نقطة التلخيص يمكن استخدامها للتخطيط الأنظمة معالجة ملائمة ولتخطيط عمليات تشغيل تتعامل مع معظم الأحداث.
- فعالية عمليات معالجة المياه لإزالة الكائنات الحية الدقيقة وتغيراتها. حيث إن المعلومات مطلوبة في فعالية عمليات المعالجة المختلفة (كما في وحدة العملية وفي الاتحاد مع العمليات الأخرى) في إزالة الممرضات (Haas, 1999; USEDA, 1991).

- المصادر وخطر معالجة التلوث السابق. مثل تلك الاعتبارات تعتبر الأساس لتكوين إدارة الخطر وحتى هيكل أو عملية كبيرة، حيث أنها أيضاً تعطي لخطر المقاومة، وأهداف نوعية الماء وحالات الصحة العامة. وكما تم توضيحه في الشكل رقم (١,٤).



الشكل رقم (١,٤). هيكل عمل القرار (حوّرت من، Bartram *et al.*, 2001).

على الرغم من أن بعض قياسات الدليل والمؤشر يمكن أن تخدم كتضاعف هدفي، فإنه لا يوجد قياس مفرد يمكن أن يملأ كل المعلومات المطلوبة. الفصل الأخير سوف يعطي استرشاداً في تطبيقات القياسات البارومترية للمعلومات الخاصة المطلوبة:

الحماية وتقييم مصدر نوعية الماء وتقييم فاعلية المعالجة وضبط نوعية ماء الشرب التي تم توزيعها (المغادرة) أجهزة المعالجة في نظام التوزيع.

ليس التأكيد في الاستخدام عن التوضيح في نوعية ماء الشرب وكقواعد في القرار عن إدارة الخطر.

(١,٨) الملخص

ماء الشرب المحتوي على كائنات حية دقيقة ممرضة ربما يسبب أمراضاً ولتلك الأهمية لا بد من وجود بعض القياس (القياسات) والتي تؤسس سلامة الماء للشرب. لمعظم الأجزاء إلى العديد من الممرضات المختلفة للكشف وكما أن معظم الممرضات تشتق من المواد البرازية فإن فكرة استخدام عدم وجود البكتيريا الممرضة كدليل للتلوث البرازي والذي تم تطويره.

أساساً فإن القليل من القياسات البارومترية تستخدم، ولكن الآن أكثر من تقنيات وطرق متوافرة. من الممكن الكشف عن دليل أو مؤشر قياسي واسع (ميكروبي وغير ميكروبي) وأيضاً ممرضات وهناك اتجاه قوي لاستخدام القياسات البارومترية خلال عمليات الإنتاج المائي وختاماً، فإنها تعتبر تحديداً لعملية الاستهلاك لخطط الماء السليم.

بدأت الطرق الحديثة بثبات تتطوّر، مداها من زيادة الكشف عن وجود الممرضات إلى فترة حقيقية زائدة عن الكشف القياس الميكروبي وغير الميكروبي.

تطوير طرق حديثة ومحسّنة مع الاحتياج في اليقظة والاعتبار لنشوء أخطار، ينتج عنها الاحتياج لتكرار لإعادة التقدير للعمليات الجيدة ومؤشرات القياسات البارومترية.

المراجع

Ainsworth, R.A. (2002) Water quality changes in piped distribution systems. WorId Health Organization.

AlIen, MJ., Clancy, J.L. and Rice, E.W. (2000) Pathogen monitoring - old baggage from the last millennium. *Journal of the American Water Works Association* 92(9), 64-76.

Anon (1969) Reports on Public Health and Medical Subjects No. 71. Her Majesty's Stationery Office, London.

Anon (1998) European Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption.

Anon (1999) *Waterborne Pathogens.* A WW A Manual of Water Practices, M48. American Water Works Association, Denver, Colorado.

Barrell, R.A.E., Hunter, P.R. and Nichols, G. (2000) Microbiological standards for water and their relationship to health risk. *Communicable Disease and Public Health* 3(1), 8-13.

Bartram, J. and Helmer, R. (1996) Introduction. In: *Water Quality Monitoring. A practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes.* Bartram, J. and Balance, R. (Eds.) E & FN Spon, London. pp. 1-8.

Bartram, J., Fewtrell, L. and Stenstrom, T-A. (2001) Harmonised assessment of risk and risk management for water-related infectious disease: an overview. In: *Water Quality: Guidelines, Standards and Health. Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease.* Fewtrell, L. and Bartram, J. (Eds.) IW A Publishing, London. pp. 1-16

Bartram, J. (1998) Effective monitoring of small drinking water supplies. In: *Providing Safe Drinking water in Small Systems.* Cotruvo, J., Craun, G. and Hearne, N. (Eds.) Lewis Publishers, Boca Raton, Florida. pp. 353366.

Bej, A.K., Dicesare, J.L., Haff, L. and Atlas, R.M. (1991) Detection of *Escherichia coli* and *Shigella* spp. in water using the polymerase chain reaction and gene probes for uid. *Applied and Environmental Microbiology* **57,1013-1017.**

Berg, G.T. and Metcalf, T. (1978) Indicators of viruses in waters. In: *Indicators of Viruses in Water and Food.* Ann Arbor Science.

Bruce-Grey-Owen Sound Health Unit (2000) The investigative report on the Walkerton outbreak of waterbome gastroenteritis. http://www.publichealthbrucegrey.on.ca/pri vate/Report/SPReporthtm

Budd, W. (1873) *Typhoidfever: its nature, mode of spreading and prevention.* Longmans, London. 193 pp.

CDR (1998) Emerging pathogens and the drinking water supply. *CDR Weekly* 8(33), 292.

Davison, A., Howard, G., Stevensm M., Callan, P., Kirby, R., Deere, D. and Bartram, J. (2002) *Water Safety Plans.* WHO/SHE/WSH/02/09 World Health Organization, Geneva, Switzerland.

Deere, D., Stevens, M., Davison, A., Helm, G. and Dufour, A. (2001) Management Strategies. In: *Water Qulaity: Guidelines, Standards and Health. Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease.* Fewtrell, L. and Bartram, J. (Eds.) IW A Publishing, London. pp. 257-288.

Dufour, A.P. (1977) *Escherichia coli:* the fecal coliform. In: *Bacterial indicators/health hazards associated with water.* Hoadley, A.W. and Dutka, B.J. (Eds.) ASTM, Philadelphia. pp. 48-58.

Dufour, A.P. and Cabelli, V.J. (1975) Membrane filter procedure for enumerating the component genera of the coliform group in seawater. *Applied Microbiology* **26,** 826-833.

Ebringer, A. and Wilson, C. (2000) HLA molecules, bacteria and autoimmunity. *Journal of Medical Microbiology* 49(4), 305-311.

Edelman, R. and Levine, M.M. (1986) Summary of an international workshop on typhoid fever. *Reviews of Infectious Disease* 8, 329-349.

Eijkman, C. (1904) Die Garungsprobe bei 46°C als Hilfsmittel bei der Trinkwasseruntersuchung. *CbI. Bakteriol. Abth* 1. *Drog.* 37, 742-752.

Escherich, T. (1885) Die Darmbakterein des Neugeborenen und Sauglings. *Fortschritte der Medecin* 3,515 and 547.

Ferreira Jr., A.G., Ferreira, S.M., Gomes, M.L. and Linhares, A.C. (1995) Enteroviruses as a possible cause of myocarditis, pericarditis and dilated cardiomyopathy in Belem, Brazil. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research* 28(8), 869-874.

Fewtrell, L. and Bartram, J. (2001) *Water Quality: Guidelines, Standards and Health. Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease.* IW A Publishing, London, UK.

Frankland, P. and Frankland, P. (1894) *Microorganisms in Water; Their Significance, Identification and Removal.* Longmans, Green & Co., London, UK.

Fricker, E.J. and Fricker, C.R. (1994) Application of polymerase chain reaction to the identification of *Escherichia coli* and coliforms in

water. *Letters in Applied Microbiology* 19(1), 44-46.

Geldreich, E.E., Huff, C.B., Bordner, R.H., Kabler, P.W. and Clark, H.P. (1962) The faecal coli-aerogenes flora of soils from various geographical areas. *Journal of Applied Bacteriology* 25,87-93.

Gerba, C.P. and Rose, J.B. (1990) Viruses in source and drinking water. In: *Drinking Water Microbiology: Progress and Recent Developments.* McFeters, G.A. (Ed.). Springer-Verlag, New York, USA.

Grabow, W.O.K., Coubrough, P., Nupen, E.M. and Bateman, B.W. (1984) Evaluation of coliphages as indicators of virological quality of sewage-polluted water. *Water SA* 10(1), 7-14.

Grabow, W.O.K., Taylor, M.B. and de Villiers, J.C. (2001) New methods for the detection of viruses: call for review of drinking water quality standards. *Water Science and Technology* 43(12), 1-8.

Haas. C.N. (1999) Disinfection. In: *Water Quality and Treatment: A Handbook of Community Water Supplies. Fifth Edition.* Letterman, R.D. (Ed.) McGraw-Hill, New York, USA. pp.14.1-14.6.

Haas, C.N. (1983) Estimation of risk due to low doses of microorganisms: a comparison of alternative methodologies. *American Journal of Epidemiology* 118, 573-582.

Havelaar, A.H., van Olphen, M. and Drost, Y.C. (1993) F-specific RNA bacteriophages are adequate model organisms for enteric viruses in fresh water. *Applied and Environmental Microbiology* 59,2956-2962.

Havelaar, A.H. (1993) The place of microbiological monitoring in the production of safe drinking water. In: *Safety of Water Disinfection. Balancing chemical and microbial risks.* Craun G.F. (Ed.) n..SI press, Washington, DC.

HMSO (1999) The Water Supply (Water Quality) (Amendment) Regulations 199, *Statutory Instrument* 1999 *No.* 1524. Her Majesty's Stationery Office, London.

Horwitz, M.S., Bradley, L.M., Harbertson, J., Krahl, T., Lee, J. and Sarvetnick, N. (1998) Diabetes induced by Coxsackie virus: initiation by bystander damage and not molecular mimicry. *Nat. Med.* 4(7), 781-785.

Hunter, P.R. and Fewtrell, L. (2001) Acceptable risk. In: *Water Quality: Guidelines, Standards and Health. Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease.* Fewtrell, L. and Bartram, J. (Eds.) IW A Publishing, London. pp.207-227.

Hunter, P.R. and Syed, Q. (2001) Community surveys of self-reported diarrhoea can dramatIcally overestimate the size of outbreaks of waterborne

cryptosporidiosis. *Water Science and Technology* 43, 27-30.

Hunter, P.R. (1997) *Waterborne Disease. Epidemiology and Ecology,* John Wiley and Sons, Chichester, United Kingdom.

Hunter, P.R. (2000) Advice on the response to reports from public and environmental health to the detection of cryptosporidial oocysts in treated drinking water. *Communicable Disease and Public Health* 3, 24-27.

Hurst, CJ., Knudsen, G.R., McInerney, MJ., Stetzenbach, L.D. and

Walter, M.V. (2001) *Manual of Environmental Microbiology, 2nd Edition.* American Society for Microbiology Press, Washington, DC.

Huttly, S.R.A. (1990) The impact of inadequate sanitary conditions on health in developing countries. *World Health Statistics Quarterly* 43,118-126.

Isaac-Renton, J., Moorhead, W. and Ross, A. (1996) Longitudinal studies of *Giardia* contamination in two adjacent community drinking water supplies: cyst levels, parasite viability and health impact. *Applied and Environmental Microbiology* **62,47-54.**

Issac-Renton, J., Lewis, L., Ong, C. and Nulsen, M. (1994) A second community outbreak of waterborne giardiasis in Canada and serological investigation of patients. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* **88,** 395-399.

Koch, R. (1893) Ueber denaugenblicklichen stand der bakeriologischen Cholera diagnose. *Zeitschiftfur Hygiene* **XIV,** 319.

Kuhn, I., Iversen, A., Burman, L.G., Olsson-Liljequist, B., Franklin, A., Finn, M., Aerestrup, F., Seyfarth, A.M., Blanch, A.R., Taylor, H., Capllin, J., Moreno, M.A., Dominguez, L. and Mollby, R. (2000) Epidemiology and ecology of enterococci, with special reference to antibiotic resistant strains, in animals, humans and the environment. Example of an ongoing project within the European research programme. *Internal Journal of Antimicrobial Agents* 14(4), 337-342.

LeChevallier, M.W. and Au, K.K. (2002) Water treatment for microbial control: A review document. World Health Organization.

LeChevallier, M.W., Abbaszadegan, M., Camper, A.K., Hurst, CJ., Izaguirre, G., Marshall, M.M., Naumovitz, D., Payment, P., Rice, E.W., Rose, J., Schaub, S., Slifko, T.R., Smith, D.B., Smith, H.V.,

Sterling, C.R. and Stewart, M. (1999a) Committee report: Emerging pathogens - bacteria. *Journal of the American Water Works Association* 91(9),101-109.

LeChevallier, M.W., Abbaszadegan, M., Camper, A.K., Hurst, CJ., Izaguirre, G., Marshall, M.M., Naumovitz, D., Payment, P., Rice, E.W., Rose, J., Schaub,

S., Slifko, T.R., Smith, D.B., Smith, H.V.,

Sterling, C.R. and Stewart, M. (1999b) Committee report: Emerging pathogens - viruses, protozoa, and algal toxins. *Journal of the American Water Works Association* 91(9),110-121.

LeChevallier, M.W., Norton, W.D. and Lee, R.G. (1991) *Giardia* and *Cryptosporidium* spp. in filtered drinking water supplies. *Applied and Environmental Microbiology* 57(9),2617-2621.

Mack, W.N. (1977) Total coliform bacteria. In: *Bacterial Indicators/Health Hazards Associated with Water.* Hoadley, A.W. and Dutka, BJ. (Eds.) ASTM, Philadelphia, pp. 59-64.

MacKenzie, W.R., Hoxie, NJ., Proctor, M.E., Gradus, M.S., Blair, K.A., Peterson, D.E., Kazmierczak, J.J., Addiss, D.G., Fox, K.R., Rose, J.B. and Davis, J.P. (1994) A massive outbreak in Milwaukee of *Cryptosporidium* infection transmitted through the public water supply. *New England Journal of Medicine* 331(3), 161-167.

Makela, A. and Maybeck, M. (1996) Designing a monitoring programme. In: *Water Quality Monitoring.* Bartram, J. and Balance, R. (Eds.) E&FN Spon, London, pp. 35-59.

McFeters, G.A. (1990) *Drinking Water Microbiology.* Springer-Verlag, New York.

Mead, P.S., Slutsker, L., Dietz, V., McCraig, L.P., Bresee, J.S., Shapiro, C., Griffin, P.M. and Tauxe, R.V. (1999) Food-related illness and death in the United States. *Emerging Infectious Diseases* 5(5), 607-625.

Melnick, J.L. and Gerba, C.P. (1982) Viruses in surface and drinking waters. *Environmental International* 7, 3-7.

Morris, R.D. and Levine, R. (1995) Estimating the incidence of waterbome infectious disease related to drinking water in the United States. In: *Assessing and Managing Health Risks from Drinking Water Contamination: Approaches and Applications.* Reichard, E.G., Zapponie, G.A. (Eds.) IAHS Press, Wallingford, Oxfordshire, United Kingdom, pp. 75-88.

Mossel, D.A.A. (1978) Index and indicator organisms: a current assessment of their usefulness and significance. *Food Technology, Australia* **30,** 212219.

Payment, P. (1997) Epidemiology of endemic gastrointestinal and respiratory diseases - incidence, fraction attributable to tap water and costs to society. *Water Science and Technology* 35, 7-10.

Payment, P. and Armon, R. (1989) Virus removal by drinking water treatment processes. *CRC Critical Reviews in Environmental Control* 19, 15-31.

Payment, P., Richardson, L., Siemiatycki, 1., Dewar, R., Edwards, M. and Franco, E. (1991) A randomized trial to evaluate the risk of gastrointestinal disease due to consumption of drinking water meeting currently accepted microbiological standards. *American Journal of Public Health* **81,** 703-708.

Payment, P., Siemiatycki, J., Richardson, L., Renaud, G., Franco, E. and Prevost, M. (1997) A prospective epidemiological study of gastrointestinal health effects due to the consumption of drinking water. *International Journal of Environmental Health Research* 7, 5-31.

Petrilli, F.L., Crovari, P., DeFlora, S. and Vannucci, A. (1974) The virological monitoring of water. I. Drinking water. *Boll. 1st. Seiroter, Milan* 53, 434442.

Pipes, W.O. (1982) Indicators and water quality. In: *Bacterial Indicators of Pollution.* Pipes W.O. (Ed.). CRC Press, Boca Raton. pp. 83-96.

Prendergast, M.M. and Moran, A.P. (2000) Lipopolysaccharides in the development of the Guillain-Barre syndrome and Miller Fisher syndrome forms of acute inflammatory peripheral neuropathies. *Journal of Endotoxin Research* 6(5), 341-359.

Priiss, A., Kay, D., Fewtrell, L. and Bartram, J. (2002) Estimating the burden of disease due to water, sanitation and hygiene at global level. *Environmental Health Perspectives* IN PRESS.

Regli, S., Berger, P. and Macler, B. (1993) Proposed decision tree for management of risks in drinking water: consideration for health and socioeconomic factors. In: *Safety of Water Disinfection: Balancing Chemical and Microbial Risks.* Craun G.F. (Ed.) ILSI Press, Washington, D.C. pp. 39-80.

Regli, S., Rose, J.B., Haas, C.N. and Gerba, C.P. (1991) Modelling the risk from *Giardia* and viruses in drinking water. *Journal of the American Water Works Association* 83(11), 76-84.

Roivainen, M., Rasilainen, S., Ylipaasto, P., Nissinen, R., Ustinov, J., Bouwens, L., Eizirik, D.L., Hovi, T. and Otonkoski, T. (2000) Mechanisms of coxsackievirus-induced damage to human pancreatic beta-cells. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 85(1), 432-440.

Rose, J.B. and Gerba, C. (1991) Use of risk assessment for development of microbial standards. *Water Science and Technology* 24(2), 29-34.

Rosen, J. and Ellis, B. (2000) The bottom line on the ICR Microbial data. Paper ST6-3 In: *Proceedings of A WWA Water Quality Technology Conference 2000.* Salt Lake City, Utah.

Schardinger, F. (1892) Ueber das Vorkommen Gahrung Errengeneder Spaltpi1ze im drinkwasser und ihre Bedeutung for die Hygienishe Beurthelung Desselben. *Wien. Klin. Wochschr.* 5,403-405.

Shanmugam, J., Raveendranath, M. and Balakrishnan, K.G. (1986) Isolation of ECHO virus type-22 from a child with acute myopericarditis - a case report. *Indian Heart Journal* 38(1), 79-80.

Snow, J. (1855) *On the Mode of Communication of Cholera.* John Churchill, London.

Spinner, M.L. and DiGiovanni, G.D. (2001) Detection and identification of mammalian reoviruses in surface water by combined cell culture and reverse transcription - PCR. *Applied and Environmental Microbiology* 67(7), 3016-3020.

Stenstrom, T .A. (1994) A review of waterbome outbreaks of gastroenteritis in Scandinavia. In: *Water and Public Health.* Golding, A.M.B., Noah, N. and Stanwell-Smith, R. (Eds.) Smith-Gordon & Co., London. pp. 137143.

Uemura, N., Okamoto, S., Yamamoto, S., Matsumura, N., Yamaguchi, S., Yamakido, M., Taniyama, K., Sasaki, N. and Schlemper, R.J. (2001) *Helicobacter pylori* infection and the development of gastric cancer. *New England Journal of Medicine* 345(11), 784-789.

US Department of Health and Human Services (1998) *Preventing emerging infectious diseases: A strategy for the 2Ft century.* US Department of Health and Human Services, Atlanta, Georgia.

USEPA (1991) *Guidance Manualfor Compliance with Filtration and Disinfection Requirements for Public Water Systems using Suiface Water Sources.* US Environmental Protection Agency, Washington, DC.

USEPA (1989) National Primary Drinking Water Regulations: filtration, disinfection, turbidity, Giardia lamblia, viruses, Legionella, and heterotrophic bacteria; Final Rule (40 CFR Parts 141 and 142). *Federal Register* 54(124).

USEPA (2000) National Primary Drinking Water Regulations: Long term I enhanced surface water treatment and filter backwash rule (40 CFR Parts 141 and 142). *Federal Register Proposed Rule* 65(69).

van der Kooij (1993) Importance and assessment of the biological stability of drinking water in the Netherlands. In: *Safety of Water Disinfection: Balancing Chemical and Microbial Risks.* Craun, G.F. (Ed.) ILSI Press, Washington, DC. pp. 165-179.

Waite, W.M. (1991) Drinking water standards - a personal perspective. In: *Proceedings of the UK Symposium on Health-related Water Microbiology.* Morris R. et al. (Eds.). International Association for Water Pollution Research and Control, London. pp 52-65.

White, G.C. (1999) *Handbook of Chlorination.* John Wiley & Sons Inc. New York.

Whitlock, E.A. (1954) The waterbome diseases of microbiological origin. Paper presented at the Annual Conf. of the N at. Assoc. of Bath Superintendents 1954, Anderson Ltd, Stepney Green, United Kingdom.

WHO (1976) *Surveillance of Drinking water Quality,* World Health Organization, Geneva.

WHO (1993) *Guidelines for Drinking water Quality. Volume:, Recommendations. Second Edition.* World Health Organization, Geneva. Second Edition.

WHO (1997) *Guidelines for Drinking water Quality, Volume* 3: *Surveillance and Control of Community Supplies. Second Edition.* World Health Organization, Geneva. Second Edition

WHO (1998) Emerging and re-emerging infectious diseases. Fact sheet no. 97. (http://www.who.int/inf-fs/en/fact097 .html).

الفصل الثاني

تقديم القياسات البارامترية لتقييم نوعية ماء الشرب

P. Payment, M. Waite and A. Dufour

ملاحظة: الإيحاء وبعض النص من منظمة الصحة العالمية (WHO) والاسترشادات من (WHO 1996;1997) تم استخدامها أيضاً لتجهيز هذا الفصل.

(٢,١) المقدمة

قدم الفصل الأول لظاهرة الدليل والمؤشر كما أوضح عدداً من الكائنات الحية الدقيقة (والمجاميع من الكائنات الحية الدقيقة) والقائم تكييفها في تحقيق الكشف عن هل ماء الشرب آمن ميكروبيولوجياً للشرب؟ هذا الفصل للفحوصات عن مدى كلٍ من القياسات البارامترية الميكروبية وغير الميكروبية، كما يلخص استخداماتها وتطبيقاتها.

هدفه أيضاً التأثير كتقديم للقياسات البارامترية والتي يمكنها أن تستخدم لتقييم نوعية (جودة) مياه الشرب ومعلومات إضافية لاستخدامها في المناطق الخاصة وهذا يتواجد في الفصول المتتالية.

القوة المبكرة خلف الفحوص البكتيريولوجية لماء الشرب كانت للتأكد من أن الماء المستهلك كان ملوثاً. الكثير من المستهلك لم يستقبل معالجة كما أن مثل تلك المعالجة تطبيقية وكانت تهدف أساساً لتحسين الجودة (النوعية) الجمالية.

عند ذلك الزمن الذي كان مطلوباً هو الذي يشير إليه حالياً للكائن الدقيق الدليل، على الرغم من أن المصطلح مؤشر كان يتم تطبيقه عموماً. ومنذ أن تم ملاحظة القياسات البارامترية الميكروبية، والتي يمكنها تقديم معلومات ذات فائدة طوال عمليات إنتاج ماء الشرب، متضمنة البحث عن وصفات المصدر المائي وفاعلية المعالجة وفحص نظام (شبكة) التوزيع.

تحوير مصطلح الدليل والمؤشر كما تم اقتراحه بواسطة (Waite, 1991)، وكما تم شرحه بإيجاز في الفصل الأول. يمكن أن تعطي كائنات الدليل قياس لكمية البراز الملوث في المصدر المائي، بينما مؤشر القياس البارومتري يمكن أن يستخدم لإعطاء معلومات عن الفاعلية لمجاميع مخصصة من الكائنات الحية الدقيقة والتي تم إزالتها أو تم إعادة تنشيطها بواسطة عمليات المعالجة، مع وجودها بعد المعالجة فإنه يشير إلى أن الممرضات لا تزال متواجدة. على سبيل المثال، فإن وجود جراثيم البكتيريا مختزلة الكبريت Clostridia أو لاقمات البكتيريا في ماء الشرب المعالج يقترح وجود تواصل هائل ومقاومة للكائنات الحية الدقيقة ومقاومة، كما أن عدد المستعمرات للبكتيريا متباينة التغذية الهوائية أو العدد المجهري المباشر يمكن أن يقدم معلومات عن توافر المغذيات في الماء، وهذا ينتج عنه مشكلات فنية أو في وجود الممرضات الانتهازية. على الرغم من أن الممرضات مائية المنشأ يمكن ملاحظتها الآن (وبالفعل، الإنجاز نسبياً غالي، وذلك استهلاكاً للوقت).

أكثر قليلاً، فإن الأساس العقلي خلف المؤشر (الآن الدليل) للمظاهرة لا يزال يحمل صحيحاً، في ذلك المدى من الممرضات ربما يصب الماء من مادة برازية لأشخاص مصابين وحيوانات، وهناك ممرضات معوية لم تتم ملاحظتها حتى الآن.

كمثل تلك، لا يوجد تطبيق واحد ولا توصية لفحص الماء لكل ممرض معروف والذي فقط يتيح إثبات أن المستهلكين كانوا معرضين للممرضات حيث إن الفحص للكائنات الحية الدقيقة غير الممرضة كدليل للتلوث البرازي أو كمؤشر كاف يجيز ملاحظة المعالجة للجهد للممرضات في كونها تتواجد بدون الاحتياج لتواجدها الفعلي.

شرح هذا الفصل القياسات البارامترية للدليل والمؤشر وإبرازها لدراسة جيدة لمدى من الأهداف (والتي تستكشف أكثر في الفصول التالية)، مع التركيز تجاه التقليل من الأمراض البرازية المنقولة عن طريق الفم.

(٢,٢) القياسات البارامترية الميكروبية

يوجز هذا القسم القياسات البارامترية الميكروبية المستخدمة في تقييم جودة مياه الشرب؛ لفحص معظم الاستخدامات الملائمة، وسهولة التحليل وبعض التنظيمات والاستجابات ذات العلاقة لما هو موجود في العينة السالبة.

المميزات مثل نجاح القياسات، وصعوبات التقييم التقنية، والبقاء البيئي الميكروبي، والمقاومة للمعالجة قد تم اختصارها في نهاية القسم في الجدول رقم (٢,١)، بينما الجدول رقم (٢,٢) يختصر الملاءمة والمواءمة لكل قياس بارامتري لتقييم المصدر المائي، وفاعلية المعالجة إلى آخر القياسات.

تحتوي العدد من الوثائق على تفصيلات معلوماتية عن العينات المأخوذة لتحليل القياسات البارامترية الميكروبية وتخزينها وتنقلاتها (WHO, 1997; Anon, 1994; APHA,

AWWA, WEF, 1998) على أي حال، فإن هناك العديد من النقاط والتي تم تلخيصها كالتالي:

- مراعاة الحذر في أن عينات الماء تمثل الماء المفحوص. هذا يتضمن المصطلحات للموقع وبناء نقاط العينات، تكرار العينات وأيضاً تقنية التعقيم المستخدمة بواسطة جامع العينات.
- إذا كانت العينة تحتوي على مطهّرات (مثل الكلورين، والكلورامين ، وثاني أكسيد الكلور، أو الأوزون) فإن الصوديوم ثيوسلفايت لابد وأن يتضمن في حامل العينة وهذا يعمل على معادلة أي ترسيب. تركيز الراسب من المطهر والرقم الهيدروجيني عند نقطة العينة لا بد وأن تحدد في موعد جمع العينة.
- حتى يمكن التقليل من التغيرات في المحتوى الميكروبي، فإن العينات يجب ألاَّ تتعرض إلى الضوء وأن يتم تبريدها حالاً بين درجة ٤-١٠°م. حيث إن UNEP, WHO تؤكد على أنه إذا لم تبرد فإنه لا بد من فحصها خلال ساعتين من أخذ العينات (Bartram and Balance, 1996). فحص العينات الباردة لا بد وأن يتم البدء به على وجه السرعة قدر الإمكان بعد الجمع، مثالياً خلال ست ساعات، مع ٢٤ساعة ذات اعتبار كحد أقصى (WHO, 1997; Bortram; and Balance, 1996).

توجد في الفصل السادس معلومات إضافية عن جمع العينات. الطرق العالمية المقبولة للتحليل عن القياسات البارامترية الميكروبية تمت مناقشتها في هذا الفصل وتوجد في العديد من المصادر، المتضمنة (Anon, 1994) و (APHA, AWWA, WEF, 1998). المنظمة العالمية للقياسات (ISO)، بالإضافة إلى الكتب والطرق المنشورة (انظر الفصل الثامن).

معظم القياسات البارامترية التي تمت مناقشتها في التالي عادية في البيئة وببساطة يمكن تقديمها من خلال طريق العينات أو التحليل. وعليه فإن التوجيه لا بد من الحذر في مدى الاستجابة عند ملاحظتها في العينة المفردة للماء المعالج في غياب العوامل المؤيدة مثل مشكلات المعالجة، النقاط الحرجة لإعادة التلوث في التوزيع أو عدم وجود رواسب الكلورين. تتم ملاحظتها في وجود العوامل المؤيدة، مع تزامن الغياب، أو عند إعادة أخذ العينات، على أي حال لا بد من أخذها كدليل قوي حيث إن نوعية الماء في الإمداد قد تم تسويتها.

(٢,٢,١) مجموعة القولون

تتكون مجموعة القولون من البكتيريا ذات الصفات الكيموحيوية التي تستخدم لتعريف البكتيريا ذات العلاقة القريبة أو البعيدة للتلوث البرازي. يمثل القولون الكلي كل المجموعة، وهي تتضاعف عند ٣٧°م. تنمو بكتيريا القولون المقاومة للحرارة عند درجات حرارة أعلى من (٤٤,٢°م) وأنواع *E. coli* تعتبر مقاومة للحرارة وهي برازية المنشأ.

وجود أي بكتيريا قولونية، ما إذا كانت مقاومة للحرارة أو غير مقاومة، في الماء الخارج من عملية المعالجة يتطلب فحصاً سريعاً وتصحيح فاعلية. لا توجد فروق في محتوى القولون المعنوي، في حالة القولونيات المقاومة للحرارة و *E. coli* في الماء الخارج من أعمال المعالجة، كما أنها جميعاً تشير إلى أن المعالجة غير كافية، كما أن الفاعلية لا يجب ألاَّ تتأخر استناداً إلى أي من الأنواع لبكتيريا القولون التي تمت ملاحظتها. علاوة على ذلك فإن الفحص في شبكة (نظام) التوزيع، لا بد وأن يتم البدء به حالاً لاكتشاف مصدر التلوث.

القولون الكلي:كائنات القولون، إشارة جيدة كمحتوى كلي قولوني لتجنب التداخل مع الأخرى في المجموعة، هي ليست دليلاً للتلوث البرازي أو خطراً صحياً، ولكنها يمكن أن تقدم معلومات عن نوعية مصدر الماء. ولفترة طويلة كانت تستخدم كقياس ميكروبي لنوعية ماء الشرب، بتوسع بسبب أنها ذات ملاحظة بسيطة ويمكن حسابها في الماء.

قسمت تقليدياً بواسطة المراجع استناداً إلى الطريقة المستخدمة لحساب المجاميع وعليه فإن هناك اختلافات عديدة استناداً إلى طريقة الاستنبات عموماً، التصنيف اعتماداً إلى الصفات التالية: سالبة لصبغة جرام، لا تكوّن جراثيم، عصوية الشكل، كما أنها تستطيع النمو عند وجود أملاح الصفراء أو عوامل ذات أسطح نشطة مع نمو مشابه لخاصية تثبيط النمو، سالبة الأوكسيديز، تخمر اللاكتوز عند ٣٥-٣٧°م مع إنتاج حمض، غاز والدهيد خلال ٢٤-٤٨ساعة.

تفترض هذه التعريفات طرق الاستنبات لغرض التوضيح والتعداد. وعليه فإن هناك حالياً تحرك تجاه التعريف الجيني المستند على المشاهدة في تكوين اللاكتوز، حيث إن الكائنات الحية لا بد وأن تمتلك أنزيم β-galactosidase النشط. باستخدام هذه الطريقة فإن المحتوى الكلي لبكتيريا القولون يعرّف بأنه عضو لأجناس أو أنواع لعائلة *Enterobocteriaceae* قادرة على النمو عند ٣٧°م وتمتلك أنزيم β -galactosidase .

تقليدياً، فإن المحتوى الكلي لبكتيريا القولون يفترض أنها تنسب إلى جنس *Escherichia* و *Citrobacter* و *Enterobacter* و *Klebsiella*. على أي حال، مهما يكن التعريف المختار، فإن المجموعة متباينة الأنواع. تتضمن العديد من البكتيريا المخمرة للاكتوز، مثل *Enterobocteriaceae* و*Citrobacter freimdii* والتي يمكن أن تتواجد في البراز

والبيئة (البيئات المائية والغنية بالغذاء- التربة وفضلات النباتات المتحللة) بالإضافة إلى أن مياه الشرب تحتوي نسبياً على تراكيز عالية من المغذيات. تتضمن أيضاً عدداً من الأجناس مثل *Budvicia* و *Rahnella*، والتي لم توجد على الإطلاق في براز الحيوانات الثديية.

بسبب أن المحتوى الكلي لبكتيريا القولون لذات المنشأ غير البرازي يمكن أن يدخل في الماء الطبيعي، فإن وجودها يمكن أن يكون أحياناً مقاوماً في المياه غير المعالجة أو في مياه غير الشبكة، في غياب الكثير من القياسات البارامترية خاصة الدليل.

إذا ما أمكن توضيح أن بكتيريا القولون في الماء ليست قادمة من البراز، وعليه فلا يوجد إصحاح معنوي، النفقة لاكتساب إبادة بكتيريا القولون ربما تكون ذات اعتبار غير مهم كما أن العديد من القياسات تتطلب فقط غياب العدد الكلي لبكتيريا القولون من ٩٥٪ للعينات من أنظمة التوزيع. على أي حال، إذا استخدمت كمؤشر لفعالية المعالجة، فإن المحتوى الكي لبكتيريا القولون لا بد ألاَّ يلاحظ في الماء الخارج من أعمال المعالجة وفي مثل تلك الحالات فإن ملاحظتها لا بد وأن تستحث حالاً البحث وتصحيح العمل.

تحت ملاحظتها بواسطة طريقة استنبات بسيطة وغير مكلفة والتي تتطلب روتيناً عادياً لتجهيزات بكتيريولوجية معملية، ولكن تحتاج إلى متدربين على مستوى وتكوين جيد لعاملين مختبر. كما أنها ذات وضع خطر قليل جداً لصحة العاملين في المختبر؛ لإعطاء قياسات جيدة لصحة المختبر.

بكتيريا القولون المقاومة للحرارة (البرازيــة):على الرغم من أن مصطلح القولون البرازي، من كونه يطبق تكراراً، فإنه ليس صحيحاً. المصطلح الصحيح لهذه الكائنات الحية هو القولونيات المقاومة للحرارة، وتعرف بكونها مجموعة قولونية شاملة ذات

قدرة على تخمير اللاكتوز عند ٤٤-٤٥°م. تشمل الأجناس *Escherichia*، ولمدى ضئيل من أنواع *Klebsiella* و *Enterobacter* و*Citrobocter*.

فيما يتعلق بتلك الكائنات الحية، فإنها فقط *E. coli* (مغطاة في القسم التالي) وذات اعتبار خاص في كونها برازية المنشأ، حيث تظهر دائماً في براز الإنسان وبعض الثدييات والطيور بأعداد كبيرة ونادراً في أي وقت، إذا وجدت في الماء أو التربة في المناخ المعتدل والذي للآن لم يكن موضوع التلوث البرازي على الرغم من إمكانية إعادة نموها في البيئة الحارة (Fujiok *et al.*, 1999).

ربما تنشأ بكتيريا القولون المقاومة للحرارة غير *E. coli* من الماء الغني بالمغذيات مثل التدفقات الصناعية أو من أجزاء النبات المتحللة والتربة. في الماء المداري وتحت المداري، فإن بكتيريا القولون المقاومة للحرارة ربما تتواجد بدون أي علاقة مرئية لتلوث الإنسان، كما أنها تواجدت في الخضروات وفي الغابات المطرة المدارية. وهذا يعني أن حدوثها في تلك البيئات لا يعني الضرورة اقتراح التلوث البرازي بواسطة الإنسان. على أي حال، فإن وجودها في الماء المعالج لا يجب أن يهمل، وكاقتراح أساسي أن الممرضات ربما تتواجد وتلك المعالجة غير كافية ولا تزال ذات تشغيل جيد.

القولونيات المقاومة للحرارة أقل دليل للثقة للتلوث البرازي أكثر من *E. coli* على الرغم من أنه تحت معظم الظروف وخصوصاً في المناطق المعتدلة، في الماء السطحي فإن تراكيزها تنسب مباشرة إلى تراكيز *E. coli*. استخدامها لفحص نوعية الماء ذي اعتبار مقبول عندما لا توجد طريقة أخرى متاحة. على أي حال، كطرق التحضير للفحص عن بكتيريا القولون المقاومة للحرارة و *E. coli* عندما تكون متاحة، هذه الطرق لا بد وأن يتم تمييزها.

القولونيات مقاومة الحرارة من السهولة ملاحظتها كما أن مختلف طرق القياسات العالمية والبيئات لملاحظتها متوافرة (ISO 9308-1: ISO 9308-2). تتطلب تلك الطرق تجهيزات معملية بكتيريولوجية أساسية ومشتغلين على مستوى عالٍ من التدريب. ولا بد أن يمتلكوا خطورة قليلة للصحة من جراء إعطاء قياسات صحيحة جيدة للمعمل.

البكتيريا ***Escherichia coli***: تصنيفياً فقد تم تعريفها على أنها أعضاء لعائلة *Enterobacteriaceae* وتمتاز بكونها تمتلك إنزيمات β-galactosidase و β-glucuornidase، وتنمو عند ٤٤–٤٥°م على البيئات المركبة وتخمر اللاكتوز والمانيتول مع إنتاج حمض وغاز، وتنتج أندول من تربيتوفان. على أي حال، تستطيع بعض السلالات النمو عند ٣٧°م ولكن ليس عند ٤٤–٤٥°م، وبعضها لا ينتج غاز، البكتيريا *E. coli* لا تنتج إنزيم Oxidase وتحلل اليوريا.

إذا كان الماء معالج من خلال الامتداد الأنبوبي، فإن العينة الموجبة تقترح أن الضعف أو الدخول قد حدث، مثل الانحلال في المطهر والمعالجة قبل أن يكون المطهر قد ضعف، أو تلوث الماء قد أقحم في النظام، حالاً لا بد من أخذ فعل؛ وذلك لاكتشاف مصدر التلوث ولأخذ خطوات ملائمة (والتي سوف تعتمد على مستوى التلوث) لحماية المستهلكين حتى يتم حل المشكلة.

يمكن ملاحظة *E. coli* ببساطة، كما أنها غير مكلفة، كما أن طرق الاستنبات تتطلب تجهيزاً روتينياً عادياً بكتيريولوجياً، ولكنها تتطلب تدريباً جيداً وتجهيزاً مختبرياً عملياً كاف. يمكن أن تعتبر خطراً صحياً للعاملين في المختبر حيث إن بعض السلالات من هذا الكائن ممرضة.

(٢,٢,٢) البكتيريا *Enterococci* والبرازية *Streptococci*

تستخدم سلسلة تكوين الموجبة لصبغة جرام الكروية لوضعها في *Streptococcus* والبرازية *Streptococci* حيث إن هذه *Streptococci* تتواجد عموماً في براز الإنسان والحيوان، جميعها تمتلك Lacefield مجموعة D مولد المضاد. تحت المجموعة للبرازية *Streptococci*، والتي نسبياً مقاومة لكلوريد الصوديوم والرقم الهيدروجيني القاعدي، تم وضعها تحت الجنس *Enterococcus* معظم أنواع *Enterococcus* برازية المنشأ؛ كما يمكن اعتبارها عموماً دليلاً للتلوث البرازي للإنسان لمعظم الأغراض التطبيقية. البكتيريا *Streptococci* البرازية ذات مقاومة أكبر للضغط والكلورة أكثر من *E. coli* وبكتيريا القولون الأخرى. على الرغم من أن كلا *Streptococci* و *Enterococci* لا تزال تستخدم كقياسات بارامترية لكواشف ماء الشرب، فإن *Enterococci* يظهر في كونها تحل محل *Streptococci* البرازية كقياس بارامتري للاختيار في كونها برازية المنشأ من الحيوانات ذات الدم الحار.

البكتيريا *Enterococcci*، كدليل للتلوث البرازي، يمكن أيضاً أن تستخدم لإكمال البكتيريا *E. coli* في إكمال التقييم في المناخ الاستوائي (حيث *E. coli* أقل ملاءمةً بسبب الشك في تضاعفها) في تقدير مصدر الماء الجوفي.

التعريف الكامل للكائن معقد جداً للاستخدام الروتيني، ولكن عدد من الاختبارات تطوّر لتعريف سريع وموثوق مع درجة مقبولة من الصحة. بعض هذه الطرق تم ضبطها عند مستويات عالمية ومحلية (ISO 9308-1; ISO 9308-2) وتقبل عند الاستخدام التقليدي، البعض لا يزال في طور التطوير أو التقدير.

وتنتشر *E. coli* في براز الإنسان والحيوان، وفي البراز الطازج ربما تصل لتركيز ١٠^٩ في الجرام. توجد في الصرف الصحي والمتدفقات المعالجة وفي كل المياه الطبيعية والتربة استناداً إلى التلوث البرازي الحديث، إما من الإنسان، وإما من الحيوانات البرية وإما من النشاط الزراعي.

تم اقتراح أنها ربما تتواجد أو حتى تتضاعف في المياه الاستوائية وليس إلى تلوث الإنسان البرازي (Fujioka *et al*., 1999) على أي حال حتى في المناطق الموحشة، فإن التلوث البرازي بواسطة الحيوانات الوحشية، والمشتمل على الطيور وحيث لا يمكن إزالته، وهذا أدى إلى اقتراح المزيد من البحث.

بسبب أن الحيوانات يمكنها نقل المرضات والمعدية للإنسان، فإن *E. coli* لا يجب عدم إهمالها؛ بسبب وجود القولونيات مقاومة للحرارة، فإن الافتراض لا يزال قائم في أن الماء ملوث برازياً وأن المعالجة غير مجدية.

البكتيريا *E. coli* يشار إليها بتوسع على أنها دليل للتلوث البرازي، كما أنه يستخدم بتوسع كمؤشر لفعالية المعالجة وعلى الرغم مع المؤشرات القولونية الأخرى، فإنها أكثر حساسية إلى المطهر أكثر من المرضات (على وجه الخصوص الفيروسات والأوليات). **ملاحظة** *E. coli* في الماء المغادر أعمال المعالجة ذي معنى مساوٍ للقولونيات الأخرى، ولكن غيابها لا يعني بالضرورة أن مؤشر المرضات قد تم إزالته. بسبب أن *E.coli* مؤشر التلوث البرازي الحالي، مع أي وجود موجب الاعتبار لا بد وأن تعطى لخطوات مهمة لأخذها لحماية المستهلكين. في حادثة لأكثر من عينة واحدة ذات علاقة تحتوي على *E. coli*، أو **ملاحظة** هيئة معنوية مثل انحراف المعالجة، نقطة التوجيه إلى الماء المغلي المقصود فيه للشرب، ربما يعتبر ملائماً (انظر الفصل السابع).

على أي حال، في العديد من المشاهدات ربما من المقبول أن نوجب الاستجابة لأخذ المزيد من العينات والفحص الصحي لوضع تقييم تفسير للنتائج الأولية.

البكتيريا *Enterococci* يمكن أيضاً أن تستخدم كمؤشر إضافي لفعالية المعالجة. وهي عالية المقاومة للجفاف وهذا ربما يكون مهماً للروتين المقاوم بعد النقطة الجديدة أو الطرح أو أنظمة التوزيع التي تم إصلاحها، أو لملاحظة التلوث للماء الجوفي أو الماء السطحي بواسطة ماء المطر السطحي. في بريطانيا تم استخدامها لتقييم معنوية النتائج غير المؤكدة من الكائنات الحية الأخرى (Gleeson and Gray, 1997).

يتم ملاحظة *Enterococci* بواسطة طرق الاستنبات البسيطة وغير المكلفة والتي تتطلب روتين ًمعملياً بكتريولوجياً عادي التجهيز، ولكنها تتطلب عاملين ذوي تدريب وكفاءة جيدة. والذين ربما يتعرضون إلى خطر صحي حيث إن بعض السلالات من هذه البكتيريا ممرضة.

(٢,٢,٣) نسب العد

نسب العد لبكتيريا *Streptococci* البرازية المقاومة للحرارة تم إعدادها كمعاني للاختلافات بين مصادر التلوث من الإنسان وبين الحيوان. نسب القولونيات المقاومة للحرارة إلى *Streptococci* البرازية أكثر من أربعة أضعاف ما تم اقتراحه للإشارة إلى أن مصدر الإنسان تتراوح نسبه لأقل من ٠,٧ لمؤشر المصدر الحيواني. هذه النسب عالية التغير. ربما تكون متغيرة بالإشارة إلى عدد المصادر، والتي غالباً متخصصة الموقع، وتختلف مع أثر مطهّر الماء الملوث وعمر التلوث (استناداً إلى اختلافات نسب البقاء للأنواع المختلفة من *Enterococcus*). كل تلك العوامل ذات أثر واضح في النسب. هذه النسب بناء على ذلك ليست ذات توصية طويلة كمعاني لاختلافات مصادر التلوث.

نفس التطبيقات تم اعتمادها لمعظم النسب المستخرجة من الدليل، والمؤشر والكائنات الحية الدقيقة الممرضة.

(٢,٢,٤) العد الكلي المباشر واختبارات الفاعلية

كمية العد الكلي، والحيوية أو فاعلية الكائنات الحية الدقيقة يمكن أن تكون ذات فائدة في تقييم المحتوى الكلي العام للميكروبات في الماء، النظافة العامة وسلامة أنظمة التوزيع. على أي حال، هذه الطرق عموماً ذات معنى صحي مباشر قليل، معظم الفحوص المباشرة تهدف إلى عموم الميكروبات أكثر من الكائنات الحية الدقيقة البرازية.

العد المباشر للبكتيريا يمكن أن يقدم معلومات أساسية عن عدد البكتيريا في الماء خلال التجهيز والمعاملة. باستخدام الصبغات الحيوية، فإن إتاحة الكائنات الحية المفردة يمكن تقييمها. أكثر تعقيداً فإن التقنيات يمكن أن تستخدم لتقديم معلومات عن المحتوى للنوع المصلي والنوع الجيني. تتواجد أعداد كبيرة جداً من البكتيريا الهوائية واللاهوائية في الماء وفقط تحضير قليل منها يمكن أن ينمو على البيئات الصناعية ومثل ذلك التقييم المباشر يمكن اعتباره أكثر تمثيلاً.

تؤدي الفحوص المجهرية بواسطة الترشيح على الأغشية المرشحة والبكتيريا تصبغ بواسطة صبغات حيوية أو غير حيوية. تتطلب الفحوص مجهراً جيداً جداً، ولكن ليس من الصعوبة إنجازها كما يمكن أن تعمل نسبياً تحت مبلغ منخفض. على أي حال، فإن محدودية الصحة المعنوية للنتائج تعني أن تلك الفحوص عموماً تجرى فقط كجزء من الأبحاث الدراسية.

أجهزة المسح الأوتوماتيكية والقياسات الخلوية الجارية يمكن استخدامها لتحديد العدد الكلي والحيوي أكثر سرعة من تلك التي بواسطة المجهر العادي (انظر الفصل الثامن). تلك الطرق على أي حال، الآن أكثر كلفة وتعقيداً من طرق المجاهر.

التقييم للأيض الميكروبي يمكن أيضاً أن يطبق لتقييم المستوى الميكروبي العام. وهذه يمكن استخدامها بواسطة قياسات كيميائية حساسة مثل تحديد الأدينوسين تراي فوسفات (ATP فوسفات على حامل الطاقة والمتواجد في جميع الكائنات الحية الدقيقة) ويستخدم لتقييم مستويات الميكروبات في الطعام والصيدلانيات، وأصبح سريع وبجهد بسيط لاستخدامه في فحص الماء. على أي حال، كما في حالة تقييم مستوى الميكروبات العام والتلوث غير البرازي فإنه محدود معنوي للصحة، ومثل ذلك فإنه لا يستخدم في الفحص الروتيني.

(٢,٢,٥) العدد البكتيري للبكتيريا متباينة التغذية ومكونة الجراثيم الهوائية

مستعمرات العد للبكتيريا متباينة التغذية الهوائية (والتي تنسب غالباً إلى أطباق العد متباينة التغذية HPC) والهوائية مكونة للجراثيم (أساساً *Bacillus* spp.) بكتيريا يمكن استخدامها لتقييم المحتوى الكلي للبكتيريا في الماء.

كما أنها لا تمثل كل البكتيريا المتواجدة في الماء، فقط تلك القادرة على النمو وإنتاج مستعمرات مرئية على البيئة المستخدمة وتحت الظروف السابق شرحها من الحرارة وزمن التحضين.

عدد المستعمرات عموماً يحدد بعد التحضين مباشرة عند ٢٢°م و٣٧°م لتقييم البكتيريا التي ربما لا تكون ذات علاقة بالتلوث البرازي. كما أنها ذات أهمية معنوية

صحية قليلة، ولكنها ربما تكون ذات فائدة في تقييم الفاعلية طويل المدى لمعالجة المياه، خصوصاً عمليات التخثر والترشيح والتطهير، حيث الهدف هو حفظ العدد قليل قدر الإمكان.

بينما العدد الفعلي ذو قيمة محدودة، لذلك فإن التغيرات من العدد العادي الموجود عند مواقع محددة ربما يكون ذي تحذير معنوي لتطورات. كما أنه أيضاً ربما يستخدم لتقييم نظافة وسلامة نظام التوزيع وصلاحية الماء للاستخدام الصناعي للأغذية ومنتجات الشرب، بينما العدد العالي يؤدي إلى الفساد.

طرق الاستنبات تستخدم لعد البكتيريا متباينة التغذية الهوائية يمكن تحويرها لحساب فقط الجراثيم عن تعريض العينات إلى درجة حرارة ٧٠-٨٠°م لمدة عشر دقائق قبل الزرع. عد البكتيريا الهوائية المكونة للجراثيم قبل المعالجة وبعدها ذات فائدة في تقدير فعالية المعالجة، ما إذا كانت إزالة أو تطهير تم وضعها كخلف لإزالة بويضات الطفيليات الأولية ولكن حجمها في هذه الناحية كما لو أنها لم تختبر.

عدد البكتيريا متباينة التغذية يمكن تطبيقه بواسطة طرق الاستنبات البسيطة وغير المكلفة والتي تتطلب روتيناً بكتيريولوجياً لتجهيزات معملية ويمكن أن تنجز نسبياً بواسطة شخص غير ماهر.

كما أنها ليست دليل للتلوث البرازي ولكن تقدم معلومات أساسية عن الاستنبات البكتيري وحيويتها. ولا تعتبر عموماً ذات خطر صحي على العاملين في المختبر، على الرغم من كونها من الميكروبات الانتهازية.

(٢,٢,٦) لاقمات البكتيريا

لاقمات البكتيريا (تعرف أيضاً بالفاجات) وهي عبارة عن فيروسات تصيب البكتيريا فقط. بعضها متساوٍ في الحجم وذات تصرف جيد للفيروسات المعوية للإنسان، كما أنها نسبياً يمكن ملاحظتها وعدها (انظر الفصل الثامن) المجاميع المختلفة والأنواع من لاقمات البكتيريا، خصوصاً تلك من بكتيريا القولون (الفاجات القولونية) وتلك من *Bacteroides* spp. تم إعدادها كأدلة للتلوث البرازي (وأيضاً تواجد الفيروسات المعوية) ومؤشرات لفعالية المعالجة للماء وعمليات معالجة المياه الملوثة.

استعرض (Leclerc, 2000) نشرة عن استخدام لاقمات البكتيريا ولخص إلى أنها ذات معنى محدود كدليل للتلوث البرازي والفيروسات المعوية. على أي حال، نشرة أخرى ذات دليل ومؤشر على أن لاقمات البكتيريا ذات جهد حجمي كأدلة للتلوث البرازي ومؤشرات لفعالية المعالجة (Sobsey *et al.*, 1995. Grabaw, 2001).

الفاجات المعوية: تقسم هنا إلى مجموعتين، كلاهم يحدث في الصرف الصحي والمياه الملوثة بالبراز، وعموماً تفوق في العدد الفيروسات في الإنسان. على أي حال، فإن تكرارات الحدوث في براز الإنسان والحيوان مختلف، وبعض الأحيان يلاحظ في البراز عند تكرار قليلة فقط. في هذه العلاقة، فإن الفاجات المعوية تختلف عن المؤشرات البكتيرية للتلوث البرازي.

الفاجات المعوية الجسدية: وهذه تصيب خلايا السلالات خلال الجدار الخلوي (جسدية)، مستقبلات وتلاحظ دائماً في براز الإنسان والحيوان، العائل المستخدم

البكتيريا *E. coli*. لاقمات البكتيريا (الفاجات المعوية) تلاحظ بواسطة عوائل من *E. coli* وهي عوائل متخصصة، كما أن معظم العزلات لا تصيب الأنواع البكتيرية الأخرى، متضمنة الأنواع والتي ربما تتواجد طبيعياً في البيئة المائية. من المحتمل، ولكن من غير المحتمل أن الفاجات المعوية الجسدية يكون حدوثها غير ذي علاقة بالتلوث البرازي.

على أي حال، فإن عدم فائدتها كدليل للتلوث البرازي والفيروسات المعوية محدود بواسطة المعلومات غير الملائمة لتاريخها الطبيعي.

كما أنها ربما عندما تتواجد في الماء الخام، فإنها تكون دليلاً ملائماً للتلوث البرازي ومؤشر للإخماد الفيروسي والإزالة أثناء المعالجة.

لاقمات البكتيريا الخاصة ذات FRNA (ذكر خاص لفيروسات قولونية): هذه الإصابة بكتيرية من خلال F أو الشعيرة الجنسية. على الرغم من كونها تتواجد فقط في براز تجهيزات صغيرة من الناس، فإنها توجد عادة بأعداد كبيرة في الصرف الصحي. استخدمت أساساً كدليل للتلوث بالصرف الصحي، وبسبب مقاومتها العالية نسبياً ومشابهتها للفيروسات، وكمؤشر إضافي لفعالية المعالجة أو للحفاظ على الماء الجوفي.

يوجد نوعان من الفيروسات القولونية الخاصة F، تلك التي تحتوي على RNA والتي تحتوي على DNA وكلاهما يوجد في مخلفات الإنسان، والحيوان البرازية. الفيروسات القولونية الخاصة F التي تحتوي على RNA متشابهة في الحجم والشكل وتكوينها الأساسي بالنسبة للعديد من الفيروسات المعوية للإنسان (شريط مفرد من RNA محاط بواسطة غطاء بروتيني) مثل astroviruses و calicivivirus وفيروسات التهاب الكبد الوبائي A و E . يوجد أربعة تحت مجاميع رئيسة من الفيروسات القولونية الخاصة F للحمض النووي RNA . بسبب أن هناك بعض الأدلة على أن حدوث تلك

المجاميع تختلف بين الإنسان والحيوانات الأخرى، فإنه ربما من الممكن التفريق بين تلوث الإنسان والحيوان عن طريق مجاميع تلك الفيروسات المعزولة من البراز الملوث للماء (Hsu *et al.*, 1995).

فاجات *Bacteriodes*: *Bacteroides* spp. من ما يفوقه عدداً من مجموعة القولون لبراز الإنسان (Gleeson and Gray, 1997)، مع *Bacteriodes fragilis* والتي تعد من معظم المتواجد المألوف للأنواع. وهي إجبارية لا هوائية ولا يظهر أنها تتضاعف في البيئة. فاجات *Bacteriodes* تم إعدادها كدليل للتلوث البرازي حيث إنه تم اعتبارها أكثر مقاومة للإخماد الطبيعي وعمليات معالجة المياه أكثر من المؤشرات البكتيرية كما أنها تمتلك معدل انحلال مشابه لذلك في الفيروسات المعوية للإنسان. مستندات الرسم، على أي حال، فإن أحجامها في الماء الخام ربما تكون أقل (تتطلب تركيز من أحجام كبيرة) وطرق الملاحظة في الماء حالياً ليست موثوقة تماماً.

تفحص الفاجات المعوية بواسطة طرق سريعة وسهلة وغير مكلفة والتي يمكن تطبيقها في الفحص المختبري الروتيني. بينما *Bacteriodes* الفاجية، على أي حال، تتطلب تجهيزات لاستنبات لا هوائي وتتطلب درجة عالية من المؤهلين ومصادر معملية. بعض طرق القياسات العالمية استخدمتها مثل (ISO 10705-1; 10705-2). وعموماً فهي غير معتبرة وذات خطر صحي للعاملين في المختبر، على الرغم من أن بعض سلالات العائل البكتيري ربما تكون فاجات انتهازية.

(٢,٢,٧) بكتيريا *Clostridia* المختزلة للكبريت والنوع *Clostridium perfringens*

بكتيريا clostridia المختزلة لكبريت بكتيريا اختيارية لا هوائية، مكونة للجراثيم، والتي تمثلها في معظم الصفات، البكتيريا *Clostridium perfringens* والتي تتواجد عادة في البراز (على الرغم في كونها أعداد صغيرة من *E. coli*). ما عدا البكتيريا *Clostridium perfringens* فإنها على وجه الحصر برازية المنشأ ويمكن أن تشتق من المصادر البيئية الأخرى.

الجراثيم يمكن أن تظل في الماء لفترات طويلة جداً، كما أنها تماماً مقاومة للتطهير. كون *C. perfringens* خصوصية البراز، لا تشبه مختزلة الكبريت من *clostridia* الأخرى، فإنها المفضلة في القياس البارامتري. البكتيريا *clostridia* ليست على أي حال، مفضلة في الفحص الروتيني لأنظمة التوزيع؛ بسبب طول بقائها وأنها ربما تفحص بعد فترة طويلة أكثر وبعيداً عن حدوث التلوث، والذي يقود إلى إمكانية إنذارات كاذبة.

وجود البكتيريا *C. perfringens* في المياه الجوفية في غياب *E. coli* و enterococci مؤشرات للتلوث عند بعض الوقت في الماضي والاقتراحات أن المصدر ربما يكون عرضة لتلوث متقطع الوجود النسبي إلى التطهير، فإن جراثيم *C. perfringens* لا بد وأن تزال بواسطة بعض الترشيح كتطهير حراري، فإنه بعيد الاحتمال لها أن يكون غير نشط.

وجودها في الماء المنجز، على أي حال، اقتراحات لنقص في عمليات المعالجة بالترشيح. تم افتراض أن اكتشاف جراثيم *C. perfringens* في المياه المعالجة ربما يشير إلى الفعالية للأبواغ الأولية والتي تمر خلال عمليات المعالجة.

طرق القياس العالمية المتاحة ($^{-2}$ISO 6461-6461) وطرق الكشف عن بكتيريا clostridia سهلة نسبياً للغرض، حتى تلك خطوة البسترة البسيطة المطلوبة لتعداد الجراثيم والظروف اللاهوائية عن الإجبارية والمطلوبة للبكتيريا *C. perfringens* .

الكشف عن البكتيريا clostridia يتطلب روتيناً أساسياً لمعمل بكتريولوجي. وهي غالباً ليست ذات خطورة صحية للعاملين في المختبر ولكنها ممرضة، كما أن التعامل معها بعدم الاهتمام يؤدي إلى نشوء تسمم غذائي وتلوث للجروح.

(٢,٢,٨) البكتيريا ***Pseudomonas aeruginosa*** و ***Aeromonas* sp.**

البكتيريا *pseudomonas* spp. و *Aeromonas* عبارة عن بكتيريا سالبة لصبغة جرام، كروية الشكل موجبة لاختيار Oxidase وغير مكونة للجراثيم ذات انتشار بيئي واسع، كما أن بعضها ممرضات انتهازية.

تتواجد البكتيريا *P. aeruginosa* عادة في البراز، والتربة، والماء، والصرف الصحي، ولكن لا يمكن استخدمها كمؤشر للتلوث البرازي، بما أنها ليست ثابتة بالنسبة لتواجدها في البراز والصرف الصحي، وربما أيضاً في البيئة المائية الغنية وعلى سطح المواد العضوية الملامسة للماء، على أي حال، فإن وجودها ربما يعتبر واحداً من العوامل المأخوذة في الحسبان في التقدير في صفاء خطوط المياه لأنظمة التوزيع. وجودها ربما يقود إلى الفساد في النوعية البكتيريولوجية، والذي يترافق غالباً مع زيادة في حرارة الماء أو انخفاض معدلات نظام التوزيع؛ نتيجة التذمر من الطعم، والرائحة، والعكارة.

تظهر البكتيريا *Aeromonas* ترافق غير خاص مع التلوث البرازي. معظم عمليات معالجة مياه الشرب تخفض عدد *Aeromonas* إلى مستويات منخفضة

ملحوظة، ولكن الماء المعالج الموزع يمكن أن يحتوي على أعداد كبيرة كنتيجة لنموها في الخزانات الرئيسة والأساسية. يعتمد إعادة نمو *Aeromonas* على المحتوى العضوي للماء، والحرارة والفترة الزمنية لشبكة التوزيع وتواجد مخلفات الكلورين (WHO, 2001) ليست *Pseudomonas* أو *Aeromonas* مؤشرات للتلوث البرازي، ولكن ربما يكونا ذا فائدة في الكشف عن إعادة النمو في أنظمة التوزيع. كلاهما يمكن ملاحظتهما بواسطة طرق زراعة بسيطة وغير مكلفة والتي يمكن تطبيقها في مختبر بكتيريولوجي روتيني.

كما أنهما على أي حال، تمتلكان خطورة صحية للعاملين في المختبرات حيث أن بعض السلالات من هذه البكتيريا ممرضة، البكتيريا *P. Aeraginosa* انتهازية ممرضة والتي تعطي أساساً إصابة سطحية بعد الاحتكاك بالمياه الملوثة بشدة (ولكن لا تحدث إصابة داخلية عن طريق الالتهام). سلالات من *Aeromonas* ضمنت في التلوث الداخلي ولكن ليس هناك دليل قوي أن تلك السلالات في أنظمة توزيع المياه من هذه الأنواع تقود إلى تلوث داخلي (WHO, 2001). سلالات *Aeromonas* ربما أيضاً تحدث تلوثاً للجروح.

(٢,٢,٩) اختبار الوجود – الغياب

التعرف على أن نوعية المياه الجيدة لمعظم العينات لا بد ألاّ تحتوي على أي مؤشرات ميكروبية، والكشف عن أي من تلك الكائنات يتطلب فاعلية، طوّر (Clark, 1968) اختبارات بسيطة للوجود والغياب. على الرغم من عدم الحديث بشدة بارامترياً، فإن تقنية الوجود والغياب (P-A) يمكن اعتبارها اقتصادياً خيارياً لتحليل بكتيريا القولون.

الحاجة لتحديد العدد الفعلي للقولون من خلال جميع العينات ثم كان موضع تساؤل، خصوصاً في ضوء حقيقة أن الدراسات أظهرت أن هذه الكائنات الحية تتجه إلى التوزيع غير النظامي (Pipes and Christian, 1984).

اختبار P-A، والذي أساساً يستند على طريقة العدد المحتمل منخفضاً إلى الأنبوبة المفردة، يعطي ببساطة مؤشراً على وجود أو عدم وجود بكتيريا القولون (Clark, 1980).

يستبعد الاختبار الأنواع الخاطئة المتلازمة مع تقنيات اللائحة شديدة التعقيد وسجلات الحفظ. اختبار P-A ذو فعالية لجهاز الفحص عندما يثبت أن الأعداد الصفرية للقولون المطلوبة ذات عدد كبير في العينات. على أي حال، فإنه من غير الملائم للاختبار عندما يكون التلوث مألوفاً وعليه فإنه من غير الموصى به للاستخدام لتحليل سطح الماء والكميات الصغيرة غير المعالجة من الإمدادات الحضرية أو الكميات الكبيرة من إمدادات المياه والتي ربما بواسطة الخبرة تتساعد مع صعوبات التشغيل والصيانة.

عدد ضئيل فقط من خبرة التحليل مطلوبة للشخص لإنجاز اختبار P-A؛ بسبب بساطة الطرق المتاحة. الاختبارات طوّرت لإتاحة الفحص في نفس الوقت للعدد الكلي لبكتيريا القولون و *E. coli*. يقدم اختبار P-A كعملية قياسية في قياسات APHA, AWWA, WEF (1998) ومع طرق ملاءمة وبرهنة كاختبار مفرد يمكن أن تكشف القولون الكلي، للبكتيريا *Aeromonas* و*Clostrdium* و*E. coli* والبرازية *Streptococci* و*Pseudomonas* و*Staphylococcus*.

(٢,٢,١٠) اختبار كبريتيد الهيدروجين

طوّر Maja *et al.* (1982) اختبار كشف بسيط جداً للتلوث البرازي لمصادر المياه يعتمد على الكشف عن إنتاج H_2S بواسطة البكتيريا. ويتم إنتاج كبريتيد الهيدروجين (H_2S) عن طريق بعض البكتيريا المتلازمة مع التلوث البرازي، مثل أعضاء من *Enterobacteriaceae* (مثل *Citriobacters*) وبعض البكتيريا الأخرى (مثل *Clostridia* المختزلة للكبريت ومنها *Clostridium perfringens*). على أي حال، فإن مختلف البكتيريا الأخرى لا تتلازم مع التلوث البرازي ولكنها قادرة أيضاً على إنتاج H_2S تحت ظروف خاصة. تنتج بعض البكتيريا (H_2S) عن طريق اختزال الكبريت وبعضها يؤكسد مكونات الكبريت، بينما بعض البكتيريا الأخرى تنتج (H_2S) بواسطة هضم الكبريت العضوي في الأحماض الأمينية وبعض المكونات الحيوية العضوية.

إن فوائد ومحدودية اختبار (H_2S) للتلوث البرازي للماء في الحالات الراهنة تم مراجعتها مؤخراً (Sabsey and Pfaender, 2002) باستخدام بيئة الزراعة مع ثيو سلفايت كمصدر للكبريت وأيونات الأمونيوم الحديدية كمؤشر، فإن بكتيريا محددة سوف تنتج (H_2S). وجود العناصر المعدنية الثقيلة، مثل أملاح الحديد، في البيئة تثبط بعض البكتيريا، على الرغم من أن البكتيريا *Salmnella* و *Citrobacter* و *Proteus* قادرة على إنتاج (H_2S) في هذه البيئة.

يستخدم اختبار (H_2S) في شريط الورق المجرّر والمحضّن مع عينة الماء. إذا كانت البكتيريا قادرة على إنتاج (H_2S)تحت ظروف الاختبار تواجدت في العينة، فإن إنتاج (H_2S) يحوّل الورقة إلى سوداء. الاختبار يمكن أيضاً أن يشير إلى شدة التلوث إذا تم استخدامه في طريقة الجزء النوعي بواسطة اختبار التخفيفات للعينة.

منذ التطوّر الأساسي، فإن العديد من التحويرات لاختبار (H_2S) الأساسي تم تسجيله في المراجع والآن هنالك العديد من اختبارات (H_2S) متاحة بسبب النقص في القياسات لهذه الاختبارات المختلفة، فإنه لإرضاء طريقة اختبار (H_2S) يمكن التوجيه بها للاستخدام.

أكثر قليلاً، فإنه لم يتم تأسيس أن اختبارات (H_2S) تكشف دائماً البكتيريا، المنتجة لكبريتيد الهيدروجين على وجه الحصر تتلازم مع التلوث البرازي.

وعلى أي حال، فإنه من المحتمل أن هذا الاختبار يمكنه الكشف عن بكتيريا أخرى غير برازية منتجه لكبريتيد الهيدروجين من المصادر الطبيعية، تقود إلى نتيجة موجبة كاذبة، في مصطلحات التلوث البرازي. بغض النظر عن المحدودية، فإن اختبار (H_2S) المحوّر يعتبر أداةً فَعَّالةً ذات فائدة للكشف عن المصادر المائية ومياه الشرب للتلوث البرازي، خصوصاً عند التجمعات الصغيرة بدون وسيلة اختبارات المياه في المعامل، أو كبساطة، بدائي، نظام التنبيه.

العلاقات بين طريقة (H_2S) ومؤشرات التلوث البرازي الميكروبي القياسي تم تسجيلها حتى إذا تم عمل الاختبار عند درجة حرارة الغرفة (بدون تحضين). على أي حال، فإن اختبارات (H_2S) لا يوصى بها كبدائل للمزيد من القياسات البارامترية الميكروبيولوجية الخاصة للتلوث البرازي، مثل *E. coli*.

(٢,٢,١١) الكائنات الحية الدقيقة الأخرى

الكائنات الحية الدقيقة الأخرى (مثل bifidobacteria وcadida/yeasts والبكتيريا المقاومة للأحماض... إلخ) تم اعتبارها في الماضي كقياسات بارامترية فعالة لنوعية مياه

الشرب. ولا واحد من تلك تم قبولها بتوسع كما أنه لا يوصى بها لقياسات بارامترية لتقدير مياه الشرب الروتيني.

(٢,٢,١٢) الممرضات

مختلف الممرضات من الكائنات الحية الدقيقة تم اقتراحها كمؤشرات للتلوث البرازي أو مؤشرات لفعالية المعالجة. على أي حال، هذه العملية لا تقدم درجة حماية للصحة العامة الممنوحة بواسطة المؤشر غير المرضي التقليدي أو مؤشرات لكائنات حية كما في حالة الاعتماد عند الكشف عن خطرٍ حقيقيٍ للإصابة. أكثر من فعالية الواحد. كما أنه من غير الممكن التحذير من كل الممرضات المعروفة، بالإضافة إلى العوامل المرضة والتي غير ملاحظة الآن. ومع ذلك، فإن التحذير من الممرضات يمكن أن يقدم معلومات إضافية ذات علاقة، بالإضافة إلى المقدم عن طريق القياسات البارامترية الميكروبية الإضافية، خصوصاً في البحث الملازم (مثال: في مشروعية معنوية المؤشرات لفعالية المعالجة). المعلومة المتصلة بوجود الممرضات في مياه الشرب أيضاً ذات أهمية عند الفحص لاحتمالية تفشي أمراض الميكروبات الناشئة في المياه (الفصل السابع). بالرغم أنه إذا كان الكشف فقط مخصصاً عندما يتم ملاحظة التفشي، فإن أهميته ربما أيضاً تقلل كثيراً بالإشارة إلى لوغاريتم الزمن بين التعرض وتطوّر المرض. حدوث التلوث القصير أو المعالجة الخاطئة ربما يمكن حلها بواسطة زمن حدوث المرض وتفشيه (Allen *et al.*, 2000).

حالياً، الكشف عن الممرض لا بد أساساً أن يكون ذو اعتبار لأسباب خاصة مثل الدراسات البحثية، وتقدير التجمعات المائية لنقطة الهدف في مصادر التلوث البرازي،

تقصيات التفشي، البحث إلى فعالية المعالجة، وغير ذلك. يعتمد الكشف الروتيني للمرض على العينات الملوثة والتي لا تقدم معلومات دقيقة لحدوثها في المصدر المائي أو الماء المعالج. وجود الأعداد الضئيلة من الممرضات الخاصة في الماء المعالج، وبخاصة ناتج عن حدوث أساس بدون أي دليل من مشكلة الصحة العامة. كشف الممرض في الماء المعالج ضروري. على أيٍّ حال، دائماً ناتج من الفحص المستقبلي والتقدير وتقييم الاعتبار للحاجة عن الاستجابة الفورية. الملاحظة والأعداد للممرضات بواسطة طرق الزراعة لابد وأن تتم فقط بواسطة أعضاء ذوي كفاءة، وفي معامل متخصصة وأجهزة وخطوات ذات ضمان حيوي ملائم. في حين أن معظم الممرضات تتواجد بأعداد قليلة في البيئة، فإن نتائج الزراعة في التعرض الفعلي تتواجد بأعداد كبيرة جداً. الطرق الجزيئية، الكيميائية أو المناعية ربما تظهر خطورة أقل، ولكن تركيز الأحجام الكبيرة للماء لا يزال يعرّض العاملين بالمختبرات لمستوى من الخطورة تتطلب تقديراً ومراقبة.

الفيروسات المعوية: بغض النظر عن الصرف الصحي ومكونات مفرزات الإنسان فإن المصدر الرئيس للفيروسات المعوية للإنسان في البيئة المائية والفيروسات المعوية عادة تتلازم مع التلوث البرازي للإنسان أو الحيوان. على أي حال، فإن الفشل في ملاحظتها لا يشير إلى غيابها في التلوث البرازي؛ بسبب وجودها في البراز ذو التغيّر العالي. كما أنها تستطيع المقاومة لفترات طويلة في البيئة كما أنها إلى حد ما مقاومة للمعاملة.

قوائمها يمكن أن تكون مكلفة والنتائج يمكن أن تأخذ أسابيع عديدة لإحراز ها. هل الطرق الجزيئية ليست مستخدمة؟ (انظر الفصل الثامن). أكثر قليلاً، فإن العديد لا

يمكن تنميتها تحت الظروف المعملية. كما أن ملاحظتها يتطلب تجهيزاً معملياً خاصاً وشخصاً ذا تدريب عالٍ. بالإضافة، فإن معظم الفيروسات المعوية ممرضة (للإنسان أو الحيوان)، وأن يكن عند مستويات مختلفة من الضراوة، والمزرعة الفيروسية لا بد وأن تجرى بواسطة شخص مناسب ذي كفاءة في مختبرات متخصصة مع تجهيزات ومتطلبات ملائمة من السلامة الحيوية.

الأوليات الطفيلية: بويضات *Cryptosporidium* والحويصلات *Giardia* تتلازم مع المصادر البرازية للإنسان والحيوان والمتضمنة الطيور والثدييات، على الرغم من أن الأنواع قادرة على إصابة الإنسان ومقتصرة على العوائل حارة الدم. على أي حال، فإن الإخفاق في عدم الكشف عن البويضات أو الحويصلات لا يؤخذ مؤشراً لغياب التلوث البرازي، وكما عددها في البراز ذي اختلاف كبير. تستطيع الاحتمال لفترات طويلة جداً في البيئة ومقاومه بشدة للمعاملة. بعض الأحيان توجد في الماء المعالج، عادة بأعداد قليلة، وعندما توجد في الإمدادات المرشحة فإنه يقترح نقص التخثر. كما أن حيويتها ذات صعوبة للتحليل ولكن غالباً إذا كانت غير الحيوية الموجودة ذات مؤشر لنقص المعاملة الفيزيائية والجهد للحيوية يتواجد بعض الأحيان. يمتلك استمرار العينات بعض القيمة في الكشف لمدى قصير في التشويش في المعاملة. وكما في حالة الفيروسات المعوية، فإن العديد من الأنواع ممرضة وعزلها وعدّها مكلف ويتطلب تجهيز معملي دقيقاً خاصاً مع خطوات وتجهيزات ملائمة من السلامة الحيوية وشخصاً ذا تدريب عالي الكفاءة (انظر أيضاً الفصول ٢، ٣، ٧).

الجدول رقم (٢,١). البارامیتر الميكروبي والصفات التحليلية.

بارامیتر	متصاحبة مع مادة برازية (مرضات)	خطورة للتحليل (مرضة)	سرعة القياس	التكلفة	الصعوبة التقنية	البحث في البيئة	المقاومة للمعاملة
القولون الكلي		L	M	M	M	M	L
القولون المقاوم للحرارة	M	M	M	M	M	M	L
Esscherichia coli	L	M	M	M	M	M	L
Faecal streptococci (enterococci)	M	M	M	M	M	M	ISD
النسبة بين العدد (أي بارامیتر)							
البكتيريا الكلي (مجهرياً)			H	M	M	H	H
البكتيريا الحية (مجهرياً)			M	M	M	H	M
البكتيريا الكلي (أتوماتيكياً)			H	H	M	H	H
البكتيريا الحية (أتوماتيكياً)			H	H	M	H	M
البكتيريا متباينة التغذية		L	M	M	M	H	H
بكتيريا لاهوائية المكونة للجراثيم		L	M	M	M	H	H
فاجات جسدية معوية	ISD	M	H	M	M	H	M
F فاجات RNA الخاصة	ISD	M	H	M	M	H	H
فاجات بكتيريدية	ISD	M	H	M	M	ISD	H
Sulphite-reducing clostridia		L	M	M	M	VH	VH
Clostridium perfringens	H	L	M	M	M	VH	VH
Pseudomonas, Aeromonas		M	M	M	M	VH	L
فيروسات معوية		H	L	H	H	H	H
حويصلات		H	L	H	H	H	H
بويضات		H	L	H	H	VH	VH

مفتاح: بيان ناقص غير ملائم: ISD، مرتفع جداً : VH ، مرتفع: H ، متوسط: M، منخفض: L.

الجدول رقم (٢,٢). البارامیتر الميكروبي للقابلية والملائمة.

بارامیتر	ملحق مسح صحي	صفة مصدر الماء	صفة الماء الجوفي	إزالة فعالية المعاملة	تطهير فعالية المعاملة	ماء معامل	دخول نظام التوزيع	إعادة النمو لنظام التوزيع	بحث تفتيشي
القولون الكلي	NR	NR	NR	NR	SA	S	SA*	S	S
القولونيات المقاومة للحرارة	SA	SA	SA	NR	SA	SA	SA*	S	S
Escherichia coli	S	S	S	S	S	SA	S*	■	S
Eaecal streptococci (entrococci)	SA	SA	■	■	■	■	■	■	S
النسبة بين العدد (على بارامیتر)	NR	NR	NR	■	■	■	■	■	■
البكتيريا الكلي (مجهرياً)	■	■	■	SA	SA	■	SA	S	S
البكتيريا الحية (مجهرياً)	■	■	■	SA	SA	■	SA	S	S
بكتيريا متباينة التغذية	■	■	■	S	S	NR	S	S	S
بكتيريا هوائية مكونة للجراثيم	■	■	■	S	S	NR	■	■	S
فاجات جسدية	SA	SA	SA	■	SA	■	■	■	S
F فاجات RNA خاصة	SA	SA	SA	■	SA	■	■	■	S
Bacteroides phages	SA	SA	SA	■	SA	■	■	■	S
فاجات بكتيريدية	NR	NR	NR	■	■	■	■	■	S
Clostridium perfringens	SA	SA	SA	SA	■	■	■	■	S
Pseudomonas, Aermonas	■	■	■	■	■	■	■	S	■
فيروسات معوية	S	S	S	NR	NR	■	■	■	S
حويصلات *Giardia* وبويضات *Cryptosporidium*	S	S	SA	S	NR	■	■	■	S

المفتاح: ملائم: S ، * في أنظمة التوزيع بدون باقي من المطهّر، ملائم خياري: SA، لا يوحى به: NR، معومات غير كافية: ISD، غير قابل: ■

(٢,٣) البراميتر غير الميكروبي

بالإضافة إلى القياسات الميكروبية هناك أيضاً مختلف التحاليل الفيزوكيميائية لنوعية الماء التي يمكن أن تقدم معلومات مفيدة عن الجودة (النوعية)، والتغيرات في النوعية للماء الخام وفاعلية تطبيق خطوات المعاملة. العديد من البارمتيرات يمكن تحليلها بذلك بسرعة عند تكلفة منخفضة من البارميترات الميكروبية والعدد يمكن قياسه عند خط ويمكن أن يقدم أوتوماتيكياً معلومات حقيقة للوقت الذي يمكن أن يرتبط لأجراس أو جهاز عملية المراقبة. البارمتيرات غير الميكروبية الموضوعة أسفل والملخصة، في نهاية الفصل في الجدولين رقمي (٢,٣) و (٢,٤).

لمعظم التحاليل غير الميكروبية، فإن الفائدة لاستخدامها جاءت من السرعة والبساطة في القياسات أكثر من الخصوصية في التحليل نفسه. جاء الحجم للاختبارات من تطبيقها كأهداف؛ لإعطاء إنذارٍ مبكرٍ خلال الفحص للمتغيرات أو الأحداث غير العادية، والتي بعد ذلك يمكن متابعتها بدقة أكثر.

(٢,٣,١) أحداث سقوط المطر

أحداث سقوط المطر واحدة من أهم العوامل المحدثة لتحليل مصدر نوعية الماء حيث تؤثر في السطح المائي والماء الجوفي (انظر الفصل الرابع). يجلب سقوط المطر للممرضات إلى وخلال الأجسام المائية ويمكن أن يحرك التربة، وإعادة العوالق، محدث غمر للملاحق والفقير المحفوظ ذو الخياطة، وتحلل الماء الجوفي خلال الترشيح وما إلى ذلك.

التنبؤ وأنظمة سقوط فحص المطر مثل الرادار، وجهاز الفحص المائي والتحكم الحساس يمكن الآن استخدامها؛ لتقديم ترخيص مع تحذير متقدم لأحداث سقوط الأمطار المبكر والتي ربما تؤثر في نوعية المياه والمعاملة. جريان الجداول والارتفاعات

يمكن قياسها على خط أو يدوي للتحذير من الأحداث المائية الرئيسة. على الرغم من أن عدم قياس الحمولة البرازية، فإن أحداث سقوط الأمطار عادة ذات تنبؤ فسادي في نوعية المصدر المائي وتتيح لقياسات وقائية ملائمة؛ لأخذها للإجراء الوقائي لنوعية الماء المعامل (المعالج).

(٢,٣,٢) الجريان

قياس الجريان للأسطح المائية، بالإضافة إلى الجريان خلال معالجة مياه الشرب يقدم معلومات مهمة تتعلق بالإتاحة وإنتاج نوعية الماء. الجريان البطيء في الأسطح المائية ربما يقود إلى تحلل حيوي لتركيزات عالية من الملوثات نسبة إلى خفض تخفيف المطروحات خلال المعاملة، فإن التغيرات في الجريان يمكن أن يؤثر بشكل معاكس للتخثير وعمليات الترسيب، بينما معدل الترشيح وزمن الاحتكاك مع المطهّر يعتبر مفتاحاً للعوامل في إنتاج ماء شرب آمن. الجريان يمكن قياسه بسهولة باستخدام قياسات مستمرة في الخط. التغيرات في معدلات الجريان مع أنظمة التوزيع يمكن أن تنتج عنها تعليق للرواسب وفساد للإمدادات.

(٢,٣,٣) اللون

اللون في ماء الشرب ربما يكون ناتجاً عن وجود مادة عضوية ملونة مثل المكونات الدبالية، والمعادن كالحديد أو المنجنيز، أو مخلفات صناعية شديدة اللون. ظهور اللون في الماء يحدث بواسطة امتصاص الأطوال الموجية الخاصة للضوء بواسطة المواد الملونة (لون حقيقي) أو بواسطة تشتيت اللون بواسطة الجزيئات المعلقة، معاً فإن هذه يطلق عليها اللون "المرئي". المعاملة تزيل معظم المادة المعلقة، والقول عموماً، أن

ماء الشرب لا بد أن يكون عديم اللون. المصادر المائية عالية في اللون الخفيف يمكن أن تعامل لإزالة اللون بواسطة الأكسدة مع الأوزون وتمتص إلى الكربون الممتص.

التغيرات في اللون من اللون المرئي العادي يمكن أن يقدم إنذاراً لاحتمال تغيرات نوعية أو علامات للصيانة والتي يجب أن يتم البحث عنها. كما أنها ربما على سبيل المثال، تعكس التحلل للمصدر المائي، ومشكلات التآكل في أنظمة التوزيع، التغيرات في أداء عمليات المعالجة المدمجة (مثل مرشح الكربون النشط) وما إلى ذلك. من البساطة والقلة، القياس باستخدام جهاز شدة الضوء النسبية بين مختلف أجزاء الطيف (spectrophotometer) أو مقياس الشدة اللونية (colorimeter) أو باستخدام مقارنة مرئية مع معيار معلوم.

(٢,٣,٤) الرقم الهيدروجيني

يؤثر الرقم الهيدروجيني للماء مع عمليات المعالجة، خصوصاً التخثير والتطهير مع مركبات كلورين القاعدية. التغيرات في الرقم الهيدروجيني للمصدر الماء لا بد وأن يبحث عنها لكونها ثابتة بارامیتر نسبياً فوق الفصل القصير وأي تغيّر غير عادي ربما يعكس الحدث الأساسي. الرقم الهيدروجيني عادة يتم ضبطه كجزء من عملية المعالجة كما يجب ملاحظته باستمرار. جهاز الفحص المستمر وسجل النتائج متاحة عند سعر معقول، كما أن شريط من الورق البسيط أو اختبارات اللون متاحة أيضاً، بينما هذه ذات سعر أقل فإنها يمكن أن تقدم معلومات ذات قيمة. طرق الفحص غير مكلفة، تتطلب مهارة عادية وتنجز روتينياً بواسطة العديد من المعامل وربما يكون هناك تواصل في الموقع.

(٢,٣,٥) المواد الصلبة

يحتوي الماء عادة على بعض الجزيئات العضوية الخاصة والتي تتراوح بين العضويات القاعدية أو المواد غير العضوية والتي لا تصفى إلى الغرين، الطحالب، العوالق أو الأنقاض لجميع الأنواع والتي يمكن بسرعة أن تصفى تماماً.

في خزانات خزن الماء الخام والأجزاء الأخرى الكبيرة، فإن الأمراض يمكن أن تستخدم لقياس عمق الماء خلال ما يرى واضح من القرص (مثل الشفافية). العوالق الصلبة يمكن قياسها بطريقة غير مباشرة كعكارة، والتي تعتمد على تشتت الضوء بواسطة الجزيئات في الماء (انظر الفقرة ٢,٣,٦) أو بواسطة عدد حجم الأجزاء (انظر الفقرة ٢,٣,٧). محلل حجم الأجزاء، جهاز Nephelometer والطرق الكيمو فيزيائية تقدم قياسات دقيقة للمواد الصلبة في الماء.

المواد الصلبة يمكن أن تذيب الصلبة أو المعلقات الصلبة في الماء: معاً فإنها يشار إليها على أنها الصلبة الكلية. كما يمكن قياسها مباشرة، منفصلة أو معاً بواسطة الفرق الكيمو فيزيائية باستخدام اتحاد من الترشيح والتبخير.

الماء المتبقي بعد التبخير قبل الترشيح وبعده وذلك خلال مرشح سعته ٠,٢ميكروميتر نسب إليه بالترسيب على أنه الصلبة الكلية، والأملاح الكية الذائبة.

طرق القياسات تم شرحها بوضوح (APHA, AWWA, WFE, 1998)، وتتضمن خطوات بسيطة مثل الترشيح، التبخير أو التجفيف عند درجات حرارة خاصة، ونتائج الوزن تسجّل بالمليجرام/لتر.

تؤثر كمية المواد الصلبة في الماء على كلٍ من عمليات الإزالة والتطهير. يتغير محتوى المواد الصلبة في الماء معنوياً مع الفصول وحدوث تساقط الأمطار. التغيرات غير الاعتيادية في كمية أو نوع المواد الصلبة في المصدر أو الماء المعامل لا بد من بحثها. المواد الصلبة، ما إذا كانت الكلية أو الذائبة، يمكن أن تقدم معلومات عن مستوى التلوث

المائي. المواد الصلبة يمكن أن تؤثر على الطعم وهيئة ماء الشرب. أكثر قليلاً ، فإن الزيادة المعنوية في مستويات المواد الصلبة يمكن أن تنسب إلى التركيز من مدى المصادر مثل الماء الجاري من السطح ووجود الملوثات المائية.

التحاليل الإيصالية يمكن أن تستخدم لعكس تراكيز الأملاح الكلية الذائبة ويمكن أن تطبق على طول الخط ، على الرغم من أن التوصيل يعكس أساساً المحتوى المعدني.

نسبياً فإن كمية ضئيلة من ملوحة الماء تحدث تغيراً واضحاً في التوصيل ويمكن أن تقدم مؤشراً للتلوث مع المياه كثيرة الملوحة ، مثل معظم أنواع الملوثات المائية (بالرغم من الملوثات المائية نموذجياً أكثر طلب أهمية للملوحة من الماء العذب السطحي).

العديد من طرق الاختبارات للمواد الصلبة مكلفة ، البعض منها يتم عمله في الحقل أو حالاً ، والبعض يتطلب بناءً تقريبياً ، والأخرى يمكن إنجازها روتينياً بواسطة العديد من المعامل مع تقديم النتائج خلال ساعات.

(٢,٣,٦) العكارة

تقاس العكارة في الأجسام الصلبة المعلقة. وقد تم إفرادها هنا ، بسبب أنها ربما ذات التطبيق الأكثر أهمية وتستخدم بتوسع القياسات البارامترية غير الميكروبية والتي يمكن أن تقدم معظم النتائج المفيدة من خلال عملية استخلاص ومعامله الماء.

لا تتصاحب خصوصاً مع المادة البرازية ، وكما أن الزيادة في العكارة غالباً يصاحبها زيادة في أعداد المرضات ، متضمنة الحويصلات أو البويضات. العكارة غالباً تحدد بواسطة قياس كمية الضوء المتشتت بواسطة جزيء المادة في الماء باستخدام جهاز nephelometer . الأجهزة لقياس العكارة تعاير باستخدام قياسات تجارية مضمونة

ومتاحة لمعلقات من formazin معلومة في جهاز Nephelometric وحدات العكارة (NTU). المستوى المنخفض يقاس عن طريق جهاز neplelometer الحديث وهو حوالي ٠,٠٢ NTU. أجهزة Nephelometers متاحة كخط متواصل لعدادات مترية عكارية ويمكن أن تقدم نتائج دقيقة بتنوع لفعالية الماء المعامل. يمكن للنتائج أن تجمع إلكترونياً وتحفظ في هيئة رقمية للتسجيل، للتحليل أو كجزء من عملية مراقبة تخطيطية.

العاملون في مجال الماء المستخدمون للمرشحات لا بد أن يكونوا قادرين على اكتساب أحجام ٠,٥ NTU أو أقل.

استناداً إلى الأنظمة في مختلف الدول فإن الأحجام خاصة تتراوح بين ٠,١ إلى ٥ NTU في الماء المعامل النهائي. عندما يكون الدعم المادي غير متاح لاستمرار الكشف، فإن قائمة القياسات عند فواصل مسموحة ومتكررة يمكن الحصول عليها باستخدام أجهزة منقولة بسيطة منخفضة التكاليف بعد هذه الأجهزة وسائل حاسب بسيطة. طريقة العكارة الرخيصة جداً تعتمد على الشفافية، والتي يمكن أن تستخدم القياس أقل من ٥ NTU، هذه ذات فائدة في حالات الإمدادات السكانية الصغيرة حيث أن المستوى العالي الحساسية غير مهم (WHO, 1997).

تؤثر عكارة الماء في عمليات المعالجة وخصوصاً التطهير مع قواعد كيميائيات الكلورين. من الأهمية معرفة صفات العكارة للمصادر المائية للاستجابة للتغيرات غير المفردة في العكارة. العكارة لمصادر الأسطح المائية ربما تكون متأثرة بشدة عن طريق أحداث سقوط الأمطار أو نمو الطحالب، وعليه فإن عمليات المعالجة لا بد أن يوصى بها للاستجابة لمثل تلك التغيرات.

تمتلك المياه الجوفية نسبياً عكارة ثابتة وأي تغيّر يعكس الحدث الأساسي المطلوب بحثه وتقييمه عن طريق التوصية للمعالجة لحلول نوعية الماء.

غالباً نسبياً فإن التغيرات الصغيرة ربما تكون ذات أهمية لتفشي مزمن Cryptosporidiosis المتصاحب مع التغيرات البسيطة في العكارة لوقت قصير نسبياً (Waite, 1997).

العكارة أيضاً قياس جيد لمدى تمت فيه إزالة عمليات المعالجة للمادة المعلقة. عكارة المرشح المائي لا بد وأن تفحص عند كل مرشح والنتائج أعلى من الأحجام المتوقعة لا بد من البحث فيها. فحص المرشح المرفق لوحده من عدد من المرشحات ربما لا يكشف إيجاز فقدي قليل للمرشح المفرد. هذه خصوصاً ذات أهمية استناداً إلى إزالة بويضات Cryptosporididal في كونها غير نشطة بواسطة المطهر الحراري، وفاعلية المرشح والتي تعني فقط معاني المعالجة لمراقبتها. الجهاز لاستمرارية الكشف والنتائج المعترف بها متاحة بسعر منخفض نسبياً. طرق الفحص غير مكلفة، وتتطلب بناء تقريبياً، وتنجز روتينياً عن طرق معظم المعامل.

(٢,٣,٧) تحليل حجم الجزيئات

الجزيئات في الماء تتوزع فقط على مدى واسع من الحجم. عدد وتعريف الجزيئات الكبيرة والطبيعية إحراز جيد بواسطة المجهر (انظر الجزء ٢,٣,٨). أجهزة مختلفة أخرى تم تطويرها لعد وقياس حجم الجزيئات في الماء. تقيس هذه الأجهزة مرور الجزيئات في القسم الحساس والتي فيها كل واحدة تم حسابها وحجمها استناداً إلى جهاز المولد ذي النبضة الإلكترونية. هذا النابض تناسبي لوصف الحجم ونوع الجزيئات. أجهزة المولدات تسجل على عدد الجزيئات لكل قسم من الحجم المختار. هناك أنواع مختلفة من الأجهزة المتاحة، ولكنها جميعها ذات حاسب آلي، وغالباً

معقدة وغالية. و تتطلب أيضاً عيارية باهتمام لتوليد نتائج مقارنة بين مختلف الأجهزة. كما أنها ذات فائدة خاصة في تحديد فعالية الترشيح خلال معاملات مياه الشرب.

مراقبة إزالة الجزيئات ذات مدى ميكروميتر في الحجم ٢-٥ (مثال حجم حويصلات *Giardia* أو بويضات *Cryptosporidium*) تعتبر حالياً تقييم لإثبات فاعلية إزالتها.

عدد الحبيبات يمكن أن يقدم فهرساً عاماً لفاعلية الإزالة كمراقبة بارامترية جيدة النوعية للترشيح. على أي حال، العوامل الأخرى غير الحجم (مثل الشحنة الكهربائية على الجزيئات) ربما تؤثر في خطوات الإزالة. الكشف عن حجم الجزيئات متاح على خطوط الأجهزة، على أي حال، وكما تمت الإشارة إليه سابقاً، فإن الجهاز مكلف ويتطلب بناء عالي المستوى أكثر من تحليل العكارة.

(٢,٣,٨) التحليل المجهري للجزيئات

يقدم التحليل المجهري للجزيئات معلومات مجهرية عن طبيعة الجزيئات في الماء. الجزيئات الحيوية (الحويصلات، الديتومات، الفطريات، العوالق الحيوانية والنباتية) والجزيئات غير العضوية توصف ويمكن عدّها. من المهم تعريف التلوث في الماء الجوفي، عن طريق تجهيز معلومات عن طبيعة وكيفية نشوء التلوث. الماء الجوفي يتأثر بواسطة السطح المائي والذي يحتوي تماماً بكميات معنوية من الطحالب وجزيئات أخرى لا توجد عادة في الماء الجوفي المحمي. أساساً ذات حجم في أداة البحث والاكتشاف (انظر الفصل السابع) أكثر من كونها كشف روتيني يتطلب التحليل شخصاً ذا تدريب جيد، كما أن الزمن المستهلك والمنجز يتم بواسطة معاملة قليلة.

(٢,٣,٩) التحليل المجهري للجزيئات

يعتبر مطهّر الكلورين من أهم مطهرات معاملة المياه. للعديد من الممرضات البكتيرية، وبعض الفيروسات، فإن المطهّر الحراري يعتبر نقطة مراقبة حرجة للمعاملة وعليه فإن القياس الملائم ومراقبة عمل المطهّر وزمن الاتصال (بجانب قياس القيم الهيدروجيني والعكارة) أمر هام.

قياسات عمل المطهّر، والمتبقي المتحصل عليه وزمن الاتصال نتائج أساسية وتقدم مستوى منخفضاً لنوعية مستوى معاملة الماء وتركيز المتبقي خلال وبعد التطهير يتطلب قياساً عند معظم المعاملة المائية. عندما تكون هناك إمكانية فإن التركيز المتبقي بعد الاتصال لن ولن يراقب باستمرار، مع إنذارات ملائمة لمغادرات فردية من مدى الهدف من المعايير سابقاً، وفي بعض الحالات، فإن تجهيز سابق لإغلاق أتوماتيكي لعملية المعاملة ربما تكون ملائمة. والأجهزة للضبط المستمر وألواح النتائج متاحة أيضاً بأسعار معقولة. الفحوص اللونية البسيطة وغير الغالية التي تستخدم طرق المعايرة أو العدّة متاحة للتحديد اليدوي نسبياً بواسطة شخص قليل المهارة.

(٢,٣,١٠) المادة العضوية

نتائج مستوى المادة العضوية في الماء المعامل تقدم مؤشراً عن الفاعلية لإعادة نمو البكتيريا متباينة التغذية (والمتضمنة *aeromonads* ، *pseudomonads*) في أنظمة الحفظ والتوزيع. يمكن قياس المادة العضوية كمحتوى كلي للكربون العضوي (TOC)، المتطلب الأوكسجيني الحيوي (BOD) أو كمتطلب أوكسجيني كيميائي (COD). المتطلب الأوكسجيني الحيوي (BOD) يستخدم أساساً مع ماء المخلفات والماء السطحي الملوث، (TOC) فقط باراميتر ملائم لماء الشرب قياس تلك البارامير الثلاث تتطلب تجهيزات معملية أساسية وشخصاً ذا كفاء تدريبية. قياس (TOC) يمكن الحصول عليه

الآن على خط الجهاز. النتائج تقدم معلومات عن كمية المادة الموجودة في الماء ليست كل المادة العضوية المتاحة لتدعيم النمو البكتيري. على الرغم من أن (BOD) تعمل إلى درجة ، فإن عدد من الأجهزة مثل المشابه المعلّم للكربون العضوي (AOC) قد تم تجهيزها. هذه الطرق الأخيرة تتطلب شخصاً ذا خبرة وتجهزاً معملياً جيداً.

(٢,٣,١١) بارامترات كيميائية خاصة

تتأكسد الأمونيا بسرعة في البيئة وتوجد عموماً في المياه الطبيعية عند تراكيز أقل من ٠,١ ملليجرام/لتر. التراكيز المعنوية أعلى من مؤشر التلوث الواضح بواسطة المخلفات الصحية الحديثة ، والتي فيها مستويات الأمونيا نموذجياً عالية جداً (عشرة إلى مئات ملليجرام/لتر). نسبياً فإن بساطة وسرعة الفحوصات في الحقول متاحة لقياس الأمونيا والتي يمكن استخدامها كعرض أساسي.

تتحد الأمونيا بسرعة مع الكلور لإنتاج كلور الأمين والذي يعد أقل فاعلية في التطهير ولكنه أكثر ثباتاً.

تم تجهيز قياس البورون كمؤشر للتلوث البرازي. أملاح البورون تم استخدامها كمرطب وفلوريت الكالسيوم كمبيّض في مساحيق التنظيف ، مما ينتج عنه وجودها في الماء الملوث. استخدامها ، على أي حال ، قد تم إيقافها بتوسع والتي تخفّض بوضوح حجم هذه القياسات كمؤشرات للتلوث بمخلفات المياه والصرف الصحي.

المواد المفرزة ، مثل هوائيات البراز ، مفرزات البروتين المناعي من النوع A ، كافيين ، يوروبلين وأعداد أخرى للقياسات تم اقتراحها كمؤشرات للتلوث البرازي. ملاحظتها وقياسها يتطلب عادة معامل ذات تجهيز جيد مع شخص ذي خبرة. البحث

عن استخدام هذه القياسات متطور وكما هو حالياً، فإنه لا يوصى بها في الكشف الروتيني.

الجدول رقم (٢,٣). الوصف التحليل القياسي غير الميكروبي.

بارامير	سرعة القياس	إمكانية الخط الكشف أو الأوتوماتيكي	الثمن	الصعوبات التقنية
أحداث سقوط الأمطار	H	H	L	L
الجريان	H	H	L	L
اللون	H	H	L	L
الرقم الهيدروجيني	H	H	L	L
الصلبة (الكية والذائبة)	M	*L*	M	M
التوصيل	H	H	L	L
العكارة	H	H	L	L
تحليل حجم الجزيئات	H	H	H	H
تحليل الجزيئات المجهري	H	*L*	H	H
المتبقي من المطهر	H	H	L	L
المادة العضوية (COD ، BOD ، TOC)	M	H	M	M
الأمونيا	H	M	M	M
المنظفات (بورون – الفلورايت الجيري)	■	■	■	■
مفرزات البراز السبروتين المناعي A، كافيين، يوروبلين	■	■	■	■

المفتاح: L : منخفض M: متوسط H: عالي ■ : غير ملائم

الجدول رقم (٢,٤). البارامتير غير الميكروبي التطبيقي والملائم.

بارامیتر	فحص صحي (مثبت)	وصف مصدر الماء	وصف الماء الجوفي	فاعلية المعاملة (الإزالة)	فاعلية المعاملة (التجهيز)	الماء المعامل	نظام التوزيع (الدخول)	نظام التوزيع (إعادة النمو	بحث التفتيش
أحداث سقوط المطر	S	■	■	■	■	■	■	■	S
جريان	S		■	■	S	S	■	S	S
اللون	■	■	■	■	■	S	■	■	S
الرقم الهيدروجيني	■	■	■	■	S	■	■	■	S
الصلبة (الكية والذائبة)	S	S	S	■	■	■	■	■	S
التوصيل	S	S	S	■	■	■	■	■	S
العكارة	S	S	S	S	■	■	■	■	S
تحليل حجم الجزيئات	■	■	■	S	■	■	■	■	S
التحليل المجهري للجزيئات	■	■	S	■	■	■	■	■	S
المتبقي من المطهر	■	■	■	■	S	S	SA	■	S
المادة العضوية (TOC ، BOD ، COD)	S	S	S	■	■	■	■	S	S
الأمونيا	S	S	S	■	■	■	ISD	■	S
المنظفات (بورون — الفلوريت الجيري)	NR	NR	NR	■	■	■	■	■	■
مفرزات البراز البروتين المناعي A، كافيين، يوروبلين	■	■	■	■	■	■	■	■	■

المفتاح: S: ملائم SA: ملائم خياري ISD: نتيجة ناقصة NR: لا يوصى به ■ غير ملائم

(٢,٤) الملخص

ليكون ماء الشرب صحياً لا بد من عدم وجود خطر العدوى (التلوث)، أو أن يحتوي على تراكيز غير مقبولة من الكيميائيات الخطرة للصحة ومقبول جمالياً للمستهلك.

أخطار العدوى التي تتصاحب مع مياه الشرب أساساً تلك التي تحدث بواسطة التلوث البرازي، ومراقبتها تعتمد على القدرة على تحليل الأخطار القادمة من أي مصدر مائي مع تطبيق معاملة ملائمة للحد من الأخطار المعروفة.

أكثر من المحاولة لكشف وجود الممرضات، عند زمن حدوث تعريض الاستهلاك لإمكانية العدوى، فإن التطبيق عن الكائنات الحية، وذلك يظهر وجود التلوث البرازي و تعد ذات فاعلية لوجود الممرضات، والعدد من القياسات الميكروبية تم استخدامها كمؤشر إحيائي لإعطاء مؤشر عن كمية التلوث البرازي للمصدر المائي، المتقدم البارز بكتيريا *E. coli* . من المهم أيضاً القدرة على التأكد من فاعلية خطوات المعالجة عند التخلص من أي ممرضات والتي ربما تتواجد في المصدر غير المعالج، والمؤشر الإحيائي يؤكد تلك الحقيقة.

بينما المؤشر الجيد يحتاج لأن يكون مقاوماً لخطوات المعالجة كمعظم الممرض فعال المقاومة، فإنه لا إشارة بارامترية مثالية. في الأساس، فإن المعالجة لا بد أن تكون قادرة لإزالة كل البكتيريا غير المكونة للجراثيم والفيروسات المعوية والأقل واجب إجباري، فان اختيار البراميتر يجب أن يكون للأكثر ملاءمة. هناك عدد من البراميترات الميكروبية ذات بعض الأهمية كمؤشرات أو دلائل وتلك تمت مناقشتها.

نوعية المياه يمكن أن تتلوث في التوزيع؛ بسبب دخول أو إعادة النمو وعليه فإن قياس إعادة فاعلية النمو تم شرحه. كما أن العدد من البراميترات غير الميكروبية تم شرحها، والتي تعطي معلومات ذات نفع عن النوعية، والتغيرات في النوعية، للمصادر المائية وفاعلية خطوات المعاملة.

المراجع

AlIen, MJ., Clancy, J.L. and Rice, E.W. (2000) Pathogen monitoring - old baggage from the last millennium. *Journal of the American Water Works Association* 92(9), 64-76.

Anon (1994) *The Microbiology of Water* 1994: *Part* 1 - *Drinking water.* Reports on Public Health and Medical Subjects, No. 71. Her Majesty's Stationery Office, London.

Anon (1999) *Waterborne pathogens.* A WW A Manual of water practices, M48. American Water Works Association, Denver, Colorado.

Armon, R. and Kott, Y. (1995) Distribution comparison between coliphages and phages of anaerobic bacteria *(Bacteriodes fragilis)* in water sources and their reliability as faecal pollution indicators in drinking water. *Water Science and Technology* 31(5-6), 215-222.

APHA, A WW A, WEF (1998) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewaters, 20th Edition.* American Public Health Association, Washington, DC.

Bartram, J. and Ballance, R. eds. *(1996)Water Quality Monitoring. A practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes.* E & FN Spon, published on behalf of World Health Organization and the United Nations Environment Programme

Chin, J. (2000) *Control of Communicable Diseases Manual. 1th Edition.* American Public Health Association, Washington, D.C.

Clark, J.A. (1968) A presence-absence (P A) test providing sensitive and inexpensive detection of coliforms, fecal coliforms and fecal streptococci in municipal drinking water supplies. *Canadian Journal of Microbiology* **14,** 13-18.

Clark, J .A. (1980) The influence of increasing numbers of non indicator organisms on the membrane filtration and P-A tests. *Canadian Journal of Microbiology* **15,** 827-832.

Fujioka, R., Sian-Denton, C., Borja, M., Castro, J. and Morphew, K. (1999) Soil: the environmental source of *Escherichia coli* and enterococci in Guam's streams. *Journal of Applied Microbiology SymposiumSupplement* **85,** 83S-89S.

Gleeson, C. and Gray, N. (1997) *The Coliform Index and Waterborne Disease.* E and FN Spon, London. pp194.

Grabow, W.O.K. (2001) Bacteriophages: Update on application as models for viruses in water. *Water SA* 27(2), 251-268.

Hsu, F.-C., Shieh, Y.-S.C. and Sobsey, M.D. (1995) Genotyping male-specific RNA coliphages by hybridization with oligonucleotide probes. *Applied and Environmental Microbiology* **61,** 3960-3966.

Hurst, C.J., Knudsen, G.R., McInerney, M.J., Stetzenbach, L.D. and Walter, M.V. (2001) *Manual of Environmental Microbiology 2nd Edition.* American Society for Microbiology Press, Washington, DC.

ISO 6461-1 (1986) Water quality - Detection and enumeration of the spores of sulphite-reducing anaerobes (clostridia) - Part 1: Method by enrichment in a liquid medium. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

ISO 6461-2 (1986) Water quality - Detection and enumeration of the spores of sulphite-reducing anaerobes (clostridia) - Part 2: Method by membrane filtration. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

ISO 9308-1 (1990) Water Quality - Detection and enumeration of coliform organisms, thermotolerant coliforms and presumptive *Escherichia coli*Part 1: Membrane filtration method. International Organization for Standardization, Geneva.

ISO 9308-2 (1990) Water Quality - Detection and enumeration of coliform organisms, thermotolerant coliforms and presumptive *Escherichia coli* Part 2: Multiple tube (most probable number) method. International Organization for Standardization, Geneva.

ISO 10705-1 (1995) Water quality - Detection and enumeration of bacteriophages - Part 1: Enumeration of F-specific RNA bacteriophages. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

ISO 10705-2 (1995) Water quality - Detection and enumeration of bacteriophages - Part 2: Enumeration of somatic coliphages. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

ISO 10705-4 (1995) Water quality - Detection and enumeration of bacteriophages - Part 4: Enumeration of bacteriophages infecting *Bacteriodes fragilis.* International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

Leclerc, H., Edberg, S., Pierzo, V. and Delattre, J.M. (2000) Bacteriophages as indicators of enteric viruses and public health risk in groundwaters. *Journal of Applied Microbiology* 88(1),5-21.

Manja, K.S., Maurya, M.S. and Rao, K.M. (1982) A simple field test for the detection of faecal pollution in drinking water. *Bulletin of the World Health Organization* **60,** 797-801.

Murray, P.R. (1999) *Manual of Clinical Microbiology.* American Society for

Microbiology Press, Washington, DC.

Pipes, W.O. and Christian, R.R. (1984) Estimating mean coliform densities of water distribution systems. *Journal of the American Water Works Association* **76,** 60-64.

Sobsey, M.D., Battigelli, D.A., Handzel, T.R. and Schwab, KJ. (1995) *Malespecific Coliphages as Indicators of Viral Contamination of Drinking Water.* American Water Works Association Research Foundation, Denver, Co. pp. 150.

Sobsey, M.D. and Pfaender, F.K. (2002) *Evaluation of the H2S Methodfor Detection of Faecal Contamination of Drinking water.* WHO/SDE/WSH 02.08. World Health Organization, Geneva.

USEPA (2001) *Protocol for Developing Pathogen TMDL. 1st Edition.* EPA 841-R-00-002. US Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, DC.

Waite, W.M. (1991) Drinking water standards - a personal perspective. In: *Proceedings of the UK Symposium on Health-related Water*

Microbiology., Morris, R. *et al.* (Eds.). International Association for Water Pollution Research and Control, London. pp. 52-65.

Waite, W.M. (1997) *Assessment of Water Supply and Associated matters in Relation to the Incidence of Cryptosporidiosis in Torbay in August and September* 1995. Drinking Water Inspectorate, London.

WHO (1993) *Guidelines for Drinking water Quality, Volume* 1: *Recommendations.* World Health Organization, Geneva.

WHO (1996) *Guidelines for Drinking water Quality, Volume* 2: *Health criteria and other supporting information.* World Health Organization, Geneva.

WHO (1997) *Guidelines for Drinking water Quality, Volume* 3: *Surveillance and control of community supplies.* World Health Organization, Geneva.

WHO (2001) *Guidelines for Drinking water Quality. Addendum: Microbiological agents in drinking water.* World Health Organization, Geneva.

الفصل الثالث

تقييم الخطر

P.R. Hunter, P.Payment,
N.Ashbolt and J.Barteran

(٣,١) المقدمة

يشرح هذا الفصل أساساً دور التحاليل التقنية في التقييم للخطر وخصوصاً أهمية نوعية الماء كمؤشرات بارامترية في هذه الخطوة.

تقييم الخطر بالعلاقة إلى إمدادات ماء الشرب في للضمان للعديد من الأسباب : (Percival *et. al.*, 2000)

- للتنبؤ بثقل المرض الناشئ في الماء على المجتمع ، تحت ظروف التفشي وغير التفشي. هذه المساعدة في تحديد أثر التحسينات في الإمداد المائي على الصحة والتي تعمل كفائدة تجاه التحسينات.
- للمساعدة لوضع قياسات ميكروبية للإمدادات لمياه الشرب والتي سوف تعطي مستويات مقاومة للأمراض مع الجماعات التي تشرب بالماء.
- لتحديد أكثر قيمة فاعلية خيارية لتقليل الأخطار الميكروبية الصحية لمستهلكي ماء الشرب.
- للمساعدة في تحديد المعاملة المثلى للماء لاتزان الأخطار الميكروبية ضد الأخطار الكيميائية من التطهير بواسطة المنتجات.

- لتقديم هيكل إيضاحي لمساعدة المؤسسات والأفراد لفهم طبيعة الخطر المائي وكيفية تقليل الأخطار. التركيز في هذا الفصل لمراجعة أهمية المؤشرات البارامترية لنوعية الماء والتحاليل الأخرى في محيط ثلاث عمليات مختلفة إلى تقييم المخاطر، اسمياً:
  - طرق الوبائيات
  - تقييم كمية الخطر الميكروبي (QMRA)
  - تقييم نوعية الخطر (متضمن مقام الخطر)

(٣,٢) ما هو الخطر

يمكن تعريف الخطر في هيئة بسيطة إمكانية الفقد، الضرر أو الإصابة. التعريف يتضمن فكرتين منفصلتين، احتمالية الحدوث وقسوة ذلك الحدث. هاتان الفكرتان موضحتان في الشكل رقم (٣,١)، وهذا الطراز يساعد في تمييز الإخطار لأي فعل لخفض الخطر. بوضوح فإن تلك الأخطار والتي تحتاج فعلاً سريعاً ذا احتمالية عالية وأخطار قاسية (أعلى يمين الربعية). تلك تحتاج قليلاً، إذا كان الاهتمام أقل احتمالية — شدة قليلة (أدنى يسار الربعية).

شدة الضرر		
	احتمال منخفض لشدة الضرر (لا بد إعطائه اهتمام متوسط الأولوية)	احتمال مرتفع لشدة الضرر (يحتاج إلى اهتمام أقصى عاجل)
	احتمال منخفض لشدة الضرر (ربما يمكن احتمال إهماله أو إعطائه اهتمام منخفض الأولوية)	احتمال مرتفع لضرر معتدل (لا بد إعطائه اهتمام متوسط الأولوية)

احتمال الحدوث

الشكل رقم (٣,١) ثنائي الأبعاد لتصنيف الخطر

بالرغم من بساطة هذين الطرازين البعديين، فإن هذه الخطوات تتيح الحساب أو كمية الخطر المختلف.

تلخيصاً"، فإن قاعدة الخطر في القرارات لا تزال غير موضوعية أو شبه كمية. حتى عند تقييم الخطر فإنه يظهر في هيئة موضوعية، أسلوب عددي وتعتمد هذه غالباً على الافتراض والتي نفسها غير موضوعية أو شبه كمية. واحدة من أهم المشكلات مع كل هيئات تحليل الخطر نوعية ومستويات غير أنها مؤكدة في معظم النتائج الأساسية (Macgill *et al.*, 2001).

(٣,٣) أنواع الدليل

تؤخذ النتيجة المستخدمة في تقييم الخطر من العمل البحثي على الحيوانات أو المتبرعين ومن تقصيات الأوبئة. تقصيات الأوبئة هذه ربما تتواصل خلال تفشي وانتقال المرض.

معظم المصدر المنتشر لنتائج الأوبئة على الأمراض مائية المنشأ والقادمة من تقصيات التفشي (الفصل السابع)، والتفشيات تقدم نتائج ذات قيمة جيدة لتقييم الخطر. خصوصاً، التفشي يمكن أن يقدم دليل واضح والذي فيه المرض الخاص يمكن أن ينتشر بواسطة الخط المائي.

تقصيات التفشي أيضاً تقدم معلومات جيدة عن ما هي الإخفاقات في الإمداد المائي وقيادة سلسلة التوزيع إلى الخطر الصحي.

هذا الخطر الممكن هو إستراتيجيات إدارية للتركيز على تلك الخطوات في سلسلة الإمداد المائي والتي فيها الإخفاقات التي من الممكن حدوثها. التفشي يمكن أيضاً أن يوجه لدراسات الأوبئة والتي تقدم معلومات جيدة عن كيفية علاقة العوامل غير المائية

وتأثيرها على الخطر للإصابة مع المرض التفشي. على أي حال، فإن نتيجة التفشي لها محدودياتها (Andersson and Bohan, 2001).

لأي ممرض خاص، فإنه نادراً ما تتم معرفة ما هي نسبة ثقل المرض نتيجة الانتشار المتقطع بواسطة الخط المائي.

وليس من المعلوم ما إذا كانت تلك العوامل مسؤولة عن الإخفاق الذي يقود التفشي أيضاً عوامل مسؤولة عن المرض المتقطع.

وهكذا فإن المعلومات التي تتكل فقط على التفشي ربما ليست قابلة للتناسب الأساسي للمرض الناشئ مائياً. أيضاً، تقصيات التفشي للمرض المتعلق بالماء ربما تكون منحرفة بواسطة معلومات الحدوث والضبط لما هو متوقع الحدوث للمتفشي (Hunter, 2000).

يمكن لدراسات هدف الأوبئة أن تقدم نتيجة جيدة للعلاقة بين قياسات نوعية المياه الخاصة والمرض للسكان. مثل هذه الدراسات يمكن أن توضح العلاقات بين عوامل الخطر لجميع الأمراض الناشئة في الماء وليست فقط تلك التي تصاحب التفشي. فصل الناشئة في الماء جزئياً من المرض المعوي من العديد من الخطوط الأخرى للإصابة يعد تحدياً والنتائج من معظم الدراسات الوبائية تظهر في كونها مستوى متصاحب بين ماء الشرب والقياسات البارامترية تحت الدارسة. هذه الدراسات غالباً عرضة للانتقاد في كونها نادرة الوضوح في قطعية استنتاجها، كما أنها معرضة بشدة للعديد من القواعد والعوامل المربكة.

التقييم النوعي للخطر الميكروبي (QMRA) كمعلومات في توزيع وتركيز للممرضات الخاصة في الإمداد المائي مع المعلومات عن نشر هذه الممرضات لتحديد الخطر على الصحة العامة. تقييم النوعية يعتبر دليلاً نادراً لم تتضح في الوقت الحالي

أهميته في تقييم الخطر (Macgill *et al.*, 2001) الطلبات للدليل تتعلق بعرض السبب ربما يكون مختلفاً جداً لذلك المستجيب.

تطبيقياً فإن كل جسم الدليل ربما يتضمن عدداً من الدراسات كل واحد مع قوة وضعف والتوظيف والتي غالباً تكوّن طرقاً وخطوات مختلفة جداً (Blumenthal *et al.*, 2001; Hass and Eisenberg, 2001).

عندما يكون تقييم خطر المرض استناداً إلى ماء الشرب فإنه من المهم اعتبار كل جزء الدليل، وتحديد كل قطعة من الدليل لنوعيتها.

إعطاء تضمين غير تأكيدي في كل دراسات الأوبئة معتمد على دارسة مفردة، حتى الواحد المتواصل بشدة، ربما يكون مضللاً.

(٣,٤) العمليات الوبائية للخطر

علم الأوبئة هو دراسة الأدلة أو انتقال المرض في السكان. التقصيات الوبائية تعتبر مركزية لتقييم الخطر (Blumenthal *et al.*, 2001)، كلاهما يقدما تثميناً للخطر، كما يقدمان نتيجة تزويد إلى طراز تقييم الخطر. تعريفات الأوبئة للخطر واضحة من تعريف استخداماتها عموماً، وهي موضحة في الجدول رقم (٣,١).

الجدول رقم (٣,١). تعريفات الأوبئة عن الخطر.

الخطر	التعريف
خطر كامل	عدد الحالات الحديثة التي تحدث مع عدد محدد من السكان خلال فترة زمن محدودة، عادة تنسب كحدث.
خطر مميز	نسبة حالات المرض نتيجة عامل خطر محدد.
خطر نسبي	النسبة بين الحدث المرضي في هذه الأعداد من السكان المعرضين لإمكانية عامل الخطر والغير معرضين.

تابع الجدول رقم (٣,١).

الخطر	التعريف
نسبة الفوائد	النسبة بين الاحتمال في أن البعض مع المرض يمتلك خبرة في عامل البيئة الجهدي والاحتمال في أن الضبط ذا خبرة في نفس العامل. يقدم تقييم للخطر ذو العلاقة للخطر في حالة دراسات الضبط (السيطرة).

يعتمد علم الأوبئة على المدى المحدد للطرق والخطوات لتحديد الخطر (تمت مناقشته بتفصيل في مكان آخر، على سبيل المثال Gordis, 2000). معظم الدارسات الوبائية يمكن تقسيمها كوصف، تحليلي أو اعتراضي. الدارسات الوصفية الوبائية وضعت لشرح انتشار الحالات المرضية في الوقت، المكان والشخص. نوعان من الدراسات الوصفية استخدمت للأمراض الناشئة مائياً وهي الدراسة البيئية ودراسة الوقت المتسلسل. الدراسات التحليلية عموماً لحالة المراقبة أو نوع الجماعة، وفيها تتم مقارنة الأفراد أو المجاميع. الدراسات الطارئة عبارة عن دراسات معملية والتي توضح أثر مختلف الطوارئ (العوارض) (مثل توفير نقطة استخدام المرشحات) في الخطر المرضي. الأنواع المختلفة من الدراسات تم شرحها في الجدول رقم (٣,٢).

الجدول رقم (٣,٢). أنواع الدراسة الوبائية المستخدمة في تقييم خطر المرض الناشئ من الماء.

نوعية الدراسة	الوصف	الفوائد وعدم الفوائد
الدراسة البيئية	تحديد العلاقة بين المرض وعوامل الخطر بواسطة مقارنة الحدث للمرض في المجاميع المختلفة مع مختلف التعرض لعوامل الخطر.	نسبياً غير مكلفة لعملها كما أن معدلات المرض ونتائج عوامل الخطر متاحة تماماً. بسبب أن النتائج فقط متاحة للمجاميع، فإنه من غير المعلوم ما إذا الأفراد مع المرض معرضين لعامل الخطر. جيدة لإيجاد فرضية، ولكن لا يمكن استخدامها كدليل لإثبات الوباء.

تابع الجدول رقم (٣,٢).

نوعية الدراسة	الوصف	الفوائد وعدم الفوائد
سلاسـل الدراسة الزمنية	تحديد العلاقة بين حدوث المرض في السكان والتغير في عام الخطر أعلى من الزمن.	نوع من الدراسة البيئية وعرضه لنفس الفوائد وعدمها.
دراسة حالة المراقبة	تحديد العلاقة بين المرض وعامل الخطر بواسطة مقارنة حدوث المرض في الأفراد المعرضين إلى المراقبات الملائمة.	نسبياً غير مكلفة لعملها. وتقدم نتائج على تعرض الأفراد لعوامل الخطر. بالمقارنة مع الأفراد الأصحاء.
دراسة الجماعة	مقارنة المعدل للمرض في اثنين، أو أكثر للسكان مع مستويات اختلافات التعرض أعلى من الفترة الخاصة للزمن على الأفراد المختارين بعشوائية.	نسبياً مكلفة لعملها. وتقدم نتائج على تعّرض السكان لعوامل الخطر. بالمقارنة مع المجاميع المختارين بعشوائية مفردة.
دراسة المعارض	مقارنة المعدل للمرض في اثنين، أو أكثر مجاميع (جماعة) للأفراد المختارين بعشوائية بعد التدخل في التغير في مستويات التعرض.	المقياس الذهبي لإثبات الوباء، ولكنها مستهلكة للوقت ومكلفة لعملها.

(٣,٥) الدراسات التي تربط الصحة بالقسم إلى المؤشرات

بينما العديد من الكائنات الحية الدقيقة تعتبر كعوامل مسببة في تفشي مختلف الأمراض، هناك نتائج أوبئة قليلة بخصوص مستوى استيطان الأمراض الناشئة في الماء ووصفها.

التعصب بين وصف الجماعات مع خط التعرض المعطى ومساهمتها إلى الطراز الكلي للمرض غالباً غير مؤكد. الدراسات التي حاولت تعريف طراز المرض الناشئ في الماء استهدفت الأمراض المعوية؛ لكونها الأكثر تكراراً وذات بساطة لقياس البروز المعاكس المصاحب مع ماء الشرب (Priiss *et al.*, 2002). هذا البروز المتكرر لا يمكّن

الباحثين من الحصول على معلومات سريعة أكثر من تلك التي مع أقل بروز مألوف (مثال التهاب الكبد) أو الخارجي الأقل تعريف والأكثر صعوبة للارتباط مع التعرضات الخاصة (مثال المرض الضار). على أي حال، فإن استخدام المرض المعوي كمؤشر للمرض المائي ذي العلاقة كمؤشر يعتبر ذا أعداد محدودة.

اعتماداً على كيفية تقييم قياس المعديات كمرض مثقل فإنه مختلف فعلياً منذ أن كان المرض يعتبر معتدلاً، خصوصاً بين البالغين، فإنه نسبياً قليل من الناس يقصدون الاهتمام الطبي وحتى غالباً إذا لم يكن لديهم مشكلات برازية.

تؤخذ العينات للبحث المخبري. وهكذا، فإن عبء المرض وتقديره يعتمد على أنظمة المراقبة الوطني لتقارير المختبر والتي فعلياً تستطيع معرفة العبء المرضي تحت التقييم (Wheeler *et al.*, 1999). وهذه قادت إلى استخدام التقرير المعدي ذاته في العديد من الحالات (نوقش في التالي).

هناك على أي حال، مشكلات مع استخدام التقرير المعدي ذاته كعلاقة للمرض، كالاعتماد عن كيفية المعديات تعرّف المعدلات والذي يكون مختلف فعلياً.

كيف تم جمع البيانات والتي أيضاً تؤثر بوضوح في تقييم عبء المرض؟

استعادة الدراسات، والتي فيها الأفراد يسألون ما إذا كانوا مرضى بالإسهال في الشهر الماضي، ومنه يمكن تقدير مرض أعلى بواسطة ثلاثة مرات تقريباً عندما قورنت بالدراسات المستقبلية والتي بها تم الاحتفاظ بنتائج المتبرعين في مذكرة يومية صحية (Wheeler *et al.*, 1999).

علاوة على ذلك، منذ أن كان المرض المعوي نسبياً اعتيادي وربما انتقل بواسطة معانٍ كثيرة، فإنه ربما من الصعوبة التمييز للإسهام للمرض الناشئ في الماء من الخلفية 'ضوضاء'. ضوضاء الربط بين القياس الثانوي لماء الشرب والمرض نسبياً بسيط

التوضيح. مثل ذلك التوضيح أصبح أكثر صعوبة لعمله كنوعية للإثبات المائي نحو خطوط الإرشاد لمنظمة الصحة العالمية (WHO, 1993; 1996; 1997). ختاماً، فإن الربط بين ماء الشرب عالي المعالجة والتي يحقق الأنظمة المحلية، كما هو موجود في معظم الدول الصناعية، والميكروبات الممرضة والتي فقط تم تسجيلها نسبياً في الوقت الحالي. على سبيل المثال، فإن كلا الإصابة بالممرضات الناشئة حالياً من *Giardia* و*Cryptosporidium* تم ربطها بوضوح لماء الشرب الذي يحقق أو يتجاوز القياسات الحالية، بتلك الوسيلة فإن ذلك تحدياً لأهمية القياسات الميكروبية للمؤشر التقليدي بالإضافة إلى فاعلية خطوات المعالجة (Gostin *et al.*, 2000).

(٣,٥,١) مياه الشرب غير المعاملة

في الدول النامية فإن هناك دليلاً متاحاً على أن نوعية المياه الضعيفة تحتوي على مؤشرات التلوث البرازي وأنها مصدر لمعظم الأمراض للسكان. هناك، على أي حال، معلومات قليلة عن العلاقة بالضبط بين الاثنين.

هناك دليل مادي حقيقي بين علاقة التحسينات في الإمداد المائي والصحة عموماً وفي نوعية مياه الشرب على وجه الخصوص، وإلى نتائج الصحة الخاصة (كثير التكرار للنقص في المرض الإسهالي).

تمتلك العديد من الدراسات الواضحة طرقاً فاصلة خاطئة (Blum and Feachem, 1983)، لكن اثنين من الدراسات المستعرضة تمتلك محاولة لتعريف يؤدي لدارسات أحسن؛ للكشف عن نتائج المرض (Esery *et al.*, 1991). معظم الدراسات أوضحت أنها كانت من الدول الأقل صناعياً ووسطية الانخفاض في المرض الإسهالي لحوالي ٢٦-٢٧٪ من العينات التي تم تسجيلها.

على أي حال، فإن نوعية المياه ليست نموذجياً ذات تقييم وفي بعض الحالات فإن فرصة إعادة التلوث ربما أنها ذات شك مطروح في فحص التغيّر الفعلي. في بعض الدراسات الأكثر حداثة، يوجد أكثر وصف جيد في التغيّر تم إحرازه مع القياسات الفعلية المعمولة لنوعية الماء (مثال Semenza *et al.*, 1998; [*E. coli*] Quick *et al.*, 1999; [chlorine, residual]).

ومع ذلك، فإن غياب تقدير التعريض من معظم الدراسات استخلصت أنها غير قابلة للاستخدام في هيئة تقييم الخطر وتتطلب وصفاً لجرعة الاستجابة للسكان.

(٣,٥,٢) ماء الشرب دون القياسي

في فرنسا، تمت دراسة Collin *et al.*,(1981) بعيدة النظر للأمراض المعدية والمعوية المتصاحبة مع استهلاك ماء الصنبور، باستخدام تقرير من الأطباء، الصيادلة والمدرسين.

سجّلوا خمس حالات وبائية متصاحبة مع مياه ذات نوعية ضعيفة لكن لم يحددوا مستوى الأمراض المعدية. نفس المجموعة وجدت علاقة بين Streprococci البرازية والمرض المعوي (Ferley *et al.*, 1986; Zmirou *et. al.*, 1987) في دراسة لأربعة وستين قرية مع الماء دون المعياري (القياسي). القولونيات المقاومة للحرارة، والقولونيات الكلية والعدد الكلي البكتيري لم تعمل أي مساهمة غير مستقلة مع المرض.

بحث Zmirou *et al.* (1995) عن أثر الكلورة لوحدها، في الماء الذي لم يحقق المعيار الميكروبيولوجي بطريقة أخرى. الماء الخام لحدوث الإسهال كان ١,٤ مرة أكثر

تكراراً في الأطفال من القرى، بينما الإمداد المائي ذو دليل للتلوث البرازي حتى بعد الكلورة. في إسرائيل فإن Fattul *et al.* (1988) أوضحوا تأثر الصحة لماء الشرب ولم يبينوا العلاقة بين تأثر الصحة والكلى أو القولونيات المقاومة للحرارة (البرازية).

سجل Beaudeau *et al.* (1999) العلاقة بين مستوى التطهير بالكلور والمرض الإسهالي في سكان مدينة Le Havre (فرنسا).

(٣,٥,٣) ماء الشرب المحقق للأنظمة الحالية

في الولايات المتحدة الأمريكية، كانت محاولة Batic *et al.* (1979) لاستخدام حالات من التهاب الكبد الوبائي A كمؤشر لخطر الصحة، ولكن لم يؤسسوا علاقة بين المؤشرات البارامترية التقليدية (القولون) وخطر تفشي الأمراض الناشئة في الماء (Batic *et al.*, 1983).

قدّر Craun *et al.* (1997) في الولايات المتحدة الأمريكية العلاقة بين المسايرة بين بكتيريا القولون وحدوث التفشي. وجدوا أن بكتيريا القولون تتواجد عادة في الماء خلال تقصي للتفشي ولكن كان ذلك خلال الأشهر المنصرمة، القولونيات تم الكشف عنها فقط في نصف الأنظمة وتحدث اعتداء فقط على الربع منهم. كان معدل الاعتداء ليس مختلفاً بين الأنظمة السكانية تلك الخبيرة في التفشي وتلك التي ليست منها.

في ناميبيا، واصل Sayel (1988) دارسة مشابهة ولم يلاحظ زيادة في الخطر للمرض المعوي المصاحب لاستهلاك مياه المخلفات المعاد تدويرها في كندا، هناك دراستان للمستقبل تم اقتراحها وهي ذات انسجام عالٍ جداً للأمراض المعدية ربما لا

تزال تنسب إلى استهلاك ماء الصنوبر، وحتى عندما الماء (فلسبار من مخلفات متحللة) يتجاوز تعليمات نوعية مياه الشرب الحالية.

(Payment *et. al.*, 1991; 1997). عكارة مياه الشرب المعاملة تم ربطها لتأثيرات الصحة في Milwaukee (Mackenzie *et al.*, 1994; Morris *et al.*, 1996)، Philadelphia (Schwar t2 *et al.*, 1997; 2000) وفي Le Haver (Beaucleau *et al.*, 1999) لا بد من الإشارة، على أي حال، إن تلك الدراسات للعكارة ونتيجة الصحة الملاصقة تعتبر 'بيئية'، حيث تم فيها قياس تعرض السكان أكثر من الأفراد، وكما في أثر الضرر من الانحراف نسبة لما يطلق عليه 'الخطأ البيئي' (Waltes, 1991) بينما هذه لا تعني أن هذه الدراسات لا أساس لها من الصحة، ولا يمكن أخذها كدليل للتلازم مع حقوق الملكية.

(٣,٥,٤) وظيفة الفهرس/ المؤشر البارامتري في تقييم الخطر على الصحة

خلال مسيرة القرن العشرين، فإن غياب قياسات الفهرس/ المؤشر البارامتري في مياه الشرب تنسب إلى الانخفاض المعنوي في تفشي الأمراض الناشئة مائياً. وهذا يعكس استخدام هذه الكائنات الحية، للإشارة إلى وجود التلوث البرازي ومن خلالها لمعلومات ثمينة في تأثير أو إخفاق النتائج التي كانت متراكمة تصاعدياً.

أكثر حداثة، التصاحب للتفشي والوباء المرضي تم ربطها لأمراض مائية المنشأ في غياب المؤشرات البارامترية التقليدية.

تخفق الأسباب غالباً في المعامل أو المنتج الملوث، ولكن الباراميترات القولونية (الكلي، المقاوم للحرارة أو *E. coli*) لا يمكنها تقديم معلومات عن إزالة وسكون الممرضات والتي فيها العديد من الطلبات تنسب لحجم التعرض الشديد للمعاملة، ومن هنا فإن قياسات القولونيات لا تزال ذات فائدة في الأغراض الخاصة التي تم

شرحها في مكان آخر من هذا الكتاب، ولكن الدراسات المستقبلية عن الأمراض الناشئة مائياً لا بد وأن توجه إلى البارامتيرات للمؤشر التقليدي (على سبيل المثال، تلك المشروحة في الفصل الثاني). هناك، على أي حال، لا يوجد قياسات مفردة مباشرة (متضمنة فحص مرض مباشر) متاح للتنبؤ عن نتائج الصحة في السكان. عدد العكارة والبرازي للبكتيريا Streptococci أساس المؤشرات البارامترية والتي أظهرت أنها ذات تلازم معتمد مع المستويات الفعلية للمرض في السكان.

(٣,٦) تقييم المخاطر الميكروبية الكمية

يعد QMRA عملية إلى الخطر تختلف من العمليات الوبائية في كون الأخيرة تهدف إلى قياس المستويات الفعلية للمرض في السكان؛ بينما السابقة محاولات لحساب الخطر مما هو معلوم، أو ممكن استنتاجه، عن تركيز الممرضات المحددة في الإمداد المائي أو عدوى هذه الممرضات للإنسان. أهميات الصلة بين QMRA والوبائيات تمت مناقشتها باستفاضة (Haas and Eisenberg, 2001).

(٣,٦,١) النموذج الرياضي لمخاطر الصحة

تأسيس تعّرض منصوب يعتبر الخطوة الأولى للتقييم الرياضي للمخاطر الميكروبية. الهدف هو تحديد إمكانية وجود الممرضات، هل استهلاك ووصف الممرضات هو الذي يحدد النتيجة.

العملية الكمية لتقييم المخاطر الميكروبية يستند على نموذج الخطر الكيميائي وقد تمت مراجعته بواسطة Haas *et. al.* (1999). كما في حالة تقييم الخطر الميكروبي، فإن

هذه صيغة إجرائية تتضمن أربع خطوات مفتاحية (الشكل رقم ٣,٣) كل واحدة تم تلخيص شرحها في الأسفل.

الجدول رقم (٣,٣). الخطوات الداخلية في تقييم المخاطر الميكروبية الكمية (حورت)من مجلس البحث الوطني، ١٩٨٣م)

الخطوة	الهدف
هيئة المشكلة وتحديد المخاطر	لوصف كل النصب البيئي والمرضات ذات العلاقة والتي ربما تحدث آثار فعلية أو مزمنة لصحة الإنسان.
تحليل جرعة الاستجابة	لإيجاد علاقات ملائمة بين تعرّض الممرض والعدوى أو المرض (من الدراسات الوبائية)
تقييم التعرّض	لتحديد حجم وطبيعة التعرض السكاني لكل ممرض محدد بواسطة طريق ، كمية أو فترة التعرّض.
وصف المخاطر	لتوحيد المعلومات من التعرّض وجرعة الاستجابة ، لإيضاح نتائج الصحة العامة ، والتي تؤخذ إلى حساب التغيّر والتقارير غير المؤكدة.

بينما هيئة العمل التفاهمي لكلا تقييم المخاطر الكيميائية والميكروبية تعتبر نفسها ، فإن الممرضات تختلف من الكيميائيات السامة في العديد من طرق المفاتيح :

- الاختلاف في مختلف السلالات للمرض الواحد لإحداث المرض (اختلاف جرثومي).
- الاختلاف يمكن أن يدخل في كون الممرض يمر خلال العديد من الإصابات الفردية.
- المرضات عموماً ليست معلقة بانتظام في الماء.
- يمكن للممرضات المرور من شخص واحد للعديد (انتشار ثانوي). ومن الصحيح أيضاً ولكن المعدية (غير القريبة) أو المرض (قريب) العائلي.

- مـا إذا كـان الـشخص أصـبح معـدياً أو مريـضاً لا يعتمـد فقـط علـى صـحة الشخص، ولكن أيضاً على المناعة الحية المتقدمة وجرعة الممرض.

(٣,٦,٢) تحديد المخاطر (تقييم المخاطر)

الكائنات الحية الدقيقة الممرضـة تم شـرحها نـسبياً في المحاضـرات العلمية، وجزء مـن الممرضـات الظـاهرة الناشـئة مائيـاً (Le Chevallier *et al.*, 1999a.b)، النتيجـة مـن وصفهم متاحة عموماً. تتضمن النتـائج المطلوبـة لعمليـة تقيـيم المخـاطر شـدة حـصيلة، قابليـة (طـول وقـصر مـدة المناعـة)، قابليـة الـسكان وثانويـة نقـل المـرض (شـخص لشخص).

حصيلة التعّرض تتضمن لا عـدوى، إصـابة غـير قريبـة ومـستويات مختلفـة مـن المرضية وموت جماعي.

الجنس، العمـر وبعـض هيئـات القابليـة ربـما أيـضاً تـؤثر علـى الحـصيلة. الـشدة المرضية أو الموت الجماعي ناتجة من التعرض للأمراض الناشئة في الماء معنوية في الـدول النامية، ولكنها نسبياً نادرة في الدول الصناعية.

(٣,٦,٢,١) التفشي

التواصل الموافق لتقييم المخاطر، أن المخـاطر لا بـد مـن تعريفهـا والتفـشي يقـدم معلومات مهمة بخصوص تقييم المخاطر الميكروبية الممرض المسؤول عـن التفـشي لا بـد من تعريفه، الشدة والقابلية للعدوى والتي يمكن وصفها، طرز النقل في الـسكان يمكـن دراستها ومراقبة القياسات يمكن تقديرها.

الإشراف على الأمراض مائية المنشأ يعتبر مفتاحاً لهذا التقييم وتحديد العامل الأساسي ويعتمد على زمن تمييز التفشي، وعليه فإنه يمكن الحصول على تحليل طبي وعينات بيئية ملائمة.

المهتمون والخبراء في التقصيات وذوو الأبحاث الروتينية للمعامل المحلية يمكنهم أيضاً التأثير فيما إذا كان العامل المهم تم تحديده (Forest *et al.*, 1996).

عينات البراز للإسهال، على سبيل المثال، تفحص عموماً للبكتيريا الممرضة، ولكن ليست للفيروسات. في معظم المعامل، فإن الفحص عن *Cryptosporidium* يؤخذ فقط إذا كان مطلوباً وإذا لم يكن متضمناً في الفحوصات البرازية الروتينية للبويضات والطفيليات الأخرى.

من هنا، فإنه ليس من المدهش أنه حتى في الولايات المتحدة الأمريكية، مع واحد من أهم التسجيلات الشاملة لتفشي الأمراض مائية المنشأ، بين عام ١٩٩٢-١٩٩٦م، فإن الكائن الحي المسبب لم يتم تحديده لأعلى من ٤٠٪ من الاستقصاء (Levy *et al.*, 1998).

نتائج نوعية المياه التي تم جمعها خلال أو بعد التفشي يمكن أن تكون ذات فائدة لتحديد أسباب التفشي ولمنع إعادة حدوثها. (الطرق المستخدمة لتقييم نوعية المياه الميكروبية تمت مناقشتها في الفصل الثامن واستخداماتها في تقصي التفشي تم شرحها في الفصل السابع). بينما نتائج الخلفية على مستوى التلوث البرازي إذا لم يكن تلوثاً من الصرف الصحي في الماء يعتبر ذو أهمية، فإن الدقة مطلوبة في تفسير النتائج عند إيجاد أو عدم إيجاد المرضات. على وجه الخصوص، جزيئات الأوبئة أو الطرق للأنواع

المقاربة ذات أهمية للتأكيد على أنه إذا كانت الأنواع التي تم تعريفها من الماء تعتبر أيضاً عاملاً موجوداً في العائل المصاب (الفصل السابع).

هناك جدل اعتباري أعلى من أعداد الأنواع للبكتيريا الانتهازية المرضة مع المرئي من السلالات غير الممرضة والتي ربما توجد في ماء الشرب، مقابل سلالات مختلفة (مع افتراض مصادر غير مائية) تسبب الأمراض (Edberg *et al.*, 1986; Havelaar *et al.*, 1992; Kuhn *et al.*, 1997).

(٣,٦,٢,٢) الممرضات الناشئة

كما في حالة الممرضات الحديثة والتي بدأ في وصفها في السكان أو في البيئة، فإن تأثيرها لنقلها بواسطة خط الماء لا بد من تقديرها. الصفات الأساسية والتي تتيح للمرض ليصبح مائي المنشأ يشمل:

- تطرز في البراز أو البول.
- طور بيئي مواصل.
- قدرتها على إحداث الإصابة عندما يتم استنشاقها أو ابتلاعها. الممرضات الناشئة تتضمن تلك ذات الزيادة الملاحظة في أهمية المساهمة للأمراض مائية المنشأ، بالإضافة إلى تلك حديثة الاكتشاف، والتي تشمل:
- الفيروسات: الفيروسات الحديثة Centroviruses، وفيروسات Caliciviruses للإنسان (تشمل الفيروسات Norwald-like) والكبد الوبائي E.
- الطفيليات الأولية: *Cyclosporea cayetanensis*، ومختلف Michosporidia و*Taxoplasma gondii*.
- بكتيريا: *Mycobacterium avium* المعقدة، *Helicobacter Pylori* والممرضات *Escherichia coli* و *Campylobacter jejuni* (Le chevallier *et al.*, 1999a,b).

- الطحالب الخضراء المزرقة السامة (البكتيريا الخضراء المزرقة) (Chorus and Bartram, 1999).
- معظم المرضات البرازية الفمية تم تحديدها كمسببات مرضية معوية حادة، ما عدا استثناء رئيسي موجود بفيروسات الكبد الوبائي A و E ، *Helicobacter Pylori*، *Salmonella typhi*، ودودة الانكلستوما المعدية. على أي حال، فإنه من الأهمية الإشارة (كما تمت الإشارة في الفصل الأول) إلى أن بعض الأمراض المألوفة والملاحظة (مثل التهاب المفاصل، والنوع الأول من السكر البولي، الإجهاض، والأعراض المتزامنة من (Guillain and Miller Fisher تتصاحب مع أو يتوقع حدوثها بواسطة التلوث مع المرضات البكتيرية أو الفيروسية المفرزة بواسطة الإنسان أو الحيوانات (Duim *et al.*, 2000; Frisk *et al.*, 1992. Gurgon and Diker, 1994; Havelaar *et al.*, 2000; Maki-Ikola and Granfors, 1992. Niklasson *et al.*, 1998).

(٣,٦,٣) تحليل جرعة الاستجابة

في حالة QMRA، فإن دراسات استجابة الإنسان للجرعة متاح للقليل من المرضات ويمكن استخدامها لتقييم أثر مستوى التعرض القليل لهذه الكائنات الحية الدقيقة (Haas and Eisenber, 2001).

طرازان من خطوات الإصابة تم إعدادهما: الطراز الأسي (الدليلي) (معادلة١) وطراز Beta-Poisson (معادلة٢). وتلك تم تطويرها افتراضات مصدقة عن خطوة الإصابة (التلوث العدوي). الطرز ربما تطابق النتائج المتاحة في ظواهر الإحصاء المقبولة وعلاوة على ذلك فإنها تقدم تقييمات مختلفة جداً للخطر عند الاستقراء المقدّر منخفض الجرعة، الحالة التي تسبب تكراراً مجادلة في تقييم المخاطر الكيميائية. في حالة

QMRA ، فإنه ربما من الممكن فحص جهد الملاءمة لفاعلية مختلف استجابة الجرعة عن طريق صحتها مع نتائج التفشي (Eisenbery *et. al.,* 1998) الطراز الأسي (الدليلي) :

معادلة (١) العدوى المحتملة = ١ – المتوقع (-rD)

حيث D جرعة المرض ، r جزء المرضات الباقي لإحداث العدوى

معادلة (٢) الطراز Beta-Poisson

العدوى المحتملة = ١ – $(D/I\ D_{50}+1)^{\infty}$

حيث D جرعة المرض ، ∞ و D/I D50 بارامتيرات توزيع beta المستخدمة لشرح التغيرات في البقاء.

إعطاء تهيئة لنتائج استجابة الجرعة ، مثل تعرض السكان لجرعات مختلفة من الكائنات الحية الدقيقة وقياسات الاستجابة (مثل العدوى) ، فإنه أفضل تطبيق بارامتري لعلاقة استجابة الجرعة ربما يكون محسوباً من خلال قياس عالٍ لتقنيات قوية الاحتمال.

الطرق تم استخدامها للفيروسات الممرضة للإنسان ، الطفيليات الأولية وبعض الممرضات البكتـــيرية (Haas *et al.*, 1999). نقاط محدودة للباراميترات يمكن بعد ذلك تقديرها ، وتستخدم كقواعد للجرعة المنخفضة للاستقراء التقديري (Kang *et al*., 2000). لا بد من الإشارة إلى أنه عموماً ، دراسات استجابة الجرعة تم مواصلتها على الأصحاء البالغين وربما لا تعكس الاستجابة لعموم السكان أو أنها ذات قابلية عالية لأجزاء من السكان.

خلال التفشي، فإن الأفراد يتعرضون لمختلف المستويات من الممرضات: حجم الماء المتناول ربما يترافق مع النتائج في مستوى التلوث المائي.

يمكن أن تقدم النتائج علاقة لاستجابة الجرعة تماثل دراسات المتبرعين. أكثر قليلاً، فإن المعلومات عن قابلية أجزاء سكانية (مثل الأطفال وتسوية المناعة) ربما أيضاً تكون قريبة، على سبيل المثال، فإن تفشي مائية المنشأ لمرض *Cryptosporodiosis* تشير إلى أن عموم السكان ربما يقلصوا الإسهال المائي والذي يدوم أياماً عديدة، بينما مرضى فيروس HIV ربما يحدث لغير المعالجين، ويموتوا بذلك فإنه يجب جلب حمل صحة معنوية أكثر إذا كان الأخير متضمن في تقييم المخاطر (Perz *et al.*, 1998).

قدمت دراسات المتبرعين المطعمة نتائج في استجابة الجرعة لمنحنى للعديد من الممرضات (Hass *et al.*, 1999). على أي حال، فإنه غالباً من الصعوبة الحصول على نتائج في الجرعات المنخفضة لمنحنى جرعة الاستجابة.

من الصعوبة أيضاً الاستقراء من السلالة المفردة لإعطاء طراز عام للمرض.

تختلف الجراثيم من السلالة الواحدة إلى الأخرى، والنتيجة غالباً مختلفة تماماً (مثال: *E. coli* المعوية الداخلية ضد السلالات غير المعوية الداخلية). المناقشة حول صحة الإنسان المعنوية لتعرض الإنسان مقابل السلالات الحيوانية من *Cryptosporidium Parvum* مثال آخر. تغذية تجريبية مع ثلاث سلالات بقرية مختلفة من *C.Parvum* ولدّ ٥٠٪ جرعات غير نشطة (ID_{50}) للبويضات في المتبرعين من الأصحاء بين ٩ و ١٠٤٢ (Okhuysen *et al.*, 1999).

مثل هذا المدى الوسيع يعتبر ذو جهد صعب، كما في حالة ID_{50} قياس لتحديد انحدار منحنى جرعة الاستجابة في حالة طراز beta-poisson.

تعقيد إضافي في أن وجود المناعة المتقدمة ربما يقدم حماية من العدوى والمرض عن جرعات منخفضة من البويضات (Chappel *et al.,* 1999)، وبتلك الوسيلة فإن التغير في الاستقراء لجرعة الاستجابة المنخفضة في النوع ليس محسوباً لأي طريقة حديثة.

نسبياً فإن قليلاً من النتائج أشارت إلى إحداث المنحنى ودرجة عدم التأكد فوق الموقع لكل نتيجة تشير إلى كونها عالية. كل نتيجة عينة وسطية تشير إلى الاحتمالية للمرض في الأشخاص المعرضين إلى جرعة منصوبة من المرض. الفاصل ذو الثقة لكل عينة وسطية سوف يكون وسيعاً. من غير المحبب أن كل إشارات القياسات تتطابق تماماً مع متوسطات المكان الحقيقية لكل جرعة.

في مثل هذه الظروف فإنه من الممكن أن يكون متأكداً عن ماهيه طراز جرعة الاستجابة لأن يكون الأحسن للتطبيق مع المنحنى الفعلي (كمقارنة لمنحنى متوسطات العينة).

وعليه، بعد ذلك، اهتمام غير مؤكد والذي فيها الطراز الجيد ينطبق على منحنى فعل الاستجابة للجرعة وما إذا كان البارامتير يجب أن يكون (Coleman and Marks, 1998) تأثير هذه غير المؤكدة معلمّة عند الجرعات المنخفضة (مثال: عند الجرعة التي معظمها ذات تجربة في الحياة الحقيقية). لذلك، فإن عدد المتنبأ من المرضى بعد تعرضهم لجرعة منخفضة يمكن أن تكون مختلفة بواسطة العديد من الطلبات الضخمة (Holcomb *et al.,* 1999).

(٣,٦,٤) تقييم التعرض

الجرعة الفعلية المستهلكة بواسطة الفرد غير معلومة عموماً فإنه من الصعوبة تقييمها. الطرق للكشف عن بعض المرضات ليست متاحة مباشرة، معظم المرضات

تحدث عند مستويات منخفضة جداً في الماء المعامل (المعالج) (عموماً تحت المكتشف). المستوى العام لبعض الممرضات (مثال: الفيروسات الداخلية، *Giardia*، *Cryptosporidium*)، على أي حال، متاحة للصرف الصحي والماء غير المعامل (المعالج). أحجام هذه المياه الخام يمكن استخدامها، على طول مع بديلٍ ملائمٍ مزال بواسطة المعالجة، لتقييم غير مباشر لمستوى ممرضات مفردة بعد المعالجة، وبذلك يقدم تقييماً للجرعة في الماء. الاستخدام الممكن للبدلاء والمؤشرات سوف يتم مناقشتها لاحقاً لمياه الشرب، فإن الحجم المتناول لكل تعرّض سوف يتم تعريفه نسبياً بعد دراسات عدة في عدد من الدول (مثال: Roseberry and Burmaster, 1992). حجم لترين لكل شخص في اليوم يستخدم غالباً لتقييم تعرّض ماء الشرب، ولكن هذه الجرعة لا تعكس الحقيقة في كونها فقط جزء من الحجم المستهلك غير المحوّر (خصوصاً غير فعلي). هذه مهمة في حالة QMRA لكائنات حية دقيقة غير نشطة بواسطة الحرارة، وعليه فإن استهلاك الماء في الشرب الحار أو المستخدم في إعداد طعام الأكل لن يكون عامل خطورة.

الفيروسات والطفيليات تمت ملاحظتها في ماء الشرب، والتي تظهر بطريقة أخرى آمنة، بدون عدم وجود أي أثر صحيٍ واضحٍ يصبح مرئياً في السكان المستقبلين (Bouchier, 1998). أسباب محتملة لهذه الملاحظات الكاذبة الموجبة، وجود ممرضات غير معدية ووجود الممرض في التركيز تحت ما هو متوقع حدوثه للمرض المشاهد في السكان. بالمقابل، فإن الأحجام الضخمة غير الحقيقية لماء الشرب تحتاج لفحصها على سبيل المثال التحقيق مستوى USEPA's المقبول لخطورة الميكروبات الناشئة مائياً ($<10^{-4}$ من العدوى لكل سنة – انظر ١,٥,١).

ترجمة هذه في حالة *Cryptosporidium parvum* تعني أن ٥٠٠ عينة من ٢٠٠٠ لتر لكل واحد سوف تحتاج لعمل تقييم فعلي معقول للتركيز المتاح (٧ × ١٠$^{-٦}$ لكل لتر) (Teunis *et al.*, 1996). أكثر قليلاً، استناداً على طرق الكشف المستخدمة، فإن جزءا غير معلوم للممرضات عزل من البيئة ربما غير قادر على إحداث العدوى. وعليه، يجب استخدام إستراتيجيات محوّرة موصاة لتقييم تركيزات الممرض.

تطبيقات بكتيريا القولون المؤشر التلوث للمصدر المائي، أو كما في الدليل لفعالية معالجة المياه أو إعادة التلوث للماء المعالج (المعامل) قدم معلومات قليلة عن تأثيرات الصحة في المناطق النامية برغم ذلك، فإن هذه الكائنات الحية يمكن أن تلعب جزءاً مهماً في تقييم أعداد الممرضات لمستوى عرض أو صف أول لمعنى QMRA.

على سبيل المثال. فإن القياس المباشر للفيروسات، الطفيلي الأولى والممرضات البكتيرية متاحة لتدفق الصرف الصحي، كما في حالة تقييم نتائج تفشي الممرضات لبراز بعض الحيوانات الأهلية. من هنا، فإن التنبؤ للممرضات في المصادر المائية يمكن عمله إذا كان الجزء النسبي ذو الثقل البرازي للإنسان أو الحيوان يمكن تقديره بواسطة القول، تحليل الإستيرولات البرازية (Leeming *et al.*, 1998). للبيئات والتي فيها الصرف الصحي يعتبر الملوث البرازي الأول، بعد ذلك فإن تخفيضات الممرض في المصادر المائية يمكن تقديرها مباشرة بواسطة تخفيضات القولونيات المقاومة للحرارة (مؤشر للتلوث البكتيري الممرض) وجراثيم *Clostridium perfringens* (مؤشر الفيروسات القاسية والأوليات الممرضة) (Medema *et al.*, 1997).

العوائق للمعاملة الفيزيائية، مثل أغشية ترشيح الرمل، وللتطهير بواسطة الكلور، الأوزون أو الأشعة فوق البنفسجية، البدائل لإزالة الممرض أيضاً مقبولة

عموماً. تعتبر الجراثيم الهوائية الكلية أو جراثيم *C.perfringens* بدائل معقولة للحويصلات والبويضات الطفيليات الأولية واللاقمات القولونية وربما أيضاً تكون ملائمة لفيروسات الإنسان المعوية (Facile *et al.*, 2000; Hijnen *et al.*, 2000; Ndiongue *et al.*, 2000; Owens *et al.*, 2000).

ملاحظة ذلك بينما اللاقمات المعوية تعمل كطرز جيدة لفيروسات الإنسان المزالة بواسطة المعاملات الفيزيائية، غير أنه ربما ليس في حالة الأكسدة المختلفة (Casteel *et al.*, 2000).

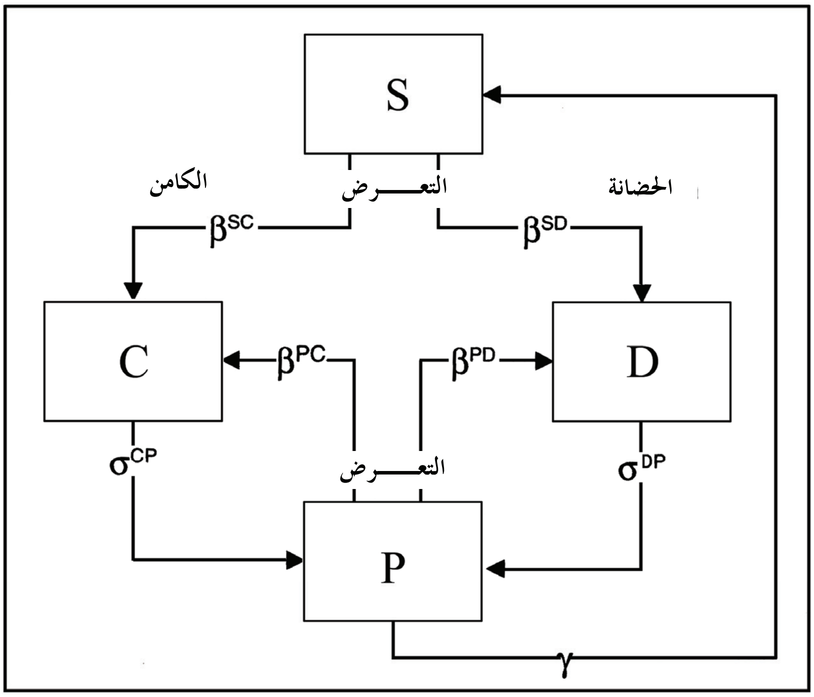
(٣,٦,٥) طرز المرض المعدي ووصف المخاطر

كما تم إيجازه في الفصول السابقة، هناك محاولات لتقديم تقييم كمي لمخاطر صحة الإنسان المتصاحبة مع التهام المرضات الناشئة مائياً والتي ركزّت عموماً على الطرز الساكنة والتي تحسب احتمالية العدوى الفردية أو المرض كنتيجة لحادثة تعرض مفردة ولكنهم لم يحددوا الخاصيات والتي تعد فذة لنقل المرض المعدي مثل النقل الثانوي، المناعة وفاعلية السكان (Hass and Eisenberg, 2001). لفهم أن الماء يلعب دوراً في نقل الممرضات الداخلية ولتقييم خطورة المرض الناشئ من ماء الشرب مع تحديد السكان يعد ذو أهمية لدراسة نظام نقل المرض الكامل، كما هو واضح في الشكل رقم (٣,٢). من المهم أيضاً ملاحظة مسارات الطرق الإضافية لشرح القصة الطبيعية للممرضات المعوية: الحيوان إلى البيئة- الإنسان، الإنسان إلى البيئة إلى الإنسان والإنسان إلى الإنسان (Eisenbery *et al.*, 2001). الفكرة الأساسية في طرز نقل المرض هي إعادة إنتاج عدد Ro، والذي يعرّف بكونه عدد العدوى الناتجة من تقديم حالة لمؤثر واحد إلى السكان من الأفراد المتأثرين.

وعليه فإن Ro عبارة عن قياس القدرة للمرض للتحرك خلال السكان.كما أن Ro >١ اقترحت أن الممرض يتضاعف مع الجماعة وهذا الانتشـــــار يزداد، وفيها Ro <١ اقترحت أن المرض يموت خارج السكان.

وجد أن Ro عند معدل تقريبي يساوي ١ ومنه تم اقتراح أن المرض مستوطن في السكان.

هناك طرق عدة لتقييم Ro لمختلف المرضات وفي مختلف البيئات المنصوبة (Dietz, 1993). الحصبة، على سبيل المثال، عبارة عن مرض تنفسي منقول عالي العدوى، وقد تم تقييمه للحصول على Ro تقريباً ١٤. الشلل، بالمقابل، ممرض مائي المنشأ ذي Ro تقريباً ٦.



الشكل رقم (٣,٢). طراز مفاهيم لطرق العدوى لفيروسات روتا (من Hass and Eisenberg, 2001).

S: قابل = غير معدي، غير مرضي

C: حامل = معدي، غير مرضي

D: ممرض = معدي، مرضي

P: متأخر معدي = غير معدي، غير مرضي مع مدة قصيرة أو جزيء المناعة

تلخيص الفصول السابقة، فإن جرعة الفرد اليومية للكائنات الحية الدقيقة الممرضة بواسطة بعض المنتج المحدد ربما يمكن حسابه استناداً إلى (Teunis *et al.*, 1996):

معادلة (٣) $\text{Dose} = C \times 1/R \times 1 \times 10^{-DR} \times V$

C = تركيز الكائنات الحية الدقيقة الممرضة في المواد الخام (المصدر) (أو المنتجات المعدة المحددة، إذا كانت النتيجة متاحة).

R = المسترجع من طريقة الكشف

1 = جزء الممرضات المكشوفة القادرة على العدوى (الحيوية).

DR = المزال من فاعلية غير النشط لعملية المعالجة، يعبر عنها كعامل خفض عشري (O=DR عندما التراكيز في المنتج النهائي متاحة).

V = الاستهلاك اليومي للفرد للمنتج الاعتباري.

في العديد من الحالات، فإن تقديرات المخاطر تبدأ من افتراض أن العلاقة لجرعة الاستجابة تقريباً خطية عند الجرعات المنخفضة، وعليه، فإنه عند الجرعات المنخفضة جداً، فإن حساب الخطر للعدوى ببساطة يتكون من تضاعف تقييم الجرعة مع علاقة انحدار جرعة الاستجابة.

تقييم الخطر اليومي ربما يمكن استقراؤه إلى خطر سنوي عندما P و P احتمالات العدوى بعد المفرد (مثل اليوم) المتعرض وبعد التعرضات المتكررة (مرات التعرض اليومية) على التوالي:

معادلة (٤)

$$P_n^* = 1-(1-P_1^*)^n \approx n \times P_1^*$$

التبسيط الأخير فعال طالما كان $P_1^* << 1$ (Haas *et al.,* 1999) . من المناقشة السابقة فإنه من المنظور أن نتيجة الميكروبات، ما إذا كانت ذات علاقة للمؤشرات البارامترية أو المرضات، ذات صلة وثيقة لتقييم طور التعرض لحالة QMRA. هذه تقدم تقييمات للمستويات الفعلية للممرضات في الماء أو احتمالية أن الماء تعرّض إلى التلوث البرازي، على أي حال، الحذر مطلوب للممارسة في افتراض العلاقة المباشرة بين هذا المستوى والخطر إلى الصحة. بعض النظر عن استخدام الأعداد والمعادلات الرياضية، فإن QMRA ليست حالياً علم مضبوط.

(٣,٧) تقييم المخاطر النوعية

الطرق النوعية لتحليل المخاطر الميكروبية وإدارة المخاطر مكان مألوف مع الصناعات الغذائية. يطبق كجزء لخطوات علمية تتضمن مفهوم تحليل المخاطر ونقاط التحكم الحرجة (HACCP) (Coleman and Marks, 1999)، والتي تم الأخذ بها حالياً بواسطة الصناعات المائية (Havelaar, 1994; Ba;rry *et al.,* 1998; Deere and Davison, 1998; Gary and Morain, 2000; Dcere *et al.,* 2001; Dewettinck *et al.,* 2001; Davison *et al.,* 2002). على الرغم من كون تعريف المخاطر وتقييم التعرض مسألة مألوفة عبر الطرق الكمية والنوعية، فإن طرز استجابة الجرعة وخطوات وصف المخاطر (الجدول

رقم ٣,٣) عادة تحل مع درجات المخاطر في التقييم النوعي. هذه الدرجات مشتقة عموماً من رأي الخبرة والملخصة كالتالي:

- احتمال لمسارات مخاطر محتملة.
- قسوة النتيجة من كل مسار.
- عدد الناس الذين ربما يتأثرون.

وكالات المياه حالياً يركزون على كل طرق النظام، وكما تم شرحه في الشكل رقم (٣,٣)، والمتضمن تقييم لكل الأنواع الفيزيائية، الكيميائية والمخاطر الميكروبيولوجية.

درجة محتملة لمخططات متعددة، ولكن إتباع التركيب العام والمشار إليه في الجدول رقم (٣,٤)، مع جدول رقم (٣,٥) يوضح جدول لدرجة بسيطة من المخاطر.

الجدول رقم (٣,٤). احتمال الخطوة النوعية لتقييم المخاطر للدرجة أو الميزان لأوصاف الأخطار

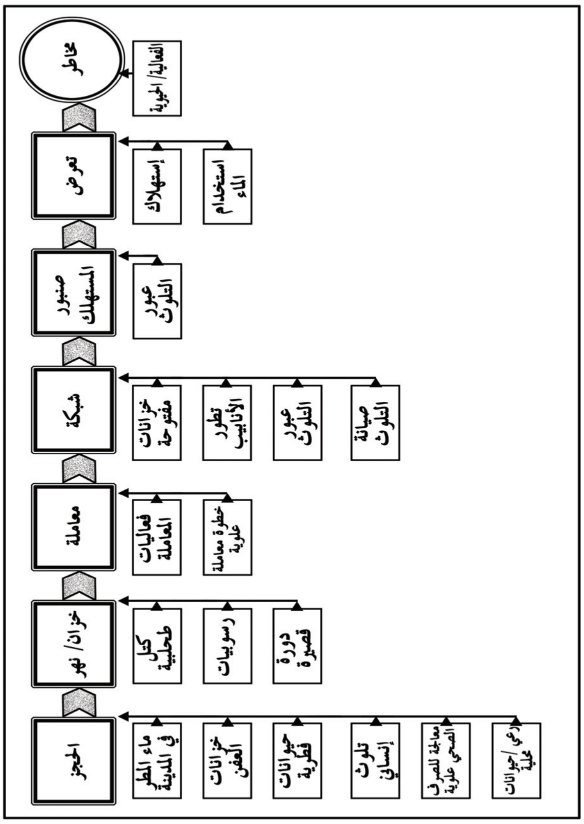
الخطوة	التعليق
وصف الخطر	تحديد وصف المخاطر، مثل تساقط الأمطار الضخم والذي يستحث تلوث المصدر المائي، تقدم مفاجئ في المرشح أو فقد أو تعطل في نظام التطهير الكيميائي (مثل ليس من المهم اقتصاره على الممرض المفرد).
احتمال	درجة أو ميزان عن كيفية احتمال الحدث (مثل أحداث لكل سنة).
النتائج	درجة أو ميزان للنتيجة (مثل مدة قصيرة للضرر أو خلال صحة مرضية إلى عجز دائم أو موت).
ميزان التأثير	اعتبار لعدد من الأشخاص المتأثرين بواسطة وصف الخطر.
علامة الخطر	موازين مختلفة ربما تعطي إلى (٢) إلى (٣) وتضاعف لإعطاء أهمية لكل وصف مخاطر.
الدرجة	كل وصف مخاطر بعد ذلك تحدد له درجة، لتقديم قائمة أولية لإدارة المخاطر.

الجدول رقم (٣,٥). جدول وصف بسيط للخطر للمخاطر الأولية (ذات الأسبقية) (من Davison *et al.*, 2002).

احتمال	شدة الحوادث				
	غير معنوي	ثانوي	متوسط	رئيسي	فاجع
تقريباً مؤكد	٥	١٠	١٥	٢٠	٢٥
محتمل	٤	٨	١٢	١٦	٢٠
متوسط	٣	٦	٩	١٢	١٥
غير محتمل	٢	٤	٦	٨	١٠
نادر	١	٢	٣	٤	٥

الخطر الوصفي للخطر المحدد = الاحتمال × شدة الأحداث

مثال لوصف الفترات يمكن استخدامها لمعدل الاحتمال وشدته لحساب وصف الخطر معطى في الجدول رقم (٣,٦).



الشكل رقم (٣,٣). تخطيط لجريان عام لمصادر المخاطر الميكروبية في محيط ماء الشرب (محورة من Steven *et al.*, 1995).

الجدول رقم (٣,٦). مثال وصفي للفترات لحساب درجة المخاطر (من Davison *et. al.*, 2002).

الموضوع	التعريف	الوزن
تقريباً مؤكد	مرة في اليوم	٥
محتمل	مرة في الأسبوع	٤
متوسط	مرة في الشهر	٣
غير محتمل	مرة في السنة	٢
نادر	مرة كل خمس سنوات	١
فاجع	جهد مميت لكثير من السكان	٥
رئيسي	جهد مميت لقليل من السكان	٤
متوسط	جهد ضار لكثير من السكان	٣
ثانوي	جهد ضار لقليل من السكان	٢
غير معنوي	لا أثر أو غير مكتشف	١

تابع الجدول رقم (٣,٦).

بالمقارنة لكلا تقييم مخاطر الوباء وكمية الميكروبات، فإن هذه العملية لا تميل إلى كونها تحدد المستويات الفعلية للمرض المتصاحب مع الإمداد. كما في مثل، الانتقادات والتي تستطيع عمل نهائيات غير دقيقة مقارنة مع الحقيقة. الفائدة الأخرى أن هذه

العملية أعلى من الطرق الأخرى والتي خارج طريقة الحلول نفسها لتقليل الخطر والتي سوف تظهر نفسها. بالمقابل، استناداً على رأي الخبرة، فإنها ليست دائماً تنتج إجابة صحيحة كخبرة رأي وطرز عالمية والتي غالباً عرضه إلى الانحراف وعدم الدقة، كما مع نتيجة أي مصدر آخر (Hunter and Fewtrell, 2001).

(٣,٧,١) مؤشرات وتقييم المخاطر الميكروبي الكمي

التحليل الميكروبي، بالإضافة للمؤشرات الأخرى سوف تكون المصدر الأساسي الدليلي عند مراحل متعددة من تقييم المخاطر النوعية. دور مثل هذه المعلومات لتواصل التقييم لنوعية المصدر المائي، فعالية المعاملة وسلامة نظام التوزيع سوف تتم مناقشته أكثر في الفصلين الرابع والسادس.

كما سوف يرى أن الدراسات في وجود المؤشرات الحيوية تكراراً سوف تقدم معلومات أكثر فائدة بخصوص تقييم المخاطر النوعية. أكثر من الدراسات في حالة سرد الممرضات المتخصصة مع ذلك، لذلك فإن الدراسات جيدة التصميم للممرضات المتخصصة سوف تكون ذات أهمية كبرى في هذه الحالة المحددة. على سبيل المثال، الكشف عن *E.coli* والبرازية *Strptococci* أو المختزلة للكبريت *Clostridia* في الماء كلها تشير إلى أن الماء عرضة للتلوث من براز الإنسان أو الحيوان.

الكشف ونوع *Cryptosporidium* في المصدر المائي سوف يقدم فهماً أحسن من المخاطر لنظام الإمداد المائي ومصادر التلوث.

بكتيريا القولون في الماء المعامل ربما تعطي مؤشراً إلى أن أنظمة الماء المعامل لم يتم تشغيلها على نحو مرض أو أن الماء أصبح ملوثاً ضمن نظام التوزيع. على أي حال، فإن بكتيريا القولون وحدها ليست مؤشراً جيداً للمخاطر من الممرضات المقاومة

للكلور مثل *Cryptosporidium*. بعض مؤشرات الكائنات الحية ربما تتواجد طبيعياً في المصدر المائي أو يمكن أن تضيف بتأن البذور لأعمال الماء المعالج وملاحظته عن مختلف الخطوات في المعاملة والتوزيع وحتى يمكن توضيح فاعليات جميع النظام.

(٣,٨) الملخص

البارامترات الميكروبية والمؤشرات الأخرى تلعب دوراً رئيسياً في جميع الطرز المستخدمة في تقييم المخاطر والتي تمت مناقشتها في هذا الفصل. على أي حال، العلاقة بالضبط بين هذه المؤشرات البارامترية والمخاطر إلى الصحة لا تزال بعيدة الوضوح على الرغم من أن الدراسات أظهرت أن العكارة والبرازية *Streptococci* مؤشرات غير معتمدة لمخاطر الصحة وأنه لا يوجد تنبؤ واضح محدد العلاقة.

حتى عندما تكون المعلومات عن الممرضات في ماء الشرب متاحة، فإن الطرز الحالية عن تقييم المخاطر الكمية ذات اعتبار غير مؤكد في حسابها للخطر.

ربما الحجم الحقيقي لمثل تلك المؤشرات البارامترية تعد تقييماً نوعياً للمخاطر حيث يمكن استخدامها لتحديد الإخفاقات التي ربما تحدث في استخلاص الماء، والمعاملة ونظام التوزيع.

المراجع

Andersson, Y. and Bohan, P. (2001) Disease surveillance and waterborne outbreaks. In: *Water Quality: Guidelines, Standards and Health. Assessment of Risk and Risk management for Water-related Infectious Disease.* Fewtrell, L. and Bartram, J. (Eds.) IW A Publishing, London. pp. 115-133.

Barry, S.1., Atwill, E.R., Tate, K.W., Koopman, T.S., Cullor, J. and Huff, T. (1998) Developing and implementing a HACCP-based programme to

control *Cryptosporidium* and other waterbome pathogens in the Alameda Creek watershed: Case study. American Water Works Association Annual Conference, 21-25 June 1998, Dallas. *Texas Water Resources* Vol. **B,** 57-69.

Batik, 0., Craun, G.F. and Pipes, W.O. (1_83) Routine coliform monitoring and water-borne disease outbreaks. *Journal of Environmental Health* **45,227**230.

Batik, 0., Craun, G.F., Tuthil, R.W. and Kroemer, D.F. (1979) An epidemiologic study of the relationship between hepatitis A and water supply characteristics and treatment. *American Journal of Public Health* **70,167-169.**

Beaudeau, P., Payment, P., Bourderont, D., Mansotte, F., Boudhabay, 0., Laubies, B. and Verdiere, J. (1999) A time series study of anti-diarrheal drug sales and tap-water quality. *International Journal of Environmental Health Research* 9(4),293-312.

Blum, D. and Feachem, R.G. (1983) Measuring the impact of water supply and sanitation investments on diarrhoea! diseases: problems of methodology. *International Journal of Epidemiology* 12(3), 357-365.

Blumenthal, D.J., Fleisher, J.M., Esrey, S.A. and Peasey, A. (2001) Epidemiology: a

tool for the assessment of risk. In: *Water Quality: Guidelines, Standards and Health. Assessment of risk and risk*

management for water-related infectious disease. Fewtrell, L. and Bartram, J. (Eds.). IW A Publishing, London. pp135-160.

Bouchier, I. (1998) *Cryptosporidium in Water Supplies.* Third Report of the Group of Experts to Department of the Environment, Transport and the Regions and Department of Health. November, 1998. Drinking Water Inspectorate, London. http://www.dwi.detr.gov.uk/pubs/bouchier/index.htm pages.

Casteel, MJ., Sobsey, M.D. and Arrowood, MJ. (2000) Inactivation of *Cryptosporidium parvum* oocysts and other microbes in water and wastewater by electrochemically generated mixed oxidants. *Water Science and Technology* 41(7), 127-134.

Chappell, C.L., Okhuysen, P.C., Sterling, C.R., Wang, C., Jakubowski, W. and DuPont, H.L. (1999) Infectivity of *Cryptosporidium parvum* in healthy adults with pre-existing anti-Co *parvum* serum immunoglobulin G. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 60(1),157-164.

Chorus, I. and Bartram, J. (Eds.) (1999) *Toxic Cyanobacteria in Water.* E&FN Spon, London.

Coleman, M. and Marks, H. (1998) Topics in dose-response modelling. *Journal of Food Protection* **61,** 1550-1559.

Coleman, M.E. and Marks, H.M. (1999) Qualitative and quantitative risk assessment. *Food Control* 10, 289-297.

Collin, J.F., Milet, J.J., Morlot, M. and Foliguet, J.M. (1981) Eau d'adduction et gastroenterites en Meurthe-et-Moselle. *J. Franc. Hydrologie* **12,** 155-174.

Craun, G.F., Berger, P.S. and Calderon, R.L. (1997) Coliform bacteria and waterbome disease outbreaks. *Journal of the American Water Works Association* 89(3), 96-104.

Davison, A., Howard, G., Stevens, M., Callan, P., Kirby, R., Deere, D. and Bartram, J. (2002) *Water Safety Plans.* WHO/SHE/WSH/02/09 World Health Organization, Geneva, Switzerland.

Deere, D., Stevens, M., Davison, A., Helm, G. and Dufour, A. (2001) Management Strategies. In: *Water Quality: Guidelines, Standards and Health. Assessment of risk and risk management for water-related*

infectious disease. Fewtrell, L. and Bartram, J. (Eds.) IW A Publishing, London. pp. 257-288.

Deere, D.A. and Davison, A.D. (1998) Safe drinking water. Are food guidelines the

answer? *Water* **25,21-24.**

Dewettinck, T., Van Houtte, E., Geenens, D., Van Hege, K. and Verstraete, W. (2001) HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) to guarantee safe water reuse and drinking water production - a case study. *Water Science and Technology* 43(12),31-38.

Dietz, K. (1993) The estimation of the basic reproduction number for infectious diseases. *Statistical Methods in Medical Research* **2,** 23-41.

Duim, B., Ang, C.W, van Belkum, A., Rigter, A., van Leeuwen, N.WJ., Endtz, H.P. and Wagenaar, J.A. (2000) Amplified fragment length polymorphism analysis of *Campylobacter jejuni* strains isolated from chickens and from patients with gastroenteritis or Guillain-Barre or Miller Fisher Syndrome. *Applied and Environmental Microbiology* 66(9),3917-3923.

Edberg, S.L., Pisticelli, V. and Cartter, M. (1986) Phenotypic characteristics of coliform and non coliform bacteria from a public water supply compared with regional and national clinical species. *Applied and Environmental Microbiology* **52,474-478.**

Eisenberg, J.N.S., Bartram, J. and Hunter, P.R. (2001) A public health perspective for establishing water-related guidelines and standards. In: *Water Quality: Guidelines, Standards and Health. Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease.* Fewtrell, L. and Bartram, J. (Eds.) IW A Publishing, London. pp. 229-256.

Eisenberg, J.N.S., Seto, E.Y.W., Colford, J., Olivieri, A.W. and Spear, R.C. (1998) An analysis of the Milwaukee *Cryptosporidium* outbreak based on a dynamic model of disease transmission. *Epidemiology* 9(3), 255-263.

Esrey, S.A., Feachem, R.G. and Hughes, J.M. (1985) Interventions for the control of diarrhoeal diseases among young children: improving water supplies and excreta disposal facilities. *Bulletin of the World Health Organization* 63(4), 757-772.

Esrey, S.A., Potash, J.B., Roberts, L. and Schiff, C. (1991) Effects of improved water supply and sanitation on ascariasis, diarrhoea, dracunculiasis, hookworm infection, schistosomiasis and trachoma. *Bulletin of the World Health Organization* 69(5),609-621.

Facile, N., Barbeau, B., Prevost, M. and Koudjonou, B. (2000) Evaluating bacterial aerobic spores as a surrogate for *Giardia* and *Cryptosporidium* inactivation by ozone. *Water Research* 34(12), 3238-3246.

Fattal, B., Guttman-Bass, N., Agursky, T. and Shuval, H.I. (1988) Evaluation of health risk associated with drinking water quality in agricultural communities. *Water Science and Technology* **20,** 409-415.

Ferley, J.P., Zmirou, D., Collin, J.P. and Charrel, M. (1986) Etude longitudinale des risques lies a la consommation d' eaux non conformes aux normes bacteriologiques. *Rev. Epidemiol. Sante Publique* **34,** 89-99.

Frisk, G., Nilsson, E., Tuvemo, T., Friman, G. and Diderholm, H. (1992) The possible role of coxsackie A and echo viruses in the pathogenesis of type 1 diabetes mellitus studied by IgM analysis. *Journal of Infection* **24,** 13-22.

Frost, F.J., Craun, G.F. and Calderon, R.L. (1996) Waterbome disease surveillance. *Journal of the American Water Works Association* 88(9),6675.

Gordis, L. (2000) *Epidemiology 2nd Edition.* W.B Saunders Company, Philadelphia.

Gostin, L.O., Lazzarini, Z., Neslund, V.S. and Osterholm, M.T. (2000) Water quality laws and waterbome diseases: *Cryptosporidium* and other emerging pathogens. *American Journal of Public Health* 90(6),847-853.

Gray, R. and Morain, M. (2000) HACCP application to Brisbane Water. *Water* **27,41-42.**

Gurgan, T. and Diker, K.S. (1994) Abortion associated with *Campylobacter upsaliensis. Journal of Clinical Microbiology* **32,** 3093-3094.

Haas, C. and Eisenberg, **J,** N.S. (2001) Risk assessment. In: *Water Quality: Guidelines, Standards and Health. Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease.* Fewtrell, L. and Bartram, J. (Eds.) IW A Publishing, London. pp. 161-183.

Haas, C.N., Rose, J.B. and Gerba, C.P. (1999) *Quantitative Microbial Risk Assessment.* John Wiley, New York.

Havelaar, A.H. (1994) Application of HACCP to drinking water supply. *Food ControlS,* 145-152.

Havelaar, A.H., de Wit, M.A.S. and van Koningsveld, R. (2000) Healthburden in the Netherlands (1990-1995) due to infections with thermophilic *Campylobacter* species. Report no. 284550 004. RIVM (National Institute of Public Health and the Environment), Bilthoven.

Havelaar, A.H., Schets, EM., van Silthout, A., Jansen, W.H., Wieten, G. and van der Kooij, D. (1992) Typing of *Aeromonas* strains from patients with diarrhoea and from drinking water. *Journal of Applied Bacteriology* 72(5), 435-444.

Hijnen, W.A.M., Willemsen-Zwaagstra, J., Hiemstra, P., Medema, G.J. and van der Kooij, D. (2000) Removal of sulphite-reducing clostridia spores by full-scale water treatment processes as a surrogate for protozoan (00)cysts removal.

Water Science and Technology 41(7), 165-171.

Holcomb, D.L., Smith, M.A., Ware, M.A., Hung, Y.-C., Brackett, R.E. and Doyle, M.P. (1999) Comparison of six dose-response models for use with food-borne pathogens. *Risk Analysis* **19,1091-1100.**

Hunter, P.R. (2000) Modelling the impact of prior immunity, case misclassification and bias on case-control studies in the investigation of outbreaks of cryptosporidiosis. *Epidemiology and Infection* **125,** 713-718.

Hunter, P.R. and Fewtrell, L. (2001) Acceptable risk. In: *Water Quality: Guidelines, Standards and Health. Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease.* Fewtrell, L. and Bartram, J. (Eds.) IW A Publishing, London. pp.207-227.

Hunter, P.R. and Syed, Q. (2001) Community surveys of self-reported diarrhoea can dramatically overestimate the size of outbreaks of waterborne cryptosporidiosis. *Water Science and Technology* 43(12), 27-30.

Isaacson, M. and Sayed, A.R. (1988) Health aspects of the use of recycled water in Windhoek, SW A/Namibia, 1974-1983. Diarrhoeal diseases and the consumption of reclaimed water. *South Africa Medical Journal* 7, 596-9.

Kang, S.H., Kodell, R.L. and Chen, J.J. (2000) Incorporating model uncertainties along with data uncertainties in microbial risk assessment. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 32(1), 68-72.

Ktihn, I., Albert, MJ., Ansaruzzaman, M., Bhuiyan, N.A., Alabi, S.A., Islam, M.S., Neogi, P.K.B., Huys, G., Janssen, P., Kersters, K. and Mollby, R. (1997) Characterization of *Aeromonas* spp. isolated from humans with diarrhea, from healthy controls, and from surface water in Bangladesh. *Journal of Clinical Microbiology* 35(2), 369-373.

LeChevallier, M.W., Abbaszadegan, M., Camper, A.K., Hurst, CJ., Izaguirre, G., Marshall, M.M., Nauovitz, D., Payment, P., Rice, E.W., Rose, J., Schaub, S., Slifko, T.R., Smith, D.B., Smith, H.V., Sterling, C.R. and Stewart, M. (1999a) Committee report: emerging pathogens - bacteria. *Journal of the American Water Works Association* 91(9), 101-109.

LeChevallier, M.W., Abbaszadegan, M., Camper, A.K., Hurst, C.J., Izaguirre, G., Marshall, M.M., Nauovitz, D., Payment, P., Rice, E.W., Rose, J., Schaub, S., Slifko, T.R., Smith, D.B., Smith, H.V., Sterling, C.R. and Stewart, M. (1999b) Committee report: emerging pathogens - viruses, protozoa, and algal toxins. *Journal of the American Water Works Association* 91(9), 110121.

Leeming, R., Bate, N., Hewlett, R. and Nichols, P.D. (1998) Discriminating faecal pollution: a case study of stormwater entering Port Philip Bay, Australia. *Water Science and Technology* 38(10), 15-22.

Levy, D.A., Bens, M.S., Craun, G.F., Calderon, R.L. and Herwaldt, B.L. (1998) Surveillance for waterbome-disease outbreaks -- United States, 1995-1996. *Morbidity and Mortality Weekly Report* 47(SS-5), 1-34.

Macgill, S., Fewtrell, L., Chudley, J. and Kay, D. (2001) Quality audit and the assessment of waterborne risk. In: *Water Quality: Guidelines, Standards and Health. Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease.* Fewtrell, L. and Bartram, J. (Eds.) IW A Publishing, London. pp. 185-206.

MacKenzie, W.R., Hoxie, NJ., Proctor, M.E., Gradus, M.S., Blair, K.A., Peterson, D.E., Kazmierczak, J.J., Addiss, D.G., Fox, K.R., Rose, J.B. and Davis, J.P. (1994) A massive outbreak in Milwaukee of *Cryptosporidium* infection transmitted through the public water supply. *New England Journal of Medicine* **331,161-167.**

Maki-Ikola, O. and Granfors, K. (1992) *Salmonella-triggered* reactive arthritis. *Lancet* **339,** 1096-1098.

Medema, G.J., Bahar, M. and Schets, EM. (1997) Survival of *Cryptosporidium parvum, Escherichia coli,* faecal enterococci and *Clostridium peifringens* in river water - influence of temperature and autochthonous microorganisms. *Water Science and Technology* 35(11-12),249-252.

Morris, R.D., Naumova, E.N., Levin, R. and Munasinghe, R.L. (1996) Temporal variation in drinking water turbidity and diagnosed gastroenteritis in Milwaukee. *American Journal of Public Health* **86,** 237-239.

National Research Council (1983) *Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process.* National Academy Press, Washington, DC.

Ndiongue, S., Desjardins, R. and Prevost, M. (2000) Relationships between total particle count, aerobic spore-forming bacteria and turbidity in direct filtration. *Aqua* 49(2), 75-87.

Niklasson, B., Homfeldt, B. and Lundman, B. (1998) Could myocarditis, insulin-dependent diabetes mellitus and Guillain-Barre syndrome be caused by one or more infectious agents carried by rodents? *Emerging Infectious Diseases* 4(2), 187-193.

Okhuysen, P.C., Chappell, C.L., Crabb, J.H., Sterling, C.R. and DuPont, H.L. (1999) Virulence of three distinct *Cryptosporidium parvum* isolates for healthy adults. *Journal of Infectious Diseases* 180(4), 1275-1281.

Owens, J.H., Miltner, RJ., Rice, E.W., Johnson, C.H., Dahling, D.R., Schaefer, EW. and Shukairy, H.M. (2000) Pilot-scale ozone inactivation of *Cryptosporidium* and other microorganisms in natural water. *Ozone-Sci. Eng.* 22(5), 501-517.

Payment, P., Richardson, L., Siemiatycki, J., Dewar, R., Edwardes, M. and Franco, E. (1991) A randomjzed trial to evaluate the risk of gastrointestinal disease due to the consumption of drinking water meeting currently accepted microbiological standards. *American Journal of Public Health* **81,** 703-708.

Payment, P., Siemiatycki, J., Richardson, L., Renaud, G., Franco, E. and Prevost, M. (1997) A prospective epidemiological study of gastrointestinal health effects due to the consumption of drinking water. *International Journal of Environmental Health Research* **7,5-31.**

Percival, S., Walker, J. and Hunter, P.R. (2000) *Microbiological Aspects of Biofilms in Drinking Water.* CRC Press, Boca Raton.

Perz, J.F., Ennever, F.K. and Leblancq, S.M. (1998) *Cryptosporidium* in tap water - comparison of predicted risks with observed levels of disease. *American Journal of Epidemiology* **147,** 289-301.

Priiss, A., Kay, D., Fewtrell, L. and Bartram, J. (2002) Estimating the burden of disease due to water, sanitation and hygiene at global level. *Environmental Health Perspectives* in press.

Quick, R.E., Venczel, L.V., Mintz, E.D., Soleto, L., Aparicio, J., Gironaz, M., Hutwagner, L., Greene, K., Bopp, C., Maloney, K., Chavez, D., Sobsey, M. and Tauxe, R.V. (1999) Diarrhoea prevention in Bolivia through point-ofuse water treatment and safe storage: a promising new strategy. *Epidemiology and Infection* **122,** 83-90.

Roseberry, A.M. and Burmaster, D.E. (1992) Lognormal distributions for water intake by children and adults. *Risk Analysis* 12(1),99-104.

Schwartz, J., Levin, R. and Goldstein, R. (2000) Drinking water turbidity and gastrointestinal illness in the elderly of Philadelphia. *Journal of Epidemiology and Community Health* 54(1),45-51.

Schwartz, J., Levin, R. and Hodge, K. (1997) Drinking water turbidity and pediatric hospital use for gastrointestinal illness in Philadelphia. *Epidemiology* **8,** 615-620.

Semenza, J.C., Roberts, L., Henderson, A., Bogan, J. and Rubin, C.H. (1998) Water distribution system and diarrhoeal disease transmission: a case study in Uzbekistan. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 59(6), 941-946.

Stevens, M., McConnell, S., Nadebaum, P.R., Chapman, M., Ananthakumar, S. and McNeil, J. (1995) Drinking water quality and treatment requirements: A risk-based approach. *Water* **22,** 12-16.

Teunis, P.F.M., van der Heijden, O.G., van der Giessen, J.W.B. and Havelaar, A.H. (1996) The dose response relation in human volunteers for gastrointestinal pathogens. Technical report 284550002, RIVM (National Institute of Public Health and the Environment), Bilthoven.

Walter, S. (1991) The ecological method in the study of environmental health. 11. Methodologic issues and feasibility. *Environmental Health Perspectives* **94,67-73.**

Wheeler, J.G., Sethi, D., Cowden, J.M., Wall, P.G., Rodrigues, L.C., Tompkins, D.S., Hudson, MJ., Roderick, PJ. on behalf of the Infectious Intestinal Disease Study Executive (1999) Study of infectious intestinal disease in England: rates in the community, presenting to general practice, and reporting to national surveillance. *British Medical Journal* 318, 10461050.

WHO (1993) *Guidelines for Drinking water Quality.* Volume 1:

Recommendations. Second Edition. World Health Organisation, Geneva.

WHO (1996) *Guidelines for Drinking water Quality.* Volume 2: *Health criteria and other supporting information. Second Edition.* World Health Organisation, Geneva.

WHO (1997) *Guidelines for Drinking water Quality. Volume* 3: *Surveillance and control of community supplies. Second Edition.* World Health Organisation, Geneva.

Zmirou, D., Ferley, J.P., Collin, J.P., Charrel, M. and Berlin, J. (1987) A follow-up study of gastro-intestinal diseases related to bacteriologically substandard drinking water. *American Journal of Public Health* **77,** 582584.

Zmirou, D., Rey, S., Courtois, X., Ferley, J.P., Blatier, J.P., Chevallier, P., Boudot, J., Potelon, J.L. and Mounir, R. (1995) Residual microbiological risk after simple chlorine treatment of drinking ground water in small community systems. *European Journal of Public Health* **5,** 75-81.

الفصل الرابع

وصف الحجز ونوعية المصدر المائي

G.J.Meclema, S.Shaw, M. Waite, M.Snozzi, A.Morreau and W. Grabow

(٤,١) المقدمة

(٤,١,١) اختيار المصدر الأحسن المتاح

الأول، والمفتاح، خطوة لتقديم ماء شرب آمن هو اختيار المصدر المائي المتاح والأحسن. معظم المصادر المائية المحمية هي البسيطة- الرخيصة لتحويلها إلى ماء شرب آمن.

هذا الأساس العام، وواحد من التي تم معرفتها منذ عهد أفلاطون (Whit lock, 1954). الرومان، على سبيل المثال، تخلوا عن نهر Tiber كمصدر لماء الشرب، وذلك في القرن الثالث قبل الميلاد، وبنوا ١٤ قناة؛ لجلب ماء نظيف من التلال المجاورة. الأساس، على أي حال، ليس دائماً يترجم إلى تطبيق، على الرغم من أن مثل هذا الإشراف يمكن أن يكون ذو نتائج مثيرة، مع المثال الجيد والذي أصبح يقدم بواسطة تفشي *Cryptosporidium* في Milwauwkee (Mackenzie *et al.*, 1994)، والذي حدث في ربيع ١٩٩٣م والذي قدّر لإحداث أمراض في ٤٠٠٠٠٠ شخص.

مأخذ محطة Milwaukee's Howard Avenue تقع عند موقع في بحيرة Michigan والتي تستقبل مباشرة تصريف بحيرة Milwaukee. كما أن محطة الصرف الصحي للمدينة تصرف إلى النهر فقط ضد مصب النهر بدون دهشة، هذا يجعل فتحة المحطة قابلة للتلوث البرازي الحديث، خصوصاً خلال حدوث العواصف. دارسة في عام ١٩٦٠م أظهرت أن منطقة البحيرة تحتوي على مستويات عالية من التلوث البرازي (Schoenern, 2001).

إذا كانت هذه المعلومات قد استخدمت لاختيار مكان أكثر ملاءمةً لنقطة التسرب، أو لتغيير اتجاه مصب الصرف الصحي، فإن مستوى التلوث خلال ربيع ١٩٩٣م من المحتمل أن يصبح منخفضاً معنوياً وربما التفشي الأساس سوف يصبح ملغياً.

عموماً، فإن الماء الجوفي ذو حماية أفضل من الماء السطحي، الماء الجوفي من الطبقات الصخرية المائية العميقة ذو حماية من الملوث الممرض بواسطة تحرك طبقات التربة. ماء المطر أو أي ماء آخر (مثل ذلك الذي من الماء السطحي المتسرب، الري، تسرب البالوعة... إلخ). ذلك الذي يرشح خلال التربة يمكن أن يكون ملاذاً للممرضات ولكن هذه تزال بفاعلية بواسطة الالتصاق إلى حبيبات التربة، تسقط العمليات الحيوية (مثل الالتهام). الممرضات التي تموت خلال الوقت الطويل للرحلة من السطح خلال العمق لنقطة التجريد في طبقات صخرية مائية قليلة النفاذية أيضاً عاملٌ مهمٌ في تقليل الخطر الميكروبي.

الماء الجوفي العميق من الطبقات المائية الصخرية الضيقة أو شبه الضيقة تعد بعد ذلك مصدراً ممتازاً لإنتاج ماء الشر ب. الطبقات الضحلة لمصادر الماء الجوفي أو الماء الجوفي يمكن أن تتأثر بالماء السطحي وتكون أكثر قابلية للتلوث البرازي.

التربة دقيقة التركيب (الطين، الطمي) تحتفظ بالمرضات أكثر من التربة ذات البنية الفاتحة (الرمل). أنواع التربة مع ذات البنية الخشنة (الصخر المنكسر، والرمل، والحجر الجيري، والحصباء)، أو المتصدعة تقدم نسبياً حاجزاً ضعيفاً ضد التلوث الميكروبي. ومن هنا، فإن الاحتكاك بين المرضات وحبيبات التربة يعتبر أقل كثافة، يؤدي إلى معدل التصاق قليل وتخلل كبير للممرضات إلى التربة (مصدر الماء الجوفي REF).

الماء الجوفي ليس دائماً متاح بنوعية ملائمة (بسبب الأملاح، الزرنيخ أو المحتوى من الفلور على سبيل المثال) أو في كمية ملائمة. إضافة، فإن تجربة الماء الجوفي تتطلب معدات حفر وضخ والتي ليست دائماً متاحة خصوصاً في الدول النامية. وعليه، فإن العديد من المصالح تعتمد على الماء السطحي كمصدر مائي.

(٤,١,٢) حماية الحجز المائي (المياه المحجوزة أو المخزنة)

حماية الحجز المرحلة الثانية لتقديم ماء شرب آمن وفيها، لأي من الأسباب، فإن اختيار المصدر يكون محدداً ويقدم كمفتاح خطي لتقليل التلوث بالمرضات. المخاطر الأساسية لماء الشرب الآمن ممثل بواسطة الأحداث المفاجئة (المطر، ذوبان الثلج)، وفيها كميات كبيرة من المادة البرازية ربما تغسل من المحجوز إلى المصدر المائي، وهذا يؤدي إلى إمكانية سحق حاجز المعالجة وينتج عنه اختراق الممرض إلى الماء المكمل.

أهمية بروز الأحداث المفاجئة تم استخراجها بين تفشيات الممرض الناشئ في الماء والأحداث في Pennsylvania و Colorado تفشيات الماء الجوفي في Pennsylvania حدثت أساساً في أنظمة النهر المنخفضة (Delaware, Schuykill and Susyvehanna River) وفيها أنواع التربة من الحجر الرملي، والحجر الكربوني ورمل شبه مدمج، أنواع التربة

تلك القابلة لتخلل الممرض (خصوصاً الفيروسات). الماء السطحي يكون متفرقاً. تفشي كلا الماء الجوفي والسطحي في Colorado كان معظمه متصاحب مع الطبقة العلوية لمجمع النهر وفي النهر الكبير والمتأثرة بواسطة المدن الكبيرة (Denver). بالربط بين وقت التفشي مع الحدوث وكثافة الترسيب في شهر التفشي أو الشهر (الشهور) قبل التفشي، فإنها تتصاحب مع ٢٠-٤٠٪ من تفشي الممرضات الناشئة في الماء في Pennsylvania وColorado لفترات ذات ترسيب قوي (أكثر من ١٠٪ من الترسيب)، لكلا الماء السطحي والجوفي المتعلق بالتفشيات. الدراسة ذات الميزان الكبير، والتي اختبرت نتائج التفشيات والترسيب لفترة ٤٧سنة وجدت أن ٥١٪ من تفشيات الأمراض الناشئة مائياً (غير تلك ذات العلاقة إلى ماء الاستجمام، عبر الالتقاء أو عائد السيفون) صدرت بواسطة الترسيب الصارم (Curriero *et al.*, 2001).

اعتماداً على طبيعة الحجز فإنه ربما من الممكن الحماية ضد مثل تلك الأحداث بواسطة تقليل إمكانية مصادر التلوث بواسطة، على سبيل المثال، إزالة حيوانات الرعي وتحويل طفح مجاري الصرف الصحي ونقاط الطرح.

تلك ليست مرئية، فإن إستراتيجية التعامل مع تلك الأحداث لا بد وأن تتحقق. الباقي من هذا الفصل ينظر في إمكانية مصادر التلوث، النقل والحياة للممرضات في المياه السطحية والجوفية وعند استخدام المؤشرات البارامترية لمعلومات إستراتيجيات الإدارة.

(٤,٢) مصادر التلوث البرازي

الإنسان، المواشي وحيوانات البرية جميعها مصادر للتلوث البرازي، مع الممرضات والتي تفرز في البراز وأحياناً البول. عموماً فإن المخلفات البرازية للإنسان

تعطي نمواً لمخاطر عالية للمرض الناشئ مائياً. فيروسات الإنسان المعوية (مثل فيروسات Norwalk-like calici، الكبد الوبائي A وفيروسات E، وفيروسات Rota والفيروسات المعوية) في الماء تنشأ عرضياً من مادة براز الإنسان. أيضاً *Shigella* sp، مسؤولة عن العديد من حالات الأمراض الناشئة مائياً، كما أن نسبة كبيرة من الموت من المرض الناشئ مائياً (Traverso, 1996)، أنه (تقريباً) على وجه الحصر من منشأ براز الإنسان. ممرضات أخرى، مثل *Salmonella* sp.، *Campylobacter* sp. و*Cryptosporidium* sp. تتواجد في كلا مخلفات الإنسان والحيوان.

الاحتمالية في كون الممرضات تتواجد في هذه الحلقات يعتمد على وجود عدوى مفردة تفرز الممرض.

(٤,٢,١) مصادر تلوث الماء السطحي

مسوحات حدوث الممرض في أنظمة الصرف الصحي في المناطق الحضرية أظهرت أن وجود الممرض في الصرف الصحي وتدفقاته يعتبر قاعدة أكثر من كونه اعتراض (الجدول رقم ٤,١).

معالجة الصرف الصحي بواسطة الترسيب والحمأة المنشطة، على سبيل المثال، تخفض تركيز الممرضات على نحو ١-٢ لوغاريتم (٩٠-٩٩٪ انخفاض)، ولكن التدفق لا يزال يحتوي على مستويات عالية من الممرضات ومؤشرات لكائنات حية حتى في (الكلور) فإن الصرف الصحي المطهرّ مع المنخفضة أو القولونيات المقاومة للحرارة تظهر في التدفق، الفيروسات والأوليات لا تزال في احتمالية وجودها.

الجدول رقم (٤,١). التراكيز النموذجية للممرضات المعوية ومؤشر الكائنات الحية في نفايات الماء الخام والمحلي المعالج.

الكائن الحي الدقيق	**الصرف الصحي الخام (الأعداد/لتر)**	**تدفق ثانوي (الأعداد/لتر)**
الممرضات		
طفيليات		
Cryptosporidium sp.	١٠٠٠–١٠٠٠٠	١٠–١٠٠٠
Giardia sp.	٥٠٠٠–٥٠٠٠٠	٥٠–٥٠٠
فيروسات		
Enteroviruses	١٠–١٠٠	١–١٠
Nonwalk like Viruses	١٠–١٠٠٠	١–١٠٠
فيروسات روتا	١٠–١٠٠	١–١٠
بكتيريا		
Salmonella spp.	١٠٠–١٠٠٠٠	١٠–١٠٠٠٠
مؤشر البارامتيرات		
قولون	$١٠^{٧}$–$١٠^{٩}$	$١٠^{٦}$–$١٠^{٨}$
قولونيات مقاومة للحرارة	$١٠^{٦}$–$١٠^{٨}$	$١٠^{٥}$–$١٠^{٧}$
Enterococci	$١٠^{٦}$–$١٠^{٧}$	$١٠^{٤}$–$١٠^{٦}$
Clostridium perfrigens	$١٠^{٥}$–$١٠^{٦}$	$١٠^{٤}$–$١٠^{٥}$
فاجات F-RNA	$١٠^{٦}$–$١٠^{٧}$	$١٠^{٥}$–$١٠^{٦}$
فاجات جسدية	$١٠^{٦}$–$١٠^{٧}$	$١٠^{٥}$–$١٠^{٦}$
فاجات بكتيريدية	$١٠^{٤}$–$١٠^{٥}$	$١٠^{٣}$–$١٠^{٤}$

ماء العواصف المطروح يعد أساس حدوث الفساد السريع في نوعية الماء السطحي. أحداث العواصف تجلب ارتفاع في العكارة، المواد الصلبة المعلقة، المادة

العضوية والتلوث البرازي إلى حوض الصرف، حدثت بواسطة ماء المطر والمحلى، بالإضافة إلى الطرح من بالوعات ماء العاصفة وإعادة تعليق المترسبات.

نوعية ماء العاصفة الميكروبيولوجي يختلف باتساع ويعكس أنشطة الإنسان في تجمع الأمطار. وجد Geldreich (1995) أن ماء العاصفة في البالوعات المشتركة يحتوي على أكثر من ١٠ مرات من مستويات القولونيات المقاومة للحرارة (٨٠٩ × ١٠^{٦} × ١٠^{٧}/١) أكثر من بالوعات ماء العاصفة المنفصل (١,٠ × ١٠^{٥}- ٣٠٥ × ١٠^{٦}/١).

المواشي مصدرٌ معلومٌ جداً للممرضات الناشئة مائياً. العديد من التفشيات لمرض *Cryptosporidiosis* في أمريكا، وكندا، وبريطانيا، وجد أنها تتصاحب مع التلوث المائي بواسطة جريان الماء من المواشي (Craun *et al.*, 1998). على الأقل عرض واحد لعموم الممرض متضمن *Cryptosporidium*، *Giardia*، *Campylobacter*، *Salmonella*، *Iersinia* و *E. Coli* O157 ذات اعتبار في كونها حيوانات. عزلت بواسطة المواشي المعدية (الجدول رقم ٤,٢) وربما تلوث المصادر المائية، وربما تنتقل وتصيب الإنسان.

الجدول رقم (٤,٢). النسبة المئوية للحيوانات المعزولة للممرضات الحيوانية المختارة.

المرضات	٪ للحيوانات الممرضة المعزولة (عدد الممرض/كجم للوزن الرطب)						
	الماشية	عجول	خروف	خنزير	دجاج	قوارض	طير الماء
Cyptosporidium sp.		٢٠-٩٠ (١٠^{٦}-١٠^{٧})	٨-٤٠	٥-٢٠	٩ (١٠^{٦})	٣٠	١٣-١٠٠
Giardia sp.		٥٧-٩٧ (١٠^{٦}-١٠^{٧})				١٠-٩٥	٦-٥٠
Campylobacter spp.						١-١٠	١-١٠
Salmonella spp.	١٣		٤-١٥	٧-٢٢			
Yersinia sp.				١-١٠			

المرض *E.coli*	٣,٥	٢,٥	١,٥-٩

المـصدر: Erlandsen, 1994; Geldreich, 1996; Casemore et. Al., 1997; Medema, 1999; Schijven and Rijs, 2000.

الحيوانات البرية مصدر آخر للتلوث البرازي. عموماً فإن الثدييات والطيور (طيور الماء) ربما تعزل من الممرضات الإنسانية. *Cryptosporidium Parvum* تمت ملاحظتها في الحيوانات البرية ذات التنوع الكبير مثل الثعالب، الأرانب، وأنواع من القوارض (السناجب، وجرذان، وفئران، وفئران الحقل، همستر) (Fayer *et. Al.,* 1997). النقل المتبادل تم استعراضه بين عدد من عوائل الثدييات تلك (Fayer *et al.,* 1995). التقارير الحديثة إشارات إلى أن طير الماء ربما يضع بويضات حية للكائن *C. Parvum* بعد التهام تلك البويضات (Grazyk *et al.,* 1996).

أكثر، فإن الإصابة الطبيعية للإوز الكـــندي ظهر أنه يحمل ويوضع في سلالة *C. Pavum* الحيوانية (Grazcyk *et al.,* 1998).

ومن هنا، فإن الطيور التي تتغذى على مخلفات حمأة الصرف الصحي أو الأراضي الزراعية ربما تلتهم بويضات *C. Parvum* ولذلك فهي مصدر قوي للتلوث المائي ونقل الحيوانات.

تفشيات عديد من الجراثيم الناشئة مائياً لمرض giardiasis تم نسبها للتلوث المائي عن طريق القنادس وأيضاً بواسطة فئران المسك، تدليل مائي آخر مع حتى انتشار عالٍ للكائن *Giaredia* sp. (Moore *et al.,* 1969; Dykes *et al.,* 1980) . هذه التقارير، على أي حال ، تم نقدها، كونها دليل مقدم كان فقط متعلق بالظروف (Woo, 1984; Erlandsen, 1994). ممرضات أخرى تم إدراجها في الأمراض المائية الناشئة، والتي أيضاً نشأت من الحياة البرية (الوحشية) ومنها *Campylobacter* sp.، *Tersinia* sp. و*Salmonella* sp.. الحدث الناقل للبكتيريا *Salmonella* spp. في طير الماء عموماً ١-٥٪ ولكن ربما يكون

عالٍ لأكثر من ٢٠٪ في النورس المقتات بالقرب من مصب الصرف الصحي (Fenlon, 1981). عزلت *Campylovacter* sp. أيضاً من الطيور ومن القوارض (الجدول رقم ٤,٢).

في الحجوز المحمية تماماً في سطح الماء، والمحميات المرتفعة وذات الجريان الجبلية، فإن الحياة البرية ربما تكون مصدراً مهماً للتلوث البرازي. على سبيل المثال، فإن حالات عديدة في هولندا أظهرت أن هذه الأنظمة معظمها ذو الخطر خلال الشتاء المتأخر وبداية الربيع، عندما تدخل الطيور (جزء مجمد) في محميات عالية. وعندما يحل ذوبان الجليد، فإن براز الطيور المتجمع في الثلج يدخل إلى الماء، مما يؤدي إلى نشوء التلوث مع *Campylobacter* sp. أو *Cryptosporidium* sp. و*Giaridia* sp. (Medema *et al.,* 2000a). في دراسة أخرى، قدّر Medena (1999) أن مساهمة طير الماء بين ١-١٦٪ بالنسبة للكائن *Cryptosporidium* sp. تركيزاً في الماء المحمي و ٤-٦٧٪ للكائن *Giardia* sp.. على أي حال، كمثل هذه البويضات ربما لا تسبب مرضاً للإنسان، ولكن فائدة هذه المصدر يعتبر موضوع مناقشة.

(٤,٢,٢) مصادر التلوث للماء الجوفي

العديد من تطبيقات النفايات المائية المحلية ومع سماد المواشي ربما يقود إلى تلوث الماء الجوفي، وهذه تم تلخيصها في الشكل رقم (٤,١)، كما تم شرحها بالتفصيل الدقيق في التالي.

خزانات العفن، ومجاري المسابح، والمراحيض والأخرى في أنظمة الموقع ذات استخدام واسع لخزن نفايات المياه والمعالجة. الماء الراشح من تلك التجهيزات تحتوي على فيروسات، بكتيريا وطفيليات وربما تلوث إمدادات الماء الجوفي (الأرضي). في الولايات المتحدة الأمريكية، فإن أنظمة خزانات العفن تعد الأعلى في مصطلحات

حجم الطرح غير المعالج للنفايات المائية، كما أنها تكراراً أكبر مصدرٍ تقريري لتلوث الماء الجوفي (Hagedorn, 1984). البالوعات في المنطقة غير المعالجة ربما تسرّب الصرف الصحي إلى التربة، وأنه من الممكن فإن حجم هذه المشكلة غير واضح كثيراً. في المنطقة المشبعة، كما أن كسر البالوعات سوف ينتج عنه تلوث للماء الجوفي خلال تساقط الأمطار الثقيل، وماء العواصف فإن تجمعها في البالوعات ربما يزيد معدل التسرب، مما يؤدي إلى زيادة التلوث.

توجد أنواع عديدة من طرح النفايات أو ماء العاصفة في الأرض، المشتمل على التسرب، فيضان الأرض العالي والحقن تحت السطحي. العديد من الدراسات أظهرت أن الفيروسات يمكن أن تتواجد في الماء الجوفي إلى نحو ٣٠ متراً تحت الأرض للمواقع الموضعية ويمكن أن تنتقل مئات الأمتار العديدة جانبياً من نقطة الموضع (Keswick, 1984). في حالة واحدة، فإن الفيروسات قد مثلت بعد تساقط الأمطار الكثيف في موقع العينة والذي تم اعتباره سابقاً غير ملوث (Wellings *et al.*, 1974).

ماء العاصفة المجمّع في البالوعات والمنتقل محلياً لمخلفات المياه يمكن أن يمثل مشكلة أساسية أخرى من المطروح مباشرة إلى هيئات الماء (والذي يقود بوضوح إلى التلوث)، وربما أيضاً يتخلص منه عن طريق الجمع في الأحواض وبذلك يصرّف إلى التربة. هذا المترسب ربما ينقل الممرضات إلى الماء الجوفي، وكما تم توضيحه بواسطة (augh *et al.*, 1978) والذي سجّل الفيروسات في التربة في ٩ أمتار تحت أحواض ماء العاصفة.

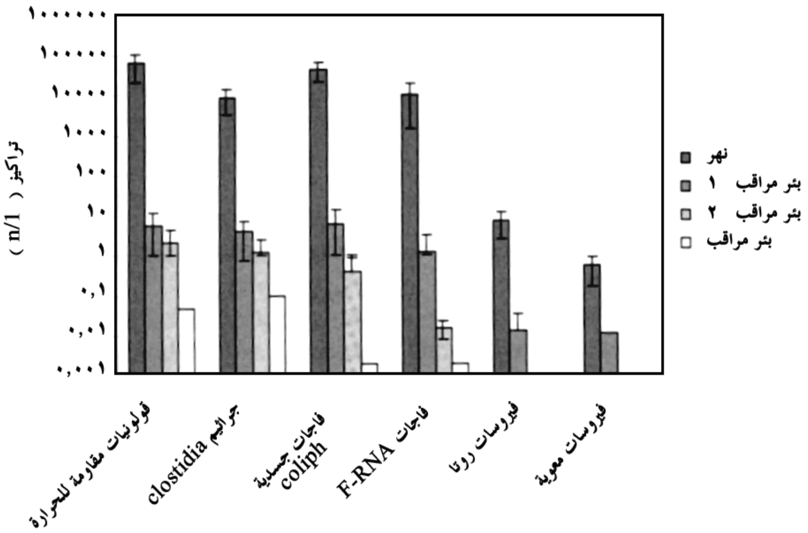
المهضوم أو الحمأة المركبة من محطات معالجة الصرف الصحي تضاف إلى محصول الأرض، هذه الحمأة تحتوي على فيروسات وطفيليات وبكتيريا (Bittan and

Farrah, 1980; Feachem *et al.,* 1983). على الرغم من أن الطفيليات والعديد من البكتيريا الممرضة غير نشطة خلال إعداد الحمأة المحبة للحرارة العالية، بعض الفيروسات تعيش في هذه المعالجة (Damaard-Larsen *et al.,* 1977)، وقد تم اقتراح أن مادة الحمأة/التربة تحتجز بنشاط الفيروسات في الحمأة. عندما تكون جداول الماء الجوفي عالية، فإنه ربما يكون هناك احتكاك مباشر بين الماء الجوفي والحمأة وهذا ربما يقود إلى تلوث الماء الجوفي. وقد لوحظ الخطر الناتج من استخدام حمأة الصرف الصحي على تلوث مصادر المياه (إلى جانب مصادر التلوث الأخرى) وهي محل اهتمام منظمة الصحة العالمية (WHO, 1989; Mara and Cairncross, 1989) في الدول ذات المصادر المحدودة من المياه العذبة، فإن نفايات المياه تستخدم لري المحصول، إما عن طريق الرش، الجريان العالي وإما ترشيح تحت طبقي.

وقد قامت منظمة الصحة العالمية بوضع الإرشادات الخاصة بإعادة استخدام مياه المخلفات السائلة لأغراض الري (WHO, 1989).

تحتوي العديد من المزارع على مخازن، خزانات أو حشوات أرض لتخزين السماد (الروث)، الماء المترشح من مواقع التخزين هذه ربما يلوث الماء الجوفي (الأرضي)، خصوصاً خلال فترات سقوط الأمطار. الخزن يقلل تركيز الممرضات البكتيرية، ولكن بويضات *Cryptosporidium* sp. و *Giardia* sp. تستطيع المقاومة لأشهر في الروث (Robertson *et al.,* 1992). إضافة روث الحيوانات للأراضي الزراعية كسماد يعد تطبيقاً مألوفاً في العالم. الإضافة ربما تهبط حيوانات الرعي في الأرض، عن طرق رش الروث طينياً فوق الأرض أو بواسطة الحرث أو حقن الروث إلى الطبقات العليا

من التربة. وعليه فإن الكائنات الحية الدقيقة الحيوانية المتواجدة في الروث ربما تتسرب إلى الماء الجوفي.



الشكل رقم (٤,١). نقل الممرض في الطبقة الصخرية المائية غير المقيدة (من From Keswick and Gerba 1980).

الجهد للممرضات من نفايات الإنسان والحيوان المتواجدة بالقرب من الآبار لتلويث مياه الشرب تحتاج إلى اهتمام خاص. بناء البئر نفسه ربما يتيح تلوث الطبقة الصخرية المائية، كما أن ثقوب البئر في كل الطبقات في التربة فوق الطبقة الصخرية المائية، وعليه فإن طرح الحيوانات أو نفايات الإنسان والتي تطرح بالقرب من البئر ربما

تنتقل مع المطر المتسرب مباشرة إلى البئر إذا كان منبع غير محمي تماماً. أو ربما تنتقل خلال جدار البئر أو من خلال المادة المحيطة بالبئر في فتحة الثقب.

(٤,٣) النقل والبقاء

لمعظم المرضات البرازية، فإن الماء يعتبر مركب نقل أكثر من كونه مصدر للممرضات. معظم الممرضات المعوية والتي تطرح إلى البيئة تعد غير قادرة على التضاعف وتحتاج للبقاء حتى يتم تناولها بواسطة الإنسان الملائم أو العائل الحيواني.

هذا بالضبط صحيح للطفيليات الإجبارية، مثل الفيروسات المعوية والأوليات مثل *Cryptosporidium* sp. و*Giardia* sp.، ولكن، عموماً، فإن هذه أيضاً تطبق إلى البكتيريا المعوية *Campylobacter* spp.، *Shigella* sp. و*Salmonella* sp.، والمعوية الممرضة *E.coli*. هناك بعض الأدلة على أن *E.Coli* يمكنها النمو في الماء الخام في غابات الأمطار الاستوائية (Rivera *et al.*, 1988)، ولكن ليس من الواضح ما إذا كان ربما أيضاً صحيح بالنسبة للمعوية الممرضة *E.coli*.

(٤,٣,١) البقاء في الماء السطحي

تختلف قدرة الممرضات على البقاء في الماء السطحي (مرجع- الممرضات في الماء السطحي وتحت الإعداد). عموماً، فإن البقاء يعتبر طويلاً عندما تكون درجة حرارة الماء منخفضة. عوامل أخرى تؤثر في البقاء وتتضمن كثافة أشعة الشمس ووجود كائنات حية دقيقة مائية والتي ربما تستخدم الممرضات مصدر غذائي أو لإنتاج إنزيمات

خارجية لإحداث تفسخ للممرضات. الادمصاص إلى الحبيبات ييسر البقاء، على سبيل المثال وجد LaBelle and Gerba (1970) أن بقاء فيروس Polio1، والذي أدمص إلى الرسوبيات، يزداد أربعة أضعاف في المنطقة غير الملوثة و٩٦ضعفاً في المنطقة الملوثة. الجدول رقم (٤,٣) يوضح معدل الاختفاء والزمن لحوالي ٥٠٪ انخفاض في التركيز لعدد الممرضات في الماء السطحي، باستخدام أمثلة النتائج المنشورة.

عامل آخر يؤثر البقاء لكلا البارامترات البرازية للمؤشر/علامة والممرضات في الماء السطحي هو قدرة العديد من البكتيريا على إقحام البقاء ولكن بدون مرحلة حصاد (Colwell and Grims, 2000) (VBNC). باختصار، عندما تجهد بواسطة العامل الفيزيائي أو الكيميائي (مثل فقد التغذية، حرارة معادية، كلور)، فإن العديد من البكتيريا المختبرة مثلاً بعيدة الاستجابة للجهد بواسطة تحمل سلاسل بنائية وتغيرات فيزيائية ينتج عنها سكون أو طور لا حصاد من النمو. تتجه لتصبح صغيرة، أقل نفاذية، صعبة للتضاعف في البيئة المغذية وعادة مساعدة لنموها الخضري، وبعضها يفقد أسواطها.

الجدول رقم (٤,٣). معدلات الاختفاء وفترات الانخفاض لبعض الكائنات الحية الدقيقة المختارة من الماء السطحي.

الكائن الحي الدقيق	معدل الاختفاء (في اليوم)	الزمن لكل ٥٠٪انخفاض من التركيز (الأيام)
الممرضات		
طفيليات		
Cryptosporidium sp.	٠,٠٤٦-٠٠٠٥٧	١٥٠-١٥
Giardia sp.	٠,٢٣-٠,٠٢٣	٣٠-٣
فيروسات		
فيروسات معوية	٠,٢-٠,٠١	٧٠-٣

كبد وبائي A	٠,٠٥-٠,٢	٣-١٤
فيروسات روتا	٠,٢٤-٠,٤٨	١,٢-٢,٤
بكتيريا		
Salmonella spp.	١-٧	٠,١-٠,٦٧
Shigella spp.	٠,٧	١
Vibrio cholerae	*	*

تابع الجدول رقم (٤,٣).

الكائن الحي الدقيق	معدل الاختفاء (في اليوم)	الزمن لكل ٥٠٪انخفاض من التركيز (الأيام)
مؤشر الباراميترات		
E. coli	٠,٢٣-٠,٤٦	١,٥-٣
قولونيات	٠,٧٧	٠,٩
Enterococci	٠,١٧-٠,٧٧	٠,٩-٤
فاجات F-RNA	٠,٠١-٠,٠٨	٢٩-٢٣٠
فاجات جسدية	٠,٦-٦	٢-٢٠
Costridium perfringens	٠,٠٠٢٣-٠,٠١١	٦٠<٣٠٠

* Vibrio cholerae مؤهله بيئياً وفي الظروف البيئية غير المفضلة تميل إلى البقاء لفترات طويلة في حالة غير متكاثرة (Golwell and Grims, 2000).

المصدر: DeReignier *et. Al.,* 1989; Geldreich, 1996; Olson, 1996; Medema *et. Al.,* 1997; Schijven and Hassanisadeh 2000.

(٤,٣,٢) الانتقال في الماء السطحي

معظم الممرضات المعوية لا تملك معانٍ للنقل (مثل الحركة) في البيئة المائية أكثر من كونها تصبح متنقلة مع جريان الماء. تستطيع الممرضات، على أي حال، اعتبارها كجزيئات حيوية الانتقال بواسطة حركة الهواء الأفقية. تلتصق العديد من الممرضات

بسهولة إلى الجزيئات في الماء (Gerba, 1984; Gerba *et al.*, 1978; Wellings *et al.*, 1974) وهذه الجزيئات تحدد كبيراً هيئات الحركة.

ترسيب العوالق البكتيرية، الفيروسات والطفيليات يعد بطئاً جداً وربما ليس ذا فائدة لتحديد سلوك النقل ولكن عندما تلتصق إلى الجزيئات، فإن الرسوبيات تصبح ذات فائدة.

الرسوبيات ربما تصبح ملاذاً معنوياً لعدد من الكائنات الحية الدقيقة البرازية في قاع الرسوبيات من شواطئ الاستحمام، والأنهار والجداول، وجد VanDonsel and Geldrich (1971) أن القولونيات المقاومة للحرارة في تراكيز ١٠٠-١٠٠٠ متضاعفة أكثر من تلك التي على سطح الماء، ومستويات فيروسية في الرسوبيات عموماً متضاعفة ١٠ مرات أكثر من الرسوبيات في المياه السطحية.

أوضح LaLiberte and Grims (1982) البقاء الموسّع للبكتيريا *E. coli* المحقونة إلى الرسوبيات المحتوية في الحوافظ المديلزة والتي وضعت في بحيرة ذات ماء عذب. إعادة تعليق المترسبات، على أي حال، ربما تعطي نشوءا لتراكيز عالية من المرضات البرازية في الماء. يعطي مطر العواصف نمواً للمعلقات، كمثل الأنشطة قبل الشبكة أو الشحن (صيد الشبكة)، ولكن أثر هذه الأنشطة يظهر في كونها محلية (Grims, 1980,1982).

طبقات في البحيرات معتدلة الحرارة ربما يحدث خلال الصيف والشتاء هذه الانخفاضات تغير الماء بين الطبقات العليا والسفلى لماء البحيرة في الصيف، كما أن، نوعية المياه في القاع تفسد ببطء؛ بسبب الرواسب.

عندما لا يحدث التطبقّ في الخريف، فإن الماء من الطبقات العليا والسفلى يختلط. هذه الخطوة تسبب ثبوتاً للجزيئات مع القولونيات لإعادة الدخول إلى الماء. في بحيرة واحدة، على سبيل المثال، سجلّ Geldreich *et al.,* (1989) أن التطبقّ الخريفي يؤدي إلى زيادة ١٠ مرات في كثافة القولونيات لعدة أسابيع، من مستوى مركب لأسفل ١٠/١٠٠مل في الصيف إلى أكثر من ١٠٠/١٠٠مل.

أمطار العاصفة ليست فقط نتيجة في فساد نوعية الماء خلال الأمطار، وطرح ماء العواصف إلى ما غير ذلك، ولكنها أيضاً تزيد جريان الماء.

وهذا ربما ينتج عنه نقل سريع للممرضات البرازية من المصدر الملوث إلى المواقع المجردة. تحت ظروف الجريان الاعتيادية، فإن تنظيف ذاتي يحدث للماء بواسطة الرسوبيات، ونشاط أشعة الشمس، والافتراس والتجويع. ولكن تحت ظروف الجريان السريعة، فإن التنظيف الذاتي يصبح أقل بكثير ذي فائدة. في البحيرات والمحميات، فإن التطبق الحراري ربما يؤدي بقوة إلى خفض فترة الزمن لماء العاصفة.

مثال لهذا مقدم عن طريق بحيرة Burragorang، وهي محمية في أستراليا. هذه البحيرة بطول ٤٠كيلومتر، وتحت ظروف الجريان العادي، فإن التلوث البرازي يزال من خلال التنظيف الذاتي. كما أن قياس المؤشرات البرازية للبكتيريا *Cryptosporidium* sp. عند فتحة تسرب الخزان قليلة.

سنتان من الجفاف خفضت مستوى الماء لمحميات الحجز إلى ٦٠٪ لسعتها القصوى. تعرض المنطقة لأمطار غزيرة في شهر أغسطس ١٩٩٨م. غمرت هذه الأمطار الأراضي والمناطق المحلية وأدت إلى طرح لماء العاصفة. بعض أنظمة المعالجة الثلاثية للصرف الصحي انغمرت أيضاً بواسطة النشوء السريع لماء النهر. هذا التلوث الجاري داخل بحيرة Burragorang. البحيرة أصبحت مشبعة مع الماء الدافئ عند الأعلى والماء

البارد الملوث هبط إلى قاع البحيرة والجريان بسرعة وصل السد. النتائج للعكارة، درجة الحرارة و*Cryptosporidium* sp. من فتحة السد أظهرت أن هناك تغيراً داخلياً عند الفتحة لنوعية مياه جيدة من الطبقات العليا للمحمية ونوعية رديئة للماء من طبقات القاع مع فترات لأيام قليلة (Deere *et al.*, 2000).

(٤,٣,٣) البقاء في الماء الجوفي

بقاء الكائنات الحية الدقيقة ميزة ذات أهمية لأنظمة الماء الجوفي (كتاب الماء الجوفي – REF). آليات إزالة الممرضات بواسطة إمرار التربة تعد ادمصاص وغير نشطة. يتأثر معدل السكون عن طريق العديد من العوامل، كما هو موضح في الجدول رقم (٤,٤).

الجدول رقم (٤,٤). العوامل المؤثرة على بقاء الكائنات الحية الدقيقة في التربة وتلك التي تؤثر على مقدرتها لبلوغ أنظمة الماء الجوفي (محوّرة من Cerba and Bitton, 1984).

العامل	التأثير
الحرارة	بقاء طويل عند درجات حرارة منخفضة، موت سريع عند درجات حرارة مرتفعة لبعض البرازيات المشتقة من البكتيريا فإن درجات الحرارة المرتفعة تعطي نشوءا للنمو.
محتوى الرطوبة	التجفيف يحدد معظم الكائنات الحية الدقيقة (متوقع الجراثيم). معدل الزيادة للانخفاض سوف يحدث في التربة الجافة. هذا معظمه مناسب في المنقطة غير المشبعة.
أشعة الشمس	تموت بسرعة عند سطح التربة بسبب الأشعة فوق البنفسجية.
الرقم الهيدروجيني	البكتيريا تموت بسرعة في التربة الحامضية (رقم هيدروجيني ٣- ٥) أكثر من التربة القاعدية. يؤثر الرقم الهيدروجيني على ادمصاص الكائنات الحية الدقيقة إلى خليط التربة وبطريقة غير مباشرة يؤثر على البقاء
الكائنات الدقيقة	بكتيريا التربة والفطريات ربما تخفض الإنزيمات الخارجية التي تحطم بناء الكائنات الحية الدقيقة البرازية، بينما الأميبا والميكروبات الأخرى ربما تتغذى عليها. البقاء

	البكتيري قصير في التربة الطبيعية أكثر من التربة المعقمة، ولكن للفيروسات لم يلاحظ لها أي اتجاه واضح.
محتوى الكربون العضوي	وجود الكربون العضوي يزيد البقاء وربما يعطي نشوءاً لإعادة النمو البكتيري.
الكاتيونات	كاتيونات محددة ذات تأثير حرارة ثابت على الفيروسات وتزيد من البقاء الفيروسي. الكاتيونات أيضاً تحسّن الادمصاص الفيروسي للتربة وهذا بطريق غير مباشر يزيد البقاء. كما تظهر الفيروسات للبقاء أحسن في الحالة الادمصاصية.

بقاء الممرض في الماء الجوفي تم تحديده في عدد من الطرق، والمتضمنة:

- مختبر معلق للكائنات الحية الدقيقة بصورة مجهرية.
- ماء جوفي معقم في دوارق في المختبر أو تحت ظروف بيئية.
- حجر غشائية في جريان الماء الجوفي.
- أنبوبة ديلزة في آبار مياه جوفية.

معدل الاختفاء في الماء الجوفي أقل من الماء السطحي (انظر الجدول رقم ٤,٥). بقاء الفيروسات لمدة أطول من البكتيريا. لا نتائج من بقاء الطفيليات الأولية في الماء الجوفي متاحة الآن، ولكن يمكن الافتراض أن هذه الممرضات قادرة على البقاء طويلاً أكثر من الفيروسات.

الجدول رقم (٤,٥). مثال لمعدلات الاختفاء للكائنات الحية الدقيقة المعدية في الماء الجوفي الطبيعي.

الكائن الحي الدقيق	معدل الاختفاء (لليوم)
فيروسات	
Hepatitis A virus	٠,٣٣-٠,٠١
Poliovirus 1	٠,٧٧-٠,٠١٣
Coxsackiecirus	٠,١٩
Rotavirus SA11	٠,٣٦
Coliphage T7	٠,١٥
Coliphage f2	١,٤٢-٠,٣٩

MS2	٠,٧٥-٠,٠٦٣
بكتيريا	
Escherichia coli	٠,٣٦-٠,٠٦٣
Faecal streptococci	٠,٢٤-٠,٠٣
Salmonella typhimurium	٠,٢٢-٠,١٣
Clostridium bifermentans spores	٠,٠٠

المصادر: Matthess *et al.,* 1988; Nasser *et al.,* 1992; Blanc and Nasser, 1996; Schijven and Hassanisadeh, 2000.

(٤,٣,٤) نقل الماء الجوفي

العوامل ذات الأهمية في نقل الكائنات الحية الدقيقة خلال الطبقة التحتية هو جريان الماء (قوة الحركة) وتركيب التربة. معظم الدراسات على نقل الماء الجوفي ركّزت على الفيروسات. نقل الفيروسات خلال التربة ابتدائياً تم تحديده عن طريق الالتصاق (Schijven and Haassanisadeh, 2000)، بينما الفيروس الساكن يعتبر ذات أقل فائدة (Bales *et al.,* 1995,1997; Pieper *et al.,* 1997; DeBorde *et al.,* 1998,1999). العديد من العوامل تؤثر على ادمصاص ونقل الكائنات الحية الدقيقة خلال التربة (الجدول رقم ٤,٦).

العامل الأساس الذي يؤثر على ادمصاص الفيروس هو الرقم الهيدروجيني (Sehijven and Hassanisadeh, 2000). عند رقم هيدروجيني مرتفع فإن التنافر الكهربائي الساكن يزداد، وهذا ينتج عنه نقص في معدل الالتصاق وزيادة معدل الفصل.

في معظم الطبقات الصخرية المائية، فإن الوصف السطحي للتربة يعتبر متغايراً المنشأ وأيضاً الفيروسات مع نقاط متساوية الجهد الكهربائي تكون مختلفة وربما تظهر. وبذلك، اعتماداً على الرقم الهيدروجيني وعلى شحنة الفيروس وجزيئات التربة؛ فإن ادمصاص بعض هذه الفيروسات ربما يكون غير قابل للعكس، بينما تكون

الأخرى قابلة للعكس. عند أرقام هيدروجينية ٧-٨ ، فإن الادمصاص سوف يكون أساساً قابل للعكس.

الجدول رقم (٤,٦). العوامل المؤثرة على النقل للممرضات المعدية خلال التربة (محوّرة من Gerba and Bitton, 1984; Schijven and Hassanisadeh, 2000).

العامل	التأثير على النقل
تركيب التربة	التركيب الدقيق للتربة يحتفظ بالفيروسات ، البكتيريا والأوليات أكثر فاعلية بسبب زيادة التفاعل والادمصاص. التربة المكسرة ، على أي حال ، ضعيفة في الاحتفاظ بالكائنات الحية الدقيقة.
جريان الماء	جريان الماء يعد قوة جالبة للنقل وسرعة نقل الممرض يظهر أنها متناسبة مع جريان الماء. زيادة جريان الماء ربما يعيد تحريك ادمصاص الكائنات الحية الدقيقة.
الرقم الهيدروجيني	عموماً فإن الادمصاص يزداد عندما ينخفض الرقم الهيدروجيني ؛ بسبب خفض تنافر الكهربائية الساكنة.
الكاتيونات	وجود الكايتونات متعددة التكافؤ (Ca^{2+} , Mg^{2+}) تزيد الادمصاص بسبب تكونّ جسور محلية بين الشحنات السالبة والكائنات الحية الدقيقة في حبيبات التربة.
الهيدروكسيد المعدني	هيدروكسيد الحديد تحَسّن ادمصاص الكائنات الحية الدقيقة.
العضويات الذائبة	وهذا يمكن أن يؤثر في النقل بطرق مختلفة : في كونها ربما تشترك مع الكائنات الحية الدقيقة للالتصاق بالمواقع (تشترك أحماض Fulvic, humic مع الفيروسات). ولكنها ربما أيضاً تعطى نشوء للنشاط الميكروبي والذي يحسّن الالتصاق والسكون.
صفات الكائنات الحية الدقيقة	البكتيريا والطفيليات أكثر تحركاً من الفيروسات بسبب حجمها (١-٢٠ ميكرون مقابل ٢٠-٨٠نانومتر). الاختلافات في النقاط متساوية الجهد الكهربائي وتركيب السطح تحدد معدلات الادمصاص.

التشبع الضدي	تحت ظروف الجريان غير المتشبع، فإن ملأ الماء فقط يكون لفتحات صغيرة.
جريان غير مشبع	وهذا يزيد احتكاك التربة – الكائنات الحية الدقيقة والادمصاص.

(٤,٤) تقارير الحجز والحماية

كما تمت الإشارة إليه سابقاً، فإن حماية الحجز تعد الخطوة الأساسية؛ لضمان سلامة النوعية الميكروبية لماء الشرب. المظهر الأساس لحماية الحجز هو معرفة علم المياه وعلم المياه الجيولوجي ومصادر تلوث الممرض في الحجز في حالة:

- اختيار أكثر المواقع المجردة ملائمة لماء الشرب أو لتحديد البئر.
- القدرة على اختيار كشف الحجز الملائم أو قياسات الحماية.
- تنبؤ حدوث الحوادث الحادة.

تقصى صحي لمنطقة الحجز يمكنها تحديد مصادر التلوث البرازي (محطات معالجة الصرف الصحي، جريان البالوعات، مناطق زراعية مع خزن الروث أو أرض ترسيب، أعداد عالية لجريان الماء... إلخ). يمكن أيضاً تحديد ما إذا كان المناخ المحدد (مطر كثيف)، بيئي (تحميل عالٍ للحيوان) أو ظروف أوجدها الإنسان (تطبيقات زراعية، سياحة) في كونها تعطي نشوءاً لأحداث التلوث الحاد للمصدر المائي.

تقصي للمصادر يمكن عملها بدون استخدام مؤشرات بارامترية بواسطة خرائط الحجز ومصادر ظهور التلوث البرازي. هذه هي الخطوط الأساسية لتقييم المخاطر في الحجز في الخطوة الثانية، فإن التقصي يمكن أن يتواصل مع تأسيس مؤشرات ميكروبية جيدة للتلوث البرازي (*E. coli* و enterococci، جراثيم *Clostridium perfringens*، مع نتائج من نوعية المياه غير الميكروبية مثل العكارة، درجة الحرارة، الرقم الهيدروجيني، التوصيل) ونتائج مائية (قياسات الجريان والترسيب). وهذه سوف تقدم معلومات أكثر دقة وكمية عن نوعية المياه في مناطق الحجز وأثر النقل على مستوى التلوث البرازي.

إذا كانت الطرق والموارد متاحة، فإن تضمين لاقمات البكتيريا F-RNA في مثل هذا التقصي يظهر أنها تحسّن تنبؤاتها مع اعتبار أخطار الفيروسات.

قياسات بارامترية غير ميكروبية أخرى تم اقتراحها كمؤشرات للتلوث مع مخلفات المياه المحلية. وهذه مركبات تستخدم في المنازل مثل البورون (يستخدم كمبيض في بودرة الغسيل) والكافيين، ومفرزات لمنتجات إنسانية مثل إفراز IgA، إسترولات وUrobilin ولا واحدة من هذه تم استعراضها كتطبيق موسع، ولكنها ربما ذات الفائدة للأغراض المحددة.

(٤,٤,١) الماء السطحي

(٤,٤,١,١) مسح (تقدير) الحجز

لأنظمة الماء السطحي، فإن هذه القائمة لا بد أن تتضمن:

- الموقع وحجم طرح الصرف الصحي المعالج.
- الموقع وحجم طرح الصرف الصحي غير المعالج.
- الموقع وحجم بالوعات جريان الماء وقدرة التلوث إلى الدخول إلى الماء السطحي.
- الموقع، والنوع، والتكرار، والظروف وحجم ووزن تطبيق الروث في مناطق الأراضي الزراعية.
- الموقع، ونوع طرح السماد (الروث)، وقدرة التلوث على الانتقال إلى الماء السطحي.
- وجود أعداد كبيرة من الثدييات البرية والطيور في أو حول الماء السطحي.

لكل تلك المظاهر، فإن اهتمام خاص لا بد من إعطائه للظروف التي ربما تقود إلى حوادث تلوث حادة. تصنيف بسيط متعلق بتقييم أهمية تلوث المصدر يساعد ويمكن أن يكون قاعدة في طبيعتها، والحجم، وزمن النقل وبعده من المصدر المائي.

مسح الحجز لا بد أن ينتج عنه:

- قائمة لمصادر التلوث.
- تصنيف لأهميتها.
- قائمة للظروف التي ربما تنشأ لحوادث التلوث الحادة.

خلال المسح فإنه من الممكن قياسات لإدارة المخاطر يمكن تعريفها وبعد انتهاء المسح، من الممكن عموماً تصنيف قياسات حماية الحجز استناداً إلى (تقديرها) الأثر في تحسين نوعية المصدر المائي أو الحد من الحوادث الحادة.

المسح الأساسي للحجز ليس متكلفاً (على الرغم من نظام تقنيات المعلومات الجغرافية (GIS) قد يكون مساعداً). بغض النظر عن هذه، على أي حال، ليست مؤسسة تماماً مع التنظيم المائي. هناك بعض الأمثلة لمسوحات الحجز، مثل هذه في العديد من الحجوزات المحمية الألمانية (Feuerfeil and Bischoff, 2001)، يمكن عموماً، التأكد من ذلك عند المعالجة. وهذا ربما بسبب أن المعالجة تماماً ضمن مراقبة مزودي الماء، بينما حماية الحجز تتضمن العديد من الهيئات المختلفة والمجاميع المرغوبة، وعليه، فإن هناك صعوبات كثيرة للتقدير على أي حال، فإن ملاحظة *Cryptosporidium* sp. كممرض مائي ناشئ مهم ومقاومته للتطهير ذو تدعيم مرغوب في حماية الحجز، خصوصاً في أمريكا الجنوبية. متبوعاً بالحدوث في استراليا عام ١٩٩٨م، حيث كان الماء في التوزيع وجد أنه ملوث بالكائن *Cryptosporidium* sp.

(ربما ناتج عن المستويات العالية بداخل الحجز متبوعاً بتساقط مطر كثيف- McLellam, 1998). هيئة الحجز قد تم وضعها، مع خطوتها الأولى، مع عمل قائمة لمصادر التلوث (Deere *et al.*, 2000).

(٤,٤,١,٢) استخدام البارامترات الميكروبية كمؤشر للتلوث البرازي

يركز المسح الأولي للحجز على تعريف المصادر والتي يمكن أن تتواصل بدون استخدام المؤشرات (الدلالات- العلامات)، على أي حال، مثل هذه القياسات ربما تساعد في تحديد معنوية أي تعريف لمصادر التلوث وأيضاً السلوك والنقل للتلوث البرازي في الماء السطحي.

وتساعد خصوصاً في تقييم حدوث الحوادث الحادة وربما تستخدم على مستوى للتنبؤ بتلك.

الكائن الحي الدقيق الأساسي لهذا الغرض هو *E.coli*، ويظهر في التلوث البرازي ذي الاهتمام والتقدير غير مكلف، بسيط وواسع الاستخدام. في وجود الماء السطحي يشير إلى التلوث البرازي الحديث وبذلك تتضح شدة مخاطر الصحة.

القولونيات المقاومة للحرارة يمكن أن تكون مجال ملائم، ولكن أين تستخدم هذه؟ فإن تحذير واهتمام لا بد من إعطائه لإمكانية وجود تدفق للنفايات مع محتوى كربوهيدراتي عالي، والتي ربما تكون ملاذاً للبكتيريا *Klebsiella* sp..

كما أن *E. coli* ليست بيئياً ذات حياة طويلة كمثل العديد من الممرضات (مثل الفيروسات والأوليات) كما أنها ذات فائدة كبرى في تعريف التلوث الحالي. إضافة،

الفحوصات المتممة للأكثر نشاط enterococci وجراثيم *Clostridium perfringens* يمكن أن تسقط الضوء في التلوث البرازي الأقل حالياً.

بسبب خلفية النمو المحتملة للحرارة العالية في بيئة الزرع وجهد التضاعف للقولونيات متحملة الحرارة (وحتى *E. coli*) في البيئة (Rivera *et al.*, 1988; Bgappanahali and Fujioka, 1998)، فإن استخدام بعض البارامترات الميكروبية لتقييم نوعية المصدر المائي الاستوائي يعتبر صعباً (مشكوكاً فيه). يظهر أن جراثيم *Clostridium perfringens* تعد البارامتر الأكثر ملاءمة لتقييم التلوث البرازي في المناخ الاستوائي (Fujioka, 2001).

دراسة الحالة: باستخدام كاشف داخل مشروع الماء الآمن لمنع التلوث.

واحد من الحجز داخل منطقة Melbourne المائية في أستراليا هو حماية منطقة الجبل الطبيعية؛ وذلك بعدم توطين الإنسان. يبقى الماء في المحميات ويعمل له فقط كلورة قبل التوزيع إلى المستهلكين. أظهرت مسوحات الحجز والكشف أن تساقط المطر يقود إلى فساد نوعية الماء في الروافد للمحمية مع نسبة عالية من العكارة وتراكيز برازية تجلب بكتيريا.

لمحاولة علاج هذه، فإن خطة قياسية تشغيلية تم وضعها، باستخدام تحويل جريان كقياس مراقبة لمنع الماء ذات النوعية الضعيفة نوعا ما لدخول المحمية (Deere *et al.*, 2000).

(٤,٤,١,٣) استخدام الكائنات الحية الدقيقة الممرضة

اعتبار عام أن تقييم مسوحات الكائنات الحية الدقيقة الممرضة يقدم معظم المعلومات المباشرة عن مصادرها. هناك، على أي حال، العديد من الممرضات المختلفة، والتي تتواجد

بتراكيز نسبياً منخفضة وتتطلب أحجام لعينات كبيرة وطرق للكشف عن الممرض (إذا كانت متاحة) تكون عموماً عالية التقنية، وذات استهلاك زمني وغالية.

نادرا ما تتيح هذه المسوحات للمرض أخذ أعداد لعينات كبيرة مثل هذه المسوحات، على أي حال، تعد مرتبة جيدة بواسطة مسوحات الحجز. المراقبة الصحية وتقصي المؤشر البرازي وبعد ذلك الهدف إلى أسئلة البحث الخاص، كما تم استعراضه بواسطة حالات الدارسة التالية.

حالة الدراسة: التدفق الأول

خطة ولاية كاليفورنيا في الولايات المتحدة الأمريكية، حيث إن هناك عدد من البحيرات تستخدم كمصادر مائية. اثنان من تلك البحيرات بحيرة Castaic في جبال Castaic وبحيرة Silverwood في غابة San Bernardino الطبيعية. لا توجد زراعة، صناعة أو طرح للصرف الصحي تم التعرف عليها في العينات من الجداول خلال المسوحات الصحية، ولكن المواشي والحيوانات البرية تواجدت قرب الجداول.

برنامج الكشف عن *Giardia* و *Cryptosporidium*، كان عن طريق أخذ عينات من مواقع مختارة في البحيرات والروافد وثلاث عينات إستراتيجية استخدمت:

- حجم كبير (١٠٠١) عينة مع المرشحات.
- عينات غير ملازمة مأخوذة كيفما اتفق من ماء العاصفة (٥١).
- ٤١ عينةً مأخوذة لحوادث العاصفة غير التدفق الأول.

لوحظ أن التدفق الأول خلال حوادث العاصفة يحتوي على أعداد عالية جداً من .*Cryptosporidium* sp و.*Giaria* sp (الجدول رقم ٤,٧). هذه التراكيز العالية ذهبت غير مسجلة في العينة الأولى والتي كانت غير مشتقة بواسطة الترسيب ولكن

أيضاً العينات المأخوذة كيفما اتفق خلال أحداث العاصفة لم تلاحظ فيها الأعداد العالية (Stewart *et al.*, 1997).

الجدول رقم (٤,٧). نتائج مسوحات بحيرة Castaic و Silverwood مع إستراتيجيات كشف متعددة.

خطة أخذ العينات	*Cryptosporidium* sp.		*Giardia* sp.	
	٪ موجبة	المدى (١٠٠١/لا يوجد)	٪ موجبة	المدى (١٠٠١/لا يوجد)
مرشح	١٠	٣-٤١٥	٢٩	٢-١١٩
التدفق الأول	٣٥	٤٦-٤١٦٦٦	٦٠	٢٥-١٦٦٦٦
العينات المأخوذة كيفما اتفق	١٩	٣,٤-٦٤٧	١٩	٤٢-٢٤٢٨

من هنا، فإن التدفق الأول خلال حوادث العاصفة يحمل عبئاً عالياً من *Cryptosporidium* و*Giardia* إلى الجداول والذي يجب أن يضمن برامج كشف أو بطريقة كشف أو بطريقة أخرى قد تم تعديلها. عينات التدفق الأول غير مكلفة، ولكنها قابلة ومعرضة للسرقة والتخريب.

(٤,٤,٢) الماء الجوفي

(٤,٤,٢,١) مسح الحجز

كما تم شرحه سابقاً، المصادر الأولى لتلوث الماء الجوفي يعتبر مخلفات الإنسان والحيوان وتسرّب التلوث البرازي للماء السطحي (متضمن الأنهار)، كما أن معالجة الماء الجوفي عموماً لا تتضمن عقبات أساسية ضد المرضات، يعمل حماية الحجز للماء الجوفي كعائق أساسي. على أي حال، فإنه من غير الضروري افتراض أن الماء الجوفي لا يتطلب ترشيحاً لإزالة الأوليات (مثل توفير المرشح أرضياً بين النهر والبئر حيث يعد غير ملائم لإزالة الأوليات) أو التطهير للفيروسات الخامدة.

يحتاج المسح الحجزي لجمع معلومات عن مصادر التلوث في الحجز، نظام علم الماء الجوفي وعوامل الخطر العالية كإمكانية للنقل السريع للمرض خلال فتحات/ انكسارات أو تلوث الآبار، تصريف أو الدخول من المصادر القريبة.

المسح المائي الجيولوجي

هذا لا بد أن يتضمن فحصاً للآتي:

- منطقة حجز (إذا كان لا يوجد تفصيلاً معلوماتياً متاحاً، فإن التقييم المستند على معدل التجريد وسماكة الفتحات للطبقات المائية الصخرية تعد ملائمة).
- تركيب طبقة التربة والمحتوى الموجود، سماكة وسلامة تخوم طبقات التربة.
- خطوط الجريان للماء إلى المواقع المجردة في الطبقات المختلفة.
- وجود حلول، مناطق غير مشبعة وغير سميكة، تلاصق الماء السطحي مع الطبقة الصخرية المائية.

مسح مصادر التلوث وعوامل الخطر العالية

مصادر التلوث قد تشمل، مواقع طرح الصرف الصحي، الصرف الصحي المعالج أو حمأة الصرف الصحي، مواقع الطرح أو أرض فرد الروث (السماد)، مناطق ذات ري بواسطة نفايات المياه المحلية المعالجة أو غير المعالجة، خزانات عفن، مسابح، مراحيض، مدافن نفايات، معدات حفظ الروث إلى غير ذلك (انظر أيضاً كتاب الماء الجوفي REF).

عوامل الخطورة العالية تلك ناتجة عن النقل السريع للماء لمصدر الماء الجوفي، مثل الأمطار الكثيفة أو تسرب ماء النهر. رأس البئر، البئر، حماية ثقب الفتحة وحماية الطبقة الصخرية المائية الضحلة والتصريفات. المظهر يجب أن يتضمن تقييم لمصادر التلوث بجوار الآبار (حيوانات الرعي، وأنظمة الفصل، والبالوعات، وما إلى غير

ذلك)، سلامة رأس البئر والسلامة حول البئر (وضع وسلامة أغطية البئر، طبقة الطين أو لوح الأسمنت المحيطة بالبئر).

مثال لصفة التحري من منظمة الصحة العالمية WHO يظهر في الشكل رقم (٤٠,٢) وصندوق رقم (٤,١) (WHO, 1997). للطبقات المائية الصخرية الضحلة والتصريفات، فإن مناطق ملاصقة للسطح والطبقات الصخرية المائية أو مناطق (أجزاء) صغيرة غير مشبعة لا بد أن تفحص (خصوصاً تساقط الأمطار)، ولسلامة قصبات التهوية والفتحات وأيضاً الخطوات للفتح وإغلاق الفتحات.

صندوق رقم (٤,١). مثال للمسح من أنبوبة البئر مع مضخة يدوية (WHO, 1997).

أولاً: نوع التجهيز (أنبوبة البئر مع مضخة يدوية)

١- معلومات عامة: مركز صحي ....

قرية ....

٢- رقم الرمز — العنوان ....

٣- هيئة الماء/ توقيع ممثل الجماعة ....

٤- تاريخ الزيارة ....

٥- عينة الماء المأخوذة .... عينة رقم ....درجة القولونيات المقاومة للحرارة ....

ثانياً: معومات تشخيصية للتقييم — الخطر

١- هل هناك مرحاض بين ١٠مل من مضخة البئر؟ — نعم/لا

٢- هل أقرب مرحاض أعلى أرضياً من المضخة اليدوية؟ — نعم/لا

٣- هل هناك مصدر آخر للتلوث (إفرازات حيوانات، نفايات، ماء سطحي)؟ — نعم/لا

٤- هل التصريف ضعيف، مسبب ماء أكبر بين ٢متر من المضخة اليدوية؟ — نعم/لا

٥- هل قناة تصريف المضخة اليدوية ذات عيوب؟ هل هي محطمة، يتيح عمل بركة، هل تحتاج للتنظيف؟ — نعم/لا

٦- هل السياج حول المضخة اليدوية غير كاف، يسمح بدخول الحيوانات؟ — نعم/لا

٧- هل الأرضية الإسمنتية أقل من ١متر عرضاً حول جميع المضخة اليدوية؟ نعم/لا

٨- هل هناك أي قيد على الأرضية الإسمنتية حول المضخة اليدوية؟ نعم/لا

٩- هل هناك أي تشققات في الأرضية الإسمنتية حول المضخة اليدوية والتي قد تسمح بدخول الماء إلى البئر؟ نعم/لا

١٠- هل المضخة اليدوية غير محكمة عند نقطة الاحتكاك إلى القاعدة مما يسمح بدخول الماء إلى الواقعة؟ نعم/لا

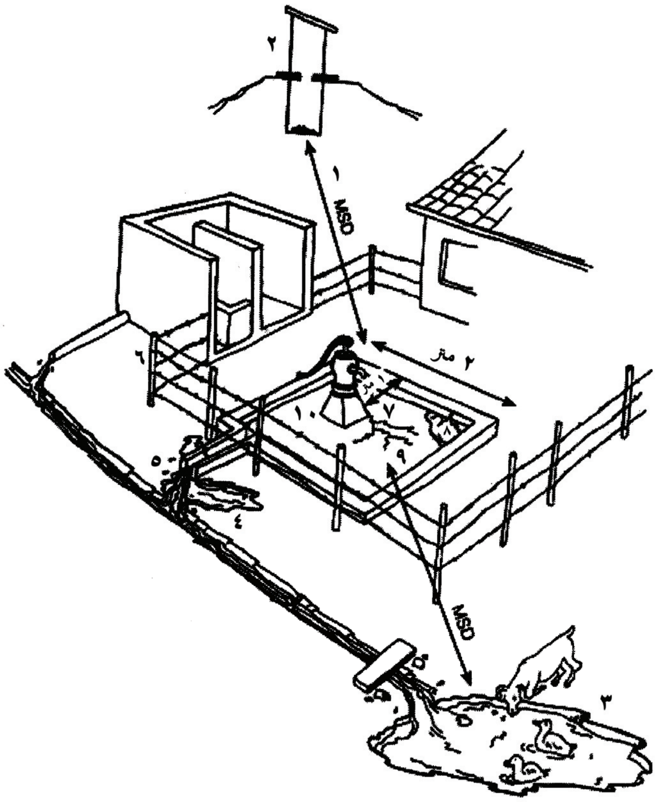
مجموع درجات الخطر.............................

تركيز مصدر الخطر: ٩-١٠=مرتفع جداً، ٦-٨=مرتفع، ٣-٥= بين متوسط، ٠-٢= منخفض

ثالثاً: النتائج والتوصيات

النقاط المهمة التالية للخطر تم ملاحظتها..(١-١٠) والهيئة تنصح بالإجراء العلاجي.

توقيع المشرف الصحي...............................



الشكل رقم (٤,٢). مخطط لأمثلة فحص مصاحبة من (صندوق رقم (٤,١) من أنبوبة البئر مع مضخة يدوية (WHO, 1997).

في بعض الدول، فإن تفصيلات مصادر التلوث للماء الجوفي (كلا التلوث الميكروبي و الكيميائي) يكون أحسن تأسيساً أكثر منه في حالة أنظمة الماء السطحي. في هذه الدول، فإن أنظمة حماية الماء الجوفي التي تم إصدارها تقع عند تقسيم منطقة الحجز إلى أقسام مختلفة قابلة للتلوث. تعّرف الأقسام بكونها (متوسطة) لزمن النقل للماء من سطح الأرض إلى المصدر المائي. الأنشطة التي ربما تقود إلى تلوث الماء الجوفي محصورة في هذه الأقسام المحمية.

دراسة الحالة: التوصيات من مجموعة الخبراء البريطانيين.

تفشي مرض *Cryptosporidium* في جنوب لندن (بريطانيا) أمتد إلى إمداد الماء الجوفي والذي كان قابلاً للهجوم لترسيب الماء السطحي المحتوى على *Cryptosporidium* sp. (DWI, 1998). هذه وحوادث عديدة مع إمدادات الماء الجوفي كانت هدف مجموعة الخبراء البريطانيين للتوجيه بأن أنظمة الماء الجوفي يجب تقديرها لقوة خطورة التلوث (Bouchier, 1998).

تطبيق حماية الماء الجوفي في ذلك الوقت كان مبنياً (كما في العديد من الدول) على الجزء السطحي للأرض استناداً إلى أوقات المرور للماء من الجزء العلوي إلى مصادر الماء الجوفي وتغيير النشاط التلوثي في معظم الأقسام القابلة للهجوم.

قدّر Bouchier (1998) هذه التطبيقات لأهمية الحماية ضد التلوث الميكروبي، خصوصاً مع *Cryptosporidium* sp. وقد ختم أن هذه الطريقة تكّون قواعد صوتية لتقييم تأثر إمدادات المياه الجوفية، ولكن أيضاً فإن هناك بعض التقييد. من أهم التقييدات أنه عن طريق المرور المستقبلي، والذي يتيح انتقال سريع للماء مع التلوث إلى الماء الجوفي، والذي لا يتحد في التقييم غير الحصين. عن طريق مرور الجريان الذي ربما يحدث في العديد من الطبقات الصخرية المائية الكربونية البريطانية. مشابهة، فإن تفاعلات الطبقة الصخرية المائية للماء السطحي ربما تحدث في أسفل الوادي (إعادة تشبع الماء السطحي) والحواجز العليا والتي لا تتحد في التقييم غير المحّصن.

ضمن Bouchier (1988) توصيات لطائفة إضافية قابلة للجرح في مخطط القسم. هذه الطائفة الشديدة القابلة للجرح يمكن تطبيقها للمناطق مع اتحاد تلوث الماء السطحي ونقاط مداخل سريعة (مقومات حل، وفتحات غطس، ومناجم ومواقع تجمع المستخلص).

المطلوب من تضمين الدخول السريع للماء السطحي إلى الماء الجوفي يعد عاملاً هاماً في تقييم الجرح حيث تم استعراضه عن طريق أثر ثمانية من تسعة من الحالات المتوقعة لتلوث الماء الجوفي بالكائن *Cryptosporidium* sp. في بريطانيا تلازم مع مداخل الآبار، الجامعين، وينابيع الربيع والمناجم السابقة مع الداخل (Morris and Fostes, 2000).

إمدادات الماء الجوفي في المواضع الريفية عموماً أكثر تأثراً من المواقع البلدية. جريان التصدع، وجريان الفتحات الثنائية والجريان التدرجي ممثلة في هذه الحالات. يظهر الجريان التدرجي فقط أنه ذو أهمية في المواقع حيث فترة البقاء في الطبقات

الصخرية المائية قصيرة جداً، كما في حالة حصى النهر القريبة من وجهة الماء السطحي.

مجموعة الخبراء أوردت قائمة للعوامل لنظام الماء الجوفي والتي تحتاج إلى أن تكون ذات اعتبار لتقييم خطورة التلوث مع *Cryptosporidium* sp. (الجدول رقم ٤,٨) وأعطت تعليمات في تقنيات درجة نوعية بسيطة ربما تساعد في تحديد أولوية الاختلافات في المخاطر، على أي حال، فإن Morris and foster (2000) أكدا الاحتياج؛ لإلقاء الضوء على إمداد الماء المنفرد عندما يتم تطبيق الدرجة، تقدير علم الماء الجيولوجي الاستثنائي، التشغيلي ومواضع مصادر التلوث لكل نظام إمدادي.

الجدول رقم (٤,٨). العوامل الاعتبارية لتقييم مخاطر تلوث الماء الجوفي (من Bouchies, 1998)

تهيئة الماء الجوفي إلى خطورة *Cryptosporidium* sp.	تقنيات محتملة الصحة
عوامل الحجز رجوع نفايات ماء عالية، بالإضافة إلى تدفق الصرف الصحي امتدادات النهر، خصوصاً تحت ظروف الجريان القاعدية تواجد المواشي داخل الحجز، خصوصاً إذا كانت كثيفة من الممكن أن *Cryptosporidium* sp. تولّد أنشطة في الحجز مثل المسالخ حجز مدني رعي مواشي أو سكن قرب فتحة البئر	كيميا مائي أحياء دقيقة، قياس مائي مسح مزرعة مسح لنشاط اقتصادي مسح لتسجيل أرض موقع رسمي
العوامل المائية الجيولوجية طبقة صخرية مائية للنهر معلومة أو متوقعة ملاصقة بالقرب ظروف غير مقيدة مع جدول مائي ضحل جرف رقعة غطائي يتصاحب مع طبقة صخرية مائية متغيرة أساساً وغير حصينة حل صوري ملاحظ أو مستدل في الحجز دورات جريان ضحلة إلى الربيع	قياس جريان، طراز، كيميا مائي كشف مستوى ماء البئر خريطة حقل، مسح مزرعة خريطة حقل، حفر ضحل خريطة حقل آثار، كيميا مائي، درجة حرارة ماء مثقلة

شق مسيطر على الجريان (كما تم اقتراحه عن طريق نقل عـــالي أو سعة خاصة)	سائل تحت الفتحة/ جريان كثيف، فحص تحليل المضخة
عوامل مصدر الماء الخام/البئر مصدر الإمداد أنظمة حنفيات جريان ضـــحل (مثـــل حفـــيرات، جداول، دهاليز مناجم) حفيرات مع فتحات علوية أو بناء- سقالة لفصبات تهوية حالة سلامة ضعيفة بناء بطاني فوق مستوى مضخة الماء بدون إضافة مانع صحي. بالوعة/ خزان عفن / أنظمة تجويف طيني قرب غطاء البئر أو فـــوق الحفيرات مصدر لسياج غاير ملائم خصوصاً حول صناديق الجداول، حفـــر المسلك، الدهاليز قديم، بئر ذو بناء وثائقي ضعيف	فحص مواقع المحطات، آثار فحص مواقع المحطات، تحري الموقع منطقة تليفزيونية مغلقة، جيولوجي فيزيائي كثيف المسح الجيولوجي البريطاني، فحص موقع المحطات تحري الموقع تحري الموقع موقع المحطات، المسح الجيولـــوجي البريطاني لتسجيل محفوظات البئـــر الوطني

(٤,٢,٤,٢) استخدام المؤشرات الميكروبية كدليل للتلوث البرازي

الماء الجوفي غير قابل بسهولة للكشف عن التلوث البرازي. مصادر التلوث البرازي والتي تم تعريفها في المسح الصحي يمكن الكشف عنها وربما إعطاء معلومات كمية عن حجم المصادر ولكن ليست من الضروري معـــرفة أثرها في نوعية المياه الجوفية.

الحجز تحت السطحي يمكن تطبيقه للتلوث البرازي عن مراقبة الآبار، إذا تم بناء دراسة مائية جيولوجية جيدة. هذا خصوصاً صحيح في حالة انكسارات الصخور المائية الصلبة ؛ بسبب صعوبة التنبؤ بجريان الماء. الوضع النموذجي لمراقبة الآبار يكون بين مصادر التلوث والوضع غير التصوري للآبار. تفصيل لمرشد عن أخذ عينات الماء الجوفي وحفر البئر والتعيين يمكن أن توجد عند Mcnabb and Mallard (1984). ملاحظة المرشد عن الآبار للبارمترات الدليلية والتي يمكن أن تعطي معلومات عن فاعلية وجود

التلوث البرازي هي البكتيريا *E. coli*، ولاقمات البكتيريا وجراثيم *Clostridium perfringens*.

تطبيق هذه القياسات في ملاحقة الآبار مشابهة إلى الكشف عن المصدر المائي لأنظمة الماء الجوفي. التوصيات ذات الأهمية التالية:

- حجم العينة يجب أن يكون كبير بحيث يمكن إنجازه (توصية لتحليل عينات ١٠٠٠مل — Fujioka and Yoneyama, 2001).
- هدف أخذ العينات لا بد أن يتضمن نظام أخذ العينات وحادث الخطر العالي لأخذ العينات. في هذا الموقع، فإن مراقبة الآبار لا بد أن توضع على خطوط الجريان من المناطق عالية الخطورة إلى المصدر المائي وبتفضيل مغادرة ملائم لفترة البقاء لأخذ فاعلية ملائمة (مثل وقف الآبار).
- عندما تكون طرق المصادر المتاحة محدودة، استخدم فحص *E. coli*. عندما تكون المصادر متاحة مشتملة الفحص عن *entercocci*، وجراثيم *Clostridium perfringens* ولاقمات *F* الخاصة بالحمض النووي RNA إذا كان الصرف الصحي أو نفايات إنسانية أخرى يعتقد في كونها ذات مصادر تلوث مهمة.

حالة الدراسة: أهمية الأحجام الكبيرة

لزيادة السعة الإنتاجية ، فإن شركة ماء Limburg (في هولندا) قامت ببناء أبار إضافية على طول منحدرات نهر Meuse. الحسابات المائية أشارت إلى أن ١٠-١٥٪ من الماء المعروض يعتبر منحدراً مصفى.

تركيب الطبقة الصخرية المائية من حصى دقيق وخشن مع الرمل ومعدل فترة البقاء لماء النهر في التربة ٠,٥-٣سنوات. واحد من الآبار الملاصقة للنهر (١٥٠متر) يستخرج ٥٪ من ماء النهر وتقدير فترة البقاء لهذا البئر ٤٥-٦٥يوم. بسبب طبيعة

Meuse (نهر مغذى من المطر)، فإن قوة مفاجئة تنشأ من مستوى النهر ربما تحدث وهذا يقود إلى تسريب سابق لطبقات غير مشبعة من التربة مع سرعات عالية وفترات بقاء قصيرة.

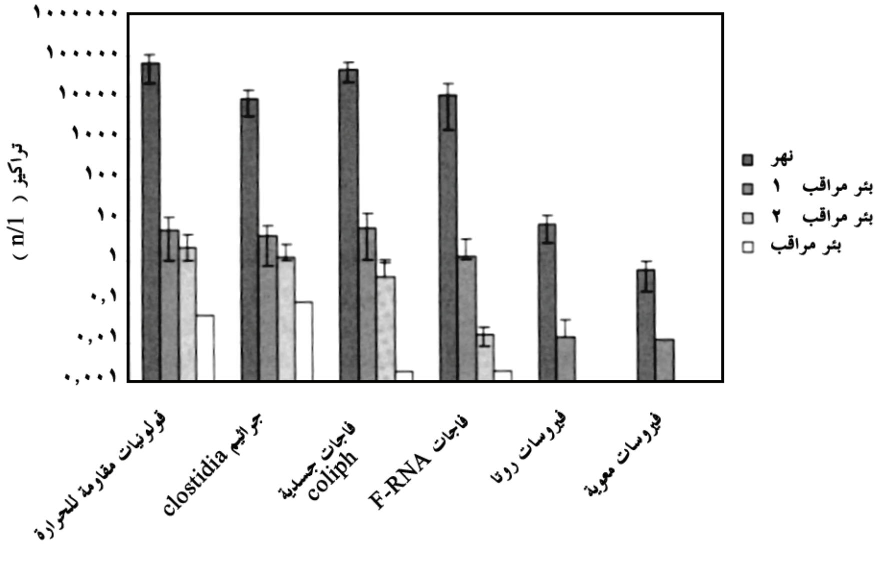
لتحديد العلاقة بين فترة البقاء (أو مسافة مرور التربة خلال الطبقة الصخرية المائية) وإزالة الكائنات الحية الدقيقة الممرضة، فإن أحجام لعينات كبيرة (لأعلى إلى ١٠٠١) قد تم أخذها من النهر ومن بئرين مراقبين يقعان بين النهر ومضخة البئر الملاصقة إلى النهر. تم تحليل العينات للتأكد من وجود القولونيات المقاومة للحرارة، وجراثيم بكتيريا Clostridia المختزلة للكبريت، *Cryptosporidium* sp.، *Giardia* sp.، وفيروسات reo والفيروسات المعدية، والفاجات الجسدية Coli والفاجات F الخاصة RNA. لوحظ أن جميعها تتواجد في نهر Meuse طوال مدة الدراسة.

في البئر المراقب عند مسافة تصل إلى ٨ أمتار من النهر، تم ملاحظة القولونيات المقاومة للحرارة، والبكتيريا المختزلة للكبريت ولاقمات البكتيريا وفيروسات reo (الشكل رقم ٤,٣). لم توجد فيروسات معوية. تم اختبار وجود *Cryptosporidium* and *Giardia* ولكن لم يتم ملاحظتها في البئر المراقب. إضافة من النهر فقط تم ملاحظة القولونيات المقاومة للحرارة، جراثيم ولاقمات بكتيريا. في مضخة البئر، تم أيضاً ملاحظة وجود القولونيات المقاومة للحرارة وجراثيم البكتيريا المختزلة للكبريت ولاقمات البكتيريا الجسدية coli بين الفينة والأخرى.

التراكيز العالية في البئر تم ملاحظتها بعد مستوى ماء نهر Meuse كان عالياً والمسافة وفترة المغادرة إلى البئر كانت نسبياً قصيرة.

الأمتار الأولى لمرور التربة نتج عنها إزالة فعلية نسبياً ؛ ربما بسبب أن هذه تتضمن مروراً خلال طبقة غير منفذة نسبياً من ترسيب النهر في القاع. وجود ظهور دلائل أحياناً عدة للتلوث البرازي في البئر يشير إلى أن الكائنات الحية الدقيقة (متضمن الممرضات) من النهر ربما تمر خلال التربة إلى البئر، خصوصاً خلال (تدفق) جريان النهر العالي.

تم استخدام النتائج لتخطيط برنامج تجريدي والتي فيها الآبار (البئر) قريب من النهر تغلق في حالة الارتفاع الحاد لجريان النهر (Medema *et al.*, 2000b).



الشكل رقم (٤,٣). إزالة الكائنات الحية الدقيقة بواسطة تصفية القاع في التربة الحصوية الرملية (Medema *et al.* 2000b).

(٤,٥) الكفاءة النوعية لمصدر الماء

لتقييم نوعية مصدر الماء، فإن متوسطات مختلف المصادر الطبيعية والتي يمكن تمييزها بوضوح بين مصادر الماء السطحي ومصادر الماء الجوفي ذات أهمية.

للماء السطحي، فإن تقييم النوعية الميكروبيولوجية للمصدر الماء تعد أساسية في كلا التخطيط ومرحلة التشغيل لمعالجة مياه الشرب:

- لتخطيط نظام معالجة ملائمة والذي يحول المصدر المائي إلى ماء شرب آمن.
- لتقدير ما إذا كان نظام المعالجة الداخل قادراً على تقديم ماء شرب آمن.
- لتوجيه المعالجة لمواجهة التغيرات والحوادث الحادة للتلوث البرازي للمصدر المائي.

في معظم أنظمة الماء الجوفي، فإن التلوث البرازي عموماً منخفض أو حتى غائبٌ. إذا تأثر الماء الجوفي بالماء السطحي، فإن برنامج المراقبة يجب أن يتضمن الماء السطحي (وهذه يمكن أن توجه للظروف أو للزمن عندما يكون ممكن تأثير الماء السطحي).

لمعظم الجزء، فإن الكشف يستخدم لتأكيد نقاء الماء الجوفي، أكثر من تحديد أهداف المعالجة (المعاملة)، على أي حال، إذا كان الماء الجوفي متأثراً بالتلوث البرازي، فإن الكشف يشمل جيمع الوظائف (مثال. تأكيد فعالية إمرار التربة وتقييم مستوى المعالجة الإضافية المطلوبة).

الخطوة الأولى لتقييم نوعية المصدر المائي هو الكشف عن الدلائل الميكروبية التقليدية للتلوث البرازي، والتي ربما تكون ملحقة مع لاقمات البكتيريا.

برنامج الكشف هذا يجب أن يكون متكرراً في حالة تعريف تغيرات قصيرة المدى لنوعية الماء.

إذا كان الطقس الموثوق منه، والظروف الطبيعية أو أنشطة الإنسان تؤدي إلى زيادة التلوث البرازي للمصدر المائي، فإن قوة الكشف (التردد وجهد عدد البارميترات) يجب أن تزداد خلال الفترة عندما تحدث تلك الظروف.

يعتبر الكشف عن الممرضات (كما في حالة مسوحات الحجز) ثانوية بالنسبة لدليل التلوث. على الرغم من أنه يجب ملاحظة أن الكشف المرضي يمكن أن يقدم معلومات ذات فائدة عن المصدر المائي، على سبيل المثال، فإن المعلومات الكمية عن تواجد الممرض يقدم معلومات يمكن أن تكون ذات فائدة كطريقة لتحديد قدرة الممرضات للتنقل خلال التربة. على أي حال، عندما يتم ملاحظة دليل لمستويات منخفضة فقط من البارامیترات، فإن احتمالية وجود الكائنات الحية الدقيقة الممرضة يتناقص.

(٤,٥,١) الماء السطحي

(٤,٥,١,١) استخدام البارامیترات الميكروبية لوضع أهداف المعالجة

يمكن أن تستخدم البارميترات (الدلالات) الميكروبية لتحديد مستوى التلوث البرازي عند موقع لسطح مائي محدد. يحتاج التلوث الأكثر لمصدر الماء السطحي، إلى معالجة أكثر أهمية لإنتاج ماء اشرب آمن. هذا يعد القواعد الميكروبية الإرشادية لنوعية الماء الخام، مثل تلك في توجيهات EC، 7514401EEC (الجدول رقم ٤,٩).

الجدول رقم (٤,٩). القولونيات المقاومة للحرارة القياسية للماء السطحي المطلوب لفكرة ماء الشرب (EC,1975).

الصنف	القولونيات المقاومة للحرارة تركيز /١٠٠مل	المعاملة المطلوبة
أ١	٢٠	معاملة فيزيائية بسيطة وتطهير
أ٢	٢٠٠٠	معاملة فيزيائية عادية وتطهير
أ٣	٢٠٠٠٠	معاملة فيزيائية مكثفة وتطهير
أ٤	>٢٠٠٠٠	غير ملائمة لإنتاج ماء الشرب

نظرت العديد من الدراسات عند العلاقة بين الأدلة الميكروبية للتلوث البرازي والممرضات في الماء السطحي. على الرغم من كونها كانت عرضاً للشك الكبير، فإن الاتفاق أظهر أن هنالك عموماً، علاقة شديدة بين أدلة التلوث البرازي وتركيزات الممرض أساساً، وأن مخلفات الصرف الصحي تحتوي على تراكيز عالية لكلا دليل البارميترات والممرضات أكثر من الصرف الصحي المعالج (المعامل) وعليه، استناداً إلى دليل تركيز البارامير الميكروبي، فإن تقييم شديد لتركيزات الممرضات يمكن تقديمه (Poyment *et al.*, 2000). عندما يأتي التنبؤ لتركيز الممرض عند موقع محدد، على أي حال، فإن العلاقة توجد عموماً (وحتى عند الموقع نفسه) تكون عموماً غير مؤكدة للقدرة على التنبؤ لتركيز الممرض لأقل من واحد إلى وحدتين لوغارثمية غير مؤكدة هامشية على أي موقع من التقييم (Havelaar, 1996).

(٤,٥,١,٢) استخدام الممرضات لوضع أهداف المعالجة

اختبر LeChevallier and Norton (1995) وجود ماء خام *Cryptosporidium* sp. و*Giardia* sp. في ماء تمد ٧٢ محطة ماء للشرب في الولايات المتحدة الأمريكية. وقد خلصا إلى أن فعالية متطلبات المعاملة استناداً إلى تركيز الطفيليات في الماء الخام والتراكيز

القصوى المباحة في ماء الشرب (تتحدد عن طريق $١٠^{-٤}$ من خطورة حجم الإصابة المستخدمة ف دراسات تقييم الخطورة في أمريكا وأماكن أخرى انظر جزء ١,٥,١).

تواصلت دراسات مشابهة في كندا(Payment *et al.*, 2000; Barbeau *et al.*, 2001) وفي هولندا (Medema *et al.*, 2000c)، على أي حال، طرق الكشف الحالية عملت تفسيراً لنتائج مثل ذلك الكشف للكائن الحي *Cryptosporidium* sp. و *Giardia* sp. كانت صعبة. استعادة فاعلية الطرق كانت منخفضة ومتقلبة والطرق لم تفرق بين الميت والحي من البويضات (البيض) ولم تجدد أي من أنواع البويضات غير ممرض (معدي) للإنسان.

عملية الوقاية لاعتبار كل البويضات لتصبح معدية، ولكن هذا ربما يعطي نشوءاً لاستثمار عالٍ في عمليات المعالجة أكثر من المهم لحماية الصحة العامة على نحو كاف.

التطور الحالي في طرق الكشف الجزئي ربما تجلب متطلباً خاصاً من خلال التأثير ولكن لا تحل المشكلات المتصاحبة مع المسترد. مسوحات الفيروسات تواصلت لنفس الهدف. وجود الفيروسات المعوية في الماء الخام تم الكشف عنها في العديد من الدول وقد وجدت مستويات لمدى بين ٠,١-١٠٠لتر (Block *et al.*, 1978; Nestor et *al.*, 1981; Payment, 1981; Lucena *et al.*, 1982; Van Olphen *et al.*, 1984). بنما العديد من الفيروسات المعدية يمكن زراعتها وتركيزها من عينات الماء مع فعالية معقولة، بعض الفيروسات المسئولة عن انتشار الجراثيم الناشئة في الماء لا يمكن زراعتها (مثل Norwalk، الكبد الوبائي E وهكذا).

إذا كان الهدف هو لتقدير المستوى العام من التلوث الفيروسي، فإن الطرق الحديثة تقدم تقييماً جيداً بعض الشيء. في حالة تقصي التفشي، فإن الطرق الجزيئية يمكن استخدامها لإضافة طرق حديثة عن طريق تقديم أدوات لتحديد العامل الطبي

(انظر الفصل السابع). الدمج بين المزرعة الخلوية والطريقة الجزيئية تم تطويرها (انظر الفصل الثامن) والتي ربما تقدم نتائج جيدة للمصدر المائي.

(٤,٥,١,٣) حوادث الذروة

يمكن أن تقود الحوادث المفاجئة إلى مسؤولية ممرضة عالية في المصدر المائي. على الرغم من أنه عموماً صحيح لكل الممرضات البرازية من المصادر المحلية والزراعية، فإن البحث الحديث ركز أساساً على *Cryptosporidium* sp. و *Giardia* sp.. هذا البحث يمكن أن يستخدم لاستعراض أهمية الحوادث المفاجئة (الحادة) وأهداف الكشف عن حوادث الذروة مثل العواصف (Gibson *et al.*, 1998; Stewart *et al.*, 1997). العديد من المؤلفين وجدوا علاقة بين تساقط المطر والتراكيز العالية من *Cryptosporidium* sp. و*Giardia* sp.. (Poulton *et al.*, 1991; Hansen and Ongerth, 1991; Atherhlt *et al.*, 1998). التراكيز العالية تتصاحب مع جريان وانقطاع الزراعة، إعادة تعليق ترسبات النهر وطفح البالوعات. تساقط المطر أيضاً يقود إلى زيادة طفح الماء وهذا ربما ينتج خلال دورة قصيرة من إعادة معاملة المحميات، كما تمت الإشارة إليه سابقاً. الغمر؛ نتيجة لحوادث تساقط المطر الاستثنائية، يمكن أن تقود لحادث كثير وشديد التلوث. كما أن الماء الفائض يمكن أن يغسل محتويات الصرف الصحي وخزن طرح الحمأة إلى الماء السطحي ربما يقود إلى ضعف القوة، وانقطاع للشبكات وحتى غمر تجهيزات معالجة ماء الشرب.

دراسة الحالة: أهمية التكرار، أو حادثة الكشف الأساسية

يجـري نهـر Delaware خـلال ولايـات نيويـورك، بنـسلفانيا ونيوجرسـي (في أمريكا). هناك ١,٢ مليـون شـخص يعيـشون في حـوض النهـر. مـصادر التلـوث البرازي تتضمن إتحاد بين العواصف وبالوعات المخلفات المائية، أنظمة الفصل، طرح مخلفات الماء المحلية، ماء الاستجمام والجاري والمنقطع.

عمليات جمع الماء من هـذا النهـر لإنتاج مـاء شـرب عـن طريـق التلبـد، وتخثير الشب، والترسيب، والرمل السريع، والترشيح والتطهير بالكلور.

المـاء المعـد يفحـص شـهرياً عـن وجـود .Cryptosporidium sp و.Giardia sp، البكتيريا المؤشرة، ولاقمات البكتيريا وقياسات أخرى (مثـل العكـارة، الجيبـات، المـواد الصلبة المعلّقة، درجة الحرارة، جريان النهر).

إضافة، فـإن تـردد الفحـص يـزداد للعينـات اليوميـة (الاثـنين- الجمعـة) في ثلاثـة أسابيع متتالية خلال الشتاء وهذا يتكرر في الربيع، والصيف والخريف.

لتحديد أثر هذا التغير لهـدف الفحـص، فـإن العينـات اليوميـة يـتم مقارنتهـا مـع تلك النتائج والتي تم تلخيصها في الجدول رقم (٤,١٠) (Atherholt *et al.*, 1998).

الجدول رقم (٤,١٠). مقارنة أهداف الفحص: الفحص الشهري مقابل كل النتـائج (Atherholt *et al.*, 1998).

	Cryptosporidium sp.		*Giardia* sp.	
	شهري	كل	شهري	كل
الكشف الحالي (٪)	٩٢	٨٨	٥٠	٤٠
المتوسط الهندسي (n/١٠٠)	٥١	٥١	٢١	٢٤
٩٠- المئوي (n/١٠٠)	١٣٤	١٦٠	٢٠	٤٠
الأدنى (n/١٠٠)	٢٠	٢٠	٢٠	٢٠

الأقصى (n/١٠٠)	١٤٠	٨٠٠	٤٠	٢٨٠

بينما العينات اليومية لا تعكس الهدف الوسطي لوجود البويضات، فإن ذلك يؤدي إلى تقدير تحتي لكلا ٩٠- في المائة والحدوث الأقصى للطفيليات. بالإضافة، فإن Lechevallier and Norton (1995) اختبرا العلاقة بين *Cryptosporidium* sp. و *Giardia* sp. والبارميترات المائية النوعية الأخرى.

على الرغم من أنه لا علاقة تم ملاحظتها للوجود البنائي في كلا السلاسل الزمنية المختبرة، فإن العلاقة بين تركيزات الأوليات والعكارة، جريان النهر والقولونيات المقاومة للحرارة (أو *E. coli*) قد وجدت تكراراً.

طورّ المؤلفون طرازاً بسيطاً للتنبؤ للحوادث المفاجئة تعتمد على مؤشرات التلوث.

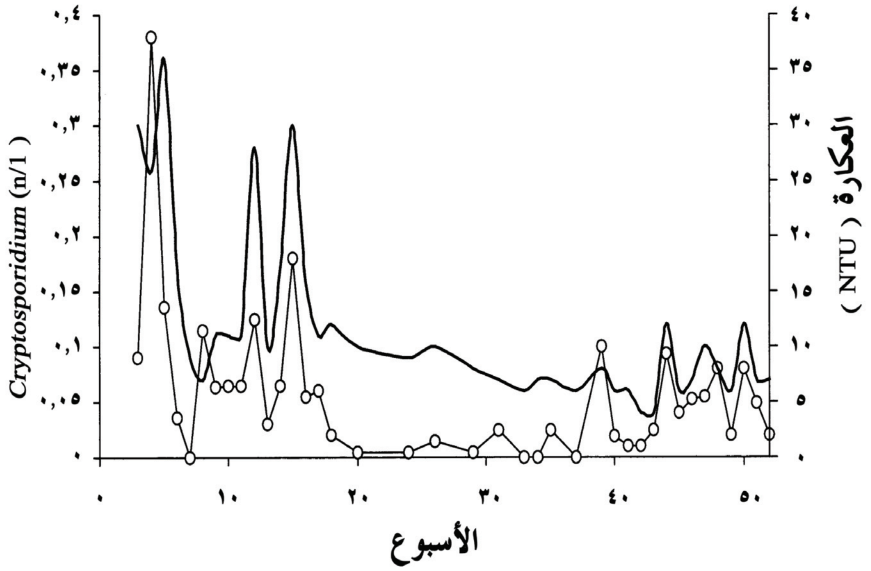
دراسة الحالة: العكارة وجراثيم ***Clostridium perfringens*** كمؤشرات للتلوث

نهر Meuse نهر يغذي أساساً عن طريق سقوط المطر، والذي يجري من جنوب فرنسا، خلال شرق بلجيكا وهولندا إلى بحر الجنوب يستقبل النهر طروحات مخلفات المياه المحلية المعالجة وغير المعالجة ويجري خلال المناطق الزراعية مع الكثافة العالية من المواشي. ماء النهر يعد بالقرب من Keizersveer، لإنتاج ماء الشرب بواسطة محميات الخزن (نموذجياً خمسة أشهر لسلال من ثلاث محميات) وتخثر وترشح بالكلور أو الأوزون وحبيبات الكربون المنشطة. في عام ١٩٩٤م، فإن ماء النهر تم فحصها أسبوعياً للمؤشرات البكتيرية، *Cryptosporidium* sp. والقياسات الأخرى مثل العكارة ودرجة الحرارة.

نهر Meuse نموذجياً يعتبر مغذّى بالمطر، مع جريان عالٍ وعكارة عالية في الشتاء والربيع، نتيجة لتساقط المطر وذوبان الجليد عند هذا الوقت فإن مستوى التلوث البرازي، كما تم احتكامه عن طريق تركيز الدليل البكتيري، أيضاً نسبياً عالي ودرجة حرارة الماء منخفضة.

أظهر الكشف أن العديد، ولكن ليس الكل، من التراكيز الحادة في حالة *Cryptosporidium* sp. يتطابق مع العكارة الحادة (الشكل رقم ٤,٤، أسبوع ٣ ، ٤ ، ٥ ، أسبوع ١٢ ، أسبوع ١٥ ، أسبوع ٤٤ وأسبوع ٥٠) (Medema, 1999).

تشير ذروة العكارة على أي حال إلى أن الجهد بوجود تراكيز عالية من *Cryptosporidium* sp. (علاقة مشابهة تمت ملاحظتها في نهر (USA) Delaware، (Atherholt *et al.*, 1998).



الشكل رقم (٤,٤). تطابق الذروات (النتؤات) لقياسات العكارة مع ذروات *Cryptosporidium* sp. المحسوبة في ماء النهر (Medema, 1999).

تركيز *Cryptosporidium* sp. يتبادل سلبياً مع الجريان والعكارة، ومع مؤشر التلوث البرازي البكتيري، خصوصاً مع جراثيم Clostridia (الجدول رقم ٤,١١). الجراثيم والبويضات كلاهما ذات مقاومة في البيئة المائية، وربما هذا يظهر أنه الأساس لهذه العلاقة.

الجدول رقم (٤,١١). العلاقة بين تراكيز *Cryptosporidium* sp. وباراميترات مياه نوعية أخرى في نهر Meuse (إنتاج – معاملات التبادل الزمني) (Medema, 1999).

بارامیتر نوعية الماء	حجم –r
جراثيم بكتيريا *Clostridia* المختزلة للكبريت	***٠,٧٥
جراثيم بكتيريا *Clostridium perfringens*	***٠,٧٦
القولونيات الكلي	**٠,٥١
القولونيات المقاومة للحرارة	***٠,٥٨
Streptococci البرازية	***٠,٥٧
درجة الحرارة	**٠,٤٤
يخضور أ	٠,٢٧
جريان النهر	***٠,٦١
العكارة	***٠,٦٦
NH_4	*٠,٣٨

* معنوي عند مستوى ٠,٠٥

** معنوي عند مستوى ٠,٠١

*** معنوي عند مستوى ٠,٠٠١

أظهرت حالة الدراسة أن عكارة الماء الخام يمكن استخدامها كمؤشر بسيط وسريع (حتى عند الخط) لوجود *Cryptosporidium* sp. (وربما ممرضات أخرى ذات علاقة بالتلوث البرازي). قياسات العكارة تقدم كهدف لإيقاف تسرب ماء النهر إلى المحميات، بينما المحميات تتيح استمرارية إنتاج ماء الشرب. الدراسة أيضاً أظهرت أن جراثيم *Clostridium perfringens* تعد دليلاً جيداً لوجود *Cryptosporidium* sp.، ربما بسبب أن كلا الجراثيم والبويضات ذات أطوار شديدة المقاومة.

(٤,٥,٢) الماء الجوفي (الأرضي)

تفحص إمدادات الماء الأرضي غالباً ببعض البارامترات، كما في إمدادات الماء السطحي، متضمنة اختبار القولون والقولونيات المقاومة للحرارة ككواشف للتلوث البرازي، وكما تمت مناقشته فإن وجود القولونيات المقاومة للحرارة يدل على وجود التلوث البرازي وقوة وجود الممرضات. غياب القولونيات المقاومة للحرارة، على أي حال، لا يعني بالتأكيد غياب الممرضات. الفيروسات المعوية، والبكتيريا الممرضة مثل *Yersinia* sp. (Lassen, 1972) والأوليات الطفيلية التي وجدت في الماء الجوفي (بعينات ذات حجم كبير عموماً)، بينما الفحوصات عن *E. coli* (بعينات ذات حجم صغير عموماً) كان سالباً. الاختلافات في معدلات الحجوزات والبقاء تقود إلى اختلافات في قدرة الكائنات الحية الدقيقة على الانتقال لمسافات طويلة خلال الطبقة الصخرية المائية.

في الطبقات المائية الصخرية للتركيب الدقيق للتربة والقابلة للهجوم للتلوث البرازي من مخلفات الإنسان، فإن خطر التغلغل للفيروسات المعوية خلال التربة أعلى من البكتيريا والطفيليات الأولية. هذا بسبب صغر حجمها ومعدلات التصاقها المنخفضة، وهذا يعني أن لاقمات البكتيريا عبارة عن بارميترات ملائمة جداً لتقييم التلوث للبئر المعد.

في التربة المقسمة أو الخشنة، فإن البكتيريا والأوليات يمكن أن تنتقل لمسافات طويلة ومواصلة الأوليات مثل *Cryptosporidium* sp.، وهذا يجعل هذه المرضات ذات خطورة لنوعية الماء الجوفي.

جراثيم *Clostridium perfringens* تم اقتراحها كدليل لتلك المرضات الموصلة (كما تم إيضاحه سابقاً).

التقييم المستند على جراثيم *C. perfringens* يعتبر وقائياً، بسبب صغر حجمها (١ميكرون مقابل ٤ميكرون للبويضات) وحتى عظم مواصلتها في البيئة (نتائج غير منشورة- Hijnen). استخدام الجراثيم لبكتيريا *Clostridia* المختزلة للكبريت كتقريب لجراثيم البكتيريا *C. perfringens* أقل ملائمة في أنظمة الماء الجوفي (لا هوائي) كالتربة يعتبر بيئة طبيعية للبكتيريا *Clostridium* spp.

إذا كان الماء السطحي مصدر قوي لتلوث الماء الجوفي، فإن وجود طحالب المياه العذبة في مياه الآبار يقترح أن الجزيئات الحيوية لهذا الحجم (وتلك أيضاً الطفيليات الأولية، الفيروسات والبكتيريا) ربما تمرر التربة وتلوث الماء المعد. هذا تم استعراضه في المسح في الولايات المتحدة الأمريكية. أظهر (Moulton-Hancock *et al.*, 2000) أن وجود الميكروبات المائية ذو أهمية للتنبؤ بوجود *Cryptosporidium* sp. و*Giardia* sp.

الميكروبات المشتملة على الطحالب، والدولابيات، والفطريات، والمفصليات، والسوطيات عديمة الألوان، والديدان الجذرية، والأميبا، والمعديات. وجد أنه من الممكن التفريق بين أخطار الماء الجوفي العالي والمتوسط والمنخفض استناداً إلى قواعد الكمية والتركيب لوجود الكائنات الحية (الميكروبات).

وقد اقترحوا استخدام وجود/غياب فحص الطحالب كأداة بسيطة للتنبؤ بوجود *Cryptosporidium* sp. و*Giardia* sp. أحجام العينة المستخدمة في الكشف عن الماء الجوفي عادة منخفضة (١٠٠مل، على الرغم من استخدام أحجام كبيرة– Fujloka and Yoneyam, 2001)، وتكرار العينات عموماً ليس عالياً (أسبوعي– شهري). كما أن عرض الأحجام الكبيرة أو زيادة التكرار وفحص الآبار المنفرد/ الحفيرات يزيد حساسية امتصاص التلوث البرازي.

برنامج الكشف يجب ألا يكون فقط يغطي العينات النظامية، ولكن أيضاً يخطط لفحص عومل الخطورة العالية، مثل تساقط المطر الكثيف أو وجود مواقع قابلة للسقوط من خلال نظام إعداد الماء الجوفي.

(٤,٥,٢,١) استخدام قياسات العكارة ودرجة الحرارة

البارامترات (الدلالات) غير الميكروبية يمكن أيضاً أن تستخدم للكشف عن الماء الجوفي وإعطاء معلومات عن قوة المخاطر. منحنيات العكارة (النتوء الحاد) في الماء الجوفي ربما نشأت من مادة التربة، ولكن أيضاً من الدخول السريع للماء السطحي، وجريان وتوقف أو الترشيح السطحي.

قياسات الحرارة عند أعماق مختلفة عند الحفيرات المثقوبة يمكن أن تقدم معلومات عن هيئات التدفق الرئيسي والتغيرات السريعة في الحرارة؛ لاقتضاء المزيد من التقصي، مثل فحص *E. coli*، *C. perfringens*، *Streptococci* البرازية ولاقمات

البكتيريا يعتبر ذو أهمية خاصة في حالة التخوم الفقيرة والطبقات الصخرية المائية، والتي من الصعوبة التنبؤ فيها عن جريان السيول. الميزة الأساسية لقياسات العكارة والحرارة أنه يمكن استخدامها على الخط وفي الآبار المنفردة.

إذا كانت هذه تشير إلى حدث الخطر، فإنه يمكن استخدامها لإطلاق كلا التقصيات الإضافية وقياسات المراقبة (غلق البئر، لإعادة توجيه وضع البئر، زيادة المعالجة).

(٤,٥,٢,٢) الممرضات كمؤشرات ذاتية

العديد من مسوحات الماء الجوفي للممرضات تم تواصلها في الولايات المتحدة الأمريكية. حيث وجد Keswick and Gerba (1980) أن الفيروسات المعدية في آبار المياه الجوفية بتراكيز ١,٢ لوحه تكوّن وحدات pfu)/1).

في دراسة شعبية واسعة في الولايات المتحدة الأمريكية، فإن ١٥٠ بئراً من مختلف الولايات، وأنواع من الطبقات الصخور المائية (٧٠مدمجة، ٣٤صور الأديم، ٤٦غير معلومة) تم فحصها وتحليها؛ لوجود الفيروسات ولاقمات البكتيريا .(Abbaszadegan *et al.*, 1999)

وجدت الفيروسات المعوية ٨,٧٪ من العينات مع المزارع الخلوية و٢٧٪من العينات باستخدام سلسلة تفاعل Polymerase (PCR) فيروس الكبد الوبائي A وجد في ٨٪ وفيروسات rota وجدت في ١٢٪ من العينات (كلاهما باستخدام طرق PCR).

لا علاقة وجدت بين كشف الفيروسات المعوية عن طريق النسيج الخلوي وأي من المؤشرات الميكروبية الأخرى التي تم فحصها.

معدلات تلك التفشيات العالية تشير إلى أن التلوث الفيروسي للماء الجوفي يعد اهتماماً صحياً عاماً هاماً أكثر مما هو متوقع سابقاً (Sobsey, 1999).

استخدمت *Cryptosporidium* sp. و *Giardia* sp. أيضاً لتقييم تلوث أنظمة الماء الجوفي. حيث لاحظ (Hancock *et al.*, 1997) وجود *Cryptosporidium* sp. و*Giardia* sp. ١٢٪ من ٤٦٣ عينة من الماء الجوفي من ١٩٩ موقعاً في ٢٣ ولاية أمريكية. دهاليز التسرب، الحفيرات والآبار الأفقية والتي يتلوث معظمها تكراراً بتلك الطفيليات، ولكن أيضاً وجدت في الربيع في الآبار الرأسية.

متوسط تركيز حويصلات *Giardia* sp. في الآبار الموجبة كان ١٠٠١/٨,٤ (الأقصى ١٠٠١/١٢٠). بخصوص *Cryptosporidium* sp.، فإن متوسط التركيز كان ١٠٠١/٥,١ مع تركيز أقصى ١٠٠١/٤٥.

(٤,٦) تلخيص ونظرة مستقبلية

هذا الفصل استعرض الطرق المختلفة إلى:

- المصادر المحلية والصفات للتلوث البرازي في منطقة الحجز.
- تحديد (التغيرات) النوعية الميكروبية للمصدر المائي لكلا أنظمة الماء السطحي والجوفي. هدف هذه الأنشطة هو لجمع معلومات لتقوية ودعم (كلفة- فعالية) العمليات لإدارة مخاطر الأمراض الناشئة مائياً.

قدمت العديد من التطورات في السنوات الأخيرة أدوات جديدة للمساعدة في تركيز مصادر التلوث خصوصاً لفهم أهمية المصادر. واحدة من هذه التطورات هي دمج الطرز المائية والميكروبيولوجية إلى طرز النقل البنائي الموصوفة وتنبؤ نهاية

المرضات في كلا حجوزات الماء السطحي والماء الجوفي (Schijven and Hassanisadeh, 2000; Deere *et al.*, 2000)، هذا السطح لا يزال في أطواره الأولى من التطور، ولكن ربما يكون ذو تحسن معنوي لفهمنا لنهاية وسلوك المرضات والباراميترات الميكروبية في البيئة. استخدام هذه الطرز أيضاً يعتبر قوة كثيفة للتركيز على العمليات التي تتحكم في النقل والمصير، أكثر من البحث الوصفي في الحدوث. تطور ذو علاقة يعد طرح الأنظمة المعلوماتية الجغرافية للمصادر المحلية لربط التلوث للتفشيات المرضية مائية المنشأ (Rose *et al.*, 2000) أو إلى حوادث تلوث مياه الشرب.

البارميترات الميكروبية وغير الميكروبية تقدم مدى واسعاً من الاحتمالات لقياس تغيرات نوعية الماء وللكشف عن التلوث البرازي.

عندما تم استخدام هذه البارميترات تم استخدامها لمحدوديتها، وللكشف المرضي، فإنها ربما تقدم مثيلات، ولكن من الصعوبة تفسيرها للنتائج (Allan *et al.*, 2000).

التطورات في الميكروبيولوجيا الجزيئية (انظر الفصلين السابع والثامن) قدمت طرق يمكن من خلالها عمل احتمال للكشف عن هذه المرضات من الكائنات الحية الدقيقة في الماء حتى هذه، مثل فيروسات Norwalk-like والتي لا يمكن ملاحظتها وتحليلها مستقلة. هذه الطرق يمكن أن تكون أكثر تخصص وتتيح اختلافات في السلالات المرضة وغير المرضة وأيضاً تتيح بصمة الإصبع الوراثية والتي تعد ذات أهمية في تعريف مصادر التلوث.

مشابهة، فإن التطورات في (الحاسب) التقنيات فقد حسنت أوتوماتيكيا قياسات الخط؛ لجريان الماء، والحرارة والعكارة.

هذه على وجه الخصوص تساعد في الاستجابة السريعة، وكما تم شرحه عن طريق دراسة الحالة من ماء Melbourne، حيث هذا النوع من الكشف يستخدم لتحويل جريان تلوث الينابيع بعيداً عن المحمية خلال حوادث العواصف.

هذه الأدوات الجديدة تصفي المعلومات المتاحة من مسوحات الكشوفات، كما أنها أيضاً تنقي وتعجل القدرة للاستجابة إلى الظروف المعادية في الحجز أو المصدر المائي.

يجب ألا ننسى، على أي حال، أن أكثر المعلومات التي تحتاجها لتخطيط إستراتيجية حماية الحجز يمكن أن تشتق من المسح العلمي وتلك حوادث الخطورة يمكن أن يستدل عليها من الباراميترات البسيطة مثل تساقط المطر، جريان النهر والعكارة.

هذه المعلومات يمكن أن تنقى بواسطة الكشف عن طريق تحديد دلائل ميكروبية للتلوث البرازي أو ممرضات متخصصة للحصول على معلومات عن حدوثها في المصدر المائي لتخطيط كلفة- فعالية لأنظمة المعالجة.

المراجع

Abbaszadegan, M., Stewart, P. and LeChevallier, M. (1999) Occurrence of viruses in groundwater and groundwater disinfection rule: a nationwide study. Proceedings of the Water Quality and Technology Conference, Tampa, USA.

AlIen, M.J., Clancy, J.L. and Rice, E.W. (2000) Pathogen monitoring - old baggage from the last millennium. *Journal of the American Water Works Association* 92(9), 64-76.

Atherholt, T.B., Le Chevallier, M.W., Norton, W.D. and Rosen, J.S. (1998) Effect of rainfall on *Giardia* and *Cryptosporidium. Journal of the American Water Works Association* **90,** 66-80.

Bales, R.C., Li, S., Maguire, K.M., Yahya, M.T., Gerba, C.P. and Harvey, R.W. (1995) Virus and bacteria transport in a sandy aquifer, Cape Cod, MA. *Ground Water* **33,** 653-661.

Bales, R.C., Li, S., Yeh, T.C.J., Lenczewski, M.E. and Gerba, C.P. (1997)

Bacteriophage and micro sphere transport in saturated porous media: Forced-gradient experiment at Borden, Ontario. *Water Resources Research* **33,** 639-648.

Barbeau, B., Payment, P., Coallier, J., Clement, B. and Prevost, M. (2001) Evaluating the risk of infection from the presence of *Giardia* and *Cryptosporidium* in drinking water. *Quantitative Microbiology* **2,37-54.**

Bitton, G. and Farrah, S.R. (1980) Viral aspects of sludge application to land. *American Society of Microbiology News* **46,** 622-624.

Blanc, R. and Nasser, A. (1996) Effect of effluent quality and temperature on the persistence of viruses in soil. *Water Science and Technology* **33,** 237242.

Block, J.C., Joret, J.C., Morlot, M., and Foliguet, J.M. (1978) Recherche des enterovirus dans les eaux superficielles par adsorption elution sur microfibre de verre. *Tech. Sci. Munic.* **73,** 181-185.

Bouchier, I. (1998) *Cryptosporidium* in water supplies. Third Report of the Group of Experts, Dept. of the Environment, Transport and the Regions, London.

Byappanahalli, M.N. and Fujioka, R.S. (1998) Evidence that tropical soil environment can support the growth of *Escherichia coli. Water Science and Technology* 38(12),171-174.

Casemore, D.P., Wright, S.E. and Coop, R.L. (1997) Cryptosporidiosis _ Human and animal epidemiology. In: *Cryptosporidium and Cryptosporidiosis.* Fayer, R. (Ed.) CRC Press, Boca Raton, USA. pp. 6592.

Colwell, R.R. and Grimes, D.J. (2000) *Viable but Nonculturable Microorganisms in the Environment.* ASM Press, Washington, DC.

Craun, G.F., Hubbs, S.A., Frost, F., Calderon, R.L. and Via, S.H. (1998) Waterborne outbreaks of cryptosporidiosis. *Journal of the American Water Works Association* **90,81-91.**

Curriero, F.C., Patz, J.A., Rose, J.B. and Lele, S. (2001) The association between extreme precipitation and waterborne disease outbreaks in the United States, 1948-1994. *American Journal of Public Health* 91(8), 1194-1199.

Damgaard-Larsen, S., Jensen, K.O., Lund, E. and Nissen, B. (1977) *Water Research* **11,** 503.

DeBorde, D.C., Woessner, W.W., Kiley, Q.T. and Ball, P.N. (1999) Rapid transport of viruses in a floodplain aquifer. *Water Research* **33,** 22292238.

DeBorde, D.C., Woessner, W.W., Lauerman, B. and Ball, P.N. (1998) Virus occurrence in a school septic system and unconfined aquifer. *Ground Water* **36,** 825-834.

Deere, D., Davison, A., Stevens, M., Hellier, K., Mullenger, J. and Helm, G. (2000)

Teaching old dogmas new tricks - the Australian approach to microbiological risk mitigation. Presented at the first World Water Congress, IW A, Paris.

DeReignier, D.P., Cole, L., Schupp, D.G., Erlandsen, S.L. (1989) Viability of *Giardia* cysts suspended in lake, river and tap water. *Applied and Environmental Microbiology* **55,** 1223-1229.

DWI (1998) Assessment of water supply and associated matters in relation to the incidence of cryptosporidiosis in west Herts and north London in February and March 1997. Drinking Water Inspectorate, London.

Dykes, A.C., Juranek, D.D., Lorenz, R.A., Sinc1air, S., Jakubowski, W. and Davies, R.B. (1980) Municipal waterborne giardiasis: an epidemiological investigation. *Annals of Internal Medicine* **92,** 165-170.

EC (1975) Directive concerning the quality required for surface water intended for the abstraction of drinking water in the Member States. 75/440/EEC. *Official Journal* **L194,** European Commission, Brussels, Belgium.

Erlandsen, S.L. (1994) Biotic transmission - is giardiasis a zoonosis? In: *Giardia from Molecules to Disease.* Thompson, R.C.A., Reynoldson, J.A. and Lymbery, A.J. (Eds.) CAB Int., Wallingford, UK. pp. 83-97.

Fayer R., Speer C.A. and Dubey, J.P. (1997) The general biology of *Cryptosporidium.* In: *Cryptosporidium and Cryptosporidiosis.* Fayer R (Ed.) CRC Press, Boca Raton, USA. pp. 1-42.

Fayer, R., Speer, C.A. and Dubey, J.P. (1990) In: *Cryptosporidiosis of Man and Animals.* Dubey, J.P. Speer, C.A. and Fayer, R. (Eds.) CRC Press, Boca Raton, USA.

Feachem, R.G., Bradley, D.J., Garelick, H. and Mara, D.D. (1983) Sanitation and disease: health aspects of excreta and wastewater management. In: *World Bank Studies in Water Supply and Sanitation* 3. Wiley, Chichester, UK.

Fenlon, D.R. (1981) Seagulls *(Larus* spp.) as vectors of salmonellae: an investigation into the range of serotypes and numbers of salmonellae in gull faeces. *Journal of Hygiene (London)* 86(2), 195-202.

Feuerpfeil, I. and Bischoff, K. (2001) Ergebnisse von bakteriologischen und parasitologischen Untersuchungen an Trinkwassertalsperren in Sachsen und Thuringen. Proc. Statusseminar Zur Bedeutung mikrobiologischer

Belastungen fur die Trinkwasserversorgung aus Talsperren-Ein Zwischenbilanz. 14-15 Sep. 2000, Hennef, Germany, ATT-Schriftenreihe Band 2, Siegburg, Germany, pp.73-106.

Fujioka, R.S. (2001) Monitoring coastal marine waters for spore-forming bacteria of faecal and soil origin to determine point from non-point source pollution. *Water Science and Technology* 44(7), 181-188.

Fujioka, R.S. and Yoneyama, B.S. (2001) Assessing the vulnerability of groundwater sources to fecal contamination. *Journal of the American Water Works Association* 93(8), 62-71.

Funderburg, S.W. and Sorber, C.A. (1985) Coliphages as indicators of enteric viruses in activated sludge. *Water Research* **19,** 547-555.

Geldreich, E.E., Nash, H.D., Spino, D.F. and Reasoner, D.J. (1980) Bacterial dynamics in a water supply reservoir: a case study. *Journal of the American Water Works Association* **72,** 31-40.

Geldreich, E. E. (1970) Applying bacteriological parameters to recreational water quality. *Journal of the American Water Works Association* **62,** 113120.

Geldreich, E.E. (1990) Microbiological quality of source waters for water supply. In: *Drinking Water Microbiology.* McFeters, G.A. (Ed.) Springer Verlag, New York, USA.

Geldreich, E.E. (1996) The worldwide threat of waterborne pathogens. In: *Water Quality in Latin America. Balancing the Microbial and Chemical Risks in Drinking Water Disinfection.* Craun, G.F. (Ed.) ILSI Press, Washington DC, USA, pp. 19-43.

Gerba C.P. and Bitton, G. (1984) Microbial pollutants: their survival and transport pattern to groundwater. In: *Groundwater Pollution Microbiology.* Bitton, G. and Gerba, C.P. (Eds.) John Wiley and Sons, New York, pp. 65-88.

Gerba, C. P. (1984) Applied and theoretical aspects of virus adsorption to surfaces. *Advances in Applied Microbiology* **30,** 133-168.

Gerba, C. P. *et al.* (1978) Characterisation of sewage solid-associated viruses

and behaviour in natural waters. *Water Resources Research* **12,** 805-812.

Belastungen fur die Trinkwasserversorgung aus Talsperren-Ein Zwischenbilanz. 14-15 Sep. 2000, Hennef, Germany, ATT-Schriftenreihe Band 2, Siegburg, Germany, pp.73-106.

Fujioka, R.S. (2001) Monitoring coastal marine waters for spore-forming bacteria of faecal and soil origin to determine point from non-point source pollution. *Water Science and Technology* 44(7), 181-188.

Fujioka, R.S. and Yoneyama, B.S. (2001) Assessing the vulnerability of groundwater sources to fecal contamination. *Journal of the American Water Works Association* 93(8), 62-71.

Funderburg, S.W. and Sorber, C.A. (1985) Coliphages as indicators of enteric viruses in activated sludge. *Water Research* **19,** 547-555.

Geldreich, E.E., Nash, H.D., Spino, D.F. and Reasoner, D.J. (1980) Bacterial dynamics in a water supply reservoir: a case study. *Journal of the American*

Water Works Association **72,** 31-40.

Geldreich, E. E. (1970) Applying bacteriological parameters to recreational water quality. *Journal of the American Water Works Association* **62,** 113120.

Geldreich, E.E. (1990) Microbiological quality of source waters for water supply. In: *Drinking Water Microbiology.* McFeters, G.A. (Ed.) Springer Verlag, New York, USA.

Geldreich, E.E. (1996) The worldwide threat of waterborne pathogens. In: *Water Quality in Latin America. Balancing the Microbial and Chemical Risks in Drinking Water Disinfection.* Craun, G.F. (Ed.) ILSI Press, Washington DC, USA, pp. 19-43.

Gerba C.P. and Bitton, G. (1984) Microbial pollutants: their survival and transport pattern to groundwater. In: *Groundwater Pollution Microbiology.* Bitton, G. and Gerba, C.P. (Eds.) John Wiley and Sons, New York, pp. 65-88.

Gerba, C. P. (1984) Applied and theoretical aspects of virus adsorption to surfaces. *Advances in Applied Microbiology* **30,** 133-168.

Gerba, C. P. *et al.* (1978) Characterisation of sewage solid-associated viruses

and behaviour in natural waters. *Water Resources Research* **12,** 805-812.

Gibson **Ill,** C.J., Stadterman, K.L., States, S. and Sykora, J. (1998) Combined sewer overfl_ws: a source of *Cryptosporidium* and *Giardia? Water Science and Technology* **38,67-72.**

Grabow, W.O.K., Holtzhausen, C.S. and DeVilliers, J.C. (1993) Research on bacteriophages as indicators of water quality. Water Research Commission, Pretoria, South Africa. Project Report 321, 147pp.

Graczyk, T.K., Fayer, R., Trout, J.M., Lewis, E.J., Farley, C.A., Sulaiman, I. and Lai., A.A. (1998) *Giardia* sp. and infectious *Cryptosporidium parvum* oocysts in the feces of migratory Canada Geese *(Branta canadensis). Applied and Environmental Microbiology* **64,** 2736-2738.

Graczyk, T.K., Cranfield, M.R., Fayer, R. and Anderson, M.S. (1996) Viability and infectivity of *Cryptosporidium parvum* oocysts are retained upon intestinal passage through a refractory avian host. *Applied and Environmental Microbiology* **62,** 3234-3237.

Grimes, D.J. (1980) Bacteriological water quality effects of hydraulically dredging contaminated Upper Mississippi River bottom sediment. *Applied and Environmental Microbiology* **39,** 782-789.

Grimes, D.J. (1982) Bacteriological water quality effects of clamshell dredging. *Journal of Freshwater Ecology* **1,** 407-419.

Hagedorn, C. (1984) Microbiological aspects of groundwater pollution due to septic

tanks. In: *Groundwater Pollution Microbiology.* Bitton, G. and Gerba, C.P. (Eds.) John Wiley and Sons, New York, pp. 65-88.

Hancock, C.M., Rose, J.B. and Callahan, M. (1997) The prevalence of *Cryptosporidium* and *Giardia* in US groundwaters. Proceedings of the International Symposium on Waterborne Cryptosporidium, March 1997, Newport Beach, USA, A WW A pp. 147-152.

Hansen, J.S. and Ongerth, J.E. (1991) Effects of time and watershed characteristics on the concentration of *Cryptosporidium* oocysts in river water. *Applied and Environmental Microbiology* **57,2790-2795.**

Havelaar. A.H., Furuse, K. and Hogeboom, W.M. (1986) Bacteriophages and indicator bacteria in human and animal faeces. *Journal of Applied Bacteriology* **60,** 255-262.

Havelaar, A.H., van Olphen, M. and Drost, Y.C. (1993) F-specific RNA bacteriophages are adequate model organisms for enteric viruses in fresh water. *Applied and Environmental Microbiology* **59,2956-2962.**

Havelaar, A.H. (1996) The place of microbiological monitoring in the production of safe drinking water. In: *Safety of Water Disinfection: Balancing Chemical and Microbial Risks.* Craun, G.F. (Ed.) ILSI Press, Washington DC, USA, pp.127-144.

Keswick, B .H. (1984) Sources of groundwater pollution. In: *Groundwater Pollution Microbiology.* Bitton, G. and Gerba, C.P. (Eds.) John Wiley & Sons, New York, pp. 39-64.

Keswick, B.H. and Gerba, C.P (1980) Viruses in groundwater. *Environmental Science and Technology* 14,1290-1297.

Koenraad, P.M.FJ., Hazeleger, W.C., van der Laan, T., Beumer, R.R. and Rombouts, F.M. (1994) Prevalence of *Campylobacter* in Dutch sewage purification plants. *Food Microbiology* **11,** 65-73.

LaBelle, R.L. and Gerba, C.P.(1980) Relationships between environmental factors, bacterial indicators, and the occurrence of enteric viruses in estuarine sediments. *Applied and Environmental Microbiology* **39,** 588596.

LaLiberte, P. and Grimes, DJ. (1982) Survival of *Escherichia coli* in lake bottom sediment. *Applied and Environmental Microbiology* **43,** 623-628.

Lassen, J. (1972) *Yersinia enterocolitica* in drinking water. *Scandinavian Journal of Infectious Disease* 4,125-127.

LeChevallier, M.W. and Norton, W.D. (1995) *Giardia* and *Cryptosporidium* in raw and finished water. *Journal of the American Water Works Association,* **87,** 54-68.

Lucena, F., Finance, C., Jofre, J., Sancho, J. and Schwartzbrod, L. (1982) Viral pollution determination of superficial waters (river water and seawater) from the urban area of Barcelona (Spain). *Water Research* **16,** 173-177.

MacKenzie, W.R., Hoxie, NJ., Proctor, M.E., Gradus, M.S., Blair, K.A., Peterson, D.E., Kazmierczak, JJ., Addiss, D.G., Fox, K.R., Rose, J.B. and David, J.P. (1994) A massive outbreak in Milwaukee of *Cryptosporidium* infection transmitted through the public water supply. *New England Journal of Medicine* 331(3), 161-167.

Mara, D. and Cairncross, S. (1989) *Guidelinesfor the safe use of waste water and excreta in agriculture and aquaculture.* World Health Organization, Geneva.

Mathess, G., Pekdeger, A. and Schroeter, J. (1988) Persistence and transport of bacteria and viruses in groundwater - a conceptual evaluation. *Journal of Contamination and Hydrology* **2,** 171-188.

McLellan, P. (1998) Sydney Water Inquiry. Fifth and final report. New South Wales, Premier's Dept., Sydney, Australia.

McNabb, J.F. and Mallard, G.E. (1984) Microbiological sampling in the assessment of groundwater pollution. In: *Groundwater Pollution Microbiology.* Bitton, G. and Gerba, C.P. (Eds.) John Wiley & Sons, New York, pp. 235-260.

Medema, GJ. (1999) Thesis: *Cryptosporidium and Giardia: New Challenges to the Water Industry.* University of Utrecht, Utrecht, The Netherlands.

Medema, G.J., Bahar, M. and Schets, F.M. (1997) Survival of *Cryptosporidium parvum, Escherichia coli,* faecal enterococci and *Clostridium perfringens* in river water: Influence of temperature and autochthonous microorganisms. *Water Science and Technology* 35(11-12),249-252.

Medema, G., Ketelaars, H. and Hoogenboezem, W. (2000a) *Cryptosporidium* and *Giardia:* v66rkomen in rioolwater, illest en oppervlaktewater met zwem- en drinkwaterlunctie. RIW A/RIVM/RIZA/Kiwa rapport. ISBN 9036953324. Report in Dutch.

Medema, G.J., Juhasz-Holterman and Luijten, J. (2000b) Removal of microorganisms by bank filtration in a gravel sand soil. Proceedings of the International Riverbank Filtration Conference, November 2000, Dusseldorf, Germany.

Medema, G.J., Ketelaars, H.A.M., Hoogenboezem, W. and Schijven, J. (2000c) *Cryptosporidium* en *Giardia:* het probleem, de oorzaken en de beheersing. *H2O* 33(23),31-34.

Moore, G.T., Cross, W.M., McGuire, D., Molahan, C.S., Gleason, N.N., Nealy, G.R. and Newton, L.H. (1969) Epidemic giardiasis in a ski resort. *New England*

Journal of Medicine 281, 402-407.

Morris, B.L. and Foster, S.S.D. (2000) *Cryptosporidium* contamination hazard assessment and risk management for British groundwater sources. *Water Science and Technology* 41(7),67-78.

Moulton-Hancock, C., Rose, J.B., Vasconcelos, G.J., Hams, S.I., Klonicki, P.T. and Sturbaum, G.D. (2000) *Giardia* and *Cryptosporidium* occurrence in groundwater. *Journal of the American Water Works Association* 92, 117 - 123.

Nasser, A.M., Tchorch, Y. and Fattal, B. (1992) Comparative survival of *E. coli,* Fbacteriophages, HA V and poliovirus 1 in wastewater and groundwater. *Water Science and Technology* 27, 401-407.

Nestor, L., Lazar, L., Sourea, D. and Ionescu, N. (1981) Investigations on viral pollution in the Romanian section of the Danube river during 1972-1977 period. *Zbz. Bakt. Hyg. I. Abt. Orig. B,* 173, 517-527.

Olson, B. (1996) Pathogen occurrence in source waters: factors affecting survival and growth. In: *Safety of Water Disinfection: Balancing Chemical and Microbial Risks.* Craun, G.F. (Ed.) ILSI Press, Washington DC, USA, pp.83-98.

Payment, P. (1981) Isolation of viruses from drinking water of the Pont - Viau water treatment plant. *Canadian Journal of Microbiology* 29, 111-119.

Payment, P., Fortin, S. and Trudel, M. (1986) Elimination of human enteric viruses during conventional waste water treatment by activated sludge. *Canadian Journal of Microbiology* 32, 922-925.

Payment, P., Berte, A., Prevost, M., Menard, B. and Barbeau, B. (2000) Occurrence of pathogenic microorganisms in the Saint-Lawrence river (Canada) and comparison of health risks for populations using it as their source of drinking water. *Canadian Journal of Microbiology* 46,565576.

Pieper, A.P., Ryan, J.N., Harvey, R.W., Amy, G.L., Illangasekare, T.H. and Metge, D.W. (1997) Transport and recovery of bacteriophage PRDl in a sand and gravel aquifer: Effect of sewage-derived organic matter. *Environmental Science and Technology* 31, 1163-1170.

Poulton, M., Colboum. J. and Dennis, P.J. (1991) Thames Water's experience with *Cryptosporidium. Water Science and Technology* **24,21-26.**

Rivera, S.C., Hazen, T.C. and Toranzos, G.A. (1988) Isolation of fecal coliforms from pristine sites in a tropical rain forest. *Applied and Environmental Microbiology* 54(2), 513-517.

Robertson, L.J., Campbell, A.T. and Smith, H.V. (1992) Survival of *Cryptosporidium parvum* oocysts under various environmental pressures. *Applied and Environmental Microbiology* **58,** 3494-3500.

Rolland, D., Hartemann, P., Joret, J.C., Hassen, A. and Foliguet, J.M. (1983) Evaluation of the load of enteroviruses in a biological waste water treatment plant. *Water Science and Technology* **15,** 115-121.

Rose, J.B., Daeschner, S., Easterling, D.R., Curriero, P.C., Lele, S. and Patz, J.A. (2000) Climate and waterbome outbreaks in the US: a preliminary descriptive analysis. *Journal of the American Water Works Association* 92(9), 77-87.

Schijven, J.P. and Hassanisadeh, S.M. (2000) Removal of viruses by soil passage: overview of modelling, processes and parameters. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* **31,49-125.**

Schijven, J.P. and Rijs, G. (2000) Rioolwater en mest als emissiebronnen voor *Cryptosporidium* en *Giardia. H2O,* 33(23), 25-27.

Schoenen, D. (2001) Analyse und Bewertung trinkwasserbedingter erkrankungen durch Parasiten. Proc. Statusseminar Zur Bedeutung mikrobiologischer Belastungen fur die Trinkwasserversorgung aus Talsperren-Ein Zwischenbilanz. 14-15 Sep. 2000, Hennef, Germany, ATT-Schriftenreihe Band 2, Siegburg, Germany, pp. 49-69.

Sobsey, M.D., Shields, P.A., Hauchman, F.H., Hazard, R.L. and Caton, L.W. (1986) Survival and transport of hepatitis A virus in soils, groundwater and wastewater. *Water Science and Technology* **18,** 97-106.

Sobsey, M. (1999) Monitoring for faecal viruses in ground water Proceedings of the Water Quality and Technology Conference, November 1999, Tampa, USA, A WW A.

Stewart, M.H., Ferguson, D.M., DeLeon, R. and Taylor, W.D. (1997)Monitoring program to determine pathogen occurrence in relationship to storm events and watershed conditions. Proceedings of the Water Quality and Technology Conference, November 1999, Tampa, USA, A WW A.

Tartera, C., Jofre, J. and Lucena, F. (1988) Relationship between numbers of enteroviruses and bacteriophages infecting *Bacteriodes fragilis* in different environmental samples. *Environmental Technology Letters* **9,** 407-410.

Tartera, C., Lucena, F. and Jofre, J. (1989) Human origin of *Bacteriodesfragilis* bacteriophages present in the environment. *Applied and Environmental Microbiology* **55,** 2696-2701.

Traverso, H.P. (1996) Water and health in Latin America and the Caribbean:

infectious waterborne diseases. In: *Water Quality in Latin America. Balancing the Microbial and Chemical Risks in Drinking Water Disinfection.* Craun, G.F. (Ed.) ILSI Press, Washington DC, USA, pp. 45-54.

van Donsel, D.J. and Geldreich, E.E. (1971) Relationsips of salmonella to fecal coliforms in bottom sediments. *Water Research* **5,** 1079-1087.

van Olphen, M., Kapsenberg, J.G., van der Baan, E. and Kroon, W.A. (1984) Removal of enteric viruses from surface water at eight waterworks in the Netherlands. *Applied and Environmental Microbiology* **47,927-932.**

Vaughn, J.M., Landry, E.F., Baranosky, L.J. Beckwith, C.A., Dahl, M.C. and Delihas, N.C. (1978) *Applied and Environmental Microbiology,* **36,47.**

Wellings, F.M., Lewis, A.L., Mountain, C.W. and Stark, L.M. (1974) Virus survival following wastewater spray irrigation of sandy soils. In: *Virus Survival in Water and Wastewater Systems.* Malina, J.F. and Sagik, B.P. (Eds.) University of Texas, Austin, United States, pp. 253-260.

Whitlock, E.A. (1954) The waterborne diseases of microbial origin. Proceedings of the Annual Conference of the National Association of Bath Superintendents. Anderson Ltd, Stepney Green, UK, p.3-19.

WHO (1989) *Guidelinesfor the Safe Use of Waste water and Excreta in Agriculture and Aquaculture.* World Health Organization, Geneva.

WHO (1997) *Guidelines for drinking water quality. Second Edition. Volume* 3. *Surveillance and control of community supplies Second Edition.* World Health Organization, Geneva.

WRc (1991) Surrogate viral indicators. Water Research Centre, Marlow. Report no. FR/D 0005, Foundation for Water Research, UK.

Woo, P.K. (1984) Evidence for animal reservoirs and transmission of *Giardia* infection between species. In: *Giardia and Giardiasis.* Erlandsen, S.L. and Meyer, E.A. (Eds.) Plenum Press, New York, USA, pp. 341.

الفصل الخامس

فعالية المعالجة

G.Stanfield, M. Lechevallier and M. Snozzi

(٥,١) المقدمة

الهدف الأساس لمعالجة الماء هو لتقديم ماء شرب للمستهلكين خالٍ من الممرضات الناشئة مائياً ؛ بسبب أنه لا توجد عملية معالجة مفردة يمكن توقعها لإزالة كل الأنواع المختلفة من الممرضات التي يمكن أن تتواجد في الماء (تحت كل الظروف)، فإن الحواجز المتضاعفة يعتبر مرغوباً فيها.

الحواجز المتضاعفة سوف تكون أيضاً إضافة آمنة متأكد منها في كون خطوة المعالجة المفردة لا تعمل بكفاءة.

عدد عمليات المعالجة (حواجز تقنية) المطلوبة تتأثر بواسطة نوعية المصدر المائي (انظر الفصل الرابع). المياه الجوفية المحمية من الأثر السطحي عادة ذات نوعية جيدة نسبياً وعليه فهي تقليدياً قليلة، إذا كانت أي عمليات معالجة مطلوبة.

مصادر المياه السطحية ذات الأرض المنخفضة عادة ذات نوعية ضعيفة وتتطلب عمليات معالجة زائدة ؛ لتقديم مستوى مقبول من الأمن.

عدد من عمليات المعالجة (المعاملة) تم تخطيطها أيضاً لتغيير الخواص الكيميائية والفيزيائية للماء (أكثر من كونها لإزالة الممرضات). مبادئ حالة المعالجة تتضمن تقنيات لخفض AOC وتقليل المادة، وعليه، فإن نمو الممرضات في نظام التوزيع يكون منخفضاً وفي اليد الأخرى فإن التطهير يعتبر أكثر فاعلية.

هذا الفصل، على أي حال، لا يفضل مثل هذه العمليات ولكن يركزّ لوحده على خفض خطورة الإصابة التي يمكن أن تتواجد في الماء ويكشف عن وجودها بقواعد روتينية غير عملية. تقليدياً (وكما تم إيضاحه في الفصل الأول) فإن الأمن الميكروبي لماء الشرب تم تأكيده بواسطة الكشف عن غياب الكائنات الحية الدقيقة ذات المنشأ البرازي. البكتيريا مثل *Streptococci, E. coli* البرازية و*Clostridia* تم استخدامها لهذا الغرض؛ بسبب كونها تتواجد تركيبياً بأعداد كبيرة في براز الحيوانات حارة الدم كما أنها نسبياً بسيطة الكشف في الماء. هذه البكتيريا ومجاميع بكتيرية تعد مؤشرات ميكروبية للتلوث البرازي وتكونّ أساس الاسترشاد والقياسات الوطنية.

تم ملاحظة أن البارميترات للمؤشر الميكروبي ليس من الأهمية أنها تسلك في نفس الطريق كتأكيد للممرضات في عمليات معالجة المياه. القدرة لعلميات المعالجة لإزالة ممرضات خاصة تم قياسها مباشرة، مع مثل هذه الدراسات فإنه نموذجياً هناك تواصل عند الإبناط أو الميزان الإرشادي لبعض استخدام منع مرور الماء مع الممرضات (Sommer and Cabaj, 1993; Jacangelo *et al.*, 1995; Bellamy *et al.*, 1985; Hunt and Marinas, 1999) . قوة الإزالة تتحدد في مثل دراسات الاسترشاد سوف، على أي حال، ليس من الأهمية أن تكتسب في ميزان المعالجة الكامل. وبذلك، فإن هناك احتياج لبارميترات خيارية والتي تتعلق أكثر قرباً مع سلوك الممرضات المحددة لكلا تقييم قوة التطهير لميزان المعاملة الكامل ولقياس إنجاز العملية خلال المعالجة.

ماء الشرب الآمن نتيجة تقييم حذر لنوعية مصدر الماء والتغيير (كما تم إيضاحه في الفصل الرابع) والملائمة ، وتأكيد عمليات المعالجة متحدة مع إنجاز الكشف لتأكيد المعالجة مع بارميترات التشغيل. والتركيز على عملية مراقبة التشغيل يجب أن توضع في قياسات بسيطة ، والتي يمكن إنجازها على قياس الخط والتي ستكون مثالية ، وتشير إلى اضطراب وتغيرات في نوعية الماء.

هذه التغيرات للتأكيد على مراقبة نوعية ماء الشرب من نهاية فحص الإنتاج (مثل الفحص عن الإخفاق) إلى الفحص ومراقبة إنجاز عمليات المعالجة (مثل منع الإخفاق). عمليات المعالجة الحالية والمؤشرات الملائمة للإنجاز سوف تتم مناقشتها في الأسفل. تأكيد النوعية عند نهاية حلقة المعالجة ذات أهمية. لهذا الغرض ليس من البارميترات الميكروبية مثل الجريان ، اللون ومخلفات التطهير (حيثما كانت ملائمة) تعد ملائمة (انظر أيضاً الفصل الثاني ، الجدول رقم ٤,٢). البارميترات الميكروبية لتأكيد عملية المعالجة تتضمن *E. coli* ، القولونيات الكلية ، والقولونيات المقاومة للحرارة ، البكتيريا متبانية التغذية والبكتيريا الهوائية المكونة للجراثيم. على أيٍّ حال ، فإنه يجب الإشارة إلى أن هذا التأكيد يجب ألا يكون خطأ ، كما في حاله عرض سلامة ماء الشرب.

(٥,٢) فعالية المعالجة الميكروبية

المراجعة للنتائج المتاحة عن فعاليات المعالجة تم نشرها بواسطة LeChevallier and Au (2000). التطهير يمكن أن يحرز بطريقتين :

- الإزالة الفيزيائية للممرضات.

- السكون (الموت) للممرض.

جزء من الوصف الدقيق لقوة التطهير لعملية المعالجة المعطاة (والتي في العديد من الحالات تتضمن تحديدات تطبيقية) وهي أيضاً مهمة لتحديد القياسات البسيطة التي تعطي معلومات سريعة في ما إذا كانت عملية المعالجة تعمل بكفاءة. للأخيرة، فإن القياسات الفيزيائية والكيميائية (بتفضيل قياسات الخط) تعد غالباً أحسن من التحديدات الميكروبية.

مراجعة لمعدلات قوة السكون لمختلف معاملات التطهير تم نشرها عن طريق Sobsey (1989). أكثر حداثة، فإن وكالة حماية البيئة الأمريكية (USEPA, 1999)جمعت نتائج في خطوات المعاملة. على الرغم من أن السكون الفعلي سوف يتأثر بواسطة العديد من العوامل (المشتملة على قدرة العديد من البارميترات الميكروبية لتظل حية بينما تصبح غير مستنبتة)، الأجزاء من القسم التالية تقدم قائمة نموذجية لمدى تقريري لكل عملية معالجة.

على الرغم من أن الاحتباس للماء في المحميات والإنحجازات يمكن أن تجلب تقريباً تحسناً معنوياً في النوعية كنتيجة للسكون، والترسيب والافتراس فإن هذه العملية ليست مناقشة هنا. لتفصيل أكثر فإن القارئ يحال إلى المراجعة التي تمت بواسطة LeChevallier and Au (2000). لخلاصة لتقييم أكثر عن نقص الممرضات المفردة بواسطة عملية المعالجة، فإن تجربة تحديد خاصة تعتبر مهمة.

(٥,٢,١) التخثير والترسيب

معظم التخثير المألوف في الاستخدام حول العالم يعد كبريتات الألومنيوم، كبريتات الحديديك، كلوريد الحديديك وكلوريد الألومنيوم المتعدد. هذه المختبرات

تخلط مع الماء حيث تنتج مترسبات من الهيدروكسيد والتي تعتبر رقيقة، وتقع في شرك الحبيبات والميكروبات على طول مع بعض الكربون العضوي الذائب. في بعض الحالات، فإن لبادات الدخان تتوّلد عن طريق أملاح الألومنيوم والحديديك والتي يمكن أن تتقوى (تزداد) عن طريق إضافة مساعدات التخثير مثل سلسلة طويلة من البولوبمرات العضوية. اللبادات المتكونة بهذه العملية لا بد وأن تزال. وهذا يمكن إحرازه عن طريق الترسيب أو إذا كانت اللبادات شديدة الضوء، فقاعات الهواء الدقيقة ربما تستخدم لحملها إلى السطح (هواء طافي) حيث يتم التخلص منها. يمكن أيضاً إزالتها عن طريق الترشيح المباشر.

هيئات عديدة من التخثير والترسيب تستخدم في معالجة الماء وتختلف في التطبيقات العامة بين الدول، والتي تجعل المقارنة للنتائج صعبة. على أي حال، فإن النتائج المنشورة تشير إلى أن هذه العملية ربما تزيل ٤٠٪ إلى ٩٩٪ من البكتيريا، والتي تترجم إلى ٠,٢ إلى ٢ إزالة لوغارثمية. إزالة الفيروسات لأعلى من ٢لوغاريثم تم تسجيلها.

احتجاز اللبادات المتكونة ذو أهمية؛ بسبب تراكم الممرضات، بعد ذلك حتى أن اللبادات المفردة ربما تحتوي على أعداد كافية من الممرضات تعد ذات أهمية صحية (Gale *et al.*, 1997). كما أن استمرار القياسات للعكارة أو عَد الحبيبات مفيد للكشف عن فعالية هذه العملية.

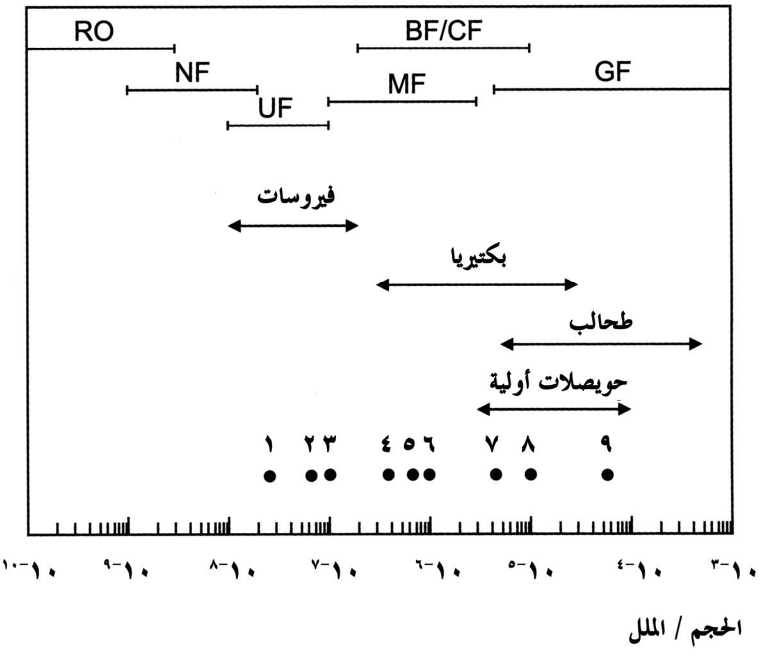
(٥,٢,٢) الترشيح

تستخدم مختلف عمليات الترشيح في معالجة مياه الشرب. تستخدم مع تعقيم وتشغيل ملائم، الترشيح يمكن أن يعمل كمكون وكحاجز ضد الممرضات الميكروبية.

عمليات الترشيح المستخدمة في معالجة مياه الشرب وحجم الفتحة للمرشح المتوسط ظاهرة في الشكل رقم (٥,١)، على طول مع أحجام الجزيئات الميكروبية المختارة. هذه تقدم بصيرة إلى آليات الإزالة والمحتمل من عمليات الترشيح المختلفة.

الترشيح عبارة عن إزالة فيزيائية للكائنات الحية مع جزيئات المادة الأخرى. القياسات المباشرة (على طول الخط) للعكارة أو عدد الجزيئات، بالإضافة إلى تحديد توزيع حجم الحبيبات تعتبر باراميترات ممتازة لهذه العملية.

إذا ما تم تشغيل وحدات ترشيح موازية، فإنه من الجوهري أن كل وحدة تقاس منفصلة؛ وذلك للتأكد من ملاحظة ذات الإنجاز الضعيف من وحدة الترشيح المستقلة.



الشكل رقم (٥,١). مرشح متوسط فتحة الأحجام وحجم الجزيئات الميكروبية (مع كائنات حية دقيقة مختارة ومعلّمة بالأرقام) (محوّر من LeChevallier and Au, 2000).

المفتاح :

RO : التناضح العكسي. NF : لا يوجد ترشيح

UF : ترشيح فوقي MF : ترشيح دقيق

BFICF : مرشحات حافظية تتضمن مرشح الرمل البطئ

(ذو أحجام فتحات منخفضة أقل من مرشحات المعدلات السريعة)

١. MS_2 لاقمات بكتيريا. ٢. فيروسات Rota

٣. PRDI لاقمات بكتيريا ٤. معقد *Mycobctesium avium*

(تمثل الأحجام الصغيرة جداً)

٥. *Yersinia* spp. ٦. بكتيريا القولون. ٧. بويضات *Cryptosporidium*

٨. حويصلات *Giardia* ٩. حويصلات *Balanthidium coli*

(٥,٢,٢,١) المرشح السريع

المرشحات السريعة عبارة عن فرشات عميقة (٠,٦-١,٠متر) من الرمل، جمرة ورمل أو حبيبات الكربون المنشطة. حجم الحبيبة المتوسط عادة حوالي ١مليمتر. يتم تشغيلها عند سرعات لحوالي ٥-١٥متراً في الساعة. المرشحات السريعة تحتجز معظم اللبادات الدخانية والجزيئات الأخرى التي تهرب من التخثير الكيميائي والمترسبات. حجم الحبيبات التي يمكن إزالتها في مرشح الفرشة العميقة يمكن أن تكون بالغة في الصغر أكثر من حجم فتحة المرشح (Hall, 1998). هذا بسبب أن الالتصاق الكهربي الساكن يحدث ادمصاص للجينات والتي تقارب تقريباً لمتوسط المرشح. المرشحات السريعة يمكن إيقافها واجترافها خلفياً استناداً إلى زمن الدورة (عادة ٢٤ساعة)، عندما

يصبح الجريان بإفراط إجباري ؛ بسبب الإعاقة أو العكارة أو عدد الحبيبات أو عندما يصبح المرشح غير مقبول عالياً.

فعالية الإزالة الميكروبية للمرشحات السريعة يمكن أن تتأثر بواسطة عدد من العوامل. التشغيل والصيانة الصحيحة للمرشحات السريعة تعتبر أساسية ؛ لأنه بطريقة أخرى فإن الإنجاز ربما يفقد في حالة المرشحات ضعيفة الصيانة ، مثل التشققات التي تم ملاحظتها على وجه الخصوص بالقرب من الجدار ، والتي تتيح المادة غير المرشحة للمرور خلالها ، مما يقلل من النوعية البكتيريولوجية للترشيح.

التغيرّ في معدل الجريان يمكن أن يزيح ترسيبات احتواء الكائنات الحية الدقيقة محدثاً لها إتاحة المرور إلى المرشح.

عندما يوضع المرشح في الخلف نحو الخدمة بعد عملية الارتجاف ، فإن بداية المرشح تكون نوعية ضعيفة في معاني العكارة وعدد البكتيريا ؛ وهذا بسبب إزاحة الماء المتخلف المرتجع ، وانخفاض فاعلية نظافة مادة المرشح ، مقارنة مع المرشح متعدد الاستخدام (الكامل) (Amirtharajah and Wetstein, 1980). لهذا السبب فإن الترشيح الأساسي ربما يلحق بالنفايات أو يعود إلى البداية لعمليات المعالجة لفترة تصل لأعلى من ٣٠ دقيقة. خيارياً فإن البدء البطيء للخطة ربما يستخدم في حالة معدل الجريان خلال المرشح قد يكون مقصوراً حتى يصبح الترشيح ذا نوعية مقبولة.

إضافياً ، فإن الارتجاف المائي يجب ألا يتم إعادة تدويره داخل محطة المعالجة ، حيث إن النتائج المنشورة تشير إلى أن اتحاد التخثير مع الترشيح السريع ربما تزيل من ٢ إلى ٣ لوغاريتم من البكتيريا ، بينما تقرير إزالة الفيروسات لمدى بين ١ إلى ٣ لوغاريتم وللطفيليات مثل *Cryptosporidium* sp. بين ٢ و٣ لوغاريتم. القياسات المستمرة للعكارة أو عدد الجزيئات مهم أيضاً للكشف.

(٥,٢,٢,٢) الترشيح الرملي البطيء

الترشيح الرملي البطيء عبارة عن عملية معالجة حيوية، يتم فيها استخدام تخثير بدون معاملة سابقة. المعاملة السابقة الأخرى، على وجه التحديد الترشيح السريع، ربما يستخدم لإزالة الحبيبات عالية الحمولة.

نموذجياً فإن، مرشح الرمل البطيء ذو عمق لحوالي ٠,٧متر ويتم تشغيله عند معدلات جريان من ٠,١ إلى ٠,٣ متر/الساعة مقارنة إلى ٥-١٥متراً/الساعة للمرشحات السريعة.

حيث يخلط الرمل بأحجام تتراوح من ٠,١٥ إلى ٣٥٪ ملليمتر. الفتحات لا تزال كبيرة نوعاً ما عند حوالي ٦٠ميكروميتراً. على الرغم من أن هناك بعض الترشيح في العمق، وكما في حالة الترشيح الطيني السريع، فإن العملية الحيوية تسبب نشاط حيوياً طبقياً (The Schmutzdecke) في قمة ٢٠ملليمتراً. إنجاز مثالي لمعالجة يعتمد على تأسيس جيد لما يسمى Schmutzdecke هذا يقدم ترشيحاً سطحياً فعالاً للحبيبات الصغيرة جداً، والمشتملة أيضاً على البكتيريا، الطفيليات والفيروسات.

أي أن الجزيئات تمر خلال Schmutzdecke ربما تحتجز في العمق المتبقي للرمل عن طريق نفس الآليات، كما يكون موجوداً في الترشيح السريع.

نمو Schmutzdecke واحتباسه للحبيبات يسبب فقداً في النفاذية في الطبقة العليا للرمل وعليه فإنه بعد بعض الأسابيع من التشغيل، فإن معدلات الجريان سوف تتناقص. عندما يحدث هذا، فإن المرشح يؤخذ خارج الخدمة وأعلى من ٢٠- ٣٠ ملليمتراً تزال عن طريق الاستخلاص.

مرشـحات الرمـل البطيئـة تعـرف بكونهـا ذات فعاليـة عاليـة لإزالـة البكتيريـا والطفيليات، ولكن المجاري الصغيرة يمكن أن تحدث في المرشح إذا لم يتم تشغيلها بدقة وصيانتها والتي تؤثر على الإنجاز.

في أنظمة الآبار ذات الصيانة مع الترشيح الرملي البطيء ربما يمكن أن تحرز إنجاز صغير مع اتحاد من التخثير والترشيح. كما أن استمرار القياسات للعكارة أو عد الجيبات ذو أهمية بالغة للكشف.

(٥,٢,٢,٣) ترشيح الكربون المنشط

في حالة الترشيح الغشائي فإن الماء يمر خلال فيلم رقيق، حيث يحجز الملوثات استناداً إلى الحجم. الترشيح الغشائي لعب دوراً زائداً في معالجة ماء الشرب، بالإضافة إلى إزالة الممرضات.

معظـم الاسـتخدام المـألوف في عمليـات الأغـشية لمعالجـة مـاء الـشرب لإزالـة الميكروبات يعتبر المرشح الدقيق (MF) والمرشح الفوقي (UF) (انظر الشكل رقم ٥,١). وصـف تفـصيل عـن التقـدم، التـصميم وتـشغيل هـذه العمليـات متـاح في النـشرات (AWWARF, 1996; Taylor and Wiesner, 1999). عمليات غشائية أخرى مستخدمة أساساً لأغراض أخرى، فإنها أيضاً تزيل الممرضات.

تزيل المرشحات الغشائية الممرضات الميكروبية أساساً بواسطة المنع الحجمي، حيث إن الميكروبات ذات الحجم الأكبر من حجم فتحة الغشاء تزال.

التخثير الكيميائي قبل الغشاء ليس مطلوباً للإزالة الميكروبية، على أي حال، بعض الدرجة لإعادة المعالجة لا بد وأن تطبق لخفض تلوث (فساد) الغشاء. فساد الغشاء ناشئ من تراكم الكيميائيات، الجزيئات ونمو الكائنات الحية على أسطح الغشاء، ينتج عنه خفض إنتاجية الغشاء. عندما يتجمع الفساد عند مثل هذا المستوى،

فإن الإنتاجية للنظام تكون غير مقبولة، وعليه فإن الغشاء يجب أن يتم تنظيفه كيميائياً لإعادة الإنتاجية.

أنظمة إعادة المعالجة المتقدمة مثل مرشح الترسيب- التخثير التقليدي أو عمليات غشائية أخرى ربما تكون أيضاً ذات اعتبار، اعتماداً على نوعية المصدر المائي.

تشير النتائج المنشورة إلى أن الترشيح الغشائي ربما يزيل لأكثر من ٦لوغاريتميات من البكتيريا، الفيروسات أو الطفيليات.

إنجاز العملية يتم الكشف عنها عموماً عن طريق قياس البارامترات الفيزيائية مثل سقوط الضغط خلال الغشاء.

(٥,٢,٣) السكون الكيميائي

التطهير الكيميائي للممرضات الساكنة عائق مهم في المعالجة. الكيميائيات المستخدمة تشتمل على الكلور، وكلور أمين، وثاني أكسيد الكلور والأوزون. فعاليات المعالجة عبارة عن أثر الجرعة، الوقت المصاحب، درجة الحرارة وبعض الأحيان الرقم الهيدروجيني. التطهير الكيميائي يمكن وضعه في أماكن مختلفة في ذيل المعالجة وأكثر من مطهّر واحد يمكن أن يستخدم، على أي حال، فإنه من الأهمية ملاحظة أن الكائنات الحية الواقعة في الجيبات ربما تحجب من فعل الكيميائيات. المطهر الأساسي خطوة بواسطتها تكون الكائنات الحية الدقيقة ساكنة خلال عملية المعالجة، بينما المطهر الثانوي يمكن أن يضاف قبل التوزيع لحفظ نوعية الماء من خلال نظام التوزيع.

يقدم المطهّر الثانوي عائقاً نهائياً ضد التلوث البكتيري وإعادة النمو خلال نظام التوزيع. تطبيق المتخلف من المطهر، على أي حال، يعتبر خلافياً (IWSA, 1998).

تم اقتراح أنه إذا تم إحراز الثبوت الحيوي والنظام ذو صيانة جيده فإنه من غير الضروري استخدام المطهّر وربما يكون حاجز دخول إلى نظام التوزيع عن طريق قتل المؤشرات البكتيرية (ولكن ليس الكائنات الحية الدقيقة المرضة الأكثر نشاطاً). مفهوم تركيز المطهّر وزمن الاحتكاك يعتبر مكملاً لفهم حركيات المطهّر وتطبيق الإضافات لمفهوم CT (والتي تعرف بكونها تركيز مخلفات المطهّر[C مملليجرام/لتر وزمن الاحتكاك] عبارة T بالدقائق، مخلفات المطهر تلك تحتك بالماء- USEPA, 1999) تعتبرذات أهمية.

التسليم يجب عمله مع التناقص في التركيز فوق الزمن وخلال قياس الزمن فإنه من المهم أخذ حساب للسلوك الهيدروليكي لمحطة المعالجة (على وجه الخصوص — في أي جولة قصيرة). الحرارة، فوق المعدل الملائم لماء الشرب، تؤثر على معدل تفاعلات المطهر استناداً إلى قانون Arrhenius، على الرغم من أن بعض الانحرافات تم ملاحظتها للمطهرات المؤكدة عند درجات منخفضة. الرقم الهيدروجيني لمحلول المطهر أيضاً يؤثر مع تفاعل الحركيات.

الجدول رقم (٥,١). أحجام CT للفيروسات الساكنة (الخامدة) (USEPA, 1999).

المطهر	الوحدات	السكون		
		2-log	3-log	4-log
كلور[١]	ملليجرام دقيقة/لتر	٣	٤	٦
كلور أمين[٢]	ملليجرام دقيقة/لتر	٦٤٣	١٠٦٧	١٤٩١
ثاني أكسيد الكلور[٣]	ملليجرام دقيقة/لتر	٤,٢	١٢,٨	٢٥,١
أوزون	ملليجرام دقيقة/لتر	٠,٥	٠,٨	١,٠
أشعة فوق البنفسجية	ملليموجي ثانية/ سنتيمتر مربع	٢١	٣٦	غير متاح

(١) أحجام تعتمد على درجة الحرارة ١٠°م، رقم هيدروجيني يتراوح بين ٦-٩ و كلور خالي من المخلفات لحوالي ٠,٢ إلى ٠,٥ ملليجرام/لتر.

(٢) أحجام تعتمد على درجة الحرارة ١٠°م ورقم هيدروجيني ٨.

(٢) أحجام تعتمد على درجة الحرارة ١٠°م ورقم هيدروجيني من ٦-٩.

(١,٣,٢,٥) الكلوّرة

يمكن أن تأخذ الكلوّرة هيئات عدة مشتملة على الكلور، كلور أمين، وثاني أكسيد الكلور. حيث أن لكل كيميائي خاصية تطهّر مختلفه.

كلور أمين الأحادي (يتكون عن طريق اتحاد الكلور والمركبات النيتروجينية) ذو تأثير تطهيري منخفض عن الكلور ولكن أكثر ثبات. ثاني أكسيد الكلور ربما يتم اختياره بسبب كونه ذي فاعلية عظيمة ضد الطفيليات.

تقريباً لحوالي ١٠٠سنة فإن الكلوّرة قد أثبتت فعاليتها في ماء الشرب لإخماد المرضات الميكروبية ولفائدة الكلوّرة ورجحانها من أي أضرار، مثل إنتاج trihalomethane الفيروسات المعوية عموماً أكثر مقاومة للكلور من البكتيريا المعوية، والفيروسات التي تتصاحب مع الجزيئات الخلوية أو الجزيئات العضوية ربما تتطلب مستويات عالية من التطهير؛ بسبب حمايتها الطبيعية لأسطح الحبيبات.

تعتبر الكلوّرة ذات فعالية عالية للإخماد الفيروسي إذا كان الماء ذا عكارة ١,٠≤ لمقياس وحدات العكارة (NTU)، الخلو من بقايا الكلور لحوالي ١,٠ أو أكثر عند على الأقل ٣٠دقيقة ورقم هدروجيني ٨,٠>. حويصلات الطفيليات مثل *Cryptosporidium* sp. و *Giardia lambila*، على أي حال، يعد مرتفع المقاومة للتطهير بالكلور (USEPA, 1989). عوامل أخرى تؤثر على الحاسية الميكروبية للكلور تتضمن الارتباط السطحي، والتغليف، والتجميع، وخفض مغذيات النمو.

يعتبر الكلور مطهّراً قوياً ذا فاعلية لإخماد البكتيريا والفيروسات وتحت ظروف محدودة، *Giardia*. أحجام CT تعتبر ٢لوغاريتم إخمادي للبكتيريا الخضرية ربما تتغير بين ٠,٠٢ و ٢٠٠ملليجرام دقيقة/ لتر (Grohmann, 2002).

هذا المدى الواسع يعتمد على عدد من العوامل خصوصاً وجود مادة مختزلة. هدف واحد لمعالجة الماء، بذلك للتقليل من مثل هذه المادة من سابقية الماء إلى الكلوّرة.

مستويات المتخلف من المادة المختزلة يمكن كشفها بواسطة طرق الكيمياء الكهربائية مثل قياسات جهد الأكسدة- الاختزال (ORP).

استخدام الجرعات العالية من الكلور، على أي حال، لوحده ليس ضماناً لسلامة ماء الشرب كوجود مادة مختزلة ربما ينتج عنها تراكيز عالية من المطهر بواسطة الإنتاج (DBP)، مثل trihalomethans والذي يعتبر سام.

لا اختزال معنوي للطفيل *Cryptosporidium* تم إحرازه مع أحجام CT التقليدية، منذ أن كان الرقم الهيدروجيني، والحرارة والتركيب الكيميائي يؤثر فعلياً جهد المطر والتي تحتاج إلى التقصي (الكشف) معاً مع قياسات CT.

بسبب ضعف قوة المطهّر monochloramine، فإنه لا يوصى به كمطهر أساسي كما أنه غير فعال في إخماد *Cryptosporidium*.

تستخدم معظم الأنظمة monochloramine وتطبقه كفترة قصيرة خالٍ من الكلور قبل إضافة الأمونيا أو استخدام خياري (مثل الأوزون، ثاني أكسيد الكلور) كمطهر أساسي.

يحتوي Chloramines على أحجام لأكثر من ٨٠ ملليجرام دقيقة/ لتراً؛ لإخماد ٢لوغاريتم للبكتيريا، أحجام لنفس الإخماد للفيروسات أعلى من ٦٠٠ملليجرام دقيقة/لتر، وعليه، فإنه من الملائم فقط لإخماد البكتيريا.

يعتبر ثاني أكسيد الكلور مؤكسداً قوياً بالإضافة إلى قوتها كمطهّر، وعليه، فإنه يمكن استخدامه لضبط الحديد، المنجنيز والرائحة والطعم التي تحدثها المركبات بالإضافة إلى كونه مطهراً جوهرياً. كما تم استخدامه أيضاً كمطهّر ثانوي في العديد من

الدول الأوربية. على أي حال، فإن ثاني أكسيد الكلور يكوّن عضويات عن طريق إنتاج (أيونات chlorite وchlorate) مع التفاعل مع مكونات الماء، وعليه فإن مزودي الماء ربما يحتاجون لتقديم معالجة إضافية اعتماداً على مستوى هذه اللاعضويات عن طريق الإنتاج والمتطلبات النظامية الخاصة.

يقارن ثاني أكسيد الكلور بشدة عن الكلور الخالي لإخماد البكتيريا والفيروسات عند رقم هيدروجيني متعادل، ولكنه أكثر فعالية من الكلور الخالي عند رقم هيدروجيني قلوي ٨,٥ (Hoff and Geldreich, 1981).

أحجام CT لثاني أكسيد الكلور ناتجة من ٢لوغاريتم إخمادي للبكتيريا الخضرية تعتبر أقل من ١ملليجرام دقيقة/لتر. بينما الأحجام حول ٤ملليجرام دقيقة/لتر تم تسجيلها للفيروسات وتلك لإخماد *Giardia* كانت حول ١٥ملليجرام دقيقة/لتر.

تحتاج الحرارة والتركيب الكيميائي إلى الكشف معاً مع قياسات CT (أو الحسابات) وبقايا الكلور.

الكلورة ربما تأخذ مكانها عند نقطة المعالجة الوسطية ولكن، على وجه الخصوص في الدول النامية، فإن هناك نمواً مرغوباً في إدخاله عند المستوى المنزلي.

العطريات أو الحبوب لمركبات الكلور (بعض الأحيان معاً مع مخثر لإزالة العكارة) تستخدم في بعض الأحيان.

المنتجات غير المركزّة من هيبوكلوريت الصوديوم حالياً يعد ممكناً من التحليل الكهربائي لمحلول مألوف من ملح وهذا ربما يقدم تكلفة لمصدر فعال من محلول الكلور.

اتحاد من حبوب التخثير والمطهّر أو البودرة أو استخدام محلول من هيبوكلوريت الصوديوم متاح لمعالجة مياه المنزل (Sobsey, 2002).

(٥,٢,٣,٢) التأزّن

تم استخدام الأوزون لأكثر من قرن (١٠٠عام) لمعالجة الماء، معظمها كانت في أوروبا، ولكن هذا الاستخدام انتشر إلى مناطق أخرى. بغض النظر عن هذا الاستخدام الطويل، فإن آلية عمل إخماد الأوزون للميكروبات غير معروفة بالضبط، على الرغم من أنه معلوم أن الأوزون في المحاليل المائية يتفاعل مع الميكروبات عن طريق التفاعل المباشر مع جزيئات الأوزون، أو عبر تفاعل مع الأنواع الأساسية التي تتكون عن تحلل الأوزون.

البكتيريا الخضرية، *E. coli* تعد واحدة من أكثر المقاومة للتطهير بالأوزون، بينما الكروية الموجبة لصيغة جرام (*Staphylococcus* and *Streptococcus*)، العصوية السالبة لصبغة جرام (*Bacillus*) و mycobacteria تعتبر ذات مقاومة عالية.

يمكن ضبط البكتيريا *Mycobacterium avium* بفعالية عن طريق جرعات منخفضة من الأوزون، بينما الكائن الحي يعد عالي المقاومة للكلور المطلق. تم تسجيل أن العد البكتيري لمتباينة التغذية ربما يكون أقل للإخماد بالأوزون من الكائنات الحية الأخرى المستخدمة كمؤشرات. الفيروسات عموماً أكثر مقاومة للأوزون من البكتيريا الخضرية، على الرغم من أن الفاجات تظهر في كونها أكثر حساسية من الفيروسات التي تصيب الإنسان.

الأوزون فعال ضد *Giardia* والأقل مدى للكائن الحي *Cryptosporidium*. بسبب أن الأوزون لا ينتج بقايا ثابتة فإنه تكراراً يتبع بالكلوّرة لإنتاج بقايا تطهير للتوزيع. استناداً إلى الفساد السريع للأوزون حتى كما في الماء النقي، فإن تفاعل حركة الأوزّنه ذات أهمية قصوى.

يؤكسد الأوزون المركبات العضوية الموجودة في الماء، مثل المادة العضوية الطبيعية لإنتاج مواد عضوية أصغر. بما أن هذه عادة أكثر هضم حيوي، فإن الأوزّنة سوف تزيد النمو البكتيري بعد المعالجة لإيقاف هذه، فإن الأوزّنة السابقة لإزالة المنتجات المؤكسدة مهمة.

يعد الأوزون مطهّراً قوياً لإخماد البكتيريا الخضرية. حيث إن أحجام CT تحت ٠,٥ ملليجرام دقيقة/لتر تم تسجيلها لخفض ٢لوغاريتم للبكتيريا.

الأحجام بين ٠,٥ و ١ ملليجرام دقيقة/لتر تتطلب ٢لوغاريتم لإخماد الفيروسات. إخماد الأوليات مثل *Giardia* ممكن عند حرارة أعلى من ١٥°م مع أحجام CT لمدى ٠,٧ ملليجرام دقيقة/لتر لإخماد ٢لوغاريتم، بينما عند ٥°م فإن حجم CT سوف يزداد إلى ١,٣ ملليجرام دقيقة/لتر. لنفس الإخماد في حالة *Cryptosporidium* فإن أحجام CT المطلوبة أعلى لحوالي عشر مراتْ.

المحتوى الكربوني سوف يؤثر أيضاً على فعالية التطهير. وعليه فإن قياس أحجام CT يحتاج أيضاً ليشمل ضبط الحرارة ونوعية الماء الداخلة إلى مفاعل الأوزّنة.

دراسة الحالة: حركية مفاعل التأزّن

في سويسرا، فإن أنظمة الغذاء واللوائح تتطلب تقييم المخاطر الصحية وتثميناً لخطوات المعالجة الحرجة لإنتاج ماء الشرب في مدينة Zurich، فإن جزاً معتبراً من ماء الشرب المنتج من ماء البحيرة المتبوع بخطوات متعددة. خلال تقييم المخاطر فإن حركية مفاعل التأزّن تقدّر عن طريق إضافة محلول كلوريد الصوديوم المركّز إلى مدخل الماء في المفاعل لفترة ساعتين. حيث إن خمس نقاط فحص على طول جريان الماء والسماح للانتشار للإضافة خلال المفاعل يتم تتبعها (Kaiser *et al.*, 2000).

طرز النتائج المعملية والتي تم فيها الوصف الأمثل للمفاعل عن طريق سلسلة من خليط لأربع مفاعلات متبوعاً بمفاعل ذي سدادة جارية مع جريان خلفي معتبر. الطراز متواصل بواسطة مقارنة النسخ وقياس الصور الجانبية للأوزون وتركيزات atrazine.

إخماد نسخ الكائنات الحية الدقيقة أظهر أن هناك اختلافاً واضحاً بين طراز جريان السدادة والطراز المشتقة من القياسات البحثية. استناداً إلى الطراز، فإن التأزّن يجب أن يخفض البكتيريا الخضرية والفيروسات عن طريق أكثر من ٦لوغاريتم، جراثيم *Bacillus subtilis* سوف تخمد بواسطة ١,٥لوغاريتم، بينما إخماد *Cryptosporidium* لأقل من ١لوغاريتم.

(٥,٢,٣,٣) التطهير بالأشعة فوق البنفسجية

نتائج فعل الأشعة فوق البنفسجية من الامتصاص بواسطة الأحماض النووية (RNA وDNA)، يقود إلى ديمرة قواعد Pyrimidine، وكل الكائنات الحية ذات قابلية لضوء الأشعة فوق البنفسجية. وعليه فإن التعرض إلى الأشعة فوق البنفسجية سوف ينتج عنه خفض حيوية الخلايا المعاملة.

على أي حال، فإن معظم البكتيريا تطوّر أنظمة إصلاح مختلفة لتتغلب على فعالية تحطيم الأشعة البنفسجية لمادتها الوراثية، على سبيل المثال، فإن ثنائي الثايمين يمكن إصلاحه في وجود (التنشيط الضوئي) أو غياب الضوء ('إصلاح ظلام') (Jagger, 1967). وعليه، فإن جرعات الأشعة فوق البنفسجية في معدل تأكيدي سوف يخفّض فقط نقل قدرة البكتيريا لتكوين مستعمرات بدون الحاجة لفترة طويلة تؤثر على بقائها (Mechsner *et al.*, 1991). وعليه، فإنه من الأساسي عند التطهير بالأشعة فوق البنفسجية لماء الشرب معالجة كل جزء حجمي بجرعة كافية من الضوء لقتل البكتيريا.

عادة الجرعة لحوالي $400J/m^2$ ($40mws/cm^2$) مقبولة في كونها كافية لفعالية المعالجة. ثلاثة أنواع لمصدر الضوء تستخدم للتطهير بواسطة الأشعة فوق البنفسجية، اسمياً:

- مصباح الزئبق منخفض الضغط.
- مصباح الزئبق متوسط الضغط.
- الليزر النبضي.

معظم الشائع وعليه إلى أبعد من ذلك فإن مصباح الزئبق يعتبر منخفض الضغط، والذي يصدر الضوء عند طول موجي ٢٥٤,٧نانو ميتر، تقريباً مقصورة. بسبب إلى أنه نوعاً ما انخفاض كثافة الضوء لمثل تلك المصابيح، فإن الأشعة المطلوبة للتطهير الفعال أعلى فعلياً من تلك التي في النوع الثاني، مصباح الزئبق متوسط الضغط، والذي يصدر ضوء ذا كثافة عالية وأيضاً لطول موجي أطول. بعض الأحيان يطالب أن المصابيح الزئبقية متوسطة الضغط ذات إنجاز أحسن، بسبب أنها ربما تعمل في طريق مزدوج، تحطم كلاً من DNA والبروتين، وبعضها ربما يدخل في إصلاح عملية DNA. بالمقابل؛ بسبب الكثافة الزائدة جداً من الضوء لمصابيح الزئبق متوسطة الضغط، فإن زمن الاحتكاك المطلوب يجب أن يكون قصير جداً مع خطر ملازم لأجزاء حجمية لا تصبح معالجة بكفاية.

حديثاً، استخدام بعض الأشعة فوق البنفسجية والليزر تم اقتراحه. دعوى أن نفس المدى للخلية الخامدة يمكن إحرازه مع هذا المصدر الضوئي على الأقل لعشرة على واحد من الجرعة لمصابيح الزئبق منخفضة الضغط.

أظهر (Rubin *et al.,* 1982) اعتماد على التنشيط الضوئي الاخمادي لخلايا الخميرة على كثافة ضوء الأشعة فوق البنفسجية عند نفس الجرعة.

اعتماد مشابه تم ملاحظته للتنشيط الضوئي. وعليه، عند كثافة ضوئية عالية وجد أن هناك خلايا ميتة كثيرة عند الجرعات المخفضة.

عامل آخر يتداخل مع هذا النوع من التطهير وهو نقل الأشعة فوق البنفسجية في الماء. لعملية المعالجة فإن الجرعة الأقل من الأشعة فوق البنفسجية للماء مع هيئات مختلفة من الأشعة فوق البنفسجية المنقولة يجب معرفتها.

الكشف الحيوي لجرعة الأشعة فوق البنفسجية تحت ظروف إنتاجية تم اقتراحها كطريقة مثلى لتحديد الفعالية (Sommer and Cavaj, 1993). هذه الخطوة تتضمن إضافة جراثيم *Bacillus subtilis* إلى الماء قبل المعالجة، من الاختلاف بين عدد المستعمرات قبل وبعد المعالجة فإن جرعة الأشعة فوق البنفسجية في المفاعل يمكن أن يستدل عليها من خلال منحنى جرعة الاستجابة في المعمل.

منحنيات جرعات الاستجابة المشابهة يمكن الكشف عنها للكائنات الحية الأخرى ذات الاهتمام (مثل الممرضات) والاختزال في جهد نظام المعالجة يمكن تثمينه.

نقل الماء يجب الكشف عنه على طول الخط مع مساعدة كشاف الأشعة فوق البنفسجية.

تحديد تكوين وحدات المستعمرات لبكتيريا القولون لا يعد قياس مرض للإخماد بالأشعة فوق البنفسجية؛ بسبب احتمالية إصلاح الآليات القادمة للتطبيق (Mechsner *et al.*, 1991). إذا كان المؤشر الميكروبي البارامتري مطلوباً، فإن خفض الجراثيم يجب قياسه بما أنه هناك قياساً بسيطاً وفي نفس الوقت فإنه مقاوم تماماً لضوء الأشعة فوق البنفسجية.

تم برهنة أن التطهير بالأشعة فوق البنفسجية ملائم للإخماد البكتيري والفيروسي. جرعات الأشعة فوق البنفسجية 400 J/m^2 سوف تخفض البكتيريا الخضرية

لحوالي ٤ إلى ٨لوغاريتم للإخماد الفيروسي عن طريق ٣ إلى ٦لوغاريتم. الأوليات أكثر مقاومة للتطهير بالأشعة فوق البنفسجية، ولكن الدراسات الحديثة أظهرت أن دراسات إصابة الفأر الوليد مع الأشعة فوق البنفسجية لمعالجة بويضات *Cryptosporidium* عند جرعات من الأشعة فوق البنفسجية لحوالي 410 J/m^2 هي ٤لوغاريتم لخفض الإصابة التي تحدث. نفس الجرعات من الأشعة فوق البنفسجية مطلوبة لحوالي ٤لوغاريتم لخفض جراثيم *Bacillus Subtilis*.

دراسة حالة: التطهير بالأشعة فوق البنفسجية

في النمسا، وألمانيا وسويسرا فإن شهادة الطلب قد تم تأسيسها لتطهير ماء الشرب بالأشعة فوق البنفسجية، والتي تتطلب نموذجياً تحديد عن قياس الجرعة الحيوي لفعالية التطهير تحت ظروف الإنتاج (Snozzi *et al.*, 1999).

تستخدم جراثيم *Bacillus subtilis* لهذه العملية منذ أن كانت آليات الإصلاح غير مهمة ويمكن إهمالها.

الماء الداخل إلى جهاز الأشعة فوق البنفسجية يحقن مع الجراثيم وتركيزه يحدد قبل وبعد المعالجة بالأشعة فوق البنفسجية. جرعة الأشعة فوق البنفسجية يمكن حسابها من نقص الجراثيم الحية ومن منحنى الاستجابة للجرعة والتي تقاس منفصلة في المعمل.

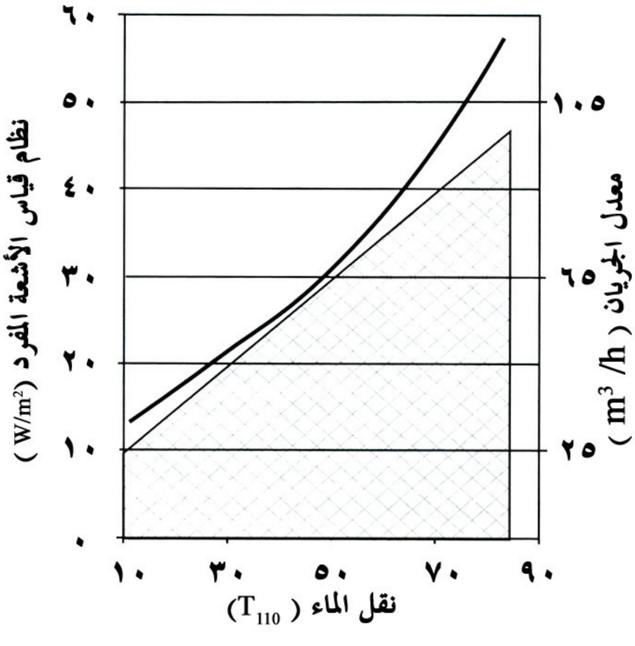
اختلاف كثافة الضوء ومعدل الجريان يتيح لتعريف مدى معدل الجريان مع العكارة المخلوطة بداخل المفاعل.

نتائج التجربة المحددة لفعالية التطهير في الرسم البياني (الشكل رقم ٥,٢) تظهر معدل الجريان كتأثير لنقل الأشعة فوق البنفسجية في الماء، والتي تم التأكد منها الجرعة

الأقل للأشعة $400\ J/m^2$. إذا كان التشغيل لا يزال في نفس هذه الحدود ، فإن إعادة نقص التحديد لعدد الممرضات الحية يمكن التأكد منه (ضمانه).

هذا التحديد المعملي لجهد التطهير بالأشعة فوق البنفسجية المقدمة من المفاعلات تعتبر كثيرة الإنتاجية. الانحرافات بين مختلف التحديات لأشهر عدة تعد جزءاً وجد أنه أقل من ٢٪ (Snozzi, 2000).

قياسات كثافة الأشعة فوق البنفسجية الضوئية في المفاعل تخدم كضابط لعملية إنجاز (ذات أهمية في حالة قياس النقطة والتي يجب أن ترتب الاختلافات في نقل الأشعة فوق البنفسجية في الماء والتي سوف تؤثر على القراءة في مقياس الضوء).



الشكل رقم (٥,٢). قياس كثافة الأشعة فوق البنفسجية الضوئية كتأثير نقل الأشعة فوق البنفسجية للماء (محوّرة من Snozzi, 2000).

المنطقة المتقطعة تمثل اتحاد نقل الأشعة فوق البنفسجية ومعدلات الجريان، والتي ينتج عنها تطهير موثوق فيه. المنحنى المغلق يمثل الضوء المنفرد وسيلة قياس لتأثير نقل الأشعة البنفسجية للماء.

نقل الأشعة البنفسجية (T100) معطى كوجود النقل باستخدام ١٠٠ميلليمتر من الضوء.

(٥,٢,٣,٤) مطهّر الماء الشمسي

الألواح الشمسية يمكن استخدامها لتوليد الكهرباء لتشغيل مصابيح الأشعة فوق البنفسجية المذكورة في الفصل المستقل ولكن في الدول قليلة الدخل المادي، فإن ضوء الشمس لوحده يمكن أن يستخدم للقتل أو للإخماد ربما، إذا لم يكن كل المرضات الموجودة في الماء. مطهر الماء الشمسي يعد طريقة من المعالجة نسبياً كميات صغيرة من الماء عند نقطة الاستخدام. توجد ثلاث طرق يمكن عن طريقها استخدام مطهر الماء الشمسي لإزالة المرضات.

الأولى خلال الحرارة، والثانية خلال أثر الأشعة فوق البنفسجية للإشعاع الطبيعي، والثالثة خلال خليط من كلا الحرارة وأثر الأشعة فوق البنفسجية.

ولا واحد من تلك الطرق حتى الآن ذا استخدام موسّع ولكن التجارب المعملية والبرامج الحقلية أظهرت أن بعض الأنظمة تمتلك قوة جيدة لإنتاج ماء صالح للشرب.

المطهر الشمسي متضمن في المراجعات التقنية عن طريق WHO لمعالجة ماء المنزل والخزن (Sobsey, 2002).

الحرارة الحارة من الشمس يمكن تحويلها إلى طباخ شمسي (عن طريق تركيز إشعاعات الشمس بواسطة عاكس) أو من ألواح بسيطة مطلية باللون الأسود ومعرضة

للشمس. في العديد من الأنظمة فإن الحرارة بثقة يمكن أن تصل لأعلى من ٥٥°م لقتل العديد من الممرضات. مع الطبخ الشمسي وبعض الأنظمة الأخرى فإن حرارة الماء يمكن أن تتجاوز ببساطة ٦٥°م.

إحراز حرارة محددة يمكن أن تستخدم ببساطة في الكشف وأنها ذات تكلفة منخفضة وتستخدم كمؤشرات لإعادة البسترة، استناداً على الذوبان المريء في الشمع وفي أنبوبة بلاستيكية نظيفة، فإن استخدام الحرارة وأشعة الأشعة فوق البنفسجية للتطهير معاً للماء يمكن استخدامه عن طريق أنظمة المعالجة الشمسية المختلفة.

الإحاطة الموسّعة هي نظام SODIS (الشكل رقم ٥,٣)، وهي ملائمة للدول منخفضة الدخل. الجهاز الوحيد المطلوب هو عبارة عن قوارير محلية متاحة لحمل الماء (والتي تحتاج لامتلاك عكارة L30NTU). هذه التقنية تعتبر الآن تجربة حقلية في أجزاء مختلفة من العالم وزيادة كميات النتائج أصبحت متاحة عن فاعليتها.

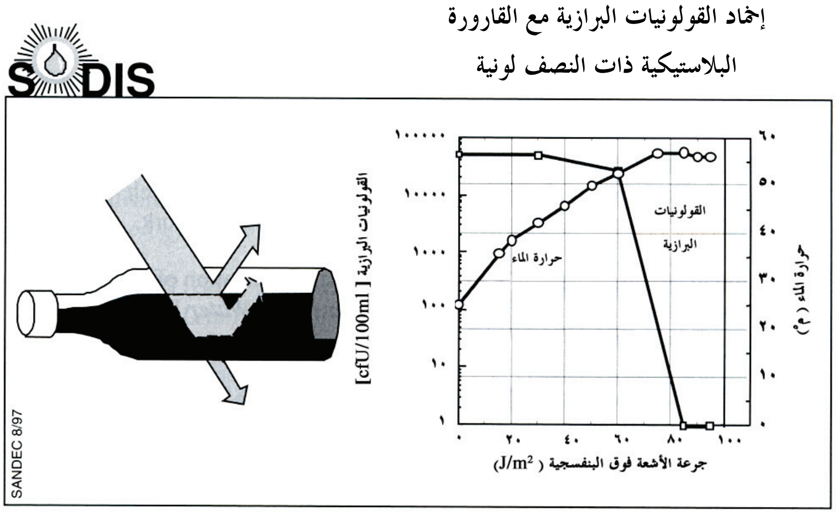
بجلاء حتى تكون الأشعة فوق البنفسجية فعالة فإن مادة القارورة يجب أن تكون منقولة إلى أطوال موجية ذات فائدة من إشعاعات الأشعة فوق البنفسجية.

اقترح متعهدي SODIS استخدام قوارير بلاستيكية خفيفة من مادة PEI أكثر من PVC الأخرى؛ بسبب أن تركيب المادة أكثر ثباتاً كيميائياً.

نصف القارورة البعيدة عن الشمس لا بد وأن تطلى بالدهان الأسود؛ لتحسين الحصول على الحرارة من امتصاص الأشعة الحارة، القارورة يمكن أن تغطى في سقف مظلم؛ لزيادة فاعلية الحرارة الناشئة في الماء.

لا بد من تحريك حقل القارورة لتهوية الماء قبل غمرها. وجد تماماً أنها تعطي معدل قتل سريع للممرضات (Read, 1997). للحصول على فائدة تعاونية بين استخدام الأشعة فوق البنفسجية ونشوء الحرارة (Wegelin *et. al.*, 1994; Sommer *et. al.*, 1997).

في حالة الجو البارد تحتاج إلى فترة طويلة جداً (مثل يومين أو أكثر)؛ بسبب أن مستوى الأشعة المنخفض وخفض ترجيح الحرارة للماء لبلوغ ٥٠°م.



الشكل رقم (٥,٣). مخطط يمثل التطهير الشمسي للماء وأثر حرارة الماء في إخماد الأشعة فوق البنفسجية للخلايا البكتيرية (تم نشره بالاستئذان من M. Wegelin).

(٥,٣) الملخص

يراجع هذا الفصل حدود مختلف المعالجات المتاحة للتأكد من إنتاج ماء شرب آمن. حيث إن اختيار أي حد للإنجاز يعتمد على عدد من الاعتبارات المشتملة على نوعية مصدر الماء.

البارميترات للمؤشرات غير الميكروبية والتي يمكن قياسها على الخط ذات فائدة لتقييم عملية الإنجاز ومثل هذا الكاشف مهم من خلال النظام الكامل المقدم لإدارة المخاطر.

خطوات المعالجة مع إزالة الممرض ذي العلاقة أو الإخماد تم شرحهم معاً مع إمكانية استخدام المؤشرات لقياس إنجاز العملية.

المراجع

A WW ARF (1996) *Water Treatment Membrane Processes.* American Water Works Association, L yonnaise des Eaux, and Water Research Commission of South Africa. McGraw-Hill, Inc., New York.

Amirtharajah, A. and Wetstein, D.P. (1980) Initial degradation of effluent quality during filtration. *Journal of the American Water Works Association* **78,** 66-73.

Bellamy, W.D., Hendricks, D.W. and Logsdon, G.S. (1985) Slow sand filtration: influences of selected process variables. *Journal of the American Water Works Association* **77,** 62-66.

Gale, P., Van-Dijk, P.A.H. and Stanfield, G. (1997) Drinking water treatment increases microorganism clustering: The implications for microbiological risk assessment. Journal of Water Supply: Research and Technology*Aqua* **46,117** -126.

Hall, T. (1998) *A Guide to Water Treatment Practices.* WRc publication No 854.

Hoff, J.C. and Geldreich, E.E. (1981) Comparison of the biocidal efficiency of alternative disinfectants. *Journal of the American Water Works Association* **73,** 40-44.

Hunt, N.K. and Marinas, B.J. (1999) Inactivation of *Escherichia coli* with ozone: chemical and inactivation kinetics. *Water Research* **33,** 26332641.

IWSA (1998) Proceedings of IWSA International Conference. Drinking water distribution with or without disinfectant residual. *Water Supply* **16** (3/4).

Jacangelo, J.G., Adham, S.S. and Laine, J.-M. (1995) Mechanism of *Cryptosporidium, Giardia,* and MS2 virus removal by MF and UP. *Journal of the American Water Works Association* **87,** 107-121.

Jagger, J.H. (1967) *Introduction to Research in UV Photobiology.* Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ, United States.

Kaiser, H.P., Von Gunten, U. and Elovitz, M. (2000) Die Bewertung von Ozonreaktoren. *Gas, Wasser, Abwasser* **80,50-61.**

LeChevallier, M.W. and Au, K.K. (2002) Water treatment for microbial control: A review document. World Health Organization.

Mechsner, K., Fleischmann, T., Mason, C.A. and Hamer, G. (1991) UV disinfection: Short term inactivation and revival. *Water Science and Technology* **24,** 339-342.

Reed, R.H. (1997) Solar inactivation of faecal bacteria in water: the critical role of oxygen. *Letters in Applied Microbiology* **24,** 276-280.

Rubin, L.B., Burchuladze, T.G. and Fraikin, G.Y. (1982) Two-photon inactivation, photoreactivation and photoprotection in yeast cells irradiated by 266 nm-Iaser radiation. *Photochemistry and Photobiology* **35,** 789-791.

Snozzi, M., Haas, R., Leuker, G., Kolch, A. and Bergman, R. (1999) Prlifung und Zertifizierung von UV -Anlagen. *Gas, Wasser, Abwasser* **79,** 380-385.

Snozzi, M. (2000) New concepts and methods for the evaluation of the microbial quality of drinking water. *Mitt. Lebensm. Hyg.* **91,** 44-52.

Sobsey, M.D. (1989) Inactivation of health-related microorganisms in water by disinfection processes. *Water Science and Technology* 21(3),179-195.

Sobsey, M.D. (2002) Household water treatment and storage as appropriate technology for the developing world. World Health Organization

Sommer, R. and Cabaj, A. (1993) Evaluation of the efficiency of a UV plant for drinking water disinfection. *Water Science and Technology* **27,** 357-362.

Sommer, B., Marino, A., Solarte, Y., Salas, M.L., Dierolf, C., Valiente, C., Mora, D., Rechsteiner, R., SUers, P., Wirojanagud, W., Ajarmeh, H., AIHassan, A. and Wegelin, M. (1997) SODIS - an emerging water treatment process. *Journal of Water Supply: Research and Technology Aqua* 46(3), 127-137.

Taylor, J.S. and Wiesner, M. (1999) Membranes. In: *Water Quality and Treatment.* R.D. Letterman (Ed.) McGraw Hill, Inc., New York. p.l1.1-11.71.

USEPA (1989) *Guidance Manualfor Compliance with the Filtration and Disinfection Requirements for Public Water Systems Using Suiface Water Sources,* US Environmental Protection Agency, Washington, D.C.

USEPA (1999) *Guidance Manual Alternative Disinfectants and Oxidants.* EPA 815-R-99-014. US Environmental Protection Agency, Washington, D.C.

Wegelin, M., Canonica, S., Mechsner, K., Pesaro, F. and Metzler, A. (1994) Solar water disinfection: Scope of the process and analysis of radiation experiments. *Journal of Water Supply: Research and Technology - Aqua* 43(3), 154-169.

White, G.C. (1999) *Handbook of Chlorination and Alternative Disinfectants.* John Wiley and Sons, Inc., New York.

الفصل السادس

الكشف عن نوعية ماء الشرب خلال الخزن والتوزيع

W. Robertson, G. Stanfield,G. Howard and J. Bartram

(٦,١) المقدمة

بعد التجهيز والمعالجة للماء والذي يصبح قابلاً للتأثر ومنتجاً مكتشفاً. قابليته للتأثر في ذلك أن سلامة الأنظمة للاستخدام في الخزن والتوزيع المائي يمكن أن يحدث له تحطم وتلوث خلال عملية التزود. سلامته تكمن في أن نوعية الميكروبات يمكن أن تفسره بسبب أن البكتيريا تظل بعد المعالجة نامية في المخلفات الغذائية في الماء وعليه فإن الماء يمكن أن ينسب إليه أنه يمتلك محدودية الصفاء.

المعدل الذي يمكن فيه ضبط نوعية الفساد عن طريق إضافة مواد حافظة (مخلفات التطهير)، أو عن طريق استخدام معالجة متقدمة لإزالة بقدر المستطاع الكربون العضوي المهضوم حيوياً من الماء. على أي حال، هذه القياسات يجب أن تكون غير مفيدة، إذا كان التوزيع أو أنظمة التوزيع ملوثة أو تسمح بالفساد.

للحصول على درجة قصوى من الحماية للمنتج (الماء) والتعبئة (خزانات ومواسير) فإنه يجب أن تنظف وأن تكون سليمة.

أهمية التغيرات نوعية في التوزيع تستند على الدليل المتعلق بالتردد وتوسع معرفة نوعية التغيرات وتأثيرها على صحة الإنسان. وعليه، على سبيل المثال، فإن أهمية إعداد ملاحظة مواسير مياه الشرب المتعلقة بتفشي المرض تنسب إلى نوعية الفساد في التوزيع (Ainsworth, 2002; Craun and Calderon, 2001). بسبب، على سبيل المثال، أنه متقطع وعليه فإن الإدارة المنزلية في ذلك مألوفة. هذا ربما يتضمن فقط الضخ في خزانات خزن المنازل أو الخياريات، والتي تتضمن عمل تمارين مكثفة.

بسبب أن التلوث الناشئ يعتبر محلياً في الوصف ومن غير المحتمل أنه يعطي نشوءاً واضحاً لتفشي الأمراض ولكن دليل معنوي يؤكد أن التغيرات النوعية في مثل تلك الظروف ربما تكون شديدة وتستجيب للمعاملة الموسعة (Quick *et al.*, 1999).

(٦,٢) أنظمة توزيع التمديدات (شبكة المواسير)

أنظمة توزيع التمديدات لماء الشرب ذات أهمية لنوعية وسلامة ماء الشرب كالمعالجة نفسها. الماء الداخل نظام التوزيع (الشبكة) يجب أن يكون آمناً ميكروبيولوجياً ونموذجياً يجب أن يكون متوازن حيوياً. نظام التوزيع يجب أن يقدم حداً آمناً لمعالجة التلوث السابق في كون الماء قد تم نقله إلى المستخدم. بقايا التطهير سوف تقدم حماية جزئية ضد إعادة التلوث، ولكن ربما أيضاً تؤثر كقناع لوجود مثل هذا التلوث.

في القياس العالمي، على أي حال، فإن الإساءة لاستخدام الماء داخل المنزل من المحتمل أنها قد تكون معظم المصدر المعنوي للفساد. هذا الفصل يصف مصادر التلوث القادمة من معالجة المياه المغادرة محطة المعالجة، لفساد نوعية الماء خلال الخزن والتوزيع، علماً بأنه لا يوجد نظام من التمديد يبحث فيه بفصل مستقل.

(٦,٢,١) المعالجة غير الكافية للماء التي تدخل الشبكة (نظام) التوزيع

الحدوث المتقطع للمصدر المائي للعكارة العالية التي تغمر نظام المعالجة، أو الكائنات الحية الدقيقة المخترقة على سبيل المثال، تنتج من الترشيح تحت الأدنى بعد الغسل الخلفي للمرشح، وهذه يمكن أن تقدم ممرضات معوية إلى نظام التوزيع. هذه ربما تكون بأعداد كافية لإحداث إصابات مرئية لأمراض معوية للسكان المخدومين (Mackenzie *et al.*, 1994). يجب إعادة الاستدعاء في أن تكرار مثل هذه الحوادث في الدول المتطورة والنامية من المحتمل أن يكون أكثر بكثير من ذلك الضمني عن طريق عدد التفشيات الملاحظة حالياً (انظر الفصل السابع). هذه الحوادث غالباً سقوط المطر بشدة وربما ذات علاقة وسطية. على سبيل المثال، فإنه على نحو استثنائي تؤدي إلى حمل ميكروبي عالٍ ربما ينشأ من سطح الماء المتساقط بعد سقوط المطر في نفس الوقت وعموماً فإن فعالية المرشح تتناقص والاحتياج للغسل الخلفي مطلوب؛ بسبب حدوث عكارة ذات حمل عالٍ (انظر الفصل الرابع والخامس).

(٦,٢,٢) سلامة شبكة (نظام) التوزيع

التفشي المرضي تم تسجيله للعبور الاتصالي على الرغم من أن الواقعة في أن الماء الخارج من المحطة يجب اعتباره آمن. عموماً هناك أربعة أنواع من العبور الاتصالي:

- **الرشح**

في هذه الحالة فإن تلوث مستوى الماء السطحي يرجع إلى الشبكة (نظام التوزيع). لتحقيق حدوث هذه فإن ثلاثة ظروف يجب وضعها. الأول، تلوث الماء يجب أن يتواجد في مادة الماء تحت السطحية المحيط بنظام التوزيع، وهذا راجع إلى التسرب الصحي، عاصفة أو تواجد البالوعات. الثاني، يجب أن يكون هناك منطقة قريبة

منخفضة الضغط خلال النظام. هذه المناطق يمكن أن تنشأ خلال استعمال الماء العالي الناتج من مكافحة النيران أو أي حادث مطلوب، وصف نشوء الجريان الناقص من حجز في النظام، إخفاق الضخ أو التشغيل المتقطع لمحطة المعالجة.

أكثر حديثاً لنقاط دليل الدور للضغط المتموج، بطريقة أخرى ربما أنظمة التشغيل، تجلب ضغط منخفض مؤقت والذي ربما يقود إلى دخول الملوثات (LeChevallier, 1999). الثالث، يجب أن يكون هناك خط لتلوث الماء ليدخل إلى النظام. و هذا حدوثه خلال ثقوب صغيرة محدثة بواسطة التآكل، التشققات أو الكسور الكاملة أو التسرب الحادث في جدار الخطوط الرئيسية.

إذا حدثت تلك الحالات معاً في وقت واحد فإنه من المحتمل أن الماء الملوث سوف يدخل إلى نظام التوزيع.

معدلات التسرب نموذجياً عالية، حتى مع أنظمة التشغيل المألوفة فإن معدلات الخبرة من ١٠-٢٠٪ (LeChevallier, 1999; WHO and UNICEF, 2000). هذا من الممكن أن يتصاحب مع عدد كبير نسبياً من نقاط التسرب مما يؤدي إلى وجود زيادة في مخاطر إقحام الكائنات الحية الممرضة.

- **السيفون الخلفي (العكسي)**

في هذه الحالة فإن التلوث البرازي للماء السطحي يجذب إلى الشبكة (نظام التوزيع) أو محميات الخزن خلال آلية خلفية للجريان. وحتى تأخذ هذه مكانها لا بد من حدوث ظرفين معاً في وقت واحد. الأول، لا بد أن يكون هناك خفض في خط الضغط كما تم شرحه في الأعلى. الثاني، لا بد أن يكون هناك ربط فيزيائي بين تلوث الماء ونظام الخزن والتوزيع. السدادات المفتوحة المتصلة بالخراطيم المغموسة في أحواض المياه ربما تقدم هذا الاتصال.

الجريان الخلفي المانع متاح لإيقاف مثل هذه الحدوثات. شفرات الضخ تتطلب فراغات هوائية بين السدادات وحافة الأوعية. وعليه فإن الختام العام يؤكد على أهمية التطبيق المحلى للضخ.

- **محميات خزن ماء الشرب المفتوحة**

يمكن للتلوث الميكروبي أيضاً أن يصل إلى نظام التوزيع من خلال محميات خزن الماء المعالج المفتوحة (Geldreich, 1996).

على سبيل المثال، فإن تفشيات الأمراض الناشئة مائياً حدثت في مجتمعات لوثت فيها الطيور الماء؛ بسبب أن المحمية لم تكن مغطاة ؛ لأنها ذات ممرات إلى المحمية من خلال ثقوب سقفية غير محكمة. المحميات غير المغطاة يمكن أيضاً أن تسمح لنمو الطحالب الخضراء المزرقة المكونة للسموم.

- **خط البناء والإصلاح**

عندما يتم إصلاح الشبكة العامة أو يتم استبدالها أو عندما تنصب الشبكة العامة فإنه من الضروري وجود نظام صارم يشتمل على التطهير والتدفق لمنع حدوث تلوث للتربة أو الحطام إلى الشبكة (مثل AWWA, 1986). هذه الأنظمة عموماً تغطي ست مناطق ذات الاهتمام:

١- حماية أجزاء الأنابيب في المواقع.

٢- حصر الأنواع على المواد المستخدمة ذات الضمان المتصل.

٣- تدفق أساسي لوصلات الأنابيب.

٤- تطهير وصلات الأنابيب.

٥- تدفق نهائي لوصلات الأنابيب.

٦- فحص بكتيريولوجي لتأكيد التطهير.

مـواد البنـاء، مثـل الخـشب المغمـــور في أجـزاء الأنابيـب، ثـم أيـضـاً تعريفـه كمصدر للتلوث الميكروبي ويقدم إمداد غذائي ملائم لتعزيز إعادة النمو الميكروبي (Martin *et al.*, 1982).

في كل نص، إذا كان تلوث الماء يحتوي على المرضات المعوية وعليه فإنه من المحتمل أنه سوف يظهر على المستهلكين. حتى عندما يتم إضافة بقايا المطهر للحدوث الميكروبي المحدد فإنه ربما غير كاف للتغلب على التلوث أو ربما غير فعال ضد بعض أو كل أنواع الممرضات المقدمة كنتيجة، فإن الممرضات ربما تحدث بتراكيز ربما تقود لحدوث إصابة ومرض.

في العديد من الدول النامية فإن إمداد ماء الشرب متقطع؛ إما بسبب توفير قياس التكلفة وإما بسبب نقص الماء. تحت مثل هذه الظروف فإن نتائج ضغط الماء المنخفض سوف يتيح دخول تلوث الماء الملوث إلى النظام (الشبكة) خلال الانهيارات، التشققات، التصدعات والثقوب الصغيرة في جدار الشبكة (النظام).

عند سياق ملازم الكشف فإنه يجب ملاحظة أن استخدام بقايا المطهر لضبط مثل هذه المشكلات ربما يقود إلى تقدير غير صحيح لحدوثها. هذا بسبب أن البارامترات للمؤشرات الميكروبية المستخدمة بتكرار كثير للكشف تعتبر بين معظم المؤشرات الحساسة للكائنات الحية ذات الاهتمام، وهذا يقود إلى حالة جهد والتي فيها مؤشر البارامتر غائب ولكن الممرضات ربما تكون موجودة. وعليه، لا حدوث أو شدة للتلوث لا يمكن تحديدها.

(٦,٢,٣) إعادة النمو الميكروبي في نظام (شبكة) التوزيع

على الرغم من أن معالجة ماء الشرب ربما تحتوي على مؤشر الكائنات الحية البرازي الحرة والممرضات المعوية الملاحظة وهذا يعني وجود مستوى مخاطر مقاوم من الأمراض المعوية، فإن ماء الشرب الداخل إلى شبكة التوزيع وربما يحتوي على أميبا حية حرة وسلالات بيئية من مختلف الأنواع البكتيرية، والتي تنسب إلى كونها بكتيريا متباينة التغذية. تحت الظروف المحببة فإن الأميبا والبكتيريا متباينة التغذية سوف تستعمر شبكة التوزيع وتكوّن غشاءاً حيوياً.

العديد من السلالات البيئية لبكتيريا القولون مثل *Citrobacter* و*Enterobacter* و*Klebsiella* ربما أيضاً تستعمر شبكات التوزيع (Martin et al., 1982). على أي حال، فإنه عموماً هناك اتفاق على أن حرارة الماء وتراكيز المغذيات ليست كافية لتدعيم نمو *E. coli* (أو البكتيريا الممرضة المعوية) في الأغشية الحيوية (Geldreich and LeChevallier, 1999). وعليه فإن وجود *E. coli* يجب اعتباره دليل للتلوث البرازي الحديث لماء الشرب.

العديد من الأنواع البكتيرية والأميبا حرة المعيشة يمكن أن تحدث في الأغشية الحيوية من خلال شبكات التوزيع والتي تشتمل على ممرضات انتهازية مؤكدة. هناك دليل غير كاف يتجلى لتضمين وجود هذه الكائنات الحية الدقيقة من الأغشية الحيوية (ما عدا لمثال *Legionella* أو *Mycobacterium*) مع معاداة تأثيرات الصحة في الإنسان واحتمال استثناء مجاميع سكانية وسطية المناعة (تم مراجعتها عن طريق Geldreich, 1996).

(٦,٣) أنظمة التمديد بدون شبكات

معظم سكان الأرض يحصلون على الماء خلال شبكات (أنظمة) غير ممدودة (بدون أنابيب)، وللتذكير فإن الغالبية يتم إمدادها غبر أنظمة (شبكات) تتطلب

بعض صفات التخزين أو قبل الاستخدام، وبذلك فإن زيادة احتمالية التلوث واردة. حتى عند الإمداد الموثوق فيه نموذجياً، وأحياناً حدوث القطع (مثل حوادث المناخ القاسية التي تسبب انهيارات في الخط الأساسي وتحويل قوى للمعالجة المنزلية).

من وجهة نظر الصحة العامة فإنه جوهرياً يجب الاستجابة للتلوث الذي يحدث خلال سلسلة الإمداد إلى نقطة الاستخدام ولاعتبار كل هيئات الإمداد المائي المستخدم عن طريق السكان.

نقطة المصادر للماء، مثل أنابيب الآبار، حفر الآبار، وحماية الينابيع تمثل تجهيزاً معنوياً جداً؛ لتحسين الإمداد المائي المقدم للمجتمعات في الدول النامية (WHO and UNICEF, 2000).

مثل هذه الإمدادات مألوفة جداً في المناطق الريفية وربما أيضاً تمثل تجهيز معنوي جداً للإمداد المائي المتاح والمستخدم للأغراض المحلية (والمتضمن الشرب) عن طريق السكان محدودي الدخل (WHO and UNICEF, 2000; Howard *et al.*, 1999; Ahmed and Hossan, 1997). نوعية تلك المصادر غالباً مختلفة تماماً وبتكرار فهي تظهر تلوثاً برازياً فاضحاً، خصوصاً خلال المواسم الرطبة (Wright, 1988; Barrett *et at.*, 2000). أهمية الصحة العامة لمستهلكي الماء الملوث من نقاط المصادر يمكن أن تخدم لكلا العلاقة بين المستوطن والمرض الوبائي (Pedley and Howard, 1997). ضبط النوعية لماء الشرب من تلك المصادر مهم، لتقليل مخاطر الصحة العامة، ولكنه يتطلب تأكيداً عظيماً لتدعيم إدارة المجتمع في سبيل تحسين التشغيل والصيانة، وأيضاً تربية معنوية الاستخدام.

كمثل نقاط المصادر تلك غالباً توجد في مناطق أيضاً تعتمد على موقع صحي موضعي، وتطاير تحت سطحي حيث يعرف تكراراً بأنه أســـاس مصدر التلوث

(Melian *et al.*, 1999; Rahman, 1996). على أي حال، فإنه هناك دليلاً لزيادة أن الفساد في القياسات الكاملة صحياً وجريان الطرق الصحية المميزة ذات أهمية في إحداث التلوث الميكروبي (Howard *et al.*, 2001; Gelinas *et al.*, 1996; Rojas *et al.*, 1995) تقنيات مختلفة تمتلك مختلف الاتجاهات للتلوث تعتمد، كثيراً على عمق الموقع (ARGOSS, 2001).

العديد من الناس حول العالم يعتمدون على الإمداد المائي عن طريق الخزانات أو هيئات أخرى من إمداد البائعين (Whittington *et al.*, 1991). الماء في مثل تلك الإمدادات ربما يأتي من صنابير متصلة بالإمدادات المنفعية أو ربما منسوخة من مصادر محورة. في العديد من الحالات، فإن المستهلك ربما لن يكون مدركاً عن المصدر المائي وعليه فإنه ربما يكون هناك اهتمام معنوي عن نوعية الماء (Lloyd *et al.*, 1991).

عند الإمداد المائي من الصنابير خلال التمديد المنفعي للإمداد المائي، فإن تطبيق صحي أساسي جيد، مثل نظام التنظيف والتطهير للخزان والخزن الصحي للوصلات المتصلة يعتبر عادة ملائم لصيانة نوعية الماء.

الدراسات في غانا، أظهرت أن نوعية الماء في صهاريج النقل التي تجمع الماء من صنابير الإمداد كانت مثل تمديدات الماء في Kumasi وفقط هامشياً أقل جودة في العاصمة Accra (Jabulo per. Comm.).

في دراسة Ghana وأيضاً الدراسات في Uganda (Howard and Luyima, 2000). على أي حال، أظهرت أن نوعية الإمداد المائي عن طريق البائعين الآخرين، مثل تلك التي تشترى من صفائح jerry أو الخزانات الصغيرة المثبتة، تعتبر أكثر سوءاً وتمثل الأكثر قذارة لنوعية الماء.

في الشبكات غير الممدة لماء الشرب، فإن الماء نموذجياً إما أن يحمل إلى المنزل وإما ينقل بواسطة العربات أو الكاره. تلوث الماء، عادة كنتيجة للضعف الصحي المألوف. مصدر التلوث يمكن بعد ذلك أن يزداد عند كل نقطة من الحمل خلال الجمع والنقل (VanDerslice and Briscoe, 1993). على أي حال؛ بسبب مثل هذا التلوث عن طريق التعريف المحلي في الطبيعة، فإنه من غير المحتمل أنه يقود إلى تفشيات مفردة في ميزان كبير وعليه فإنه من غير الممكن ملاحظته أو تقدير أسبابه. ضعف الإصلاح في المنزل يعتبر مصدراً آخراً معنوياً قوياً لتلوث ماء الشرب. في العديد من الحالات، فإن التلوث المعنوي يزداد من المصدر إلى الأسرة (WHO, 1997). هذا اهتمام محدد في المجتمعات التي بدون تمديد مائي موثوق ومن خلال المنازل والتي، على أي حال، تعتمد على حاويات خزن الماء. الدليل هو التجمع لكلا أثر مثل هذا التلوث على صحة الإنسان وعلى فاعلية التغيرات عن هذا المستوى لحماية وتحسين صحة الإنسان (Semenza *et al.*, 1998). مثل هذه التغيرات تتضمن الاستخدام المنزلي لتفشيات التطهير، والمشتملة على الكلوّرة والتطهير الشمسي (انظر الفصل الخامس) (Sobey, 2002).

تتضمن أيضاً تغيرات صحية علمية تؤدي إلى صيانة نوعية الماء خلال النقل والخزن. مثل تلك التغيرات ربما تتضمن الفحص المائي وخطوات المشاركة إلى التعليم الصحي، والتي برهنت نجاحها في كلا المناطق الحضرية والريفية (Breslin, 2000). اختيار ما إذا كانت معالجة الماء أو تغيرات التعليم الصحي تعد ملائمة تعتمد على جزء من نوعية المصدر المائي.

إذا كانت جيدة، فإن جهداً عظيماً ربما يحل للسماح بالمعاملة الآمنة، والتي فيها الماء ذو النوعية الرديئة يجب أن يوضع ضمن جهد عظيم بخصوص المعالجة المنزلية.

عندما يتم السماح بالتطهير المنزلي، فإنه من الأساسي أن برامج نوعية الماء تقدم معلومات تعليمية في تطهير ماء الشرب في المنزل وصيانة النوعية والسلامة للماء بعد التطهير. هناك دليل اعتباري لاقتراح أن هذه العملية فعَّالة عند تقليل التلوث وانتشار الأمراض المعوية (Sobsey, 2002; Forget and Sanchez-Bain, 1999; Quick *et al.*, 1999; Reff *et al.*, 1996).

(٦,٤) أخذ العينات في تمديد شبكات التوزيع

إستراتيجيات للكشف عن النوعية الميكروبيولوجية للماء للإمداد يجب أن تصمم لإتاحة إمكانية أحسن لخط الكشف عن الخفض في نوعية الميكروبات (Ainsworth *et al.*, 2002). يعتبر حيوياً، بذلك، للتأكد أن العينات المأخوذة تمثل النوعية لشبكة التوزيع. في الصياغة فإن إستراتيجية العوامل الملاحظة تحت الفصول التالية تحتاج أن توضع في الاعتبار (ISO, 1991).

(٦,٤,١) اختيار مؤشر الباراميتر

تقليدياً، فإن المؤشرات الميكروبية للتلوث البرازي مثل القولونيات الكلية و*E.coli* تم استخدامها في الكشف.

معظم القياسات المحلية والعالمية للماء في الإمداد تم إيضاحها في مصطلحات هذه الكائنات الحية.

قياس أعداد البكتيريا متباينة التغذية قدَّم أهمية زائدة، ولكن غالباً تحت منفعة، لمعلومات إضافية البارامیترات الثانوية الميكروبية على سبيل المثال، البكتيريا

enterococci وclostridia، أصبحت أكثر مقاومة للتطهير، ربما أيضاً تستخدم لمحاولة والحصول على بصيرة أحسن إلى مصدر التلوث أو ما هو المصدر المحدد للتلوث المتوقع أو المعلوم في كونه يسبب المشكلات.

هذه الباراميترات الثانوية تعتبر المستخدم غالباً، وعليه، كجزء من التقصيات حيث الإخفاق أو النوعية، في مصطلحات الكشف عن بكتيريا القولون، تم الكشف عنه. التطبيق لإضافة بقايا المطهر مثل الكلور ذو التأثير المعنوي على نحو كاف للمؤشرات الخيارية، كما تم شرحه في الأعلى. منذ أن كان معظم المألوف من المؤشرات الميكروبية للتلوث البرازي (*E. coli* أو القولونيات المقاومة للحرارة والقولونيات الكلية) ذات حساسية للكلور فإن كشفها ضمن تأكيد إما عن طريق التلوث البرازي الحديث أو الجوهري مع ملازمة مخاطر الصحة.

وبرغم ذلك، بسبب أن بكتيريا القولون ذو حساسية للكلور فإن غيابها لم يقدم ضمان في أن المرضات مثل المعويات والأوليات والفيروسات، والتي تعتبر أكثر مقاومة للكلور، وهي أيضاً غائبة.

في أي من حوادث التلوث البرازي بالكائنات الحية الدقيقة، ما إذا قدمت عن طريق معالجة غير ملائمة أو تلوث لمعالجة سابقة، ليست موزعة بالتساوي خلال شبكة التوزيع ولكن نموذجياً متجمعة (Gale, 1996a). في هذه الحالات فإن احتمالية كشف التلوث بالمؤشر البكتيري في العينات الضئيلة نسبياً، فإن المجموعة من نظام الشبكة (التوزيع) خلال أخذ عينات روتيني يعتبر منخفضاً فعلياً.

من هنا فإن القياسات الكمية للتلوث، مثل الغشاء الخلوي (MF) أو طرق معظم العدد المحتمل (MPN)، ربما تقدم تقديراً ضعيفاً لكل كثافة المؤشر البكتيري. تكرار حدوث الكشف، يستند على وجود/ غياب فحص (PIA)، والذي يمكن أن يقدم

تقـــديراً حســـناً لنوعية الماء عموماً (Pipes and Christian, 1984; Clark, 1980). في هذه الطريقة فإن التكرار للعينات الموجبة يكشف عنه خلال روتين فحص خلال فترة التقرير ويقارن مع التكرارات المقبولة للعينات الموجبة المحددة للقياسات المقبولة لنوعية المياه.

مثل هذه القياسات تستند على *E. coli* أو القولونيات المقاومة للحرارة، فإن تواصل وجودها عادة يقود إلى تقرير عن ماء متوسط الغليان وتأثيرات صحة. القياسات المعتمدة على وجود القولونيات الكلية خصوصاً التكرار المقبول للعينات الموجبة (على سبيل المثال ٥٪) قبل إعادة أخذ العينات وتأثيرات تصحيح ممكنة تعتبر مطلوبة. دراسات مقارنة لطرق PIA وINF أوضحت أن طريقة PIA يمكن أن تزيد إلى الحد الأعلى كشف مؤشر التلوث البرازي البكتيري (Clark, 1990; Geldrich, 1996). كما تتيح أيضاً لعينات أكثر للتحليل خلال فترة التقرير؛ بسبب أن الفحص بسيط، وسريع وأقل تكلفة من الطرق الكمية التي تم الإشارة إليها في السابق (انظر الفصل ٢.٢.٩). زمرة تجارية من PIA للمؤشر البكتيري البرازي متاحة.

باراميترات ميكروبية وقائية (مثل باراميترات نوعية الفساد التي ربما يمكن كشفها قبل حدوث التلوث البرازي الفعلي) تم تقديمها عقلياً ولكن معظم الموجود يعتبر تطبيقياً أو مشكلات منطقية.

معظم التكرار المستخدم خيارياً لشبكات التوزيع يقدم طريقة عد الأطباق للبكتيريا متباينة التغذية. بينما تصنيفياً غامض وهذا نسبياً متاح بتوسع وملائم.

يتلازم حجمه أساساً مع التغيرات والاتجاه في استعادة العد من الشبكة المعطاة أكثر من المقارنة مع الأحجام المرجعية الحسابية وعليه فهي تتطلب نسبياً أعداداً كثيفة من شبكات العمل (في الوقت والفراغ)؛ لتقديم معلومات مفيدة.

قياس أعداد البكتيريا متباينة التغذية التي توجد في الإمداد يمكن أن تكون مؤشراً ذا فائدة للتغيرات مثل جهد زيادة إعادة النمو، وزيادة نشاط الغشاء الحيوي، توسع فترة الاحتباس في أعداد متباينة التغذية ربما يكون ذا فائدة للسماح، على سبيل المثال، برنامج التدفق الأساسي أو التنظيف.

البارامترات غير الميكروبية ربما أيضاً ملائمة لهذا الغرض وأيضاً تتطلب مقارنة في التغيرات والاتجاهات وعليه نسبياً خلال شبكات عينات كثيفة.

معظم المكررات والأمثلة تتضمن التوصيل والأملاح الكلية الذائبة، العكارة وبقايا الكلور (عندما يتم استخدام الكلور). وفيها بقايا الكلور تستخدم، قياس هذه البقايا يمكن غالباً أن يكون أكثر سرعة لدلالة المشكلات أكثر من البارامترات الميكروبية. الاختفاء المفاجئ أو بطريقة أخرى البقايا الثابتة يمكن أن تشير إلى دخول التلوث مع عبء عضوي عالٍ.

خيارياً، الصعوبة في الحفاظ على البقايا عند نقاط في شبكة التوزيع أو اختفاء تدريجي للبقايا ربما يشير إلى أن الماء أو أنابيب العمل ذات متطلب أوكسجيني عالٍ بسبب إعادة نمو البكتيريا في الماء أو نمو الغشاء الحيوي.

الكشف الروتيني لمجاميع محدودة من البكتيريا أو ممرضات خاصة للانتشار المائي نادراً ما يعتبر ذو شأن هام. على أي حال، الإرشادات الهولندية لأعداد الأحادي التكافؤ الهوائي في الماء النهائي وفي التوزيع تم إصدارها في كونها تعمل كمؤشر ذي صيانة جيدة لمرشحات الرمل أو أنها جيدة الإزالة للميثان من مصادر الماء الجوفي اللاهوائية وهي مطلوبة. في سياق هذه الطريقة فإن أحادية التكافؤ الهوائية تعمل كمؤشر حساس لجهد إعادة النمو للحدوث خلال الشبكة (انظر الفصل ٢,٢,٨).

(٦,٤,٢) نقاط موقع أخذ العينات

اثنين من الاعتبارات الأساسية في نقاط موقع العينات هي ما إذا كانت المواقع الثابتة أو المتغيرة (أو خليط منها) يجب توظيفها، وما إذا كانت العينات تحدث من نقاط مخارج اعتيادية (مثل سدادات الاستهلاك)، من المعين ولكن بطريقة أخرى مواقع عادية أو من بنائيات معينة على وجه الحصر لهذا الغرض. الهدف من الكشف وخصوصاً ما إذا كانت استجابة إلى متطلبات قانونية أو لأغراض التقصيات للصحة العامة والتي تعد ذات تأثير معنوي في الاختيارات التي تم عملها.

مواقع العينات لا بد من اختيارها لتقديم معانٍ وصفية في كل أجزاء النظام (الشبكة). لهذا السبب فإن شبكة الإمداد ربما تقسم إلى سلاسل لمناطق استناداً إلى المنطقة الجغرافية، حجم السكان المخدومين أو المناطق الخاصة لشبكة المواسير.

نقاط العينات يمكن بعد ذلك تحديدها من خلال كل منطقة لمحاولة والتأكد أنها تمثل العينات المأخوذة.

نقاط التوزيع سوف يتم اختيارها لسببين. الأول، لإشباع المسؤولية القانونية والأخرى لإستراتيجية أو لأغراض التشغيل. في الأخيرة، فإن ممدّي الماء ربما على سبيل المثال يحاولون إيجاد معلومات عن المنطقة التي كانت في السابق ذات حصاد متكرر لإخفاق القولونيات أو نشاط عدد لمتباينة التغذية.

نقاط العينات الثابتة تستخدم تكراراً، وربما يتم اختيارها؛ بسبب سهولة الوسائل. غالباً هذه النقاط تقع ضمن البنايات العامة، أو في مقدمة الخدمات العامة، مثل محطات الحرائق. استخدام نقاط العينات الثابتة وحدها يمكن اعتباره غير كاف، لأنه ربما لا يعطي تمثيلاً لرؤية لما يحدث في كل الأجزاء لشبكات أو مناطق التوزيع.

لتغطية هذه، فإن عينات إضافية ربما يجب أخذها من مخارج؛ مختارة بعشوائية وهذه عادة تتضمن الصنابير الرئيسة في منازل المستهلكين.

استخدام نقاط التوزيع الثابتة أو العشوائية يعتبر موضوع المجادلة المستمر كثيراً. سجل Geldreich (1993) أنه في مسح حوالي ١٧٩٦ من منتفعي الإمداد المائي في الولايات المتحدة الأمريكية، فإنه حوالي ثلاثة أرباع من المستخدمين فقط من ذوي العينات الثابتة، مقارنة مع ٥٠٪ من مستخدمي الاتحاد العشوائي والنقاط الثابتة. كما أوصى بضرورة تنوع مواقع العينات، وعليه فإن كل الشبكة لابد أن تكون مكشوفة في ساعات العمل الإضافية. عارض Burlingame and O'Donnell (1993) استخدام الصنابير العشوائية؛ لزيادة كشف الماء الملوث في المنازل (والتي تعتبر خارج نطاق هيكل النظام)، وأن ممدي الماء ليس لديهم ضبطاً تجاه المستهلكين. مشابهة فإن (Dufresne *et al.*, 1993) عرض أن عدد العينات الموجبة والعينات المجموعة يمكن خفضها عن طريق اختيار نقاط عينات حماية وصيانة جيدة.

مشابهة، فإن مجموعة حملة عينات عن طريق هيئة الماء الصناعية البريطانية (1995)، ختمت قولها إن هناك فائدة من تحويل نظام النقطة الثابتة. هذه تتضمن الضبط وصيانة الصنابير، انسجام كبير للنتائج وخفض التكلفة. دراسات أخرى أشارت إلى أن نوع الصنبور، خصوصاً صنابير الخط، ومادة البناء ربما أيضاً تؤثر على نوعية الماء. هذه العوامل تحتاج إلى اعتبار عند التصميم للكشف الإستراتيجي. إذا كانت الصنابير العشوائية مستخدمة، فإن تحديد مقدمة الكلفة مع الصنابير الملائمة ربما يعد ذو أهمية اعتبارية أكثر من إنجاز عشوائي حقيقي (Anon, 1994).

لأغراض القانون التشريعي، فإن الموقع وعدد نقاط العينات ربما تشترط خلال القوانين الملائمة للدولة. على سبيل المثال، فإن أنظمة الإمداد المائي البريطاني اشترطت

أنه على الأقل ٥٠٪ لعينات التوزيع يجب أن تؤخذ من المواقع العشوائية (HMSO, 1989). لإستراتيجية الكشف، فإن العينات يجب اختيارها لتحقيق معلومات تطبيقية جيدة عن منطقة الشبكة التي أصبحت ضمن البحث. لهذا الغرض، استناداً على المصادر المعملية المتاحة، فإن مواقع العينات ربما تكون أكثر وفرة من المطلوب لإرضاء الأنظمة. بإهمال السبب عن الكشف، فإنه يجب امتلاك الهدف المألوف؛ لتقديم معلومات كافية لإتاحة نوعية الماء في كل مناطق الخدمة لأنه يتم وصفها.

(٦,٤,٣) تكرار أخذ العينات

لا يوجد سبب منطق كامل لتكرار العينات وأن اختيار التكرار يعكس الحاجة لتعزيز الاتزان لمعلومات أحسن أن تنشأ من التكرار الكبير مع زيادة التكاليف (وخفض العائد) كما في حالة كل زيادات التكرار. الاسترشادات والأنظمة للدول المنفردة عموماً تفرض العينات الدنيا المكررة التي يمكن إحرازها لتحقيق المتطلبات القانونية. هذه العينات المكررة عادة تستند على السكان المخدومين بواسطة شبكة العمل/ المنطقة أو الأقل تكراراً، على حجم الإمداد المائي على سبيل المثال، في فرنسا، فإن العينات ٢٤الأقل لكل سنة يجب أخذها من شبكات التوزيع لخدمة ٢٠٠٠٠-١٠٠٠٠ من المشتركين. في هولندا فإن التكرار مشابه، بينما الأنظمة البريطانية تشترط برنامجاً أكثر كثافة لثمانية وأربعين عينة لكل سنة.

في ألمانيا، فإن التكرار المفروض مشابه لذلك الموضوع لعمليات المعالجة عند عينة واحدة لكل ١٥٠٠٠مترمكعب من الإمداد المائي. على الرغم من أن أمر السلطات القضائية للعينات المكررة الأقل غالباً مهمة لجمع عينات إضافية؛ لتحقيق الصورة الكاملة لنوعية الماء في شبكة التوزيع.

العينات الإضافية يجب جمعها عند المواقع، حيث أنه من خلال النتائج التاريخية، فإنها تعرف بكونها مشكلات معروفة.

عينات التكرار يجب أيضاً أن تزداد بعد الأفعال، على سبيل المثال، للاستجابة إلى ترتيبات غليان الماء، أو متبوع بإعاقة في الإمداد. في معظم الحالات فإن الإخفاق في معاني *E. coli* أو القولونيات مقاومة الحرارة فإن الكشف سوف يسهل إعادة العينات، والذي ربما يكون متبوعاً عن طريق تقصي كثيف لتحديد مصدر ومدى التلوث. بينما إعادة أخذ العينات يتطلب عادة تقليداً أساسياً لهذا (لخطوة سابقة لتقصٍ إضافي وفعل)، غير واضح. إعطاء مؤقت معلوم وحيز متغاير لنوعية الماء الميكروبي فإنه من المعقول أن إعادة أخذ العينات سوف تخفق غالباً للكشف عن التلوث المتواصل بدون إشارة إلى أن حدث التلوث الأساسي كان ذا محدودية أو تم ضبطه.

بعض متعهدي الإمداد المائي يأخذون عينات كثيرة من خلال شبكة التوزيع أكثر مما هو مطلوب لتحقيق الأنظمة. برامج إستراتيجيات الكشف سوف تجرى لتقصي المشكلات الخاصة مثل الدليل العالي لحوادث الطعم والرائحة أو التي تحتاج للإحلال الرئيسي أو إعادة الاستبدال.

كل شبكة توزيع سوف تمتلك احتياجاتها الخاصة الوحيدة وبرنامج الكشف يجب أن يصمم للتوجه باستخدام المصادر التحليلية المتوفرة.

أثر زمن أخذ العينات يجب أن يستدعى للنتائج المفسرة. وعليه، على سبيل المثال، فإن معظم العينات يتم أخذها من خلال أسبوع العمل العادي وربما لن نلاحظ تغيرات ناشئة من النماذج غير العادية للمتطلب (مثل نهاية كأس كرة القدم).

(٦,٤,٤) حجم العينة

حجم العينة المجموع يجب أن يكون ملائماً لإتاحة التحليل عند الكشف المحدد المشترط في الأنظمة. لبكتيريا القولون تعتبر ١٠٠مل عدد الأطباق للبكتيريا متباينة التغذية عادة يعبر عنها قاعدياً لكل مل. إعطاء تلك العينات ربما يحتاج لإعادة تحليل، حجم العينة يجب أن يكون عموماً بين ٢٥٠ و٥٠٠مل. في هولندا، فإن عدد بكتيريا القولون و *E. coli* يعبر عنه لكل ٢٥٠ وعليه فإن أحجام العينة يجب أن يكون أعلى لتحقيق هذه المتطلبات.

عرض اختفاء مؤشر الكائنات الحية الدقيقة في ١٠٠مل حجمي، على الرغم من أنه ملائم للمتطلبات القانونية، فإنه لا يقدم معلومات عن كيفية قرب مطاوعة نوعية الماء. لهذا السبب فإن بعض الممدين روتينياً، أو كجزء من دراسات تقصي خاصة، ربما يجمعون ويحللون عينات حجمية بين ١ إلى ١٠ لترات. أحجام هذه المقدار يمكن تحليلها عن طريق تحويرات صغيرة لأسلوب الطرق التحليلية أو عن طريق التحليل المتضاعف لمائة مل إلى ١١حجم.

إذا كانت الكائنات الحية الدقيقة موزعة عشوائياً في الشبكات، فإن استخدام توزيع Poisson سوف يكوناً في حساب الثقة المحددة لحدوث بكتيريا الدليل (Haas and Heller, 1986). على أي حال، تم اقتراحه عن طريق العديد من العاملين (مثل Pipes *et al.*, 1977; Gale, 1996a) أن توزيع البكتيريا يتجه ليس فقط لوضع هذا النموذج، بدلاً عن ذلك فإنها تحدث في مجاميع خلال إمداد حجمي.

حلل Gale (1996b) التوزيع الإحصائي لكثافات مواصلة القولونيات وكثافات العدد الكلي للبكتيريا متباينة التغذية، باستخدام نتائج كشف من ثمان شركات بريطانية. وجد أن لوغاريتم الحجم لكثافة البكتيريا يختلف في نمط الخط التقريبي عندما

تم رسمه ضد النسبة المئوية للنتائج وأنه أقل من هذا الحجم. هذا يعرف بالتوزيع الطويل العادي. الاستنتاج من التوزيع العادي لمواصلة القولونيات (١-٩٪ لكل العينات) لمفهوم أن هناك ١٠٠مل للعينات تم تسجيلها ١٠٠٪مل، بينما التركيز الفعلي للجزء الصغير للعدد العالي ربما يحدث عن طريق انتشار التلوث لشبكة التوزيع خلال، ولنقل، حمل الملوثات واختراق المرشح (Gale, 1996b).

لاحظ (Gale, 1996b) أنه نموذجياً أن الطراز الخطر للتعرض للممرضات سوف يأخذ حسابه لكثافة الكائن الحي في الماء الخام، فعالية الإزالة عن طريق عمليات المعالجة التالية، الاختلاف في الهدف إلى المجاميع وتقييم الاستهلاك المائي.

بالإضافة إلى تقديم بعض الدليل في كونه الأعداد الصحيحة للمؤشرات الميكروبية للتلوث البرازي في الشبكة، فإن تحليل حجم كبير من العينات يزيد من فرصة الكشف الجماعي أو حيوية التلوث البكتيري خصوصاً إذا تم أخذها فوق فترة من الزمن مثل ٣٠- ٦٠دقيقة.

خيارياً إلى حجم كبير لعينات عشوائية كانت جمع لعينات مركبة. هذا المركب لسلسلة لعينات من حجم صغير جمع عند زمن فاصلي والتي تجمعت معاً لتكوين عينة كبيرة واحدة.

اعتماداً على مصادر التحليل المتوفرة فإن تحليل عينات مفردة سوف يقدم دليلاً على التوزيع البكتيري. من الصعوبة الترتيب لحجم كبير أو عينات مركبة للجمع عند اختيار المواقع عشوائياً مثل صنابير المستهلكين، ومن الأحسن التقييد على تثبيت نقاط العينات.

(٦,٤,٥) جمع العينات

أخذ العينات للتحليل الميكروبيولوجي يتطلب حذراً، مع ملاحظة الأسس العامة لتقنية التعقيم. كل الأجهزة المستخدمة لأخذ العينات يجب أن تكون شاملة النظافة ويفضل أن تكون معقمة قبل الاستخدام. أواني أخذ العينات لا بد أن تعقم مع الأغطية الواسعة؛ لتحجب من التلوث. لا بد وأن تحتوي على كاشف معقم ملائم لمعادلة أي بقايا للمطهر في الماء وجامعي العينات يجب أن يتدربوا للتأكد من أن الخلط حدث مباشرة بعد أخذ العينات لبعض الأغراض وخصوصاً بالعلاقة إلى الإنجاز من ممثل الإمداد فإن خطوات جمع العينات المستخدمة تم التأكد فيها من أن الماء من المصدر الأساس تم جمعه وليس الماء الراكد في أنبوبة الإمداد.

لأغراض أخرى (خصوصاً مع العلاقة لتقصي الصحة العامة) فإن اهتمام ربما يركز على أن الماء قد تلوث خلال خطوات نموذجية من الفساد وهذا ما سوف يتعرض إليه المستهلكين.

جمع الماء الرئيسي يتم إحرازه عادة عن طريق تدفق الماء إلى النفايات لفترة ٢-٣ دقائق (Anon, 1994; APHA, WEF, 1998)، ولكن إعطاء الاختلاف لأطوال مواسير الخدمة وهذا ربما ليس دائماً يكون ملائماً. طرق أخرى، مثل التدفق إلى النفايات حتى درجة الحرارة تصل (Anon, 1994)، التطبيق العددي تم تأسيسه (Burlingame and Choi, 1998)، أو (إذا كان ملائماً) فإن بقايا الكلور المكشوفة تظهر في كونها أكثر تأكيداً، ولكن في الواقع استهلاك زمني.

بعد مراجعة النتائج للدراسات عن الجريان فقد اقترح Prevost *et al.* (1997) فترة من ٥-١٠ دقائق والتي ربما تكون ضرورية. على أي حال، فإن المستهلكين والذين تظل صنابيرهم مستخدمة لا يفضلون هذه الطرق؛ بسبب أنهم يفهمون أنها مسرفة

(أو ذات تكلفة، إذا لم يكن هناك إمداد عدادي). أهمية هذه الخطوة في طريقة أخذ العينات لا يمكن تأكيدها. بما أن الماء في أنبوبة الخدمة ربما تصل نسبياً لحرارات عالية، فإن البكتيريا متباينة التغذية ربما تنمو لكثافات عالية أكثر من خط الماء الرئيسي (Geldreich, 1996). بالإضافة، فإن المنطقة السطحية العالية إلى نسبة الحجم لأنابيب الخدمة تشجع تحلل بقايا الكلور، مرة أخرى هذا يتيح جهداً كبيراً للنمو البكتيري.

بدون فترة ملائمة للجريان فإن العينات الممثلة لا يمكن الحصول عليها. على أي حال، ليس كل العاملين راضين عن هذه. لاحظ (Prevost *et al.*, 1997) أنه على الرغم من زيادة الأعداد البكتيرية مع المسافة من أعمال المعالجة، فإن الركود خلال أنابيب الخدمة لا يؤثر على الأعداد الممكن تقديرها. مشابهة وجد (Kerneis *et al.*, 1995) أن الوقت المحلي أثر قليلاً على طريقة عد الأطباق للبكتيريا متباينة التغذية.

تقدم تصاميم جديدة للصنابير (خلط)، استخدام البلاستيك في البناء والاحتياط المقحم مثل أغراض الرش المقاوم قد أحدثت الكثير من المناقشة لاحتياجها، والطريقة المثلى، لتعقيم الصنابير قبل أخذ العينات.

الطريقة التقليدية للتعقيم هي التسخين خارج الصنبور، في اتجاه التدفق إلى القاعدة. على الرغم من أن هذه الطريقة مرضية حيث معدن الصنابير يستخدم عند المقدمة ويضبط بواسطة الإمداد المائي، ربما يمكن اعتباره ذو مخاطر عند معظم المستهلكين. لأخذ العينات عند هذه المواقع فإن الحرارة تم الاستعاضة عنها تماماً بواسطة الطرق الكيميائية للتطهير. يعتبر صوديوم هيبوكلورايت معظم الموصى به في كيمياء التطهير. وهو فعال ضد مدى واسع من البكتيريا، والمتضمنة الجراثيم، والفيروسات.

يجب استخدام فقط محلول حديث حيث إنه مثل تركيز الكلور والذي يتحلل مع الوقت.

الإجماع للفكرة على التركيز المستخدم هو ١٠٪ لمحلول منزلي من صوديوم هيبوكلورايت للمسح، أو ١٪ حيث يمكن استخدام الرش. من الأساس أن أسطح الصنابير تكون نظيفة قبل الاستخدام للكلور كقاعدة للتطهير في كونه يتفاعل بسرعة مع كل أنواع المادة العضوية. في بعض الحالات فإن isopropanol يستخدم لتطهير الصنبور في كونه فعال ضد بعض أكثر البكتيريا مقاومة، مثل mycobacteria، كما أنه قابل للامتزاج ويتطاير عند درجة حرارة الغرفة، بحيث لا يترك بقايا.

لا توجد احتياطات محددة أكثر من جريان بسيط للصنبور، يمكن عمله للتأكد من أن المطهر لم يلوث العينة. المألوف مع معظم المطهرات الكيميائية، أن ترسيب البروتين ربما يكوّن طبقة واقية للبكتيريا. جسم الصنبور وأنبوبة التدفق يجب أن تنظف قبل الاستخدام. وجد أن لمركب Isopropanol أضرار حيث إن امتداد الاحتكاك ربما يحدث، انتفاخ في المطاط وتصلب للبلاستيك.

اقترح Burlingame and Choi (1998) أن التركيز المستخدم يجب على الأقل أن يكون ٧٠٪، ولكن التركيز الأقل من ٦٠-٧٠٪ المقترح عن طريق Gardner and peel (1986) وجد أنه ذو فعالية.

(٦,٥) عمليات أخذ العينات في الشبكات غير الأنبوبية

في العديد من المناطق حيث إن السكان يعتمدون على الإمداد غير الأنبوبي، فإن المصادر التي تتبع روتينياً الكشف البكتيريولوجي محدودة جداً.

هذا غالباً معقد أكثر حيث معظم الممددين الصغار للماء ذي إدارة سكانية، وعليه فإنه من الصعوبة التأكد من أن الممددين قادرين على اتخاذ مستوى متوقع لضبط كشف النوعية وعليه فإن هناك تعويلاً عظيماً على التأكد الخارجي.

أكثر قليلاً، فإن قوة الفعل صعبة عادة في أنظمة الإدارة السكانية حيث تعتبر غالباً صعبة للنظام المباشر وهذه تصبح غير ممكنة عندما تكون صحة الماء تم تقديرها (Howard *et al.*, 2001a). من الممكن، على أي حال، عمل برامج، كما تم شرحه في التالي. إعطاء ذلك الكشف لنوعية الميكروبات ربما يكون مكلفاً، عندما يتم اعتبار التطور لبرامج أخذ العينات لمصادر النقطة، فإن من الأساس أن برنامج الكشف قد صمم ليصل إلى التحديد الواضح لتعريف احتياج الإدارة وتلك النتائج المشتقة سوف ينتج عنها معلومات ذات فائدة (Bartam, 1999; Adrianse, 1997; Ongley, 1998).

كما في حالة كل الإمداد المائي، فإن استخدام التحري الصحي ذو أهمية قصوى كمعانٍ لتقييم مخاطر الفصل الطويل وتحليل محدثات التلوث عندما هذه توجد.

فإن التحديات الصحية تعتبر تقييمات مرئية تحت تركيبية والبيئة المحيطة للإمداد المائي، وتؤخذ إلى حساب الظرف، الوسائل والتطبيقات في شبكة الإمداد المائي والتي تربك الفعل أو خطورة القوة للصحة وجوهر المستهلكين (WHO, 1997).

معظم طريق الفعالية لأخذ التحريات الصحية هو استخدام طريقة قياسية شبه كمية عن طريق أسئلة منطقية ونظام الدرجات البسيط. هناك دخول لمثال عددي متكون والذي يمكن استخدامه (WHO, 1997). التحريات الصحية مكملة للتحليل المائي النوعي وهناك زيادة في القوة للتحليل التالي عندما تكون كلا الأنواع من النتائج متاحة.

(٦,٥,١) اختيار الطرق ومؤشر الكائنات الحية

للمجاميع حيث مصادر النقطة عادة مستخدمة، فإن استخدام فحص المجاميع في المواقع غالباً موصى لإعطاء مساحات كبيرة بين المصادر والمعامل كما أنه ذو مشكلات معنوية عالية مع فساد العينة (Bartram and Balance, 1996). يظهر أنه هناك لااختلاف معنوي في ثقة النتائج المتحصل عليها من مثل تلك المجاميع مقارنة بالفحص المعملي الذي يقدم من خلال المساعدين المستخدمين والذي يعد تدريباً لائقاً وصيانة لتقنية تطهير المجاميع باستخدام طرق MF,MPN and P/A المتاحة.

أينما يتم أخذ الفحص البكتيريولوجي باستخدام فحص المجموعات، فإنه من المحتمل أن *E. coli* أو القولونيات المقاومة للحرارة سوف تكون باراميترات الدليل التحليلي. على أي حال، للمياه الجوفية الضحلة، فإن استخدام البرازية Streptococci ربما يقدم نتائج أكثر ثقة لإعطاء مقاومتها البيئية الكبرى وبسبب أن هناك دليلاً إن القولونيات مقاومة الحرارة ربما تتضاعف في البيئة المائية الغنية غذائياً (WHO, 1996; Byappanahalli and Fujioka, 1998).

الدراسات في أوغندا باستخدام بكتيريا sorbitol - fermenting bifido، وهي فريدة بالنسبة لبراز الإنسان وتظهر علاقة قوية مع Streptococci البرازية أكثر من القولونيات مقاومة الحرارة (Howard *et al.*, 2001b). معظم المجاميع لتحليل القولونيات مقومة الحرارة يمكن أيضاً استخدامها لتحليل Streptococci البرازية، على الرغم من أنها يجب أن تكون قادرة متحملة (ثابتة) خلال ٤٨ساعة من التحضين.

(٦,٥,٢) طرق أخذ عينات نوعية الماء

الدرجة التي يمكن أخذ منها العينات لمصادر نقطة الماء تطورت وتعتمد كثيراً على الأهداف لبرنامج الكشف المطلوب تحقيقها. القليل جداً من الدول ذات البرامج

الكاملة المتطورة بخصوص فحص الإمداد المائي القروي. ختاماً، على الرغم من أن مثل هذه العمليات تقدم دليلاً عمومياً لنوعية الماء واختلافاتها، فإنه ليس من الضروري الحصول على نتائج من قرار الإدارة الذي يمكن الحصول عليه بسهولة.

هناك عمليتان رئيستان (عملية سنوات المجموعة ودراسة العينة الطولي) والتي يمكن التوصية بها لأخذ العينات من مصادر النقطة المائية، والتي تم إيضاحها في التالي. بالإضافة، فإن هناك فصل ملخص مرفق فيما يخص تقييم فقط العلميات، والتي غير الموصى بها.

العمليات الموصى بها تعمل على قواعد مختلفة قليلاً وتقدم بعض الاختلاف في المعلومات. المألوف إلى كلا العمليتين، على أي حال، هي أن عينة الماء للمصادر تفحص خلال كل دورة لأخذ العينات.

الخطوة الأولى في كلا العمليات هو جمع قائمة كل المصادر المائية لتشمل برنامج الكشف (Lloyd and Bartram, 1991). المفتاح للعنصر الثاني في كلا العمليات هو التأكد من أن زمن الفحص يتزامن مع هذه الفترات عندما كانت نوعية الماء أو ربما معظمها معالج، عادة خلال الفصل الرطب. على أي حال، فإنه من الواجب إيراد أن بعض أنظمة المياه الجوفية الضحلة تظهر استجابة سريعة جداً لتساقط المطر وهذا ربما يحتاج إلى الوضع في الاعتبار عندما يصمم برنامج أخذ العينات (Barrett *et al.*, 2000).

العينات يجب أن تؤخذ من مخرج المضخة اليدوية الرئيسة، مخرج الينبوع أو الدلو المستخدم لجلب الماء من البئر.

(٦,٥,٢,١) عملية مجاميع السنة

في هذه العملية، فإن كل الإمدادات المائية تم تقييمها "لمجموعة سنة" محددة ولبرنامج رسمي للزيارات المتطورة (Bartram, 1999). كل المصادر مذكورة في كل

"مجموعة سنوية" يجب زيارتها، مع هدف أن كل الممدين يجب أن يتسلموا زيارات مكررة عند الوقت الموضوع بين سنتين إلى خمس سنوات.

في كل زيارة، تفضيل المسوحات يجب أخذها متضمنة التحري الصحي، تحليل نوعية الماء والزيارات المنزلية الموضوعة.

المفتاح لهذه العملية هو التأكد من المطابقة أو أن عمليات أخذ العينات الجماعية كانت محوّرة للتأكد من أن الإمدادات في الأجزاء المختلفة من الدولة كانت متضمنة من خلال كل "مجموعة سنوية". إذا كانت هذه لم تعمل، فإن النتائج من "المجاميع السنوية" تقدم أساساً الكشف لعرض ضخم من المعلومات كمحاولة لتغطية كل المصادر المائية. النتائج ربما أيضاً تستخدم للكشف عن الأفعال المطلوبة، لتحسين نوعية الماء، على الرغم من أن الأعداد المحصورة من العينات عند المصادر ربما تعني أنه من الصعوبة الزائدة تطوير فهم كامل لتغير نوعية الماء.

(٦,٥,٢,٢) دراسة العينة الطولي

في هذه العملية، العينة الممثلة للإمداد المائي هي الزيارة في ضوء القواعد النظامية. وعليه فإن الاختلاف من العملية السابقة في كونها ليست محاولة لتقديم نتائج في كل المصادر من خلال الدولة، ولكن عوضاً عن ذلك يتم تحديد تطوّر أكثر في العمق لفهم التغير في النوعية للأنواع المختلفة من المصادر المائية وأجزاء مختلفة من الدولة. هذا يمكن أن يستخدم لتقييم ما إذا كانت النوعية الميكروبية والمخاطر مختلفة فوق الزمن وتقديم بصيرة مفيدة عن كيفية فاعلية المجتمع في التشغيل والصيانة وما هي التحسينات المطلوبة لكلا المعاني من التدريب والتصميم.

عملية الدراسة الطولية تهدف إلى استخدام النتائج من العينة لإختبار كلا الوسائل لنوعية الماء عن طريق التأكد من أن معظم العوامل المهمة في إحداث التلوث

الميكروبي تم تحديدها ومنعها كما تم تطوير أفعال علاجها. هذه تطبق فوق نطاق عينة المصادر المائية متضمنة خلال المجاميع ويمكن أن تكوّن قواعد لحد إستراتيجي محلي لتحسين نوعية الماء.

(٦,٥,٢,٣) تقييم العمليات فقط

في بعض الدول، أخذ العينات من المصادر المائية تحدث فقط خلال مرحلة اختيار للمصدر وغالباً مستويات محددة من التلوث الميكروبي (عادة تحدد في قواعد القولونيات المقاومة للحرارة أو أكثر ندرة *E. coli*). وفوقها يجب عدم استخدام المصدر.

الحجم المألوف المستخدم هو ١٠٠/٥٠مل. على أي حال، مثل هذه العمليات ذات استخدام محدود جداً كنتائج الفحص المفرد والذي لا يمكن أن يقدم تقديراً مفهوماً لنوعية الميكروبات المائية (تحديداً مثل هذه ربما لا تكون نموذجية لعملها خلال حالات الحدوث السيئة)، واستخدام الشكل الاعتباطي ١٠٠/٥٠مل من غير المحتمل أن يكون ذا معنى لمصطلحات مخاطر الصحة. بوضوح، مثل هذه العمليات أيضاً غير قادرة على تقديم أي إشارة لما إذا ما كانت عملية الحماية المأخوذة ذات فاعلية في خفض التلوث والتصميمات المستخدمة نادرة، إذا كانت في أي وقت، ذا تقدير ملائم في مصطلحات قدرتها على خفض التلوث كما تم عرضه خلال الانخفاضات اللوغريتمية في الكثافات البكتيرية.

دول أخرى ربما تكمل أو تحل الفحص للمصادر خلال الاختيار مع فحص النوعية للإمداد، ولكن مرة أخرى ربما لن تعكس التغير الموسمي في النوعية. مثل هذه العمليات سوف تخفق أيضاً في تحديد الاهتمامات الكبرى لنوعية الفساد المائي فوق الزمن للإمدادات حيث إن طرق التشغيل والصيانة ضعيفة.

(٦,٥,٤) عربات الصهاريج والبائعين

وهذه تعامل منفصلة حيث إن البائع يعتبر التطبيق التجاري وعليه فإن هناك مسؤولية أكثر للضبط المباشر أكثر من عندما تدار الإمدادات المائية من المجتمع.

حيثما الشاحنات تجمع الماء من الإمداد المائي فإن المنفعة في الحنفيات يجب أن تكون جزءاً من روتين فحص التوزيع عن طريق الممدين للماء. في المشهد الأول فإن التقييم يجب أن يحمل لتغطية عينة محطات التعبئة وصهاريج الخزن، متبوعة ببرنامج روتيني للكشف ذو كثافة قليلة عند يوم أخذ العينات، كما يجب أن يكون اختيار الحنفيات واختيار الشاحنات مختلف حتى يتم التأكد من تجنب نتائج منحرفة.

هذه يمكن أن تربط لشفرات التطبيق الصحي كلاهما عن طريق الممدين للماء وشاحنات الصهاريج (Lloyd *et al.*, 1991)، بما أن الممدين البائعين لم يأخذوا من إمدادات أنابيب المؤكدة، فإن الفحص الروتيني والتحري الصحي لا يزال مرغوب فيه، على الرغم من أن نوع البائع ربما يميل إلى الراحة مع تلك التي تعتبر منجزة.

لشاحنات صهاريج الخزن، فإن برنامج النظام للفحص العشوائي يمكن أن يكون مستهلك، على الرغم من أنه قد يكون من الصعوبة صعب تحديد المصدر المائي للبائعين الصغار جداً، فإنه ربما لن يكون من الممكن عمل هذا الكشف الروتيني، على الرغم من أن التقييم العادي قد يكون ذا شأن جدير بالاهتمام. في كلا الحالتين، من الخطورة أن الكشف قد يقود إلى بعض التكوين الفعلي، ما إذا كانت هذه خلال العمل مع البائعين لتحسين التطبيقات، نظام البيع التطبيقي أو حظر كل البيع.

(٦,٥,٥) الماء المنزلي

فحص المخزون المائي في المنازل مهم للتحقق من نوعية الماء الفعلية المستهلكة هذه مهمة بسبب الفساد للمصدر السابق في النوعية ربما يحمل وعليه فإن الماء ذو

النوعية الجيدة عند المصدر ربما يصبح متحللاً بشدة وعن طريق الزمن فإنه يستهلك ويكن ذو تأثيرات علاجية (لاقتراح برنامج التعليم الصحي) ربما يكون مطلوباً.

فحص الماء المنزلي عنصر أساسي ومهم لدمج المخاطر استناداً على عملية نوعية الماء.

عينات المنازل يجب أن تؤخذ من خزان ماء الشرب في الأوعية التي تستخدم بواسطة العائلة والحاويات المستخدمة للجمع وحمل الماء. سلسلة الماء يمكن شحنها من المصدر إلى المخزن مع العينات المأخوذة من المصدر، أوعية الجمع وحاويات الخزن. هذه غالباً تقدم معلومات مفيدة فيما يخص المكان ونوع التداخلات (تعليم، تقنية) الأكثر ملاءمة.

عموماً برامج الفحص المنزلي يجب أن ترتبط مع برنامج الفحص للمصدر المائي للتأكد أن فريق الكشف قد فهموا ما إذا كانت النوعية الضعيفة في المنزل ناتجة من إعادة التلوث أو لمصدر ضعيف من نوعية الماء.

عدد العينات والاختيار للمنازل سوف يعتمد كثيراً على الهدف الأساسي من فحص الماء المنزلي. إذا كان الهدف الأصلي هو أخذ ببساطة عينات عشوائية من ماء المنزل (والذي ربما يكون جزء هام من برنامج الكشف ما إذا كان "مجموعة سنوية" أو دراسة طويلة) ثم عملية العينات العشوائية المطابقة يمكن تحويرها.

في هذه الحالة، لا يوجد تغيّراً خاصاً يمكن أن يقيم على الرغم من أن جمع المعلومات عن المصادر والنوع وخطوط النظافة لحاوية الخزن ربما تشير إلى أن هناك مشكلات أساسية موجودة.

هذه النتائج يمكن أيضاً أن تستخدم للتأكد من استخدام نتائج المراقبة المرتجعة في نوعية الماء المنزلي.

المشاهد في أوغندا ، أن بساطة عملية استرجاع المعلومات والفحص الروتيني قادت إلى تحسينات مشاهدة في نوعية الخزن المائي في المنزل (Howard and Luyima, 2000).

عند تكون مثل هذه البرامج الأساسية فإنه من المهم أن تكون هناك زيارات مختلفة للمنازل عند كل فترة لأخذ العينات لمنع الانحراف المتطور بسبب تكرار الزيارات عن طريق أعضاء المراقبة. على أي حال ، فإن عملية مجاميع أخذ العينات ربما تحورّ عن طريق تحديد مجاميع الحراسة والتي يعتقد أنها ذات خطر عظيم ؛ بسبب أنها الأقل عبور إلى الاتصال المباشر ؛ أو بسبب أنها أكثر تأثراً بواسطة الإعاقة في الإمداد.

في بعض الحالات ربما يكون هناك أهداف خاصة أخرى لفحص الماء في المنزل. هذه ربما تتضمن تقدير أثر برنامج الصحة التعليمي المحدد أو خزن الماء المنزلي وتداخلات المعالجة.

في هذه الحالة ، الدراسة يجب أن تصمم لقياس الأثر بين مجموعة التداخلات ومجموعة المراقبة وهذه تتيح تقدير لأثر التداخلات خيارياً ، فإن التأثير لنوع المصدر ، تكراراً وبقاء الانقطاع ، أو نوع وعاء الخزن للمصدر في المنزل لنوعية الماء ربما يتم تقييمها في المجتمع. في هذه الحالة ، كما أن عملية مجاميع العينات ربما تكون نموذجياً مستخدمة لحفظ عدد المنازل المتضمنة إلى عدد معقول مما يتيح فحص مكثف.

(٦,٦) الملخص

يقدم هذا الفصل خلاصة لإمكانية تلوث المصادر بالبراز في ماء الشرب ويصف أنظمة أخذ العينات المشاهدة لتحديد التلوث.

الحجم الصغير من العينات المجموع خلال فترة التسجيل يمثل فقط جزءاً صغيراً جداً من مجموع الماء الكمي المنقول خلال تلك الفترة وعليه، فإن التحدي للعينات هو تقديم معلومات قصوى عن نوعية الماء في نظام التوزيع باستخدام نتائج من عدد محدد من العينات.

هذا الدخول للتلوث البرازي إلى شبكة التوزيع يجب أن يطلق مباشرة للاستجابات، وهذا تم تغطيته في الفصل السابع. العمليات المتاحة لأخذ العينات لنوعية الماء من الشبكات غير المحددة (بدون أنابيب) أيضاً تم تغطيتها، مع مؤشرات مقدمة لأفعال تتضمن تحسين الماء النوعي.

المراجع

Adriaanse, M. (1997) Tailor-made guidelines: a contradiction in terms? *European Water Pollution Control* 7(4), 11-16.

Ahmed, F. and Hossain, M.D. (1997) The status of water supply and sanitation access in urban slums and fringes of Bangladesh. *Journal of Water Supply: Research and Technology -Aqua* **46,14-19.**

Ainsworth, R.A. (2002) Water quality changes in piped distribution systems. WorId Health Organization.

Anon (1994) *The Microbiology of Water* 1994: *Part* 1 - *Drinking water.* Reports on Public Health and Medical Subjects, No. 71. Her Majesty's Stationery Office, London.

APHA, A WW A, WEF (1998) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewaters. 20th Edition.* American Public Health Association, Washington DC.

ARGOSS (2001) Guidelines for assessing the risk to groundwater from on-site sanitation. BGS Commissioned Report CR/Ol/142, British Geological Survey, Wallingford, UK.

AWWA *(1986)AWWA Standardfor Disinfecting Water Mains.* AWWA C65186, Denver CO.

Barrett, M.H., Johal, K. Howard, G., Pedley, S. and Nalubega, M. (2000) Sources of faecal contamination in shallow groundwater in Kampala. In: *Groundwater: Past Achievements and Future Challenges.* Sililo *et al.* (Eds.). pp 691-696.

Bartram, J. (1999) Effective monitoring of small drinking water supplies. In: *Providing Safe Drinking Water in Small Systems: Technology, Operations and Economics.* Cotruvo, J.A., Craun, G.F. and Hearne, N. (Eds.) Lewis Publishers, Washington, DC. USA, pp.353-366.

Bartram, J. and Ballance, R. (1996) *Water Quality Monitoring.* Chapman and Hall, London, UK.

Breslin, E. (2000) Protecting drinking water: water quality testing and PHAST in South Africa. In: *Water, Sanitation and Health.* Chorus, I., Ringelband, D., Schlag, G. and Schmoll, O. (Eds.) IW A, London, pp 89-94.

Burlingame, G.A. and O'Donnell, L. (1993) *Coliform sampling at routine and alternate_s: problems and solutions.* Proceedings of the A WW A Water Quality Technology Conference, Miami, FL.

Burlingame, G.A. and Choi, J.J. (1998) *Philadelphia's guidelines for obtaining representative samples from throughout drinking water systems.* Proceedings

of the A WW A Water Quality Technology Conference, November 1-4,1998, San Diego, *CA.*

Byappanahalli, M.N. and Fujioka, R.S. (1998) Evidence that tropical soil can support the growth of *Escherichia coli. Water Science and Technology* 38(12),171-174.

Clark, J.A. (1990) The Presence-Absence test for monitoring drinking water quality. In: *Drinking Water Microbiology.* McFeters, G.A. (Ed.) Springer-Verlag, New York, pp 399-411.

Clark, J.A. (1980) The influence of increasing numbers of non indicator organisms by the membrane filtration and P-A tests. *Canadian Journal of Microbiology* **15,** 827-832.

Craun, G.F. and Calderon, R.L. (2001) Waterborne disease outbreaks caused by distribution system deficiencies. *Journal of the American Water Works Association* **93,** 64-75.

Dufresne, L., Burlingame, G., Cochrane, *C.,* Maley, L. Shahid, S. and Toch, M. (1997) *Eliminating 'noise' in distribution system coliform monitoring.* Proceedings of the A WW A Water Quality Technology Conference, Denver, *CO.*

Forget, G. and Sanchez-Bain, W.A. (1999) Managing the ecosystem to improve human health: Integrated approaches to safe drinking water. *International Journal of Occupational and Environmental Health* 5(1), 38-50.

Gale, P. (1996a) Coliforms in the drinking water supply: What information do the O/lOO-mL samples provide? *Journal of Water Supply: Research and Technology - Aqua* 45(4),155-161.

Gale, P. (1996b) Developments in microbiological risk assessment models for drinking water: A short review. *Journal of Applied Bacteriology* **81,** 403410.

Gardner, J.P. and Peel, M.M. (1986) *Introduction to Sterilization and Disinfection.* Churchill Livingstone, Melbourne.

Geldreich, E.E. (1996) *Microbial Quality in Water Supply Distribution Systems.* CRC Press Inc. Boca Raton, FL.

Geldreich, E.E. and LeChevallier, M. (1999) Microbiological quality control in distribution systems. In: *Water Quality and Treatment: A Handbook of Community Water Supplies. Fifth Edition.* Letterman, R.D. (Ed.) McGraw-Hill, New York. pp.18.1-18.49.

Gelinas, Y., Randall, H., Robidoux, L. and Schmit, J-P. (1996) Well water survey in two Districts of Conakry (republic of Guinea) and comparison with the piped city water. *Water Resources* 30(9),2017-2026.

Haas, C.N. and HelIer, B. (1986) Statistics of enumerating total coliforms in water samples by membrane filter procedures. *Water Research* 20(4), 525-530.

HMSO (1989) The Water Supply (Water Quality) Regulation 1989. Statutory Instrument No. 1147.

Howard, G., Bartram, J.K. and Luyima, P.G. (1999) Small water supplies in urban areas of developing countries. In: *Providing Safe Drinking Water in Small Systems: Technology, Operations and Economics.* Cotruvo, J.A., Craun, G.F. and Heame, N. (Eds.) Lewis Publishers, Washington, DC. USA. pp.83-93.

Howard, G. and Luyima, P.G. (2000) Report on water supply surveillance activities in 10 selected urban areas of Uganda. Report published for the Ministry of Health, Uganda and available at www.lboro.ac.lwatermark

Howard, G., Bartram, J., Schuab, S., Deere, D. and Waite M. (2001a) Regulation of microbiological quality in water cycle. In: *Water Quality: Standards, Guidelines and Health. Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease.* Fewtrell, L. and Bartram, J. (Eds.) IW A Publishing, London, pp. 377-393.

Howard, G., Barrett, M., Pedley, S., Johal, K. and Nalubega, M. (2001b) Distinguishing human and animal faecal contamination in shallow groundwater. Unpublished technical report for DFID, Robens, Guildford.

ISO (1991) Sampling - Part 5: Guidance on sampling drinking water and water used for food and beverage preparation. ISO 5667-5. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

Kerneis, A., Nakache, F., Deguin, A. and Feinberg, M. (1995) The effects of water residence time on the biological quality in a distribution network. *Water Research* 29(7), 1719-1727.

LeChevallier, M. (1999) The case for maintaining a disinfectant residual. *Journal of the American Water Works Association* 91(1),86-94.

Lloyd, B. and Bartram, J. (1991) Surveillance solutions to microbiological problems in water quality control in developing countries. *Water Science and Technology* 24(2),61-75.

Lloyd, B., Bartram, J., Rojas, R., Pardon, M., Wheeler, D. and Wedgewood, K. (1991) *Surveillance and improvement of Peruvian drinking water supplies.* University of Surrey, Guildford, UK.

MacKenzie, W.R., Hoxie, N.J., Proctor, M.E., Gradus, M.S., Blair, K.A., Peterson, D.E., Kazmierczak, J.1., Addis, D.G., Fox, K.R., Rose, J.B. and Davis, J.P. (1994) Massive waterborne outbreak of *Cryptosporidium* infection associated with a filtered public water supply, Milwaukee, Wisconsin, March and April 1993. *New England Journal of Medicine* 331(3), 161-167.

Martin, R.S., Gates, W.H., Tobin, R.S. *et al.* (1982) Factors affecting coliform bacteria growth in distribution systems. *Journal of the American Water Works Association* **74,** 34-37.

Melian, R., Myrlian, N., Gouriev, A., Moraru, C. and Radstake, F. (1999) Groundwater quality and rural drinking water supplies in the Republic of Moldova. *Hydrogeology Journal* 7, 188-196.

Ongley, E. (1998) Modernisation of water quality programmes in developing countries: issues of relevancy and cost efficiency. *Water Quality International* September/October, 37-42.

Pedley, S. and Howard, G. (1997) The public health implication of groundwater microbiology. *Quarterly Journal of Engineering Geology* 30(2), 179-188.

Pipes, W.O., Ward, P. and Ahn, S.H. (1977) Frequency distributions for coliform bacteria in water. *Journal of the American Water Works Association* 69, 664-668.

Pipes, W.O. and Christian, R.R. (1984) Estimating mean coliform densities of water distribution systems. *Journal of the American Water Works Association* 76, 60-64.

Prevost, M., Rompre, A., Baribeau, H., Callier, J. and Lafrance, P. (1997) Service lines: their effect on microbiological quality. *Journal of the American Water Works Association* 89(7), 78-91.

Quick, R.E., Venczel, L.V., Mintz, E.D., Soleto, L., Aparicio, J., Gironaz, M., Hutwagner, L., Greene, K., Bopp, C., Maloney, K., Chavez, D., Sobsey, M. and Tauxe, R.V. (1999) Diarrhoea prevention in Bolivia through point-of-use water treatment and safe storage: a promising new strategy. *Epidemiology and Infection* 122, 83-90.

Rahman, A. (1996) Groundwater as a source of contamination in rapidly growing megacities of Asia: Case of Karachi, Pakistan. *Water Science and Technology* 34(7 -8), 385-292.

Reiff, EM., Roses, M., Venczel, L., Quick, R. and Witt, V.M. (1996) Low-cost safe water for the world: A practical interim solution. *Journal of Public Health* 17(4), 389-408.

Rojas, R., Howard, G. and Bartram, J. (1995) Groundwater quality and water supply in Lima, Peru. In: *Groundwater Quality.* Nash, H. and McCall, G.J.H. (Eds.) AGID Report No. 16. Chapman and Hall, London. pp. 159167.

Semenza, J.C., Roberts, L., Henderson, A., Bogan, J. and Rubin, C.H. (1998) Water distribution system and diarrheal disease transmission: a case study in Uzbekistan. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 59(6),941-946.

Sobsey, M.D. (2002) Household water treatment and storage as appropriate technology for the developing world. World Health Organization.

UK Water Industry Research (1995) Microbiological growth in domestic pipework and fittings: Cambridge Workshop. Report DW 04/BUKWIR, 1995.

VanDerslice, J. and Briscoe, J. (1993) All coliforms are not created equal: a comparison of the effects of water source and in-house water contamination on infantile diarrheal disease. *Water Resources Research* 29(7), 1983-1995.

Whittington, D., Lauria, D.T. and Mu, X. (1991) A study of water vending and willingness to pay for water in Onitsha, Nigeria. *World Development* 19,179-198.

WHO (1996) *Guidelines for Drinking water Quality, Volume* 2: *Health and supporting criteria. Second Edition.* World Health Organization, Geneva.

WHO (1997) *Guidelines for Drinking water Quality. Volume* 3: *Surveillance and control of community supplies. Second Edition.* World Health Organization, Geneva.

WHO and UNICEF (2000) *Global Water Supply and Sanitation Assessment 2000 Report.* WHO/UNICEF, USA.

Wright, R.C. (1986) The seasonality of bacterial quality of water in a tropical developing country (Sierra Leone). *Journal of Hygiene* 96(1), 75-82.

الفصل السابع

مراقبة وتقصي حدوث التلوث وتفشيات الأمراض مائية المنشأ

P.R. Hunter, Y. Andersson, C. H. Von Bonsdorff, R.M. Chalmers, E. Cifuentes, D. Deere, T. Endo, M. Kadar, T. Krogh, L. Newport, A. Prescott and W. Robertson

(٧,١) المقدمة

هذا الفصل يبحث في التقصي الممكن لتفشيات النقل المائي (بسبب ماء الشرب)، وعلى التحديد، دور التحليل المعملي في التقصي. التقصيات تعد معظم الواضح المشارك للأمراض المنقولة بالماء، لكن ليس كل الأمراض متصاحبة مع التفشيات.

يقدم كشف وتقصي التقصيات بعض أحسن البصائر إلى الفحص الميكروبي وأنواع العمليات غير الناجحة والتي تقود إلى أمراض النقل المائي.

مثل ذلك، فإنها تقدم معلومات أساسية لتحليل المخاطر وتقييم الخطر المتصاحب مع ماء الشرب (انظر الفصل الثالث). ولهذا السبب، فإنه من الأساسي أن التفشيات يجب تقصيها على نحو كاف وعليه فإن الفصول الملائمة يمكن أن يتم تعلمها كما أن قياسات المنع يجب أن تطبق للتلطيف ضد التفشيات المستقبلية ولتحسين السلامة المائية من الميكروبات عموماً.

تعريف منظمة الصحة العالمية (WHO) للغذاء أو تفشي النقل المائي عندما يكون هناك اثنين أو أكثر ممن يعانوا نفس المرض بعد التهام نفس النوع من الطعام أو الماء من نفس المصدر وعندما الدليل الوبائي يورّط الطعام أو الماء كمصدر للمرض (Schm,idt, 1995). ولسوء الحظ، في المراحل المتقدمة من التفشي فإنه عادة من غير الواضح تماماً ما إذا الحالات مرتبطة أو ذات علاقة لماء الشرب. هذه على وجه التحديد مشكلة للإصابات العادية المنقولة خلال طرق عديدة مختلفة. عدد صغير من الحالات تتصاحب مع الإمداد المائي ربما ليست مكتشفة ضد الخلفية العامة للإصابة. بدلاً، أيجاد أنظمة الإشراف فقط يكشف التغيرات العامة في حدوث الإصابة المرضية. تعريف أكثر فائدة لتفشي النقل المائي، ولأهداف المراقبة الفاعلة، هو عندما تكون الحالات الأكثر من المتوقع وتتم جماعياً، جغرافياً وفي الوقت. بكلمات أخرى، هل هناك حالات أكثر تم تسجيلها من الموقع الجغرافي المحدد أكثر من ذلك ذا الاهتمام العادي؟ بوضوح، حتى يمكن تأكيد هذا الحكم، فإن هناك نظام في الموقع لكشف الحالات من الإصابة وفهم التردد المتوقع من السجل. التفشي يحتاج إلى تقدم ليكتشف بواسطة نظام المراقبة الصحية العامة. منع التفشيات وحدوثها في المكان الأول هو هدف الأشخاص المسؤولين عن إمداد مياه الشرب.

جمع دراسات التقصي والتي توجد مع تحليل المخاطر الفرضية يمكن أن يستخدم للتنبؤ بالتخطيطات والتي من المحتمل أن تقود على أن الماء يصبح غير آمن.

بعد فحص تفشيات النقل المائي للأمراض عموماً، فإن هذا الفصل يشتمل على مراجعة لدور الأدلة البارامترية في تقديم تحذير مبكر لإمكانية مشاهدات التفشي

وأهمية وجود خطط في المكان لتعجيل الفعل الإصلاحي. ثم بعد ذلك أذهب لفحص التفشي المنقول بالماء وتقصيه بتفصيل أكثر.

الجدول رقم (٧,١). تفشيات الإصابات المرضية إلى ماء الشرب في بريطانيا، ١٩٩١–٢٠٠٠م (محوّر من Percival *et. al.*, 2000).

شبكة الماء	المرض	عدد التفشيات	عدد الحالات
إمدادات عامة [1]	Cryptosporidiosis	٢٤	>٢٩٥٥<
	Campylobacteriosis	١	٢٨١
	كلي	٢٥	>٣٢٣٦<
إمدادات خاصة [2]	Gastroenteritis of unknown cause	٢	٨١
	Campylobacteriosis	٧	١٦٢
	Giardiasis	١	٣١
	Cryptosporidiosis	٣	٧٤
	Enterohaemorrhagic E. coli	١	١٤
	Mixed campylobacteriosis and cryptosporidiosis	١	٤٣
	كلي	١٣	٤٠٥

١. إمدادات عامة مملوكة عن طريق المنافع التجارية المائية.

٢. إمدادات خاصة ليست مملوكة للمنافع التجارية المائية وتختلف عن الإمدادات المائية إلى المنازل المفردة إلى بعض الإمدادات الكبيرة تماماً.

(٧,٢) تفشيات النقل المائي

لدينا فكرة ضئيلة جداً عن عدد تفشيات النقل المائي المرض في العالم، كما في حالة قليل من الدول، حتى في غرب أوروبا وجنوب أمريكا، والتي تمتلك أنظمة مراقبة في المكان الذي يثق فيه الكشف مثل تلك التفشيات (WHO, 1999).

دولتان ذات أنظمة نوعية ومراقبة جيدة هي الولايات المتحدة الأمريكية وبريطانيا، كلاهما ذات إنتاج تقارير نظامية لعدد من تفشيات الكشف المصاحبة للماء.

الجدول رقم (٧,١) يوضح عدد التفشيات المسجلة في بريطانيا وويلز للسنوات من ١٩٩١م إلى ٢٠٠٠م، بينما الجدول رقم (٧,٢) يوضح التفشيات للولايات المتحدة الأمريكية للسنوات من ١٩٩١م إلى ١٩٩٨م. من هذين الجدولين فإنه من الواضح أن التفشيات المرضية تتصاحب مع ماء الشرب تعتبر مألوفة حتى في الأمم الوفيرة ويمكن أن تحدث ممرضات تورطت في هذه التفشيات.

الجدول رقم (٧,٢). تفشيات الإصابات المرضية (١٩٩١م–١٩٩٨م) مرتبطة مع ماء الشرب في الولايات المتحدة الأمريكية (Moore et al., 1993; Kramer et. al., 1996a; Levy et. al., 1998; Barwick et al., 2000)

Water system[1]						
Independent		Non-community		Community		
Cases	Outbreaks	Cases	Outbreaks	Cases	Outbreaks	المرض
٥١	٣	٤٦٧٣	٣٥	١٠١٠٥	٥	معوي شديد لحالة غير معروفة
١٢	٢	١٢٨	٣	١٩٨٦	١٠	Giardiasis
٣٩	٢	٥٧٨	٢	٤٠٧٦٣٧	٦	Cryptosporidiosis
				٧٤٢	٢	Norwalk-like virus
		٥١	٢	١٧٢	١	Campylobacteriosis
				٦٢٥	١	*Salmonella typhimurium*
				١١	١	Non-O1 *Vibrio cholerae*
٣	١	٣٩	٣	١٥٧	١	*E. coli* O157
٥	١	٤٨٤	٥	٨٣	١	*Shigella sonnei*
٣٣	١					*Shigella flexneri*

تابع الجدول رقم (٧,٢).

المرض	Water system[1]					
	Community		Non-community		Independent	
	Outbreaks	Cases	Outbreaks	Cases	Outbreaks	Cases
Plesiomonas shigelloides			١	٦٠		
كبد وبائي A			١	٤٦	١	١٠
المجموع	٢٨	٤٢١٥١٨	٥٢	٦٠٥٩	١١	١٥٣

١. شبكات المجتمع وغير المجتمع تعتبر إمدادات مائية عامة تخدم ١٥ ≥ ٥ ≤ ١ متصلة أو ذات معدل ≥ ٢٥ للسكان لحوالي ≥ ٦٠ يوم/السنة. نظام المجتمع المائي تخدم سنوياً كامل السكان من المجتمع، تحت توزيعي أو سيارات المواقف المتحركة. نظام الماء غي المجتمعي يمكن أن يكون عابر أو غير عابر (غير مؤقت). أنظمة غير العابر تخدم ≥ ٢٥ لنفس الأشخاص لحوالي > ٦ أشهر من السنة (مثل المصانع أو المدارس)، بنما الأنظمة العابرة (المؤقتة) لا تخدم (مثل المطاعم، محطات استراحات الطرق السريعة أو المواقف). الأنظمة المعتمدة تعتبر أنظمة صغيرة لا تمتلك أو يتم تشغيلها عن طريق منافع خدمة الماء لتركيزات > ١٥ أو > ١٥ شخص.

بالإضافة إلى تلك الحالات المرضية المتصاحبة مع التفشيات، فإنه لا يزال هناك عدد غير مؤكد من الحالات المتفرقة.

الحالة المشتتة تعتبر حالة فردية للإصابة وهي ليست مرتبطة بوضوح لحالات أخرى. في معظم الحالات المتفرقة من المرض، فإنه عادة من غير الممكن النص على التأكيد حيث إن المفرد (هي أو هو) يكتسب إصابة. ختاماً، لمعظم الأمراض المنقولة بالماء من الصعوبة تقييم نسبة الحالات المتفرقة المتصاحبة مع ماء الشرب.

أي دليل قد يأتي من حالة المراقبة (الضبط) ودراسات وبائية أخرى والتي تمت مراجعتها في أماكن أخرى (Hunter, 1997).

التفشيات المرضية من إمدادات ماء الشرب غالباً ناتجة من الحوادث المفاجئة (Deere *et al.*, 2001). الجدول رقم (٧,٣) يقدم عرض لتنوع النصوص والتي يمكن أن تتيح في تفشيات ماء الشرب. هذه ذات تضمين معنوي لتصميم وتشغيل إمدادات ماء الشرب. الممدون المائيون يحتاجون خطوات منع وطوارئ استجابة في الموقع للتأكد من سلامة نقل الماء في حالة حدوث تنوع للظروف.

الجدول رقم (٧,٣). الأوصاف المؤثرة على ماء الشرب المتورط في التفشيات المرضية (من Deere et al., 2001).

سبب الحادث (الحوادث)	المسبب	نوع الماء	الحالات	المرجع
قبل التعرض والمعالجة				
جريان سطحي من تلوث لحجز بعد سقوط مطر كثيف. زيادة متطلب الكلور بسب العكارة	*Campylobacter*	ماء سطحي مكلوّر	٣٠٠٠	Vogt *et al.*, 1982
تلوث لجريان سطحي من ذوبان الماء ومطر كثيف تخلل الآبار البلدية	*Campylobacter*	ماء جوفي غير معالج	٢٤١	Millson *et al.*, 1991
جفاف بعد مطر كثيف وجريان سطحي زراعي وتخثر ضعيف وخلط ضعيف	*Cryptosporidium*	ماء نهر مكلوّر	٣٤	Leland *et al.*, 1993
تلبدّ وخلط ضعيف مع مرشحات بادئة لأعلى بدون مرجعية غسل	*Cryptosporidium*	ماء سطحي	١٣٠٠٠	Rose *et al.*, 1997
زيادة في العكارة، تخثر ضعيف ودورة للغسيل المرتجع	*Cryptosporidium*	ماء سطحي	٤٠٣٠٠٠	Rose *et al.*, 1997
حجز تلوث عن طريق الأعلى أكثر من إطلاق السكان، جرعة الكلور منخفضة جداً	*Giardia*	ماء سطحي مكلوّر	٣٥٠	Shaw *et al.*, 1997

تابع الجدول رقم (٧,٣).

سبب الحادث (الحوادث)	المسبب	نوع الماء	الحالات	المرجع
بعد التعرض والمعالجة				
جريان مرتجع لمزرعة ملوثة لماء النهر	*Campylobacter*	مرشح رملي	٢٠٠٠	Mentzing. 1981
بسبب ضغط الشبكة الأساس المنخفض		ماء جوفي		
جريان زراعي دخل إلى الإمداد غير المغلق	*Cryptosporidium*	ماء سطحي (CT)	٢٧	Badenoch, 1990
تلوث متعمد لماء خزان الخزن	*Giardia*	إمداد بلدية	٩	Ramsay and Marsh, 1990
اتصال مستعرض بين ضغط قطرات الماء وخطوط ماء النفايات عند مضخة الغسل	*Giardia & Entamoeba*	ماء سطحي (CT)	٣٠٤	Dramer *et al.*, 1996b
جريان صرف صحي داخل الأنابيب بعد إصلاح كسور الثلج والمعمولة بدون كلورة فيما بعد	*E. coli* O157	إمداد بلدية	٢٤٣	Swerdlow et al., 1992
طيور تدخل خزان ماء الخزن	*Salmonella*	ماء جوفي غير معالج	٦٥٠	Angulo et al., 1997

(٧,٣) منع التفشيات

أنواع المشاهدات التي يمكن أن تقود إلى التفشيات من ماء الشرب تم توضيحها في الجدول رقم (٧,٣). كل نظام إمداد مائي يعتبر فريداً وعليه، فإن المشاهدات التي يمكن أن تقود إلى تفشي يمكن أن تختلف بين الإمدادات. المسئولون ذوو العلاقة يحتاجون إلى تقييم مخاطر التفشيات من مدى المشاهدات لكل إمداد خاص، وبعد ذلك فإن المراقبة يجب أن توضع في الموقع لإيقاف حدوث مثل هذه التفشيات.

يمكن لخطة الأمن المائي أن تتطور إلى التفصيل لكلا مراقبة التصميم وتطبيقات التشغيل والتي تقود نظرياً إلى احتياط ثابت للأمن المائي (سلامة الماء) (انظر الصندوق رقم ٣,١). مثل هذه الخطة يمكن اعتبارها لكلا ظروف التشغيل العادي والأحداث غير العادية.

مناقشة مفصلة لخطة السلامة المائية خارج مجال هذا الفصل، على أي حال، فإن مراجعة كيفية مسؤولية المسئولين في الإدارة والأحداث لماء الشرب غير الآمن المتوقع معطى هنا.

(٧,٣,١) إدارة الحدث

لأغراض هذا القسم من الفصل فإن مصطلح الحدث سوف يتم استخدامه للإشارة إلى أي حالة فيها سبب لتوقع أن الماء المعد لإمداد الشرب هو، أو عن كونه، غير آمن. مثل هذا التعريف الواسع يعني أن مختلف الأهداف يمكن أن تقود إلى حدث يصبح مؤكداً (صريح).

التميزات التي تستخدم الدليل البارامتري يمكن أن تقدم تحذيراً تطبيقياً مبكراً لإمكانية أن الماء ربما يصبح غير آمن. في حالات أخرى فإن الحدث قد يكون غير مؤكد حتى يكتشف مسئولي الصحة زيادة في المرض ويبدأ بالسؤال عن السلامة لإمداد ماء الشرب. أهداف الحدث يمكن أن تتضمن:

- مؤشرات عملية:
  - إنجاز غير كاف لمحطة معاجلة الصرف الصحي المطروح إلى المصدر المائي.
  - إنجاز غير كاف لمحطة معالجة ماء الشرب.
- إشعار عن حوادث الصرف:

- تصريف المواد الخطرة إلى المصدر المائي.
- ضعف قوة الإمداد إلى الموجودات الحرجة.

• دليل الباراميترات غير الميكروبية :

- تساقط مطر شديد في الحجز.
- كشف عكارة عالية غير مألوفة (مصدر أو الماء المعالج).
- طعم غير عادي ، رائحة أو ظهور الماء.

• دليل البارامیترات الميكروبية :

- قياس كثافة عالية لمؤشر برازي غير عادي (مصدر أو ماء معالج).
- قياس كثافة ممرضة عالية غير عادي (مصدر أو ماء معالج).

• مؤشرات الصحة العامة :

- تفشي مرض وفيها الماء ناقل متوقع.

لأغراض هذا الفصل ، فإن صنفين من الحدث سوف يتم مناقشتها بانفصال ، أسمياً :

• أحداث خاصة تتضمن تحديد مسبق للاستجابة إلى مسمى وقياس لمؤشر منبه روتيني
• أحداث غير خاصة تتضمن استجابة أكثر عمومية ، وهي ليست مسبقة كاملة التحديد ، لمدى منبه ممكن.

(٧,٣,٢) الاستجابة إلى الأحداث الخاصة

مؤشرات جهد الماء غير الآمن يمكن اختيارها وتكشف نظامياً خلال سلسلة الإمداد المائي أو الدورة. مثل تلك المؤشرات يجب أن تحصر معلومات في الوقت الجيد للسماح للفعل الإصلاحي ؛ لمنع الملوث غير الأمن من الإمداد.

المستويات النشطة يمكن وضعها كضد لمقارنة المشاهدات. المستويات النشطة يمكن نموذجياً أن تكون فقط خلال المحددات الحرجة من التشغيل، خارجياً والتي فيها الثقة في سلامة الماء قد تكون مفقودة.

التحديد المسبق للأفعال الإصلاحية يمكن أن تتحقق عندما يتم تجاوز المستويات النشطة. الفعل الإصلاحي (احتمال) للتصميمات من جزء من التوقعات الخاصة للحدث ذو برنامج حسن.

تصميمات الحدث يمكن أن تكون ذات مدى من المستويات النشطة هذه يمكن أن تكون ثانوية، تحذير مبكر، ضروري ليس لأكثر من فحص إضافي عن طريق فريق معين، إلى الطوارئ الكاملة، يتطلب كل الأشخاص المتاحة والتجهيزات. الطوارئ الأساسية من المحتمل احتياجها إلى مصادر المؤسسات بعد المسئول الأساس في المقام الأول عن إمداد ماء الشرب، تحديداً المسئولين الصحيين.

تصميمات الحدث نموذجياً تتكون من بنود مثل:

- مسئولون وتفصيلات مرتبطة بشخصية المفتاح، غالباً تشمل العديد من المنظمات والأفراد
- قوائم لمؤشرات قاسية والتي ربما تطلق الأحداث على طول مع ميزان مستويات النشاط.
- وصف واضح للأفعال المطلوبة للاستجابة للنشاط.
- موقع وتحديد لعمليات التشغيل القياسية بالتفصيل والتجهيزات المطلوبة.
- موقع الرفع الخلفي للتجهيزات.
- معلومات منطقية وتقنية ذات علاقة.

- قوائم للمراجع، صور وإرشادات مرجعية سريعة.

الخطة ربما تحتاج إلى المتابعة عند الملاحظة القصيرة جداً مثل القوائم البديلة، أنظمة اتصال فعالة ومتطلبات حديثة من التدريب والوثائق.

دراسة الحالة: استجابة الحدث إلى مؤشر مستويات العكارة.

برنامج استعدادات الحدث لسلطة حجز سيدني تتضمن تفصيلات لخطط محتملة الحدوث للاستجابة لمؤشرات مصادر الماء النوعي الضعيفة. على سبيل المثال، سلطة كشف العكارة عند نقاط عدة عند شبكة مصدر الإمداد المائي. تم تطوير دمج نظام تضخيم الإمداد المائي والذي يقدم عدد من مصدر الإمداد المائي الخياري. عكارة الماء الداخلة إلى المحميات الحرجة يتم الكشف عنها باستمرار. إذا كان هناك زيادة في <٥ NTU خلال ثلاث ساعات فإن الحدث يعلن عنه وعليه ربما يتم استخدام مصدر مائي خيارياً. عكارة ماء الترشيح أيضاً يكشف عنها باستمرار وإذا تجاوزت 1NTU، فإنه يتم اختيار مصدر مائي خيارياً.

(٧,٣,٣) الاستجابة للأحداث غير المحددة

بعض المشاهدات التي تقود إلى اعتبار الماء غير آمن بشدة ربما ليست محددة على وجه الخصوص بين حدوث الخطط. هذا ربما قد يكون بسبب أن الأحداث غير متوقعة، أو بسبب أنها ذات اعتبار إلى احتمال أكثر مما ينبغي للحكم على التفصيل الإعدادي لخطط الفعل الإصلاحي.

لإتاحة مثل هذه الأحداث، فإن تعميم خطة استجابة حدث الماء الآمن يمكن تطويرها. الخطة يمكن استخدامها لتقديم إرشاد عام عن تحديد وتوجيه الأحداث على

طول مع الإرشاد الخاص عن الاستجابات والتي يمكن تطبيقها للعديد من الأنواع المختلفة من الحدث.

فضلاً عن أقسام المستوى النشط التي أمكن إعادة تحديدها، فإن اتفاقية تقييم الوضع وإعلان الأحداث يقدم ذلك والمتضمن مسؤوليات الشخص وهيئة الاختيار التصنيفي.

هيئة الاختيار ربما تشمل:

- زمن التأثير.
- تأثيرات السكان.
- طبيعة الخطر المتوقع.

مستويات التنشيط يمكن أن تكون مختلفة، كما في حالة الأحداث الخاصة، من الثانوي إلى الطوارئ كاملة الوزن.

إعداد خطوات واضحة، مسؤولية وتجهيزات لأخذ العينات وخزن الماء في الحدث في حالة حدوثه يمكن أن يوفر لمتابعة الوباء أو تقصيات أخرى. كما أن أخذ العينات وخزن الماء مبكراً عند حدوث الحدث المتوقع يجب أن تكون جزء من خطة الاستجابة. نجاحات الاستجابات غير الخاصة يعتمد على الخبرة، الحكم ومهارة الشخص المشغل وأنظمة إدارة الإمداد المائي. على أي حال، الأنشطة العامة المألوفة للعديد من أحداث التلوث المتوقع يمكن أن تدمج مع برامج الاستعداد للحدث غير الخاص. على سبيل المثال، لشبكات المواسير، فإن خطوات الغسل للطوارئ القياسية يمكن تجهيزها، واختبارها للاستخدام في الحدث فإن تلك المياه الملوثة يجب غسلها (طردها) من شبكة التحديد. مشابهة فإن خطوات التشغيل القياسية للتغير السريع أو عن طريق مرور المحميات يمكن تجهيزها (إعدادها)، فحصها ودمجها. تطوير مثل هذه

فريق الإدارة للمادة المساعدة تقيد احتمال الخطأ وسرعة الاستجابات العالية خلال الأحداث.

دراسة الحالة : استجابة الحدث العامة المتضمنة غسل الطوارئ

طور ماء سيدني برنامجاً مفصلاً من استعدادات الحدث. إذا كان متوقع أن الماء ربما يتلوث بأي شيء سببي، فإن الحدث يكون صريحاً (واضحاً). خلال خطوات التشغيل للطوارئ القياسية المتاحة للاستخدام خلال الأحداث تعتبر خطط نظامية لطوارئ الغسل (التدفق)، هذه تم تطويرها لتقديم خطط (خطوات) تشغيل قياسية لمعظم الإزالة التطبيقية السريعة للماء المتوقع من شبكة (نظام) التوزيع.

الخطط تم إعدادها بفصول سهلة في حالة جاهزية الاستخدام؛ وذلك لتقديمها مباشرة لموظفي التشغيل.

(٧,٣,٤) اجتناب الماء وأوامر غلي الماء

في معظم مشاهدات الإمداد المائي من المحتمل :

- إنهاء الإمداد المائي.
- تحذير (بعض أوكل) المستهلكين لتجنب استهلاك الماء.
- تحذير (نصح) (بعض أوكل) المستهلكين لمعالجة الماء عادة عن طريق الغليان.

برنامج استعدادات الحدث يجب أن يتضمن تقييماً شاملاً للقواعد لمخاطبة مثل هذا الأمر. الهدف من الأمر يجب أن يؤخذ في الشأن العام ويتضمن نموذجياً القرار النهائي عن طريق مسئولي الصحة.

حتى عندما يكون تلوث ماء الشرب متوقعاً، فإن الاهتمام العام ليس دائماً له خدمة جيدة عن طريق عمل تحذير أو طلبات. فصل البحث أظهر أن العديد من

الناس لا يتبعون النصيحة لغليان مائهم، جزئياً بسبب الإرباك لماذا سيفعلون (Angulo *et al.*, 1997; O' donnell *et al.*, 2000; Willocks *et al.*, 2000). أكثر قليلاً، هناك أيضاً دليل على أن ملاحظات على الماء يمكن أن توجد نتائج سالبة على الصحة العامة من خلال إحداث حصار، أيضاً توهج واحتراق (Mayon-White and Frankenberg, 1989; Willocks *et al.*, 2000). إذا كانت النصيحة لغلي الماء تم إصدارها فإن فريق الحدث يجب أن يكون مقنعاً للخطر المتطور على الصحة لصنوبر ماء الشرب، والذي يفوق وزناً أي خطر من غليان الماء للملاحظة نفسها (Hunter, 2000a). عدم القدرة على تغيير سنوات العمر يمكن أن يستخدم لتقيم رواج مألوف للمساعدة في هذا النوع من الاعتماد الصحي لعمل قرار الفصل (Murray, 1994). الاعتبارات المالية أيضاً من المحتمل أن تكون ذات أهمية. تحويل الإمداد المائي يمكن أن يكون نتائج مالية؛ بسبب فقد الإنتاج وتحطم التجهيزات (المعدات).

المسئولون ذوو العلاقة يجب أن يكونوا على فهم واضح من المسؤولية، والظروف الصعبة فيما يخص طلب مثل تلك الأوامر.

بالإضافة، فإن عمليات التشغيل التطبيقي يجب أن تكون في الموضع. على سبيل المثال، العمليات السريعة للإغلاق، أو لتحويل العموم في حالة الحدث لتجنب الماء أو أمر الغليان، يجب أن يتم تطبيقها تماماً.

إضافة، فإن أي فريق لإدارة الحدث ينوي إصدار نصائح لغليان الماء يجب أن يكون هناك وضوح تام عند البدء عن الهيئة التي يجب أن تستخدم لتنشيط تلك الصفائح.

طوارئ الإمداد المائي، مثل استخدام خزانات الماء، يمكن أن تتم صيانتها في الموضع عند كل الوقت أو أن القوة يمكن وضعها في المكان ليمكّن من السيطرة.

خطوات الملاحظة (الإحاطة) السريعة مثل الوسط، السقوط البريدي ونظام العربات للعنوان العام تحتاج إلى تطبيق وإتاحة عند أي وقت. الأنظمة التي تمكن من رسم الماء من المصدر إلى المستهلك يمكن أن تساعد في هدف أحسن لهذه الأنواع من الاستجابات لتقليل مدى تأثيراتها.

(٧,٤) تقصي التفشي

يوجز هذا الفصل الخطوات النموذجية التي تؤكد عند تقصي التفشي المتوقع لأمراض النقل المائي في الدول المتطورة.

في حين الكشف عن التفشي فإن هذا يسبب توريطاً عادياً يتضمن سلسلة طويلة من الأحداث مع تضمين مختلف المؤسسات. نتيجة لذلك، فإن معظم تقصيات التفشي الفعالة تتبع سلسلة من الأنشطة، المختصرة في التالي:

- التخطيط: التخطيط يجب أن يوضح مفتاح الإصدارات عن كيفية التضمين في التقصي وما هي الأدوار الواجب عملها؟ خطط التفشي يجب أيضاً إيضاحها من خلال من سيقود المسؤولية في تحقيق خطة التفشي ومن سيكون المسئول عن مجموعة الإدارة.
- كشف التفشي والبرهان: عادة زيادة تقارير الأمراض أو كشف ممرضات محددة في عينات الإنسان يعتبر العلامة الأولى للتفشي.

نادراً، العلامة الأولى لتفشي النقل المائي يمكن أيضاً اعتبارها مشكلة تقنية مع المصدر المائي في الماء المعالج أو الشبكة. الخطوة المهمة الأولى في أي حالة تقصي هو إثبات التفشي الظاهر. قبل التفشي لا بد رسمياً من إعلانها بوضوح، حالات ممكنة من الخطأ يجب اعتبارها ومنعها. مثل تلك الحالات

الواضحة من التفشي تتضمن سوالب مخبرية زائفة، المقدمة عن الطرق المخبرية الحديثة والتغيرات المفاجئة في سجل السلوك (Casemore, 19920).

• وصف التفشي: الخطوة الأولى في وصف التفشي هو تأصيل تحديد الحالة؛ تحديد الحالة مهم لتحديد تلك الحالات الواجب عدم تضمينها في التحليل التالي.

تحديد الحالة يجب أن يحتوي على وجود مفتاح الأعراض أو نتائج المختبر، الموقع الجغرافي ومعلومات البداية والملاحظة. ربما هناك تحديدات عديدة للحالة في الاستخدام عند الوقت المفرد (مثل واحد لإمكانية الحالة وواحد عن الحالة المزمنة).

في بداية تقصي التفشي فإن هناك تعريف واضح باتساع مطلوب حتى لا تفقد الحالات.

مؤخراً خلال التقصي، عندما يتم الكشف عن معلومات زائدة، فإن تحديد الحالة يمكن غالباً أن يكون ضيقاً. عندما يتم الموافقة على تحديد الحالة، فإن الخطوة التالية هي تحديد كيفية العديد من الناس يوافقوا على تحديد الحالة، عن طريق عملية نتائج الحالة.

هذه ربما تتضمن مراجعة وجود سجلات مختبرية أو ملاحظات أخرى، أو ربما تتضمن تنشيطاً سابقاً بحثياً سابقاً عن طريق الأطباء المصاحبين، أو ربما إمكانية تحديد الحالات والتي ربما ليست رسمياً تم ملاحظتها. من المهم إيجاد خارجياً حتى بدء التفشي وتحديد الحالة الأولى (ابتدائياً أو مؤشر الحالة).

النتائج وفيها كل حالة تصبح مرض مميت (بعض الأحيان حتى الساعة) يتم رسم تصوير (منحنى الوباء) والذي يعطي معلومات وبائية هامة، ويمكن أن يقدم صورة عن التفشي (مثل مصدر النقطة أو التفشي المستمر). الانتشار الجغرافي ربما يعطي فكرة عن حالة التفشي. الحالة يمكن أن ترسم على خريطة لفحص إمكانية التجمع (مثل المنازل مع نفس التجمع المائي أو منازل واقعة فقط في جزء واحد من شبكة التوزيع المائي أو بئر خاص). العمر، الجنس نتائج اجتماعية اقتصادية أخرى ربما أيضاً تعطي معلومات عن الأحداث المحتملة.

- نشوء الفرضية: عندما يتم جمع المعلومات الكافية، فإن الفرضية الأساسية لحدوث التفشي يمكن أن تنشأ. استناداً على هذه، فإن مختلف قياسات العلاج ربما يتم اقتراحها.
- برهان الفرضية: عندما يكون فريق التفشي قد افترض حدوث التفشي، فإن الجهد يوجه للإثبات أو النفي لهذه الاقتراحات. هناك ثلاثة أطواق لهذا الجزء من التقصي: تحاليل ميكروبيولوجية زائدة للإنسان وللعينات البيئية، وفي حالة التفشي المنقول بالماء المتوقع، الفحص (التحري) الصحي لمعالجة الماء وشبكة التوزيع.

تقصيات الأوبئة عند هذه المرحلة سوف تكون طبيعياً في حالة المراقبة أو النوع الجماعي. في هذه الأنواع من الدراسة، الحالات والمراقبة (المفردات الأخرى التي ليست مريضة) تمت مراجعتها والتحليل الإحصائي للاستجابات لتحديد الاختلافات بين المجموعتين (Hunter, 1997). التحليل الميكروبيولوجي الإضافي خلال تقصي التفشي ربما يتضمن جمعاً إضافياً للعينات الإنسانية أو البيئية أو تفصيلات وصفية أكثر لكلا العينات.

تحريات الصحة (الفحص الصحي) لمحطة تحلية الماء وشبكة التوزيع تؤخذ لجمع برهان عن الإخفاق، أو تصميم غير ملائم، لشبكة الماء المعالج. مثل هذه المعلومات ذات فائدة لإثبات الفرضية للمصدر المائي في التفشي. الدليل عن ماذا حدث خطأً أيضاً أساسي لإعلام الممدين مائياً عن كيفية مثل هذا الإخفاق ونتيجة الخطر على الصحة العامة والتي يمكن منعها مستقبلاً. المعالجة الكاملة وشبكة التوزيع يجب فحصها. دليل الإخفاق ربما يكون متاح في نتائج الجمع الروتينية (جزء ٧,٥) أو تصبح ظاهرة فقط بعد تحسين الكشف أو بعد فحص المعالجة وشبكة التوزيع.

- قوة المصادقة: عندما تكون كل الدلائل تم جمعها، فإن فريق إدارة التفشي يجب أن يخلصوا إلى خاتمة عن ما إذا أو ليس الإمداد المائي المتوقع تم بالفعل حدوثه للتفشي. كلا بريطانيا وأمريكا طوروا نظاماً شكلياً للدرجات لمحاولة تحديد اعتماد الخلاصة لأي مصاحبة بين الماء والمرض. على أي حال، فإن النظامين ليس منسجم كما في حالة تصنيف بريطانيا لقوة المصادقة بين الماء والمرض بينما النظام الأمريكي يصنف في كونه بالغ الإنجاز في التقصي.

هناك احتياج لنظام عالمي؛ للموافقة على تصنيف قوة المصادقة بين الماء والمرض في التفشيات. كلا هذه التصنيفات تعطي وزن اعتباري لدارسات التحليل الوبائي، معظم المألوف دراسة مراقبة الحالة، على الرغم من الدليل الحديث الذي تم اقتراحه أن هذه الدراسات ربما تعتمد كثيراً على تلك التفشيات حيث إن الحالة الممكنة تم عملها للعموم. مثل هذا الانحراف يمكن أن يقود إلى أن ماء الشرب يصبح متصاحباً بزيف مع التفشي (Hunter, 2000b; Hunter and Syed, 2002).

(٧,٥) مراجعة النتائج الموجودة

في أي تقصي للتفشي حيث ماء الشرب متوقع كحدث، فإن واحد من مفاتيح المصادر للمعلومات هو سجلات التحليل الروتيني لنوعية الماء، نموذجياً فقد تم بالفعل إلزامه للممدين للماء. مثل هذه المراجعة المستعادة لنتائج نوعية الماء الروتيني سوف تبحث عن دليل في خفض نوعية المصدر المائي، الإخفاق في معالجة الماء والتوزيع، غالباً، دليل على وجود ممرض متوقع في الماء الإمدادي المعالج.

الفحوص البكتيريولوجية الروتينية لماء الشرب تعد في معظم الدول، تتركز على قياس باراميتري مثل *E. coli*، القولونيات المقاومة للحرارة، القولونيات الكلية والعدد البكتيري لأطباق البكتيريا متباينة التغذية والتي تعتبر ذات تقنيات تحللي بسيط. في بعض الدول فإن البرازية *streptococci* (enterococci) وجراثيم *Clostridia* المختزلة للكبريت أيضاً تتضمن الفحوص الروتينية. حديثاً، بعض الدول بدأت في تضمين فحوصات عن *Cryptosporidium* في العينات الناشئة من أو المتأثرة عن طريق الماء السطحي ولكن هذه تتضمن خطوات لعينات أكثر كلفة وتقنيات تحليلية، وفقط قليل من الدول تتطلب إجراءً مثل هذه الفحوص.

معظم المألوف المتاح من النتائج الميكروبية العادية *E. coli* أو القولونيات المقاومة للحرارة. هذه الأنواع تستخدم كدليل للتلوث البرازي الحديث (الطازج نسبياً. بالإضافة إلى الفحوص الميكروبية، توجد الباراميترات الفيزوكيميائية للماء مثل العكارة، الرقم الهيدروجيني، بقايا الكلور والمادة العضوية ربما يتم كشفها. إضافياً، تسجيل الإخفاق في وحدات معالجة المياه، المرشحات، جهاز الجرعة، مضخات الماء، شبكة التوزيع، مواسير التسرب، والتي تعتبر ذات أهمية عظمى ؛ للتقصي الأخير وتحديد حدوث التفشي المرضي.

بـاراميترات مفيـدة أخـرى ربمـا يكـشف عنهـا بواسـطة الممـدين المـائيين، أو ربمـا تستخلص من المصادر الأخرى تضمن نتائج الظواهر الجوية (مثل تساقط المطر) ونتـائج عن المؤشرات الـتي ربمـا تـؤثر جريـان المـاء أو نوعيـة المـاء (مثـل الفيـضانات، الجفـاف، الانهيارات الجليدية).

بين النتائج التي ليست مكشوفة عادة بواسطة الممدين في القواعد الروتينية ولكن ربما تساعد إذا كانت متاحة:

- التسرب من البالوعات أو غمر العواصف التي تؤثر على المصدر المائي.
- السير أو الحوادث الصناعية مع التدفق الذي يسبب تلوثاً مائياً.
- الحوادث التي تجلب ضغط سالب داخل تمديدات ماء الشرب (والتي ربما تتيح دخول الماء الملوث).

دراسة الحالة: سقوط الضغط والارتباط المتقطع

دراسـة هـذه الحالـة تنـسب إلى التفـشي المرضـي في هنغاريـا عـام ١٩٨٦م. فـوق اجتيـاز التفـشي (والـذي دام أسـبوعين) حـوالي ٣٥٠ حالـة تم كـشفها، مـع ١٤ممرضـاً مختلفـاً تم الكـشف عنهـا مـن العينـات الـسريرية (١١ نـوع مـصلى مـن *Salmonella*، ٢ *Shigella flexneeri* و*E. coli* O١٢٤). عنـدما جـاء التفـشي أولاً إلى الـضوء، مرجعـات أرجعت أن كل الحالات ناتجة عن استهلاك ماء شـرب عنـد محطـة قطـار Szalonk. عـلى الرغم من أنه لا تكسير أو إخفاق في شبكة ماء الشرب تم ملاحظتها (أكثر من سقوط في الضغط أثر على كل المنطقة)، فإن الفحص المجهري للماء من المحطة أظهر وجود أعـداد كـبيرة مـن الطحالـب الديتوميـة. الطحالـب تم تعريفهـا في كونهـا مـن تلـك الملاحظـة في النهـر، أشـارت إلى أن مـاء النهـر غير المعـالج (المحتـوي عـلى الـصرف الـصحي للقريـة) موجود في مياه الشرب في المحطة.

بعد ذلك، فإن التحليل البكتيريولوجي لنفس العينات أثبت بالفحص المجهري، مع ٧٥٪ تحتوي على الأقل ١٠٠/٨٠مل من القولونيات المقاومة للحرارة. عيب حوادث التلوث كان أخيراً في كونه ارتباط متقاطع مع شبكة الماء الصناعي التي تستخدم ماء النهر، مع صمام ارتباط ربما أصبح مفتوحاً؛ نظراً للاستجابة لسقوط الضغط.

(٧,٦) تحسين الكشف المتضمن اكتشاف الممرض

بعد الاكتشاف أو الاشتباه في التفشي، فإنه ربما من الملائم زيادة كمية العينات أكثر من تلك التي تؤخذ عادة للإمداد المحدد. الأسباب لهذا حدَّين: التقديم دليل زائد على أن الإمداد المائي هو مصدر التفشي ولتحديد الإخفاق في المعالجة أو التوزيع الذي قاد إلى التفشي. تحسين الكشف ربما يتضمن:

- أخذ عينات زائدة أكثر من العادي من نفس المواقع.
- أخذ عينات من مكان آخر من شبكة التوزيع.
- أخذ تحليل ميكروبيولوجي ليس من المعتاد أخذه (هذا ربما يضمن الكشف عن الممرضات).

زيادة أخذ العينات باستخدام طرق قياسية عن المواقع الروتينية ربما يكون ذا فائدة لكشف الأحداث قصيرة الأمد والزائلة.

صغار الممدين للماء ربما فقط من النادر أن يلجأون إلى أخذ العينات، مرة في الشهر أو أقل. إذا كان مثل هذا الإمداد الصغير متورطاً في التفشي، فإن تكرار العينة ربما يزداد إلى واحد أو أكثر من عينة واحدة يومياً.

زيادة عدد المواقع حيث تؤخذ العينات ربما ذو فائدة للكشف عن المشكلات المحلية، خلال شبكة التوزيع وعدد كبير من العينات ربما يكون ملائماً لتوزيع العينات لتشمل:

- المؤشر ومصادر القوة للتلوث الإنساني من خلال منطقة الحجز.
- مصدر الماء، المشتمل على الآبار والتي ربما ليست ذات استعمال حالي للاستخلاص والمترسبة من محميات الخزن.
- مختلف النقاط الحرجة في محطة المعالجة، والمشتملة على ماء الغسل الخلفي من قيعان المرشح.
- الماء والرواسب من مختلف النقاط في شبكة التوزيع، والمشتمل على محميات الخدمة، مواسير الخطوط وصنابير المستهلكين.
- ماء الخزن مثل حاويات الماء، الثلج، أو المرشحات إذا كانت متاحة.

واحد من معظم قطع القوى لدليل تورط الإمداد المائي كحالة للتفشي للإصابة المرضية هو عرض العامل المسبب في الإمداد، خصوصاً في حالة تأريخ الحدث المائي. وعليه، خلال معظم المتوقع من تفشي النقل المائي فإن جهداً يجب عمله؛ لعزل الممرض من الماء.

دراسة الحالة: العينات الإضافية وتقصيات الحجز

في بريطانيا، فإن تفشي مرض Cryptosporodiasis مرتبط مع محمية Thirlmere لمصدر الماء السطحي والذي تم كلورته ولكن لم يرشح قبل التوزيع (Hunter and Syed, 2001).

الزيادة في الحالات المرضية في المناطق المخدومة عن طريق Thirlmere متبوعة بالكشف عن البويضات في العينة من الماء المعالج (١٠/٣٤لتراً) عزلت البويضات من العينات السريرية ووجد فيها نوع ٢ من *Cryptosporidium* (سلالة حيوانية).

التقصي التالي أظهر البويضات في براز الخرفان من خلال محمية الحجز، وهذا عزز نظرية أن الخرفان كانوا المصدر الأساسي للتفشي. على أي حال، فإن السنة التالية من التفشي أثرت في السكان المحليين في جلاسكو والذي تصاحب مع مصدر مائي آخر غير مرشح.

كما في حالة تفشي Thirlmere، فإن الطراز الجيني للحالات السريرية كانت نوع ٢ وبويضات تمت ملاحظتها في براز الخرفان من حول الحجز. على أي حال، عندما تمت التعرف على نوع البويضات وجد أنها طراز جيني جديد لم يتم يوجد سابقاً في الإنسان، مما اقترح أن الخرفان ربما لم يكونوا المصدر (Chalmers *et al.*, 2002a). هاتان الحالتان استعرضتا حجم طرق الارتباط الجزيئي في تقصي التفشيات.

دراسة الحالة: تحليل الماء المخزون

تفشي المرض يتورط في منطقة خدمة لحوالي ١٢٠٠٠شخص. خلال مرحلة التفشي فإن ١٢٦٧حالة تم تحديدها (معدل هجوم أعلى من ١٠٪). العينات السريرية وجدت في معدل الممرضات، ولكن الواحد السائد كان *Salmonella hadar*. أظهرت عينات الماء تلوثاً برازياً كثيفاً، على الرغم من أن معظم الحالات الممرضة لم يتم ملاحظتها، على أي حال، فإن *Salmonella* عزلت من عينتين من الماء، واحدة كانت من قارورة ماء صنوبر مخزّن في ثلاجة المرضى. في كلا الحالتين فإن *S. hadar* (مثل السلالة المتورطة في التفشي) تم تحديدها.

مصدر التفشي تم تتبعه لدخول تلوث الصرف الصحي للماء الجوفي خلال اللحام الضعيف في الشبكة الأساسية الحديثة للماء. على الرغم من أن أعمال البناء في الخرطوم الأساسي الحديث كان متوقعاً منذ البداية ضمن التحديد، عزل *S. Hadar* من كلا المرضى وعينات الماء يؤكد طبيعة النقل المائي في حدوث التفشي.

(٧,٦,١) تحديد الممرض

توجد العديد من الممرضات وفيها تأكيد جيد لطرق متاحة لتحديد الممرض في الماء في الأبحاث العالمية وفي القياسات المحلية أو العالمية (Anon, 1994). هذه الحالة مع العديد من البكتيريا المعوية، مثل المقاومة للحرارة .*Campylobacter* spp، *Salmonella* spp. و *Vebrio cholerae*.

على الرغم من الواضح غير المألوف حالة تفشيات النقل المائي (Hunter, 1997)، فإن *Salmonella* يظهر في كونها يمكن عزلها بسهولة تامة من المصادر المائية المتوقعة خلال التفشيات.

Shigella spp.، على أي حال، حالة مألوفة للتفشيات العالمية الواسعة للنقل المائي ولكن الكشف عنها من الماء باستخدام الطرق التقليدية صعب؛ بسبب نقص الطرق الاختيارية الملائمة. كشف الممرض *E. coli* في تورط الماء ليست محاولة مألوفة بسبب صعوبة التفريق من غير الممرضة *E. coli*. الاستثناء عن هذه خلال تفشيات enterohaemorrhagic *E. coli*، والتي تخدم المرض كثيراً وذات نمو ذي هيئة مؤكدة للمساعدة في التمييز *E. coli* O157 عن الأنواع الأخرى.

إذا أظهرت الفيروسات تواجدها في التلوث البرازي لماء الشرب، فإن مجموعة الفيروسات المعوية يمكن بسهولة جداً ملاحظتها ولكن، بالمقارنة مع اسم هذه المجموعة، فإنها لا يمكن عموماً إحداث مرض معوي ونادراً تتورط في صراحة التفشيات.

أصبح الاستثناء فيروسات Polio، وهذه تسبب تفشيات كبرى في الماضي عندما كانت آلية النقل المائي مفترضة، على الرغم من أنه تم إثبات حالة واحدة فقط معلومة

(Farley *et al.*, 1984). دورها في حدوث نقل يعتبر مستوى ضعيفاً خلال ماء الشرب، على أي حال، فإنه علاوة على ذلك واسع التأمل.

على الرغم من أن تفشيات الكبد الوبائي A المنقول بالماء (HAV) تم تسجيلها تكراراً، فإن الكشف عن الفيروس في الماء عموماً ليست محاولة بسبب نقص التقنية المتاحة. فقط منذ عام ١٩٧٩م تم تطوير التقنيات لتكاثر فيروس HAV في المزارع النسيجية وعزله من عينات الماء (Provost and Hilleman, 1979). المثال المعروف فقط لنجاح زراعة (HAV) بالتوازي مع الطرق غير التقليدية من الماء التي تسبب تفشياً النقل المائي تم شرحها في بداية ١٩٩٠م (Divizia *et al.*, 1993).

دراسة الحالة: عزل ***Salmonella* sp.**

العينات السريرية من التفشي المرضي تظهر بتناسق *S. typhimurium* (لاقم نوع ٤، نوع حيوي ٢) باعتباره العامل المسبب. عينات الغذاء كانت سالبة ولم يتم تحديد مصدر غذائي مألوف خط النقل المائي تم اقتراحه عن طريق منع طرق أخرى ممكنة، وأيضاً بعض الوصف الوبائي. عينات الماء خلال التفشي وجدت أنها مقبولة في معاني محتوى القولونيات وعد الأطباق. وكنتيجة لغياب المؤشرات البرازية فإن عزل سلسلة التفشي *Salmonella* في عينتين من الماء تم رفضه أساساً؛ بسبب عيوب التقنية.

سلطة الصحة العامة اتخذت فعل لطلب غلي الماء وزيادة الكلورة والتي أنهت التفشي. الإثبات النهائي لطبيعة النقل المائي لم تكمل حتى أشهر عدة بعد انتهائها.

تم إطلاق ذلك بفترة قصيرة قبل تفشي العائلة (يخدم عن طريق حفرة مرحاض أكثر من اتصال بالوعة)، البقاء بجانب اتصالات خطوط الإمداد واحد من آبار الإمداد (والذي يقدم ماء غير مكلور للشبكة) إلى برج الماء والذي كان ذو خبرة في كونه مسبب مرضي بواسطة *S. typhimurium*.

التقصيات أرجعت أن خطوط الإمداد ملاصقة لحفرة المرحاض ؛ كما أنها متشققة، مما يتيح لوزن صغير مما يقحم في تلوث الماء الجوفي. عرض هذا المثال أهمية عدم إهمال النتائج وأيضاً كشف عن أن الممرض ربما يتواجد في ماء الشرب المطهر في غيار الكواشف البرازية.

(٧,٦,٢) التقنيات الجزيئية

الخط في الكشف عن الممرض من مصدر ماء الشرب المتورط غالباً أكثر إثباتا عن طريق استخدام طرق ميكروبيولوجية حديثة (خصوصاً التقنيات الجزيئية- انظر الفصل الثامن لتفصيلات أكثر)، هذه تحديداً صحيحة للفيروسات مع عدم وجود طرق سهلة وتكاثر سريع هذه المجموعة تتضمن فيروسات rota، astro، calici، فيروس الكبد الوبائي A وفيروس Norwalk وفيروسات دائرية صغيرة أخرى (West, 1991).

الطرق التقليدية للكشف عن الفيروسات تعتمد على انبعاث تقنيات النمو والتي يمكن أن تأخذ أسابيع عدة لإنجازها.

طرق تفاعل سلسلة البوليمرات العديدة (PCR) على الرغم من أنها أسرع من تقنيات النمو الخلوي التقليدية فإنها أقل حساسية من تقنيات التكاثر مع مستويات منخفضة لجزيئات فيروسية غير محددة في العينات البيئية. اتحاد نسيج النمو وطرق PCR تقدم فوائد عامة عن كل طريقة منفردة في كون الكشف عن الإصابة الفيروسية مختلفة كما أن مثبطات PCR تم إزالتها.

التحليل كثيراً قلل الزمن المطلوب للكشف عن هذه الكائنات الحية مع تناقص الأزمان إلى أيام قليلة. التطور الجديد في تقنية PCR ربما يقدم كشفاً حساساً سريعاً جداً وقياسات كمية للجزيئات الفيروسية في المستقبل.

طرق خيارية للكشف/ تحديد قوة البكتيريا الممرضة المتضمن استخدام في الموقع أنواع خاصة مهجنة دقيقة (Prescott and Fricker, 1999). قوة هذه التقنية تمكن الكائنات الحية للكشف في الموقع خلال ساعات قليلة ويمكن تحويرها للاستخدام مع أي كائن حي آخر . مع التقدم في النظام الدقيق المتقدم والتقنيات فإن العديد من الأهداف الدقيقة المختلفة للعديد من الممرضات المختلفة يمكن معاملتها معاً. هذا ربما لن يكون متاح في تحليل العينة خلال ظروف التفشي.

ما إذا تم أخذ مثل هذا المتطلب للفحص ومن ثم تقرير كل حالة. في معظم الحالات، فإن النجاح يعتمد على الإتاحة الجاهزية للشخص مع مهارة مناسبة وموارد.

للعديد من الممرضات فإن النتائج الجيدة من المحتمل أنه يمكن الحصول عليها من مراجع المكتبة المحلية أو الوطنية خصوصاً الممارسة عند الكشف عن ممرضات محددة. من الفائدة العظمى إذا كانت خطة العمل لتقصي التفشي متاحة، تحتوي على الخطوات المهمة أخذها ومعامل يمكن الاحتكاك بها في حالة الطوارئ. وبوجه آخر، فإن مراجع المعامل يجب أيضاً أن تخطط للطوارئ حتى يمكن التعامل مع المتطلبات الطارئة للمشاركة في تقصيات تفشيات النقل المائي.

دراسة الحالة: هوية الفيروس

في فنلندا فإن تفشي النقل المائي لفيروس Norwalk-like في Heinavesi ينسب إلى التفشي المرض (أثر على ٥٠٠شخص) ثلاثة أشهر مبكرة في Kuopio، مدينة تبعد ٧٠ كيلومتراً عن النهر (Kukkula *et al.*, 1999). الصرف الصحي من Kuopio كان يطرح في البحيرة (ومنها تأخذ Heinavesi الماء الخام)، حيث عند حدوث وقت التفشي فإن الجليد يزداد.

تحليل تفاعل سلسلة البوليمرات العديدة المنسوخ يكشف فيروس في عينات ماء الصنوبر في Heinavesi ، وأيضاً يعرض أن الفيروس تم تعريضه لتلك المعزولة من العينات السريرية في كلا التفشيات (Maunula *et al.*, 1999).

(٧,٦,٣) النتائج السالبة

على الرغم من أن الكشف الممرض ذو أهمية في تقصي التفشي، فإن استعادة الممرضات من ماء الشرب غالباً غير ناجحة حتى عند يكون الاستعداد متصاحباً بشدة مع التفشي.

ربما معظم المألوف من حالة الإخفاق للكشف عن تورط الممرض هو الوقت بين التلوث والإصابة التالية والزمن الذي فيه التفشي ملاحظ واستهلاك التقصيات.

انتقال حدث التلوث ربما يقود فقط إلى تلوث مؤقت للإمداد.

فرصة الوجود للعامل الممرض أيضاً تعتمد على الطريقة المستخدمة ونشاط الكائنات الحية في البيئة المائية بالعموم ومقاومته للمطهرات المائية. إضافياً، قدرة كشف الممرض في الإمداد المائي ربما تعوّق عن طريق تطبيق لإنجاز مألوف من مثبط مطهر قوي، والذي بعض الأحيان يتواصل قبل التأكد من عينات (عينة) ملائمة تم أخذها للفحص المائي، وعليه فإن تحطيم أي بقايا للممرضات التي ربما تكون متواجدة.

حتى إذا كانت العوامل الممرضة ملاحظة في تورط ماء الشرب فإن هذا ربما ليس دائماً ذو علاقة مع الصورة السريرية. في تفشي واحد، على سبيل المثال، كلا فيروسات coxsackie echo-and والمعزولتان من عينة ماء ولكن الصورة السريرية المتورطة لنوع مختلف من الإصابة الفيروسية (Stenstrom, 1994)، بوضوح حيث إن تلوث الصرف الصحي أظهر كشف ممرضات مختلفة كان غير مدهش. في هذه الحالة،

فإن عزل الممرض يختلف للحالة الأولى المحدثة للتفشي والتي قد تكون فقط أخذت كدليل لإدارة مائية غير كافية (ملائمة).

(٧,٦,٤) نوع الممرض ووصف السلالة

حتى عندما من الممكن كشف الممرض، في بعض الحالات فإنه قد يكون غير كاف لتحديد الكائن الحي المسبب في الإنسان أو العينات البيئية، فقط لأسفل مستوى للأنواع. وصف زائد ربما يكون حيوياً في تحديد مصدر التلوث وعدد من التجهيزات يمكن أن تكون ذات منفعة، مثل صورة المعتاد القادم. هذه يمكن أن تكون مختلفة على سبيل المثال، بين الإنسان والمصدر البرازي غير الإنساني كما في حالة البكتيريا التي تصيب الإنسان والمواشي والتي غالباً تكون مقاومة لمضادات حيوية مختلفة.

الاستخدام التقليدي للنوع هو تمكين الباحثين لتحديد ما إذا كانت السلالات المعزولة من المصادر المختلفة لا يمكن تمييزها أولاً. استخدام آخر في تحديد الحدة (مثل إذا كانت سلالات مختلفة مع الأنواع تختلف في قدرتها على إحداث المرض). أخيراً، بعض الأحيان فإن السلالة المختلفة الأنواع تمتلك وبائيات مختلفة كما في حالة *Cryptosporidium parvum* حيث سلالة النوع ٢ تعتبر حيوانية ونوع ١ مقيدة بشدة لإحداث الإصابة في الإنسان.

عندما يتم اختيار أي طريقة نوعية فإن هناك عدداً من الصفات المطلوب اعتبارها (Hunter, 1991) وهذه تشمل:

- النموذجية (انسجام السلالات التي يمكن أن تميزّ بتلك الطريقة).
- الإنتاجية (احتمال أنه إذا كان نفس السلالة تم إعادة اختيارها فإنها سوف تعطي نفس النتائج).

- قوة التمييز (قدرة الطريقة للتمييز بين السلالات غير ذات الصلة).

بالإضافة إلى ذلك، فإن التكلفة، سهولة استخدام خطوط الزمن تعتبر عوامل مهمة. توجد العديد من الاختلافات في الطرق النموذجية المشروحة في المراجع والطريقة المثلى تعتمد على الكائن الحي تحت التقصي، الأسباب لذلك (ما إذا كان الهدف هو وصف السلالات القليلة المتصاحبة مع تفشي المستشفى أو يهدف إلى إشراف بين الدولة) والثروات المتاحة للمعمل النموذجي (كلا الخبرة المالية والتقنية).

هذا الفصل ركز أساساً على الطرق النموذجية الجزيئية الحديثة (مع تفصيلات أكثر في الفصل الثامن)، والتي تم استخدامها بزيادة منذ ١٩٨٠م. على أي حال، الطرق النموذجية استخدمت عن طريق الميكروبيولوجيين طويلاً قبل ذلك. واحد من أكثر التقنيات التقليدية المهمة صنف المصل، والذي لا يزال طريقة نموذجية أساسية تستخدم في تصنيف عدد من الكائنات الحية الدقيقة والتي تشمل: *Salmonella* spp.، *Shigella* spp.، *E. coli* والفيروسات المعوية (Threlfealla and Forest, 1990; Hinton, 1985; Wenner, 1982). تعمل عن طريق التفريق بين السلالات على أساس السطح المولد للمضاد البكتيريا الممرض فإن الطريقة أساساً تتضمن خلط السلالة تحت تقصي مع مصل مختلف وينظر إلى التخثير. للفيروسات، فإن التقنية عادة يتضمن عرضاً فقد القدرة على إصابة خلايا الأنسجة بعد الخلط مع المصل.

طرق نموذجية أخرى تشمل (Aber and Mackel, 1981):

- نموذج لاقمات البكتيريا حيث السلالات تتميز استناداً إلى قابليتها على قتل لاقمات البكتيريا. هذه الطريقة لا تزال ذات استخدام مألوف لبكتيريا *Staphylococcus aureus*، ومختلف الأنواع المصلية من Salmonella (Threlfeall and Forest, 1999).

- النموذج الحيوي والتي يتم التفريق استناداً متطلبها لاختيارية الغذاء للنمو. على الرغم من كونها واسعة الاستخدام في الماضي للعديد من مختلف المرضات والمشتملة على *E. coli* (Hinton, 1985). النموذج الحيوي ذات إخفاق كبير في عدم التأييد.على أي حال، ربما لا تزال ذات دور مهم في المختبرات ذات الموارد القليلة.
- النموذج المقاوم حيث يتم التفريق بين السلالات في قابليتها لمختلف المضادات الحيوية وبعض عوامل مقاوم الميكروبات، وتعرف عادة باسم مقاوم جرام الحيوي. النموذج المقاوم يعتمد على طرز حساسية المضادات الحيوية ذات الإعتبار المنفعي حيث فحص قابلية مقاوم الميكروبات يؤخذ بتكرار كعلاج إرشادي وعليه فإن النتائج عادة تعتبر مؤشر.

كطريقة نموذجية، فإن نموذج المقاومة جاء ليعطي كشف سريع للسلالات مع مقاوم جرام الحيوي غير المعتاد.

- نموذج بكتيريسين وهذا يستند على إنتاج أو قابلية على العديد من بكتيريسين (مركبات تنتج عن طريق البكتيريا الذي يثبط نمو السلالات الأخرى). هذه الطريقة ذات استخدام مألوف في أنواع *Pseudomonas aeuroginosa* عندما كانت تعرف بكونها نموذج Pyocin (Pitt, 1988). وحالياً، على أي حال، فإنها قد أبطلت بتوسع عن طريق طرق أخرى. المشكلة الأساسية مع الطرق التقليدية تكراراً في كونها ذات قدرة منخفضة وقوة تمييز. علاوة على ذلك، فإنها يمكن غالباً فقط أن تعمل من خلال مختبرات مؤكدة المرجعية، كما أن إرسال السلالات بعيداً يمكن أن يؤدي إلى تأخير.

العديد من الطرق الجزيئية الحديثة توفر اعتبارات منفعية للنموذج وعدد من DNA لتقنيات بصمة الإصبع تم شرحها، المشتملة على التالي:

- جزء مقيد طويل من (RFLP) Polymorphism.
- مجال هلامي نبض للشحنات الكهربائية.
- اتساع عشوائي من (Blymorphic, DNACRAPD).

تلك تمكنّ كل عزلة للموصف عن طريق وضع فريد لطرز رباط وفيها يمكن استخدامها لتحديد خاص أو للأغراض الوبائية وقد تم شرحها بتفصيل أكثر في دراسة الحالة التالي وفي الفصل الثامن.

دارسة الحالة: نموذج ***shigella***

في عام ١٩٩٨م، في Nagasaki في اليابان، كان هناك خمس تفشيات كبيرة للإصابة من *shigella sonnei*، مع ٤٧٠ حالة متواصلة وحالات وبائية ٨٢١ مرتبطة. بدأ تفشي التقصي عندما تم تسجيل ٦ حالات مرضية لطلاب (تم إدخال خمسة للمستشفى): جميع الطلاب تناولوا طعام الغداء في بوفيه الجامعة. الحالة وجدت حالة نشطة تم دراستها من قبل الجامعة (طلاب، أعضاء هيئة التدريس والزائرين). وجد أن ٢٥ ٪ من مستخدمي الجامعة الرسميين لهم الأعراض التي تنطبق على الحالة التي تم تحديدها.

مراجعات المرضى لا تعطي دليلاً عن الطعام المألوف، ولكن استهلاك الماء في حرم الجامعة كان متوقعاً مصاحبته للمرض. حرم الجامعة يتم إمداده من بئرين ضحلين، مع ماء بدون معالجة أكثر من الكلوّرة. المطهّر، على أي حال، يعتقد بأنه غير كاف مع العينات التي توضح لا دليل عن بقايا الكلور. إضافة، فإن الفحوص الميكروبية كانت موجبة في حالة *Salmonella Sonnei*. مصدر التلوث كان أثر لتسرب

الصرف الصحي الخام من أنابيب الصرف الصحي القريبة (تم تحديده عن طريق استخدام آثار من كلوريد الصوديوم).

البصمة الوراثية DNA، باستخدام نبض الحقل الهلامي للشحنات الكهربائية كشف أن عزلة *Shigella sonnei* تم تحديدها من كلا العينات السريرية والمائية.

التفشي توقف عن طريق إصدار تعليمات بعدم شرب ماء الحرم الجامعي ثم بعد ذلك تم إغلاقه من مصدر البئر إلى الإمداد من البلدية.

دراسة الحالة : تحديد ***Cryptosporidium***

التوصيات الحديثة في تطبيق الطرق الحيوية الجزيئية في حالة *Cryptosporidium* ساهمت كثيراً في معرفة وباء مرض Cryptosporidiosis. المرض للإنسان عادة يحدث عن طريق *C. Parvum* ، وفيها نوعان وراثيان سائدان. النوع الجيني ١ والنوع الجيني ٢ (نوع٢) وهذا نوع جيني حيواني يسبب مرض للإنسان والحيوان (fayer *et al.*, 2000).

وعليه، فإن كشف النوع الجيني ١ يدل على المصدر الإنساني من الإصابة أو التلوث والنوع ٢ قد يكون مصدره الإنسان أو الحيوان.

الأنواع الجينية، وبعض الأنواع ، من *Cryptosporidium* لا يمكن التفريق عنها بواسطة المجهر.

وصف العزلات باستخدام تضخيم DNA على الطرق المعتمدة يعتبر ذو فائدة أعلى عن طرق النوع النمطي بما أنه نسبياً لكائنات حية قليلة مطلوبة (Gasser and O'Donnghue, 1999).

الوصف الجزيئي للكائن *Cryptosporidium* المتضمن تحليل تكرار لسلاسل DNA، RAPD ، PCR المباشر مع تتابع DNA وتحليل PCR IRFLD (Clark, 1999; Morgon *et al.*, 1999).

النوعية الجينيين المتميزين من *C. parvum* تم تفريقهم تركيبياً عند تنوع موضع الجين (Fayer *et al.*, 2000) والمشتمل على:

- بويضات *Cryptosporidium* بروتينية الجدار (COWP).
- مختزلة الحمض النووي الريبوزي.
- rDNA18S (وحدة تحتية صغيرة من ribosomal RNA).
- نسخة داخلية مباعدة من 1TS1 and 1TS2 rDNA).
- تصنيع Acety1-CoA.
- مختزلة Dihydrofolate− مصنعة Thymidylate (dhfr-ts).
- بروتينات الارتباط ذاع العلاقة Thrombospondin (TRAP-C1 and TRAP-C2).
- ألفا وبيتا الأنبوبي.
- 70KDa بروتين الصدمة الحرارية (hsp 70).

تطبيق تقنيات النمو الجيني تقود أيضاً إلى وصف إضافية للكائن الحي *Cryptosporidium* spp.، كما أصبح من الواضح أنه بينما عموم المرض *Cryptosporidiosis* للإنسان المتسبب عن C. Parvum غير الأنواع أيضاً وجد أنه يصيب كلا من مرضى المناعة التنافسية ومرضى المناعة الوسطية (Fayer *et al*., 2000; Chalmers *et al*., 2002b) هناك دليل من أن بعض الأزواج البادئة تعتبر أنواعاً متخصصة، مثل تلك TRAP-C2 والتي تنسب إلى الطفيليات الحيوانية وتلك بعض PCRIRFLPs تختلف عن أنواع/ النمط الجيني سهلة أكثر من الأخرى (Sulaiman *et al.*, 1999). بينما PCRIRFLP واسعة الاستخدام للوصف، وتتيح للعينات للتحليل والمقارنة، فقط القواعد عن مواقع الإنزيم المقيد فحصت. يقدم التحليل التتابعي القياس الذهبي، منذ أن كانت جميع القواعد بين تتابع الهدف عند الموضوع المفحوص. أهمية إثبات

التحليل التتابعي لطراز RFLP، مشابه لذلك الذي تم توضيحه عن طريق Chalmers *et al.*, (2002) والذي حدد طراز جديد من RFLP، مشابه إلى C. Parvum للجين النمطي ١، في حين COWP للعزلات من الخرفان، ولكن نتائج السلسلة بوضوح تتميز العزلة. وعليه، يجب اختيار بدائي بدقة وتحليل إنتاج PRC مطلوب للكشف والوصف، خصوصاً من العينات البيئية حيث مدى واسع من Cryptosporidia وكائنات حية أخرى ربما تتواجد.

يجب أيضاً ملاحظة أن استعادة البويضات وطرق PCR من العينات البيئية، تتضمن الماء، يجب الآن معاينتها (قياسها).

التفريق المستقبلي لتحت الأنواع من خلال الجين النمطي للكائن *Cryptosporidium* قدم الخلال لتقصيات الوبائيات (Glaberman *et al.*, 2001)، ومختلف دورب الأدوات تم تقصيها وتقييمها. اكتشاف عدد من النيوكليتيدات الثنائية والثلاثية المتكررة من خلال جينوم *Cryptosporidium* يمكن عرض للتتابع الدقيق النموذجي كطريقة لزيادة الفصل من خلال فئة من *C. parvum* (Caccio, 2000).

استخدم Blasdall *et al.*, (2001) مصادفة ظاهرة لتجاور اثنين من الجينات غير المشفرة داخل جينوم *Cryptosporidium*، لحصاد مستوى عائل لإحلال *C. parvum* في الطريقة النشطة حيث تم تقييد طرز ذات ثبات ظاهر أعلى من عدد السنوات داخل الجماعة المفردة.

التحليل التسلسلي من الشريط الثنائي الصغير خارج كروموسوم RNAs في *C.parvum* (Xiao *et al.*, 2001) وجين Polymorphic عالٍ ذي شفرة 6oKDa من جليكوبروتين (Strong *et al.*, 2000) أيضاً تقديم مسار الأدوات، بينما تحليل الشريط المفرد لإثبات Polymorphisms أيضاً تم تقصية كأداة تحت نموجية (Gasser *et al.*, 2001).

الطرق المناقشة في الأعلى ذات تأثير منفعي حاصل فعلاً في تقصي التفشيات للنقل المائي لمرض Cryptosporidiosis . القدرة على التفريق بين الأنماط الجينية الإنسانية والحيوانية تعتبر توجه معنوي من خلال تحديد المصدر الممكن للتلوث.

استطاع Patetl *et al.,* (1998) عرض أن أثنين من التفشيات الناشئة خلال ما يفترض بأنه تلوث زراعي والمنسوب أساساً إلى تلوث مياه الصرف الصحي للإنسان. على أي حال، فإن النموذج يعتمد فقط على النمط الجيني والذي يملك قوة تمييز ضعيفة. في حالة التفشي مع السلالة الحيوانية، فإن النمط الجيني وحده لا يمكن أن يمكنّ المتقصين من تحديد أي جماعة من المحتمل أن تكون مسئولة عن أحداث التلوث. الطرق لزيادة التفريق للسلالة التي تمت مناقشتها في الأعلى ذات قوة للإصابة عن هذه الأنواع من السؤال. تحسين تمييز السلالة يمكن أيضاً أن يحسّن تقصي الوباء للتفشي عن طريق تحسين حالة التعريف. الحالات المحتملة والتي تصاب مع السلالة أكثر من سلالة التفشي ربما تزال من التحليل، وعليه فإن هذا يقلص جهد الانحراف.

(٧,٧) الملخص

تفشيات النقل المائي تعتبر معظم المشاهد لظاهرة النقل المائي للمرض. الفحوصات الميكروبيولوجية تمتلك أدواراً عدة في تقصي التفشيات.

كشف مسببات الممرض في الإمداد المائي يعد من أحسن الأدلة للربط بين الإمداد المائي وتفشي المرض. على أي حال، لعدد من الأسباب فإنه تكراراً من غير الممكن الحصول على هذا الجزء من الدليل.

الطرق الجزيئية الحديثة ربما قدمت حظ أحسن في تحديد الممرضات في الإمداد المائي أكثر من طرق الاستنبات التقليدية. على أي حال، الحساسية لا تزال منخفضة وحتى إذا الحساسية زادت فلا يوجد فحص يكشف كائن حي تدفق من شبكة التوزيع لأسبوع أو أكثر من قبل.

الاستعداد لخطط الحادثة يجب نموذجياً أن يتضمن توفيراً ملائماً للجمع وخزن العينات المائية خلال تفشي النقل المائي الممرض المتوقع للمساعدة مع العمل الإضافي. على أي حال، طرق التقصي بعد التفشي لا تتطلب أن يكون الممرض قد تم كشفه في الإمداد.

الاستخدام الأساسي الثاني للتقصيات الميكروبيولوجية هي عرض فحوص الإخفاق في المعالجة القصوى للماء والتوزيع.

الفحوص المختبرية ربما تقدم معلومات مهمة، في كونها ربما أن النتائج عن زيادة العينات تستخدم كقياس بكتيريا القولون وعدد القولونيات المقاومة للحرارة.

فوق كل ذلك، فإن الميكروبيولوجيا تعتبر الأساس في تشخيص الحالات المفردة للإصابة في المجاميع الإنسانية.

المجاميع الإنسانية لا تزال الكاشف الأحسن في كونها التهديد المؤكد للإمداد المائي (على سبيل المثال لمرض Cryptosporidiosis) بزيادة، فإن التقنيات الحديثة أصبحت تستخدم للسلالات النوعية المعزولة من الإنسان لإثبات أن الحالات بالفعل جزء من تفشي الإصابة مثل هذا النموذج ربما أيضاً يقدم معلومات للوبائيات في التفشي، كما عندما السلالات من الإنسان يمكن أن تظهر مثل السلالات المعزولة من البيئة.

أخيراً، البارامترات الميكروبية وغيرها قدمت أدوات متاحة لإنذار مسئول لإمكانية أن يصبح الماء غير آمن. تمييز استخدام المؤشرات البارامترية من خلال نظام خطة الماء الآمن يجب أن تقدم تحذير مبكر لحوادث الصحة العامة القوية، الاستعداد

يجب أن يخفض خطر الصحة العامة حتى عند حادث مخطط والتي فيها استجابة الإصلاح الخاصة لم يتم إعدادها.

المراجع

Aber, R.C. and Mackel, D.C. (1981) Epidemiologic typing of nosocomial microorganisms. *American Journal of Medicine* **70,** 899-905.

Andersson, Y. and Bohan, P. (2001) Disease surveillance and waterborne outbreaks. In: *Water Quality: Guidelines, Standards and Health. Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease.* Fewtrell, L. and Bartram, J. (Eds.) IW A Publishing, London. pp.115-133.

Angulo, F.J., Tippen, S., Sharp, D.J., Payne, B.J., Collier, C., Hill, J.E., Barrett, T.J., Clark, R.M., Geldreich, E.E., Donnell, H.D. and Swerdlow, D.L. (1997) A community waterborne outbreak of salmonellosis and the effectiveness of a boil water order. *American Journal of Public Health* 87(4),580-584.

Anon (1994) *The Microbiology of Water* 1994: *Part* 1 - *Drinking water.* Reports on Public Health and Medical Subjects, No. 71. Her Majesty's Stationery Office, London.

Badenoch, J. (1990) *Cryptosporidium* in water supplies. Report of the Group of Experts. Department of the Environment, Department of Health. Her Majesty's Stationery Office, London.

Barwick, R.S., Levy, D.A., Craun, G.F., Beach, M.J. and Calderon R.L. (2000) Surveillance for waterborne-disease outbreaks--United States, 1997-1998. *Morbidity and Mortality Weekly Report. CDC Surveillance Summaries* **49** (SS-4), 1-21.

Blasdall, S.A., Ongerth, J.E. and Ashbolt, N.J. (2001) Differentiation of *Cryptosporidium parvum* subtypes by a novel microsatellite-telomere PCR with PAGE. *Proceedings of Cryptosporidium from Molecules to Disease,* 7-12 *October 2001.* Esplanade Hotel Fremantle, Western Australia. Murdoch University, Perth.

Caccio, S., Homan, W., Camilli, R., Traldi, G., Kortbeek, T. and Pozio, E. (2000) A microsatellite marker reveals population heterogeneity within human and animal genotypes of *Cryptosporidium parvum. Parasitology* **120,** 237-244.

Casemore, D.P. (1992) A pseudo-outbreak of cryptosporidiosis. *Communicable Disease Report. CDR Review* 2(6), R66-R67.

Chalmers, R.M., Elwin, K., Reilly, W.J., Irvine, H., Thomas, A.L. and Hunter, P.R. (2002a) *Cryptosporidium* in farmed animals: the detection of a novel isolate in sheep. *International Journal of Parasitology* **32,21-26.**

Chalmers, R.M., Elwin, K. and Thomas, A. (2002b) Unusual types of cryptosporidia are not restricted to immunocompromised patients. *Journal of Infectious Diseases* **185,** 270-271.

Clark, D.P. (1999) New insights into human cryptosporidiosis. *Clinical Microbiology Reviews* **12,** 554-63.

Deere, D., Stevens, M., Davison, A., Helm, G. and Dufour, A. (2001) Management Strategies. In: *Water Quality: Guidelines, Standards and Health. Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease.* Fewtrell, L. and Bartram, J. (Eds.) IW A Publishing, London. pp. 257-288.

Divizia, M., Gnesivo, C., Bonapasta, R.A., Morace, G., Pisani, G. and Pana, A. (1993) Hepatitis A virus identification in an outbreak by enzymatic amplification. *European Journal of Epidemiology* **9,203-208.**

Elwin, K., Chalmers, R.M., Roberts, R., Guy, E.C. and Casemore, D.P. (2001) The modification of a rapid method for the identification of gene-specific polymorphisms in *Cryptosporidium parvum,* and application to clinical and epidemiological investigations. *Applied and Environmental Microbiology* **67,5581-5584.**

Farley, K.R.J., Rutherford, G., Litchfield, P., Hsu, S.T., Orenstein, W.A., Schonberger, L.B., Bart, K.J., Lui, KJ. and Lin, C.C. (1984) Outbreak of paralytic poliomyelitis, Taiwan. *Lancet* ii,1322-1324.

Fayer, R., Morgan, U. and Upton, S.J. (2000) Epidemiology of *Cryptosporidium:* Transmission, detection and identification. *International Journal for Parasitology* **30,** 1305-1322.

Gasser, R.B. and O'Donoghue, P. (1999) Isolation, propagation and characterization of *Cryptosporidium. International Journal for Parasitology* 29, 1379-1413.

Gasser, R.B., Zhu, X.Q., Caccio, S., Chalmers, R., Widmer, G., Morgan, D., Thompson, R.C.A., Pozio, E. and Browning, G.F. (2001) Genotyping *Cryptosporidium parvum* by single-strand conformation polymorphism analysis of ribosomal and heat shock gene regions. *Electrophoresis* 22, 433-437.

Glaberman, S., Moore, J., Lowery, C., Chalmers, R.M., Elwin K., Rooney, P., Millar, C., Dooley, J., Lal, A.A. and Xiao, L. (2001) Investigation of three drinking water associated outbreaks of cryptosporidiosis in Northern Ireland using genotyping and subgenotyping tools. American Society for Tropical Medicine and Hygiene meeting, Atlanta, GA.

Hinton, M. (1985) The sub-specific differentiation of *Escherichia coli* with particular reference to ecological studies in young animals including man. *Journal of Hygiene* 95, 595-609.

Hunter, P.R. (1991) A critical review of typing methods for *Candida albicans* and their applications. *Critical Reviews in Microbiology* 17,417-34.

Hunter, P.R. (1997) *Water-borne Disease: Epidemiology and Ecology.* Wiley, Chichester.

Hunter, P.R. (2000a) Advice on the response to reports from public and environmental health to the detection of cryptosporidial oocysts in treated drinking water. *Communicable Disease and Public Health* 3,24-27.

Hunter, P.R. (2000b) Modelling the impact of prior immunity, case misclassification and bias on case-control studies in the investigation of outbreaks of cryptosporidiosis. *Epidemiology and Infection* 125, 713-718.

Hunter, P.R. and Syed, Q. (2001) Community surveys of self-reported diarrhoea can dramatically overestimate the size of outbreaks of waterborne cryptosporidiosis. *Water Science and Technology* 43, 27-30.

Hunter, P.R. and Syed, Q. (2002) Recall bias in a community survey of selfreported gastroenteritis undertaken during an outbreak of cryptosporidiosis strongly associated with drinking water after much press interest. *Epidemiology and Infection.* In press

Kramer, M.H., Herwaldt, B.L., Craun, G.F., Calderon, R.L. and Juranek, D.D. (1996a) Surveillance for waterborne-disease outbreaks - United States, 1993-1994. *Morbidity and Mortality Weekly Report. CDC Surveillance Summaries* 45(SS-I), 1-33.

Kramer, M.H., Herwaldt, B.L., Craun, G.F., Calderon, R.L. and Juranek, D.D. (1996b) Waterborne disease - 1993 and 1994. *Journal of the American Water Works Association* 88(3), 66-80.

Kukkula, M., Maunula, L., Silvennoinen, E. and v. Bonsdorff, C-H. (1999) Outbreak of viral gastroenteritis due to drinking water contaminated by Norwalk-like viruses. *Journal of Infectious Disease* **180,** 1771-1776.

Leland, D., Acanulty, J., Keene, W. and Stevens, G. (1993) A cryptosporidiosis outbreak in a filtered-water supply. *Journal of the American Water Works Association* 85(6), 34-42.

Levy, D.A., Bens, M.S., Craun, G.F., Calderon, R.L. and Herwaldt, B.L. (1998) Surveillance for waterborne-disease outbreaks - United States, 19951996. *Morbidity and Mortality Weekly Report. CDC Surveillance Summaries* 47(SS-5), 1-34.

Maunula, L., Piiparinen, H. and v. Bonsdorff C.-H. (1999) Confirmation of Norwalk-like virus amplicons after RT -PCR by microplate hybridization and direct sequencing. *Journal of Vir ologica I Methods* 83, 125-134.

Mayon-White, R.T. and Frankenberg, R.A. (1989) Boil the water. *Lancet* **ii,** 216

Mentzing, L.O. (1981) Waterbome outbreaks of Campylobacter enteritis in central Sweden. *Lancet* **ii,** 352-354.

Millson, M., Bokhout, M., Carlson, J., Speilberg, L., Aldis, R., Borczyk, A.Z. and Lior, H. (1991) An outbreak of *Campylobacter jejuni* gastroenteritis linked to meltwater contamination of a municipal well. *Canadian Journal of Public Health* 82,27-31.

Moore, A.C., Herwaldt, B.L., Craun, G.F., Calderon, R.L., Highsmith, A.K. and Juranek, D.D. (1993) Surveillance for

waterborne disease outbreaks United States, 1991-1992. *Morbidity and Mortality Weekly Report. CDC Surveillance Summaries* 42(SS-5), 1-22.

Morgan, U.M., Xiao, L., Fayer, R., Lal, A.A. and Thompson, R.C.A. (1999) Variation in *Cryptosporidium:* towards a taxonomic revision of the genus. *International Journalfor Parasitology* **29,1733-1751.**

Murray, C.J.L. (1994) Quantifying the burden of disease: the technical basis for disability-adjusted life years. *Bulletin of the World Health Organization* 72(3), 429-445.

Q'Donnell, M., Plait, C. and Aston, R. (2000) Effect of a boil water notice on behaviour in the management of a water contamination incident. *Communicable Disease and Public Health* **3,** 56-59.

Patel, S., Pedraza-Diaz, S., McLauchlin, J. and Casemore, D.P. (1998) Molecular characterisation of *Cryptosporidium parvum* from two large suspected waterborne outbreaks. *Communicable Disease and Public Health* **1,** 231-233.

Percival, S.L., Walker, J.T. and Hunter P.R. (2000) *Microbiological Aspects of BiofUms and Drinking Water.* CRC Press, Boca Raton.

Pitt, T.L. (1988) Epidemiological typing of *Pseudomonas aeruginosa. European Journal of Clinical Microbiology and Infectious Diseases* **7,** 238-247.

Prescott, A.M. and Fricker, C.R. (1999) Use of PNA oligonucleotides for the *in situ* detection of *Escherichia coli* in water. *Molecular and Cellular Probes* **13,** 261-268.

Provost, PJ. and Hilleman, M.R. (1979) Propagation of human hepatitis A virus in cell culture in vitro. *Proc. Soc. Exp. Bioi. Med.* **160,** 213-221.

Ramsay, C.N. and Marsh, J. (1990) Giardiasis due to deliberate contamination of water supply. *Lancet* **336,880-881.**

Rollins, D.M. and Colwell, R.R. (1986) Viable but non-culturable stage of *Campylobacter jejuni* and its role in survival in the natural aquatic environment. *Applied and Environmental Microbiology* 52(3), 531-538.

Rose, J.B., Lisle, J.T. and LeChevallier, M. (1997) Waterbome cryptosporidiosis: Incidence, outbreaks and treatment strategies. In: *Cryptosporidium and Cryptosporidiosis.* Fayer, R. (Ed.) CRC Press, Boca Raton.

West, P.A. (1991) Human pathogenic viruses and parasites: emerging pathogens in the water cycle. *Society for Applied Bacteriology Symposium Series* **20,** 107S-114S.

Schmidt, K. (1995) WHO surveillance programme for control of foodbome infections and intoxications in Europe. Sixth report, 1990-92. BgVV, Berlin, p. 14.

Shaw, P.K., Brodsky, R.E., Lyman, D.O., Wood, B.T., Hibler, C.P., Healy, G.R., Macleod, K.!., Stahl, W. and Schultz, M.G. (1977) A communitywide outbreak of giardiasis with evidence of transmission by a municipal water supply. *Annals of Internal Medicine* **87,** 426-432.

Stenstrom, T.A. (1994) A review of water-borne outbreaks of gastroenteritis in Scandinavia. In: *Water and Public Health.* Golding, A.M.B., Noah, N. and Stanwell-Smith, R. (Eds.) Smith-Gordon, London. pp.137-143.

Strong, W.B., Gut, J. and Nelson, R.G. (2000) Cloning and sequence analysis of a highly polymorphic *Cryptosporidium parvum* gene encoding a 60kilodalton glycoprotein and characterization of its 15- and 45- kilodalton zoite surface antigen products. *Infection and Immunity* **68,** 4117-4134.

Sulaiman, IM, Xiao, L., and Lal, A.A. (1999) Evaluation of *Cryptosporidium parvum* genotyping techniques. *Applied and Environmental Microbiology* **65,4431-4435.**

Swerdlow, D.L., Mintz, E.D., Rodriguez *et al.* (1992) Severe life-threatening cholera in Peru: predisposition of persons with blood group O. Abstract 941. Program, 32nd Interscience Antimicrobial Agent Chemotherapy Conference, 267.

Threlfall, EJ. and Frost, J.A. (1990) The identification, typing and fingerprinting of *Salmonella:* laboratory aspects and epidemiological applications. *Journal of Applied Bacteriology* **68,5-16.**

Vogt, R.L., Sours, H.E., Barrett, T., Feldman, R.A., Dickinson, RJ. and Witherell, L. (1982) *Campylobacter* enteritis associated with contaminated water. *Annals of Internal Medicine* **96,** 292-296.

Wenner, H.A. (1982) The enteroviruses: recent advances. *Yale Journal of Biology & Medicine* **55,** 277-82.

Willocks, L.J., Sufi, F., Wall, R., Seng, C. and Swan, A.V. (2000) Compliance with advice to boil drinking water during an outbreak of cryptosporidiosis. *Communicable Disease and Public Health* **3,** 137-138.

WHO (1999) *Water and Health in Europe.* World Health Organization Regional Office for Europe, Copenhagen.

Xiao, L., Limor, J., Bern, C. and Lal, A.A. (2001) Tracking *Cryptosporidium parvum* by sequence analysis of small double-stranded RNA. *Emerging Infectious Diseases* **7,** 141-145.

الفصل الثامن

طرق تحليل الفحص الميكروبيولوجي لنوعية الماء

W. Köster, T. Egli, N. Ashbolt, K. Botzenhart, N. Burlion, T. Endo, P. Grimont, E. Guillot, C. Mabilat, L. Newport, M. Niemi, P. Payment, A. Prescott, P. Renaud A. Rust

(٨,١) المقدمة

يوجد مدى واسع من الكائنات الحية الدقيقة ذات الاهتمام في فحص نوعية (جودة) الماء. نشرح هنا مجموعة الطرق المهمة المستخدمة حالياً للكائنات الحية كمؤشر أساسي والعديد من الممرضات ذات الاهتمام.

العامل المحدد الأساسي في تقييم نوعية الميكروبات للماء، وخصوصاً ماء الشرب، هي غالباً العدد الضئيل جداً لكل كائن حي متواجد. وعليه، فإنه من المهم ملاحظة أن معظم الخطوات الميكروبيولوجية تحتوي على: تركيز غني، وكشف ومقدار، (الجدول رقم ٨,١). نتيجة هذه العملية ثنائية الخطوة في كونها تقدم في تقنية أي خطوة واحدة (مثل الكشف) بينما إمكانية التغير الجذري، ربما تكون حجم محدد إذا كانت مجموعة الهدف لا يمكن تركيزها على نحو مرض قبل أن تصبح موضوع نظام الكشف.

هذا الفصل يؤسس حول النتيجة المنطقية لخطوات هذه الطريقة وعمليات مألوفة للمجاميع الميكروبية المختلفة والتي تمت مناقشتها في جزء واحد. نشوء التقنيات أيضاً تمثل، مشتمل على إمكانية التشغيل الأتوماتيكي للطريقة الكاملة أو جزء منها. إنجاز ومصادقة الطرق والاعتبارات الإحصائية خلف اختيار عدد العينات تم فحصها. يختم الفصل مع ملخص لجداول للطرق الأساسية على طول مع فوائدها ومضارها وقائمة للاختصارات.

الجدول رقم (٨,١). مثال لخطوات الطريقة المختلفة المتضمن في تحليل الكائنات الحية الدقيقة.

عناصر الطرق المألوفة	المجاميع الميكروبية		
	الفيروسات	البكتيريا	الطفيليات الأولية
التركيز	ادمصاص	مرشح غشائي	خرطوشة مرشح/ فصل مغنطيسي مناعي
الكشف/ العد	نمو خلوي/ تأثير استلامي، لوحة عد للوحدات المتكونة	نمو مختار على الآجار، عد المستمرة للوحدات المتكونة	صبغ مناعي حيوي/ حساب الحويصلات الفلور سنتي

(٨,٢) استخلاص هدف الكائنات الحية الدقيقة المستهدفة

العمليات التقليدية لعزل المؤشرات الميكروبية تعتمد على طرق أطباق الآجار والبيئات السائلة. أساس تقنية حيث الأطباق ذات حجم أقصى للعينة حوالي ١ملل.

بينما عن طريق تقنية نشر الأطباق تستخدم ٠,١ إلى ٠,٢ملل للعينات للأحجام الكبيرة فإنه مطلوب معالجة وسرعة، على أي حال، فإن تقنية الترشيح الغشائي تعتبر ممتازة إذا لم تكن الحبيبات المتداخلة غير مركزة في وقت واحد. طرق الاستنبات السائلة، والتي تستخدم للكشف عن الكائن الحي الهدف (فحص الوجود/ الغياب)

أو كمياً، باستخدام تقنيات الأنابيب المتضاعفة ومعظم العدد المتوقع (MPN) حسابياً، فإن ذلك يتيح قابلية لحجم العينة المعدل أو توجيه العينات المعكرة.

في تقنيات الاستنبات السائلة، أحجام صغيرة مخففة من العينة أو حتى لعشرة لترات من العينات يمكن استخدامها. كشف الكائنات الحية الدقيقة المستهدفة عن طريق طرق غير الاستنبات أيضاً ممثلة للفيروسات المعوية والأوليات الطفيلية.

(٨,٢,١) طرق الترشيح

يمكن استخلاص البكتيريا عموماً عند ٤٧مليمتر قطري من المرشحات الغشائية ذات مسامية من ٠,٢٢ إلى ٠,٤٥ميكروميتر. المرشحات الغشائية تم تحضينها في بيئة صلبة، اللبادات منقوعة في بيئة سائلة أو على هيئة نظام MPN في بيئة المرق المغذي.

حويصلات الأوليات الطفيلية يمكن استخلاصها على نفس الأغشية ولكن مع أسطح كبيرة (لأعلى من ٢٩٣مللميمتر قطرياً) ومسامية لأعلى من ٢ميكروميتر (Ongerth and Stibbs, 1987). للملائمة، على أي حال، فإن مختلف مرشحات الأفلام عموماً ممتازة لاستعادة حويصلات الأوليات من أعلى ١٠٠١عينة مائية حتى في وجود بعض العكارة (USEPA, 1999). تركيز الجبيات غير المستهدفة يمكن، جزئياً، إزالتها عن طريق طرق الفصل الاختياري التالي (مثل الفصل المناعي المغنطيسي (IMS)، انحدار الطرد المركزي أو جريان خلوي قياسي، تم إيضاحه في الأجزاء ٨,٢,٢، ٨,٢,٤,٢، ٨,٢,٥).

في بريطانيا وويلز فإن الإمداد المائي المعالج (١-١٠عينات)، على أي حال، يمكن تحليلها باستخدام مرشحات رغوة مضغوطة. مثل هذه العينات والخطوات ذات تخصص في عدد من المنشورات الموثقة عن طريق فحص مياه الشرب البريطانية

(DwI:http://www. Dwi. Gov. uk/regs/crypto/index. Htm) القياسات الفرنسية أيضاً أكدت في عام ٢٠٠١م (NFT90-455، تاريخ النشر: ١-٧-٢٠٠١م: كشف نوعية الماء وعد بويضات *Cryptosporidium* وحويصلات *Giardia*–التركيز وطرق العد)، وفي ISO حالياً في إعداد (ISOCD 15553– نوعية الماء– العزل والتحديد لبويضات *Cryptosporidium* وحويصلات *Giardia* من الماء).

(٨,٢,١,١) ادمصاص الفيروس– طرق التملص (المراوغة)

عدد من التقنيات تم شرحها لاستعادة (استملاص) الفيروسات عن طريق عمليات تعتمد على ترشيح الماء المختبر خلال بيئة مرشح الفاجات/ الفيروسات فيما بعد تنطلق من بيئة المرشح إلى حجم صغير ملائم للوحة تحليل أو فحص الوجود/الغياب.

الأساس في هذا في كون الفيروسات/ الفاجات تحمل شحنات كهربية ساكنة محدودة وهي السائدة سالبة عند أو بالقرب من مستوى الرقم الهيدروجيني المتعادل لحوالي ٣,٥. عند هذا المستوى من الرقم الهيدروجيني فإن الفيروسات/ الفاجات سوف تدمص إلى بيئة المرشح سالبة الشحنة. التوازن هذا أكثر من كونه مرهف؛ بسبب أن الرقم الهيدروجيني المنخفض يعتبر الأحسن للادمصاص، ولكن مستويات الرقم الهيدروجيني المنخفضة لا تنشط الفيروسات/الفيروسات، والحساسية للعديد من الفاجات والفيروسات إلى مستويات الرقم الهيدروجيني المنخفض تختلف. التفاعلات المائية أيضاً يظهر في كونها تلعب دوراً في عملية الادمصاص (APHA, AWWA, WEF, 1998).

بعد الادمصاص، فإن حجماً صغيراً من محلول عضوي عند رقم هيدروجيني pH=9.5 أو أعلى يمر خلال المرشح إلى عكس الشحنة على الفيروسات/الفاجات إلى الموجبة. هذه النتائج في إطلاق الفيروسات/الفاجات ويمكن ملاحظتها بواسطة الطرق التقليدية.

الفيروسات البكتيرية تستطيع أيضاً أن تحتجز بواسطة المرشحات الغشائية تحت ظروف حامضية في وجود أملاح ثنائية أو ثلاثية التكافؤ. طوّر Sobsey *et al.*, (1990) عينة نسبياً، غير مكلفة وعملية تطبيقية لاستملاص وفحص F-RNA coliphgaes باستخدام نترات السليلوز المخلوطة ومرشحات غشائية من الخلات لتحليل من ١٠٠ إلى ٢٠٠ ملل حجمي من ماء الصنوبر و ١٠٠إلى ٣٠٠ ملل حجمي من الماء السطحي. فعالية الاستعادة لاستخراج فاجات F-RNA من ١٠٠مل من عينات ماء الصنوبر كان ٤٩٪، والذي تناقص تدريجياً مع زيادة حجم الفحص على ١٢٪ من ٢٠٠٠مل.

فاعلية الاستعادة من ١٠٠-٣٠٠ملل من عينات الماء السطحي كانت ٣٤٪ و١٨٪ على التوالي. على الرغم من أن العملية ذات صور جذابة، فإنه يجب وزنها ضد التحليل اللوحي المباشر على عينات ١٠٠مل، وفحوصات الوجود/ الغياب على عينات ٥٠٠مل، كلاهما لحدوث الفعالية الفرضية ١٠٠٪ (Grabow *et al.*, 1998). فحص الأحجام للتحليل الأخير، يمكن زيادته بدون فقد الفاعلية، كما تمت مناقشته.

مؤخراً، برغم ذلك، فإن مرشحات الفيلم ذا الشحنة السالبة أو الموجبة لمختلف المركبات لا يزال العملية المفضلة لتركيز الفيروسات (المعوية أو لاقمات البكتيريا) لأحجام كبيرة من الماء خيارياً، فإن بيئة المرشح والتي تحمل شحنات موجبة لربط المواقع عند مستويات متعادلة من الرقم الهيدروجيني، ربما يستخدم لامتصاص

الشحنات السالبة من الفيروسات/ الفاجات عند مستويات لأرقام هيدروجينية متعادلة (Sobsey and Glass, 1980).

مختلف أنظمة الأغشية والمرشحات متاحة، من أكثرها المعروفة CUNO1-MDS ممتص الفيروس و CUNO Zeta الزائد 50-S أو مرشحات 60-S موجبة الكهربية والصوف الزجاجي. تطبيقات هذه وما يتصل بمرشحات موجبة الشحنة في العمليات مع تحويرات ذات نطاق واسع واختلافات تم استخدامها لاستخلاص الفيروسات المعوية والفاجات (singh and Gerba, 1983; Goyal *et al.,* 1987). الفاعلية في الاستخلاص للفاجات Coli (MS2, OX-174,T2 and T4) من ١٧لتر حجمي من ماء الصنوبر، الصرف الصحي وماء البحيرة يتراوح بين ٣٤-١٠٠٪ مع مرشحات Zeta موجبة الشحنات، على أي حال، فإن MS2 يظهر في كونها ضعيفة الاستخلاص (تتراوح بين ٠,٣-١,٨٪) مع الصوف الزجاجي (Grabow *et al.,* 1998). وعليه، وعلى الرغم من أن فيروسات Polio وذات العلاقة تستخلص عند بعض الدرجات تحت ظروف محدودة، فإن الدليل أظهر أن استخلاص الفاج ربما يكون ضعيفاً؛ ربما بسبب الادمصاص الضعيف، بالإضافة إلى السكون عن طريق التعريض إلى الرقم الهيدروجيني شديد المتطلب للادمصاص أو التجنب (Seeley and Primrose, 1982; Grobow *et al.,* 1998).

(٨,٢,١,٢) الترشيح الفوقي

يستند الترشيح الفوقي على ترشيح الماء خلال أغشية من Polysulphonate أو مادة ذات علاقة مع وزن جزيئي عادي لقطع محدد حوالي ١٠٠٠٠دالتون. الجزيئات ذات قطر ٠,٠٢ ميكرون أو أكثر تخفق في المرور من خلال هذه الأغشية. من هنا، فإن

الجزيئات العضوية الذائبة تمر خلال المسافات لهذه الأغشية ولكن الفيروسات والفاجات كبيرة جداً لعمل ذلك، وعليه، فإن عملية الاحتجاز هذه تعد فيزيائية.

أنظمة الترشيح المتضمنة الهواء اللولبي والألواح الغشائية (ضد بقاء الماء في حركة لمعاني ضخ إعادة الدوران) أو أجهزة الحركة (لتحسين معدل الترشيح وتجنب التخثر) وحصاد يقرب من ١٠٠٪ استعادة (Grabow *et al.*, 1993). الأنظمة التجارية المتاحة الأخرى تتكون من وحدات وفيها الترشيح يتحسن عن طريق جريان تماسي خلال ألياف مجوفة مع حجم سطحي ترشيحي لحجم كامل، مع بعض الموديلات التي يمكن التخلص منها (مشروحة في حالة *Cryptosporidium* بواسطة Simmons *et al.*, 2001).

فوائد الترشيح الفوقي يتضمن، فعالية استخلاص عالية، كما أن الفيروسات/ الفاجات لا يمكن تعريفها إلى رقم هيدروجيني شديد أو ظروف غير ملائمة أخرى، والتي ربما تؤثر على حيويتها. ادمصاص الفيروسات والفاجات إلى الأغشية مع مستخلص البقر (Divizia *et al.*, 1989) أو ١-٢٪بين ٨٠، والتي يظهر في أنها تغلق قوة مواقع الادمصاص. الضرر ذو الأهمية في أن الأغشية تنسد بسرعة لمفهوم ضمن أن أحجام الماء التي يمكن أن تعامل تعتبر محدودة (مقيدة).

(٨,٢,٢) الأسر (الجذب) المناعي

تقنيات الفصل المناعي المغنطيسي المباشر (IMS) تتضمن تحضين الكريات المغنطيسية والتي تغطي مع أجسام مضادة خاصة للكائن الحي المستهدف (انظر الصندوق رقم ٨,١)، في خليط من الخلية المعلقة (مثل عينة الماء). بعد التحضين والخلط الفعال للجيبات مع العينة، فإن الخلايا المستهدفة تصبح ملتصقة إلى الكريات

المغنطيسية. الجزيئات بعد ذلك تفصل من باقي المعلق بمساعدة فاصل الجزيئات المغنطيسي وتغسل لعدة مرات.

الصندوق رقم (٨,١). التقنيات المناعية

مدى واسع من الطرق المناعية، تأخذ فوائد تفاعلات الجسم المضاد/مولد المضاد، متاحة، من تلك التحاليل الإنزيمية المناعية (EIA). طرق EIA تجمع بين خاصية جزيئات الجسم المضاد مع تكبير الجسم المضاد- مولد كمضاد للتفاعلات عن طريق تحضير الإنزيم. توجد مختلف طرق EIA.

العديد من التحاليل تنجز في أطباق لأوعية سوائل حجمية والتي عند التفاعلات تصبح ثابتة. مولد المضاد في العينة ربما أو لا يرتبط بمولد المضاد الخاص الثابت على السطح (جسم مضاد مغطى). التحاليل المباشرة تضيف جسم مضاد خاص مقترن مع الإنزيم (تحليل مناعي ممتص مرتبط بالإنزيم ELISA)، بينما في التحاليل غير المباشرة (جسم مضاد مضاعف محشو — DAS-ELISA) فإن مولد المضاد الخاص للكشف عن الجسم المضاد يكشف عن طريق اقتران إنزيمي مناعي بروتيني مضاد. عدد من عمليات DAS-ELISA ذات فائدة في كونها ذات ارتباط قوي بين avidin, biotn (أو Streptavidin). يعتبر Biotiny lated ذا كشف سهل عن طريق استخدام ارتباط إنزيم Streptavidin. نفس الارتباط ربما يستخدم للكشف عن طريق عدد من الأجسام المضادة المختلفة.

طرق مناعية ذات صلة في اتحاد مع الكريات المغنطيسية المغطاة للجسم المضاد تم استخدامها لعزل عدد من مختلف الكائنات الحية من عينات الماء، المشتملة على فيروس الكبد الوبائي A (HAV)، مجموعة A من فيروسات rota، Pseudomonods، *E. coli*: O157:H7 و *Cryptosporidium pavum*. يمكن تحسين عزل البكتيريا من الماء باستخدام البيئة الغنية متبوعة باستخدام IMS وتزرع على آجار مختار. أكثر قليلاً، فإن الكريات المغنطيسية المغطاة مع الأجسام المضادة والتي تميّز خاصة التعرض السطحي الفيروسي لمختلف الكائنات الحية المستهدفة متاحة بالفعل تجارياً.

أسس القاعدة المعملية ذات فائدة ولكن ليست من الأهمية قطعياً. التحاليل بسيطة الإنجاز في ساعات قليلة، بالإضافة، فإن نقاء المجاميع يستند على أسس الحجز

المناعي الموجودة للعديد من الكائنات الحية. على الرغم من أن التقنية بسيطة وسريعة، فإن فاعلية التفاعل تقع عند خصوصية وقوة الإتاحة التجارية للمستعمرة المفردة من الجسم المضاد وعلى عكارة عينة الماء. الحجز المناعي للطرق الأساسية يمكن أن يستخدم كقواعد صوتية لتقنيات كشف أخرى (مثل تفاعل سلسلة PCP-Polymerase، وتفاعل سلسلة عكس نسخ TR-PCP) polymerase)، الجريان الخلوي القياسي والفلورسنت في موقع التهجين (FISH)، تم تغطيته في الأجزاء ٨,٢,٥، ٨,٣,٢,١، ٨,٣,٢,٢).

(٨,٢,٣) التلبّد

تقنيات النجاح النسبية المسجلة لاستخلاص الفيروسات المعوية من الماء عن طريق ادمصاص الفيروسات إلى التلبّد مثل هيدروكسيد الألومنيوم (APHA, AWWA, WEF, 1998). العملية ربما تتضمن كلا تفاعلات الكهرومغنطيسية الساكنة بين الشحنة السالبة لسطح الفيروس والشحنات الموجبة لأسطح هيدروكسيد الألمنيوم وظروف سطح الفيروس عن طريق معقدات هيدوكسي الألومنيوم. يسترجع التلبّد عموماً بواسطة الطرد المركزي أو الترشيح.

يحطم التلبّد بعد ذلك عن طريق الرج القوي وتسترجع (تستخلص) الفيروسات عن طريق الطرد المركزي (APHA, AWWA, WEF, 1998). العملية ملائمة لاسترجاع (استخلاص) الفيروسات من أحجام صغيرة نسبياً (لترات عديدة من الماء). هذه تم مواصلتها في الفحوصات باستخدام كبريتات الأمونيوم المدعمة مع مستخلص البقر للتلبّد والتي ينتج عنها حصاد ذو فاعلية لاسترجاع أكثر من ٨٥٪ من الفاجات (لاقمات) MS2, ØX174 و T3 (Shields and Farrah, 1986). تحوير للعملية يتضمن ملبّداً مغنطيسياً عضوياً، وفيه ملبّد الكاسين يتكون في وجود أكسيد الحديد

الأسود لجمع متتالٍ للتلبّد عن طريق معاني المغنطيسية. استرجاع (استخلاص) coli phages من النفايات- ونفايات ماء البحيرة عن طريق هذه العملية تم شرحه (Kennedy *et al.*, 1985).

طريقة تركيز الجزيئات في حالة *Cryptosporidium* لحجم البويضات في نطاق الماء تم تطويرها استناداً على تلبّد كربونات الكالسيوم (التبلوّر) (Vesey *et al.*, 1993). الحجم القاسم التام لعينة الماء تعالج بواسطة إضافة محاليل من كلوريد الكالسيوم وبيكربونات الصوديوم مع رفع الرقم الهيدروجيني إلى عشرة بواسطة هيدروكسيد الصوديوم، ينتج عنه تكوّن بلورات كربونات الكالسيوم والتي تصطاد الحبيبات.

البلورات تتاح للترسيب، السائل الطافي يتم طرحه وكربونات الكالسيوم المترسبة تذاب في حمض Sulphamic. هذه العملية تحصد منتج عالي لمعدلات استرجاع. وهي، على أي حال، فقد تم اقتراح أن البويضات ربما لا تستخدم لفحص الحيوية؛ بسبب أن محلول كربونات الكالسيوم مع حمض Sulphamic تم تسجيله في كونه يؤثر على قياس الحيوية بواسطة صبغة الفلوروسنت المانعة (Campbell *et al.*, 1994).

(٨,٢,٤) الطرد المركزي

(٨,٢,٤,١) الطرد المركزي للتدفق المستمر

طريقة الفصل المألوفة كثيراً هي طرق المركزي التفاضلي (الفذة) إما باستخدام دلو متحرك وإما دوّار زاوية ثابت. على أي حال، هذه الطريقة التقليدية محدودة لأحجام صغيرة من الماء. لحصاد الميكروبات لفحصها من المصدر وماء الشرب، فإن دوار الجريان المستمر مفضل حيث ينتج معالجة فاعلة لأحجام كبيرة من الماء في طواف مفرد يهمل عكارة عينات الماء.

الجهاز الأساس هو دوّار جريان مستمر في اتحاد مع طرد مركزي في ثلاجة ومضخة متعوجة بسيطة. تجربة التدفق المستمر تحمل عادة باردة لتجنب رفع درجة حرارة تركيز الحبيبات. تطبيقاً، فإن عينة الماء تضخ باستمرار خلال خط المركز من نظام التجمع المغلق للدوّار بينما تدار بسرعة عند سرعة التشغيل. جريان العينة على طول قاع القلب ويحرك فوق سطح جذب المركز من المحلول. الفصل للطرد المركزي يحسب بعد ذلك على اثنين من الأجزاء:

- الحبيبة المترسبة التي تتحرك خارجياً إلى تجويف الدوّار.
- الجزء الطافي المستمر إلى التدفق على طول اللب وفوق السطح الجاذب للماء، ثم بعد ذلك خارج الدوّار عبر خطوط المخرج.

عينات الحبيبات يتاح لها لتتكوّر على جدار الدوّار. تدفق الطرد المركزي المستمر المتاح حالياً تجارياً كبير وثابت، وليس مجهز لعينات الماء المركزة في الموقع. حالياً، فإن المدمج، من الطرد المركزي للتدفق المستمر مع أجزاء أسطوانية بلاستيكية قابلة للطرح (محوّر من نظام فصل الدم الأساسي) تم تطبيقه لتركيز بويضات *Cryptosporidium* وحويصلات *Geardia* من أحجام كبيرة من الماء. قوة وضبط هذا النظام لم يتم اختبارها تماماً حتى الآن وتجارب زائدة أيضاً مطلوبة لاختيار الإنتاجية وحالة استخلاص الميكروبات من الأسطوانة البلاستيكية القابلة للطرح.

(٨,٢,٤,٢) كثافة التحدّر للفصل/العزل

تقنية الطرد المركزي أيضاً ذات استخدام مألوف لفصل/عزل الميكروبات، مثل بويضات *Cryptosporidium* وحويصلات *Geardia*، من تراكيز الحبيبات. في هذه الحالة، فإن درجة الكثافة مع البيئات تعتبر ذات طرد مركزي، كما أن فصل الميكروبات/الحبيبات من خليط سميك يعتمد على كثافتها الخاصة.

طرق درجة الكثافة تتضمن عمود مدعم لسائل (مثل مصدر أو مرشح) حيث تفاعلات الكثافة منطقية أو خطية قريبة من أسفل الأنبوبة. إذا كانت درجة الكثافة للعمود تطوّق كل مدى الكثافات لحبيبات العينة، فإن كل حبة سوف تستقر فقط لموقع في أنبوبة الطرد المركزي حيث إن درجة الكثافة مساوية لكثافتها الخاصة. وعليه، فإن نتائج الفصل للجزيئات إلى المناطق لوحدها على أساس الاختلافات في الكثافة، وعليه، مع العينات البيئية، فإن خطوة الطرد المركزي لدرجة الكثافة ربما يقود إلى أكثر من ٣٠٪ فقد للبويضات أو الحويصلات.

في بعض الأحيان فإنه من السهولة مع المحلول غير المنتظم للعينة ودرجة المادة مثل توليد ذاتي لدرجة من Caesium Chloride لتقنية الفيروس.

تحت تأثير قوة الطرد المركزي، فإن المادة يعاد توزيعها في الأنبوبة، كما يكون تكوّن مطلوب لدرجة الكثافة. في نفس الوقت، حبيبات العينة، والتي توزعت أساساً خلال الأنبوبة، ترسبت أو طفت إلى مواقعها المتماثلة. الميكروبات المستهدفة يمكن استخلاصها عن طريق إزالة منطقة الكثافة المطلوبة من أنبوبة الطرد المركزي. تطوير ماركات الكثافة، والتي يمكن أن تكون مختلفة في تركيز الحبيبة قبل الطرد يجب بسهولة مفاضلة المنطقة المطلوب فيها الجمع.

المجازفة الحيوية

تركيز أو فصل المواد الممرضة عن طريق الطرد المركزي الإعدادي يرى أنها المجازفة (الخطر) الحيوي. حذر شديد يجب أخذه عند التعامل مع تلك العينات المستخدمة؛ بسبب إمكانية تسرب الغطاء أو حوادث الدوّار. لا توجد طريقة قياسية لنزع التلوث لتعرض الدوّرانات للمواد الممرضة.

يجب أن تنظف الدوّرانات مع منظف ملائم أو مطهّر استناداً إلى تعليمات التصنيع. الطريقة المستخدمة بتوسع هي الأوتوكلايف حيث إن معظم الدوّرانات التجارية المتاحة يمكن أن تعقم بواسطة الأوتوكلايف، على الرغم من أن تعليمات الكتيبات يجب الرجوع إليها دائماً؛ للتأكد من أي خطوات مطلوبة لتوجيه خاص.

(٨,٢,٥) التدفق الخلوي المتري

التدفق الخلوي المتري تقنية فيها العديد من القياسات يمكن أن تطبق على الحبيبات، الخلايا، بكتيريا وأشياء أخرى معلقة في السائل. في التدفق الخلوي المتري، فإن الحبيبات يعمل بها تدفق واحد عند الزمن خلال حزمة ضوئية (حزمة الليزر) في منطقة حساسة للوح التدفق. توصف بواسطة تشتت الضوء المعتمد على الحجم، الشكل والكثافة وأيضاً الصبغات والتي تستخدم إما مستقلة وإما مرتبطة لأجسام مضادة خاصة أو النيوكليتدات القليلة التي تمنع فلوروسنت النمط المظهري على مكونات الشيء المرغوب فيه.

كما أن الجزيئات تتدفق خلال الحزمة، كلا تشتت الضوء عن طريق الحبيبات وضوء الفلوروسنت من الحبيبات المعلّمة والتي تجمع إما عن طريق عدد تضاعف ضوئي وإما صمام ثنائي ضوئي مقترن مع مجزء ضوئي (dicroic mirrors) ومرشحات. هذا يعمل عمل إمكانية قياسات متضاعفة متزامنة في وقت واحد (لأعلى من ٦بارامیتر) على الحبيبة. محلل فحص دقيق لطور صلب من الليزر ربما يكون خيار لتقنية التدفق الخلوي المتري، يعتقد أنه لا يزال في بدايته. في النظام الأخير، صبغ العينات الفلوروسنتي المحمول على المرشح الغشائي يفحص عن طريق حزمة الليزر، الفورسنت ويبعث من الصبغة الملاصقة إلى الحبيبة الهدف والتي تقاس بطريقة مشابهة.

لتركيز الكائنات الحية الدقيقة المستهدفة، فإن التدفق الخلوي المتري مع سعة إضافية إلى طريقة مختارة (مثل طريقة الفلورسنت للخلية المنشطة (EFACS) أي حبيبة مختارة من المعـلق يمكن أن تستخدم. القدرة على فرز الحبيبات صورة مهمة للميكروبيولوجيا البيئية في كونها تجعلها ممكنة لجمع الكائنات الحية الافتراضية ولإثبات النتائج عن طريق، على سبيل المثال، الفحص المرئي. على أي حال، فإن الدمج لأسلوب الوحدة إلى النظام ليس فقط يضاعف التكلفة للأجهزة الأساسية ولكن أيضاً ذو مشكلات لتطور نظام الكشف الآلي.

خيارياً، البراميترات الإضافية للكشف مثل الصبغ الثنائي مع الجسم المضاد وحيد المستعمرة الثاني يمكن أن يستخدم لتحديد أن كلا الأجسام المضادة ترتبط مع الكائن الحي المستهدف الحقيقي. النتائج في زيادة الحساسية لطريقة الكشف لمثل هذه الدرجة ليس طريقة (يحلل فقط صبغة) ممكنة، على الرغم من أن هذه لم يتم تطبيقها في العمل الروتيني (Vesey *et al.*, 1994).

المظهر المحدد ذو الثمن للتدفق الخلوي المتري هو قدرتها على التحليل السريع: التقدير نفسه يمكن أن يكمل خلال ٣ إلى ٥ دقائق. هذا يظهر في كونه واحد من مفاتيح الوسائل للكشف الروتيني المتضاعف للميكروبات المرغوب فيها (متضمن مختلف المؤشرات أو الممرضات الميكروبية وحتى غالباً الحية ولكن ليس البكتيريا المستنبتة).

على الرغم من أن تطبيق هذا النظام واسع جداً، فإن التطبيق الحالي للتدفق الخلوي المتري للكشف عن ماء الشرب محدد (Deere *et al.*, 2002).

الجهاز الأساسي هو التدفق الخلوي المتري، والذي يتطلب مهارة تشغيل. الاستهلاك الرئيسي (في مصطلحات التكلفة) يعتبر أساسياً (أحادي المستعمرة)

الأجسام المضادة. المشكلة الأولى والمعظم، التي تؤثر على استخدام تقنية التدفق الخلوي المتري في هذا الحقل هو تكلفة الضريبة العالية.

التقنية المحددة لهذا النظام هو أن عدد الصبغة المتحدة يمكن استخدامها، حيث اتحاد الإثارة وانبعاث الطيف يجب أن يكون ذا اختلاف معنوي.

عدد مختلف من محاليل خاصة معلّمة قد تكوّن محددات أخرى للنظام. إتاحة مجاميع تجارية متوقع؛ لزيادة استخدام هذه التقنية في العديد من البحوث الحقلية والمشتملة على سلامة ماء الشرب. بالإضافة، فإن معظم الميكروبات الممرضة المطلوب قياسها في ماء الشرب توجد في تركيزات ضئيلة جداً. عندما تكون العينة السالبة قد تم تحليلها فإنه يجب عدم ظهور أي جزيئات عند الكشف والعينة المزروعة مع الكائنات الحية التامة يجب أن تكون مساوية تماماً لعدد الجزيئات المضافة. على أي حال، حالياً، من الصعوبة الحصول على هذا المستوى من الحساسية. غالباً العينة السالبة سوف تحتوي على بعض الحبيبات؛ بسبب الارتباط غير الخاص للأجسام المضادة لبعض التضارب للحبيبات الموجود في عينات الماء، لا خلاف في كيفية خصوصية الجسم المضاد.

الخطر الحيوي

معاملة تركيز الحبيبة للقياس والتدفق من الجريان الخلوي المتري يعتبر رأي في كونه خطر حيوي. المتدفقات يجب تعقيمها بالأوتكلايف قبل طرحها. المتر الخلوي يمكن نزع تطهير تلوثه (تطهير) بين العينات وعند نهاية الدورة عن طريق جريان ١٠٪ صوديوم هيبوكلوريت (محول مبيّض) لمدة ٣٠ثانية ومحلول منظف لدقيقتين متبوعاً بغسل بماء معقم.

(٨,٢,٦) تقنيات التغذية الغنية المسبقة والغنية

كما تم شرحه في الفصل الثاني، فإن الكشف وحساب الدليل والمؤشر للباراميترات أكثر من البحث عن بكتيريا ممرضة خاصة تستخدم في التحليل البكتيريولوجي الروتيني للماء. برغم ذلك، وتحت ظروف خاصة فإن البحث عن البكتيريا الممرضة ربما يكون ذا أهمية، مثل. خلايا الوباء (انظر الفصل السابع) أو عندما يتم تقييم ثروات مائية جديدة (WHO, 1984). نموذجياً فإن عدد الكائنات الحية الدقيقة الممرضة قليل (Emde *et al.*, 1992) واستخلاصها ضئيل؛ بسبب أنها في ظروف قاسية. وعليه، فإن الخطوط في كشف البكتيريا الممرضة سوف يكون عالياً عن طريق استخدام خطوة البيئة الغنية المسبقة قبل استخدام الغنية والطبقة المختارة وهذا يتيح للكائنات الحية ذات البيئة القاسية لاستخلاصها ونموها قبل تطبيق الضغوط الاختيارية. عموماً، فإن البيئة الغنية مسبقاً لا تحتوي على مضادات حيوية أو عوامل اختيارية أخرى وهذا يتيح نمو معظم الكائنات الحية الدقيقة في العينة.

الحقن التالي البيئات الغنية المختارة للمرض المرغوب، حيث يمكن الكشف عنه عن طريق الاستنبات في بيئات صلبة مختارة. يجب أيضاً الإشارة إلى أن هذه تقيد القدرة على التقدير الكمي للممرضات فيما بعد في العينة (Ericksen and Dufour, 1986). الجدول رقم (٨,٢) يستند على الأسس المذكورة أعلاه. ملاحظة أن الاستنبات الخلوي الغني للفيروسات والفاجات أيضاً مستخدم مسبقاً للكشف بواسطة التقييم اللوحي (Grabow *et al.*, 1998) أو PCR (كاستنبات خلوي — PCR).

الجدول رقم (٨,٢). الخطوات للتغذية الغنية المسبقة والغنية للبكتيريا الممرضة باستخدام البيئات السائلة.

الكائنات الحية	ظروف التغذية الغنية	المراجع
Yersinia enterocolitica	"تغذية غنية باردة" عند ١٥°م في مرق مستخلص Peptone-yeast بيئة مختارة، مرق قاعدي	Schiemann (1990) Schiemann (1990)

	bileoxalate-sorbose، رقم هيدروجيني ٧,٦.	
Salmonella spp.	تغذية غنية مسبقة في معظم Peptone مائي، ثم بعد ذلك التغذية الغنية، مثل selenite المحتوي على مرق.	WHO (1984)
Shigella spp.	بيئات غنية، مثل. مرق قاعدي مغذي عند رقم هيدروجيني ٨.	WHO (1984)

تابع الجدول رقم (٨,٢).

الكائنات الحية	ظروف التغذية الغنية	المراجع
Cholera and non-cholera Vibrios	بيئات غنية، Peptone قاعدي مائي، أو taurocholate tellurite peptone مائي	WHO (1984)
Legionella spp.	بيئات مختارة، مستخلص خميرة الفحم الحجري القاعدي مغمور مع مضادات حيوية مختارة	States et al. (1990)

(٨,٢,٧) تقنيات أخرى

(٨,٢,٧,١) الاستخلاص المائي

هذه العملية تستند على وضع العينة المائية إلى شنطة سليلوزية للفصل الغشائي، والتي تكون معرضة إلى مادة منظار الرطوبة مثل Polyethylene glycol (PEG). حيث إن PEG تستخلص الماء والمذيبات الدقيقة خلال غشاء شبه منفذ بينما الفيروسات والمذيبات الدقيقة تظل في الداخل. العملية موصى بها كاختيار لاستخلاص (استعادة) الفيروسات من الأحجام الصغيرة من الماء، ليس أكثر من مئات قليلة من المليمترات (APHA, AWWA, WEF, 1998). الطريقة ربما أيضاً ملائمة

للفاجات (اللاقمات)، وقد تم استخدامها لاستخلاص اللاقمات الزرقاء من البرك (Padan *et al.*, 1967).

(٨,٢,٧,٢) الاستخلاص بالمذيب

الاستخلاص بالمذيب يطبق غالباً كخطوة ابتدائية لفصل الفيروسات من البيئة الصلبة، قبل ترسيب Polyethylene glycol، التحليل الكروموتوجرافي والإستخلاص (GIT) guanikdinium isothiocyan ate (Shieh *et al.*, 1997).

(٨,٣) الكشف، التحديد وتقدير الكائنات الحية الدقيقة

هل الجزء يشرح الطرق "التقليدية" الأكثر، والتي تعتمد كثيراً على تقنيات الحصاد، بالإضافة إلى الطرق الجزيئية. عددها، بالتحديد معظم التقنيات الحالية التي تتطلب قياسات واثبات. مع ذلك، فإن معظم الطرق الممثلة هنا تم إثباتها في كونها ذات فائدة لميكروبيولوجي ماء الشرب أو التشخيص الطبي، والتي تظهر جهداً عظيماً.

في الكشف، التحديد وتقدير الكائنات الحية المستهدفة بعض العمليات وحدها تعتمد على تقنية مفردة بينما الاستراتيجيات الأخرى تأخذ فوائد اتحاد طرق مختلفة. على سبيل المثال، لتحديد هوية *Escherichia coli* فإن ثقة يمكن وضعها في مصطلح اليوم الواحد للحصاد في بيئة مولدة للصبغات. خيارياً، في عملية أكثر سرعة، فإن حصاد مسبق قصير على بيئة صناعية يمكن اتحاده مع معلّم باستخدام مسبارات فلوروسنتية، مجهرياً، وتقنيات الكشف الليزري (الجزء ٨,٤,١).

في تحت الأجزاء التالية، فإن عمليات اختيارية قدمت لعدد من الكائنات الحية المستهدفة. تقنيات الحصاد التقليدية عادة حساسة ولكن تحديد الهوية غالباً لا يوثق به

كما يتوقع القيام به الطرق المعتمدة على البيولوجيا الجزيئية والتي تميل إلى كونها حساسة والحصاد لا يوثق به في التحديد.

ولكن تقنيات الحصاد دائماً تظهر كائنات حية قابلة للحياة بينما طرق البيولوجيا الجزيئية غالباً تظهر الميتة أو الكائنات الحية المستهدفة غير النشطة/للحمض النووي. هذا ويثق الصلة في الماء المطهر ويجب اعتباره عند تفسير النتائج.

(٨,٣,١) تقنيات الحصاد

(٨,٣,١,١) حصاد البكتيريا

طويلاً منذ أن تم ملاحظة أن بيئة الاستنبات تقود فقط إلى جزء صغير جداً (٠,٠١-١٪) من الخلايا البكتيرية الحية الموجودة التي تم كشفها (Watkins and Xiangrong, 1997). ومنذ أن طوّر MacConkeys البيئات المختارة للبكتيريا *E. coli* والقولونيات في بداية القرن العشرين، فإن العديد من الباحثين أظهروا أن هذه العوامل المختارة تثبط بيئياً أو الضغط الأوكسجيني للقولونيات (McFeters *et al.*, 1986). بيئات متطورة خاصة بدون عوامل منظفة مختارة (مثل بيئة m-T7 للعالم LeChevallier *et al.*, 1982) والتي أتاحت تحسّناً معنوياً في استخلاص البكتيريا المجهدة المستهدفة. بالإضافة، فإن الأكسيد الفوقي والأكسيد القوي تتولد خلال الأكسدة الذاتية وتفاعلات الكيموحيوية خلال عملية الإعداد، التعقيم وخزن البيئة المختارة (Lee and Hartman, 1989). الخلايا المجهدة خفضت نشاط إنزيم Catalase (Calabrese and Bisson nette, 1990) وهي عرضة إلى اجهادات إضافية عندما توضع في البيئة المختارة. مقترن مع هذا التراكم من الأكسيد الفوقي والهيدروجين السام المتولد عن طريق

التنفس الهوائي. كما أن بيئة بدون عوامل مختارة قاسية، على أي حال، تؤخذ فوق من العملية التقليدية (Hurst *et al.*, 2001).

كل تقنية من تقنيات الحصاد ذات مدى للكشف محدد استناداً إلى حجم العينة. حيث محدودية الكشف المنخفض يعتمد على حجم العينة الأقصى والذي يمكن تطبيقه، الحدود العليا يمكن اختيارها بحرية عن طريق اختيار تخفيض العينة التي تم تقييمها.

القياسات غير مؤكدة نسبة إلى كل تقنية حصاد والاعتبارات الإحصائية استناداً إلى توزيع Poisson للكائنات الحية المستهدفة في العينة التي تم شرحها في الوثائق المنتجة بواسطة لجنة التقنية في نوعية الماء لهيئة القياس العالمي (ISO/TC 147/SC4/WG12).

فحص الوجود/الغياب بعض الأحيان يستخدم للكشف عن العينات عالية النوعية حيث وجود الكائن الحي المستهدف غير محتمل. لا معلومات عن مستوى التلوث إذا تمت ملاحظة النتيجة الموجبة. حساسية هذه التقنية تعتمد على حجم العينة المراد تحليلها ومعرفة عدد العينات المحللة بالتوازي عند كل خطوة تخفيف. عندما يتم استخدام مكررات كافية فإن معرفة جيدة يمكن إحرازها. البرامج الحاسوبية الآن متاحة لحسابات MPN، مع إعطاء حرية إلى التفاؤل لتصميم بدون حصر لثبات جداول MPN (Gonzales, 1996).

في التقنيات المعتمدة على عد المستعمرات، دقة الزيادة مع زيادة العدد الكلي للمستعمرات المحسوبة من الأطباق المكررة ومن مختلف التخفيضات. كثافة عالية للمستعمرات في الأطباق يمكن أن تسبب خطأً متداخلاً وتداخل المستعمرات غير المستهدفة أيضاً يحدد عدد المستعمرات التي يمكن عدها بثقة من الطبق الواحد. وعليه، فإن العمل الأعلى المحدد للطبق في تقنيات عد المستعمرة يعتمد على الطريقة (اختيارياً

وتمييز الهدف)، الكائن الحي المستهدف (حجم المستعمرات المستهدفة)، والعينة (خلفية النمو). كل التقنيات الحسابية (العدد)، فإن ظروف الحصاد تختار لإتاحة التضاعف (التكاثر) للكائنات الحية المستهدفة بينما في نفس الوقت يحدث تثبيط لنمو الكائنات الحية الأخرى. يعتبر الميزان بين الحساسية والاختيارية السبب للطرق المختلفة أو إعداد العينة لماء الشرب والمياه عالية التلوث. الجدول رقم (٨,٣) اختصارات الفوائد والأضرار لتقنيات الحصاد ذات الاستخدام المألوف.

الجدول رقم (٨,٣). تأسيس تقنيات الحصاد.

التقنية	الفوائد	الأضرار
العدد الكلي المحتمل (MPN)باستخدام بيئة سائلة	• عينة من رتبة حجمية مرنة • قابلة لكل أنواع العينات • يتيح القيود ونمو الكائنات الحية المتضررة • عادة سهلة التفسير لنتائج الاختبار ولا تتطلب مهارة خاصة • وقت قصير وجهد مطلوب لبدء الفحص • المعرفة والحساسية يمكن اختصارها عن طريق اختيار أحجام التحليل، مستويات عدد التخفيف وعدد مكررات الأنابيب • Media often inexpensive	• في التطبيق الروتيني، عندما يتم استخدام مكررات قليلة، الدقة غالباً منخفضة • خطوات الإثبات المتضمن حصادات جديدة عادة مطلوبة، والتي تزيد التكاليف والزمن • عندما يتم اختيار بيئة غير ملائمة، فإن الكائن الحي المستهدف يمكن أن يحجب بسبب نمو كائنات حية دقيقة أخرى • العينة ربما تحتوي على مثبطات تؤثر على نمو الكائنات الحية المستهدفة • لعزل المستنبتات النقية، فإن حصاد على بيئة صلبة يعتبر ضروري • إذا كانت أحجام العينة كبيرة درست زيادة تكاليف العينة ومكان كبير للتحضين مطلوب

فحص الوجود/ لغياب باستخدام بيئة سائلة	• كما في الأعلى	• كما في الأعلى • لا معلومات على مستوى تركيز الكائنات الحية المستهدفة
صب الطبق	• بسيطة وطريقة غير مكلفة	• حجم العينة التي تم تحليلها روتينياً في حدود قصوى ١ملل • الصدمة الحارة، تحدث عندما الآجار الساخن يسكب في العينة، يثبط حساسية الكائن الحي • مقدار العينات النموذجية غير سهل

تابع الجدول رقم (٨,٣).

التقنية	الفوائد	الأضرار
طبق منتشر	• كان حي هوائي إجباري مفضل بسبب أن المستعمرات تنمو على سطح الآجار (إلا إذا تم تطبيق ظروف لا هوائية) • التفريق بين المستعمرات أكثر سهولة من الأطباق المصبوبة	• حجم العينة المراد تحليلها روتينياً لأقصى ٠,١ملل • حساب المستعمرات النموذجية ليس دائماً سهل
مرشح غشائي	• مدى مرن من حجم العينة يسهّل استخدام عينة حجمية كبيرة وعليه زيادة الحساسية • ماء مذاب غير نقي يتداخل مع نمو الكائنات الحية المستهدفة المفصولة من العينة في خطوة الترشيح • نتائج كمية وتقدير جيد في عدد	• نوعية الأغشية مختلف • الجزيئات الصلبة والكيميائيات المدمصة من العينة إلى الغشاء خلال الترشيح ربما تتداخل مع نمو الكائن الحي المستهدف • ليست تطبيقية للعينات النموذجية • حساب المستعمرات النموذجية ليس دائماً سهل

	المستعمرات ذات النمو المناسب • خطوات حصاد زائدة ليست مطلوبة دائماً، والتي تخفض التكـــــاليف والزمن المطلوب للتحليل • عندما يكون البرهان مطلوب، العزل من المستعمرات المفصولة على الغشاء يعتبر سهل	

تابع الجدول رقم (٨،٣).

التقنية	الفوائد	الأضرار
تغذية غنية سائلة+ برهان أو عزل على بيئة صلبة	• التغذية الغنية السائلة في البيئة المفضلة ودرجة حرارة التحضين يتيح تقييد الخلايا المضغوطة أو المتضررة • تخطيط جزء من البيئة الغنية على بيئة الآجار يتيح عزل المستعمرات المفصولة • التفريق والتحديد الابتدائي ممكن على بيئة صلبة مختارة • الكشف والتحديد للكائن الحي ذو العدد القليل ممكن (مثل *Salmonella*)	• العديد من خطوات الحصاد تزيد تكلفة البيئة، المعمل، مهارات مطلوبة وبقاء الفحص

بيئة الصبغة– طرق الكشف الأساسية

البيئة بدون عــوامل مختارة تكون غير ملاءمة، ولكن مادة تفاعل إنزيمية خاصة تتيح تحسينات معنوية في استخلاص وتحديد البكتيريا المستهدفة. في حالة القولونيات و*E. coli*، والتي يطلق عليها طرق مادة التفاعل المحددة، والتي قدمت عن طريق Edbery *et al.* (1991). هذه طورّت إلى تقنية Colilert وقد أظهرت أنها في علاقة جيدة جداً مع الترشيح الغشائي التقليدي وطرق MPN عندما تستخدم لفحص الماء النقي (Ficker *et al.*, 1997; Eckner, 1998). العديد من طرق الأساس الإنزيمي، تنتج تقديراً خلال ٢٤ساعة متاحة الآن، وتشمل:

- Enterolert®، صناعة IDEXX.
- Colisure®، صناعة IDEXX.
- Colilert®، صناعة IDEXX.
- M-ColiBlue®، صناعة Hach.
- Chromocult®، صناعة Merck.
- ColiComplete®، صناعة Biocontrol.
- MicroSure®، صناعة Gelman.

تستند طريقة Colilest® عند انقلاب العينة للأصغر، مشتملة على قولونيات مع إنزيم β-galatosidase النشط في مادة تفاعل ONPG O-nitrophenyl-Bgalactopyran Oside) وفلوروسنت تحت طولي موجي طويل للأشعة فوق البنفسجية عندما تكون مادة التفاعل (MUG (5-methylumbelliferyl-β-D-glucunonide تم تأليفها عن طريق *E.coli* المحتوي على β-glucuronidase. طريقة التحليل تتضمن إضافة مغذيات تجارية دليلية مجففة تحتوي على محددين أثنين من مواد التفاعل إلى ١٠٠ملل حجمي من الماء المحضّن عند ٣٥–٣٧°م (APHA, AWWA, WEF, 1998). النتائج قد تكون وجود/

غياب الفحص في ١٠٠ملل حجمي أو تقدير في طبق خاص (Quanti Tray TM) وفيها يتم فصل العينة إلى سلاسل من الفحوص الكلية وتقديم معظم العدد المتوقع لكل ١٠٠ملل من الماء الجدول رقم (٨,٤) يظهر بعض القياسات المستخدمة للمواد المصبوغة المتاحة للكشف عن بكتيريا الدليل (المؤشر).

الجدول رقم (٨,٤). أمثلة للمـــــواد الصبغية للكشف عن بكتيريا الـــدليل (المؤشـــر) (محورة من (Manafi, 1996.

البكتيريا	مادة الصبغة	الأنزيم المفحوص
بكتيريا القولون	O-nitrophenyl-β-D- galactopyranoside (ONPG) 6-bromo-2-naphtyl-β-D-galactopyranoside 5- bromo-4-chloro-3-indolyl-β-D-galactopyranoside (XGAL)	β-D-galactosidase (E.C.3.2.1.23)

تابع الجدول رقم (٨,٤).

البكتيريا	مادة الصبغة	الأنزيم المفحوص
E. coli	5- bromo-4-chloro-3-indolyl-β-D-glucuronide (XGLUC) 4-methylumbelliferyl-β-D-glucuronide (MUG) p-nitrophenol-β-D-glucuronide (PNPG)	β-D-glucuronidase (GUD) (E.C.3.2.1.31)
Enterococci	4-methylumbelliferyl-β-D-glucuronide (MUD) indoxyl-β-D-glucoside	β-D-glucosidase (β-GLU) (E.C.3.2.21)

الاهتمام الرئيسي مع أي تحليل يستند على النشاط الإنزيمي، هو التداخل والذي يمكن أن يحدث عن طريق وجود بكتيريا أخرى. بالإضافة، فإن استخدام β-galactosidase في الكشف عن القولونيات ذو أضرار أخرى، كما في حالة الإنزيم حيث يمكن أن يوجد في كائنات حية عديدة (والمشتملة *Enterobacteriaceae*، *Vibrionaceae*،

Pseudomordaceae و*Neisseriaceae*، والعديد من الموجبة لصبغة جرام، الخمائر، الأوليات والفطريات.

نشاط إنزيم β-glucuronidase على الرغم من كونه ينتج عن طريق معظم سلالات *E. coli* وأيضاً ينتج عن طريق *Enterobacteriaceae* الأخرى، المتضمنة بعض *Shigella*، *Salmonella*، *Yersinia*، *Citrobacter*، *Edwardia* وسلالات *Hafina*. وجود هذا الإنزيم في *Flavobacterium* spp.، *Bacteroides* spp.، *Staphylococcus* ssp.، *Streptococcus* spp.، *Corynebocterium* اللاهوائية و*Clostridium* تم تسجيلها أيضاً.

هذا ربما يقود إلى كشف عدد غير حقيقي موجب من الكائنات الحية.

في اليد الأخرى، بعض سلالات *E. coli* (من بينها سلالات ممرضة) لا يمكن الكشف عنها مع هذه التقنية في كونها (نموذج مظهري) سالب لوجود β-glucuronidase. برغم ذلك، فإن المشكلات السابقة عموماً تنتج في أخطاء قليلة أكثر من طرق الحصاد الاعتمادي التقليدي.

(٨,٣,١,٢) الحصاد في خلايا العائل

أولاً: حصاد اللاقمات (الفاجات)

عدد من الفاجات يمكن عموماً تحديدها عن طريق التحليل اللوحي التقليدي المباشر، الأساسيات التي تم تصميمها عن طريق Adams (1959). أساساً، آجار ناعم يخلط مع حجم ملائم من الماء تحت فحص ونمو عائل بكتيري مختار عند درجة حرارة فقط أعلى من درجة حرارة تصلب الآجار. هذا الخليط يسكب في أعلى الآجار العميق في طبق بتري تقليدي ذي ٩٠مللم قطري، لإنتاج ما يطلق عليه طبقة الآجار المضاعفة (DAL) التحليل. تحضّن الأطباق واللوحات المرقمة لليوم التالي. في الفحوص في الماء

المحتوي على عدد عالي من البكتيريا (والتي ربما تتداخل مع سلالة العائل ووضوح اللوحات)، مضادات حيوية مثل nalidixic acid ربما تضاف لبيئة الآجار ثم يتم استخدام سلالة العائل المقاومة.

تحديد معنوي لطرق (DAL) في كونها فقط تقريباً ١ملل من الماء المفحوص يمكن استخدامه لكل ٩سم من طبق بتري. الكشف الكمي للفاجات بالأعداد أقل الفحص المحدد في تحليل اللوحة المباشر، وعليه، يتم عمله عن طريق تحليل اللوحة المباشر باستخدام أطباق بترية كبيرة، أو استخلاص الفاجات من أحجام كبيرة من الماء متبوعاً بالتحليل اللوحي التقليدي في التراكيز. أعداد صغيرة من الفاجات في أحجام كبيرة من الماء ربما أيضاً يمكن كشفها عن طريق عمليات التغذية الغنية النوعية.

ثانياً: حصاد الفيروسات

الكشف عن الفيروسات متبوعاً بخطوط التركيز تتم في دوارق مستوية القاع ثابتة أو في أنابيب فحص دولابية (أنابيب- قرص) تحتوي على صفوف من خلايا خاصة الفيروسات التي تعد مثل اللوحات (مصفاة) في طبقات واحدة صلبة من الخلايا، كما في حالة نسيج النمو لحوالي ٤٥٪من الجرعة المعدية ($TCID_{50}$) أو معظم العدد المتوقع (MPN) في معلقات سائلة (Payment, 2001).

تحليل اللوحة مفردة الطبقة: حصاد الفيروسات المعدية ينتج هيئة للأثر الاستسلامي والبعض يمكن أيضاً أن ينتج لوحات مرئية تحت غشاء غذائي صلب. للكشف عن تكوين لوحة الفيروسات المعوية، فإن لوحة التحليل تستخدم على نطاق واسع. من فوائدها أنها تقدم نتائج عن الفيروسات سريعة النمو ويمكن أن تقدم لوحة معزولة (مكافئة لمستعمرة البكتيريا)، والتي يمكن التقاطها وتحتوي على نوع من

فيروس مفرد مفيد في العديد من التحديدات والتكاثر. المصادر تتضمن في كونها تحت تقييم عدد الفيروسات النامية ببطء وأنها لا تصبح قادرة على كشف تلك التي لا تنتج لوحة.

لجنة المعاهدة الأوربية للقياسات (GENITC230/WG3/TG4) وصفت تحليل لوحة الطبقة المفردة للفيروسات المعوية كالتالي : اندماج طبقة وحيدة من ثور القرد الأخضر (BGM) للخلايا في دوارق أو أطباق صف خلايا نامية ومحقونة مع عينة ومحضنة لمدة ساعة واحدة عند ٣٧°م (± ١,٥°م). العينة الزائدة تزال والبيئة الغشائية المحتوية على آجار وأحمر متعادل تضاف إليها ويتاح لها التهيئة.

بعد تحضين فإن المناطق الباهتة للخلية الميتة (اللوحات) تتطور وتحسب لأعلى سبعة أيام. يتمركز الأثر الاستسلامي ؛ بسبب أن الآجار يتيح فقط الانتشار للفيروس من الخلية إلى الخلية والأحمر المتعادل فقط يؤخذ عن طريق الخلايا الحية. يفترض أن اللوحة الناتجة لوحدة فيروس معدي واحد وترجع إليها كلوحة مكونة لوحدات (pfu) عدد (pfu) في العينة الأساسية يمكن حسابها ؛ للانتفاع من كل جزء من العينة المركزة في التحليل المتضاعف.

التحليل الغشائي السائل : النمو البطيء وغير اللوحي لإنتاج الفيروسات المعوية بالإضافة إلى الفيروسات من المجاميع الأخرى (فيروسات adeno ، فيروسات reo ، الكبد الوبائي A ، فيروسات rota) التكرار في الخلايا ولكن ليس دائماً ينتج أي تغيرات مجهرية.

لزيادة احتمالية وجود الفيروسات ، واحد ، أثنين أو حتى ثلاث انتقالات محضنة لمدة سبعة إلى ١٤يوماً تزيد احتمالية كشف الفيروس عن طريق إتاحة العديد من الدورات للتكرار.

هذه التقنيات، تحت بيئة غذائية سائلة يمكن أن تنجز في تقنية كبيرة (أنابيب أو دوارق) أو أكثر ، في تقنية دقيقة (أطباق متعددة عميقة: ٩٦، ٢٤، ١٢، ستة أو أربعة عميقة). عدد الأنابيب المحضنة أو العميقة تحدد دقة التحليل. عندما يتم فحص العينات مع العدد الفيروسي القليل المحتمل، فإن عدداً صغيراً من الدوارق مع مسطح سطحي كبير مفضل لتقليص العزل وخفض الوقت المطلوب للمعمل. التحليل المستند على طرق الكشف الفيروسي؛ وذلك لسرد الفيروسات في العينة الأصلية، يشمل:

- الأثر الاستسلامي (مجهرياً).
- الفلورسنت الأميني (مع خاص أو مجموعة مضاد المصل).
- Peroxidase المناعي (مع خاص أو مجموعة مضاد المصل).
- الطرق الجزيئية (PCR، تهجين).
- كشف الفيروس في المعلق بواسطة المجهر الإلكتروني.
- طرق ELIS (خاص لواحد فيروس أو أكثر).

أمثلة لخطوط الخلايا المستخدمة بتكرار: MAIO4، BGM-FI، BGM-H، RDR، Frhk4، HEP، Vero، $CaCo_2$.

ثالثاً: حصاد الأوليات في المستنبت الخلوي

بالمقارنة لمعظم التحليل البكتيريولوجية والفيروسية، فإن تحاليل الأوليات (مثل *Toxoplasma gondii*، *Isospora belli*، *Cyclospora cayetanensis* ومجاميع فيروسات Microsprdia). مختلف خطوط الخلية (مثل خلايا CaCo-2، خلايا ظهارية لقناة فالوب البقري، خلايا كبد Mardian Darby البقري، خلايا HCT-8) تستخدم حديثاً لحصاد *C.parvum* (Slifko *et al.*, 1997; Gasser and Donaghue, 1999). طريقة حصاد نموذجية مختصرة في التالي، حيث بويضات *C.paarvum* تعامل مع ١٠٪ مبيّض (٥,٢٪ صوديوم هيبوكلوريت، أو الحي البوغي الطازج يستخلص عن طريق عملية excystation،

ويزرع إلى خلايا HCT-8 النامية لحوالي ٦٠ إلى ٨٠٪ محتشد في ٥٠٪ ثاني أكسيد الكربون الجوي عند ٣٧°م. تكوين البويضات يمكن ملاحظته بعد ثلاثة أيام بعد الحقن. النمو في الخلايا النامية ربما يستخدم للاتحاد مع تفاعل سلسلة Polymerase (انظر صندوق رقم ٨,٣) للكشف عن البويضات المعدية، على أي حال، فإنه مطلوب هيئة خاصة ذات تدريب وخبرة وتجهيز خاص.

رابعاً: حصاد الأوليات على بيئات صناعية

بيئة الاستنبات الصناعية لكلا *Entamoeba histolytica* و*Gardia lambila* تم تطويرها واستخدامها للتشخيص في الحقل الطبي. تاريخياً، فإن هذه الأوليات تجويفية الأعضاء الساكنة تم تنميتها على بيئة استنبات مع وبدون واحد أو أكثر من الكائنات الحية الدقيقة والتي تتصاحب في بيئتها العادية مع العوائل (استنبات ملقح). تقنيات الحصاد تم تطويرها ولكنها ليست تقديرية ومطلقاً لنجاح تطبيقي للعينات البيئية.

(٨,٣,١,٣) طرق التوحيد القياسي

تأسيس طرق التوحيد القياسي متوفر، مثل. تلك الهيئة العالمية للتوحيد القياسي (ISO)، اللجنة الأوروبية للتوحيد القياسي (CEN) الجمعية الأمريكية للصحة العامة (APHA). طرق الكشف والعد للدليل البكتيري وبعض الممرضات القياسي العالمي مستخدم للإنجاز. يوضح الجدول رقم (٨,٥) حالة مهارة التوحيد القياسي العالمي للطرق الميكروبيولوجية ذات العلاقة بتحليل ماء الشرب.

الجدول رقم (٨,٥). التوحيد القياسي العالمي لطرق التحليل الميكروبيولوجية لماء الشرب.

الكائنات الحية المستهدفة	قياس ISO	تقنية الاستنبات، بيئة، بيئات والتحضين	الملاحظات
Pseudomonas aeruginosa	[ISO8360-1]	استنبات سائل في بيئة Drakes ١٠ عند ٣٧°م لمدة يومان، لبرهنة إعادة الاستنبات على بيئة آجار اللبن	عزل نموذجي يتطلب تحديد (تعريف) زيادة، المادة ليس مكلفة ولكن الجهد ذو

		عند٤٢°م لمدة يوم واحد (نمو، تحليل الكاسين، فلوروسنت و Pyocyamine)	تكليف معنوي
Legionella species	ISO 11731	نشر النمو على بيئة GVPC مع مضادات حيوية عند ٣٦°م لمدة عشرة أيام، فحص مصلي للعزل النامي على BICE ولكن ليس على -BCTE cys، التحديد عن طريق الدهون الحامضية isoprenoid guinones، تحليل مناعي فلوروسنتي مباشر أو غير مباشر للجسم المضاد، صلب أو تخثر لقطرات لبنية، جنس خاص لجسم مضاد أحادي المستعمرة أو تحليل مناعي ممتص إنزيمي مرتبط	مع وبدون معالجة مسبقة، تداخل خلفية النمو، المضادات الحيوية وتحديد الهوية يزيد التكاليف

تابع الجدول رقم (٨,٥).

الكائنات الحية المستهدفة	قياس ISO	تقنية الاستنبات، بيئة، بيئات والتحضين	الملاحظات
Legionella species	(ISO/DIS 11731-2)	طرق المص المعتمدة على الترشيح الغشائي	
Saimonessa species	(ISO 6340)	بيئة غنية مسبقة سائلة في منظم Peptone مائي عند ٣٧°م لمدة ١يوم، بيئة غنية محورة من مرق -Rappaport Vassilia عند ٤٢°م لمدة ١يوم، مختارة في أخضر افينول اللامع واللاكتوز الأحمر وآجار Xylose lysine deoxycholate عند ٣٦°م لمدة ١يوم واختياري في آجار كبريتات البزموت عند ٣٦°م لمدة ٢يوم، عزل مستعمرات نموذجية للإثبات باستخدام فحوص	*S. Typhi* تحتاج بيئة غنية مسبقة، تحتاج للوقت والعديد من البيئات وهذا يزيد التكاليف

		كيموحيوية ومصلية	
Culturable microorganisms	ISO 6222	تقنية صب الأطباق، مستخلص خميرة الآجار، تحضين عند ٣٦°م لمدة ٢يوم وعند ٢٢°م لمدة ٣أيام.	كل الكائنات الحية الدقيقة ليس متوقع فيها توليد مستعمرات، الفرص في المستعمرة لتكوين وحدات (cfu) ذات علاقة، طريقة رخيصة
F-RNA phages	ISO 10705-1	طبق متضاعف لطبقات سلالة WG49 S.typhimurum، فاج نوع 3Nalr (F42 lac: Tn5)، عند ٣٧°م لفترات مختلفة استناداً إلى الخطوة	AQC في العائل البكتيري مهم، عد RNA للفاجات مستند على طرح فاجات DNA من عدد اللوحة المكونة للوحدات (pfu)، فاجات RNA فنتج لوحات صغيرة (صفائح)

تابع الجدول رقم (٨,٥).

الكائنات الحية المستهدفة	قياس ISO	تقنية الاستنبات، بيئة، بيئات والتحضين	الملاحظات
Somatic coliphages	ISO 10705-2	صب الأطباق ذات الطبقة المتضاعفة، سلالة ATCC B706 كعائل بكتيري، MSB، MSA عند ٣٧°م لفترات مختلفة معتمدة على الخطوة	طرق معظم الفاجات الحساسية، تضاعف الفاجات coli الجسدية ممكن ولكن يظهر في كونه ليس معنوي.
بكتيريا القولون، قولونيات مقاومة للحرارة *Escherichia coli*	(ISO 9308-1)	ترشيح غشائي على بيئة مختارة، تحضين (بعد الحياة) عند ٣٦°م لمدة ١يوم (القولونيات) أو عند ٢٤°م لمدة ١يوم (للقولونيات المقاومة للحرارة)، لإثبات إعادة استنبات القولونيات المقاومة للحرارة لتخمر اللاكتوز وإنتاج الغاز عند ٣٦°م لمدة ٢يوم، لإثبات إعادة استنبات	اختيار ضعيف، المستعمرات المستهدفة من الصعوبة تقديرها

		القولونيات المقاومة للحرارة وتخمر اللاكتوز وإنتاج الغاز عند ٤٤°م لمدة ١يوم، لإثبات إعادة استنبات *E. coli* لإنتاج ١تدول عند ٤٤°م لمدة ١يوم إضافات تتطلب، فحص Oxidase	
بكتيريا القولون، قولونيات مقاومة للحرارة *Escherichia coli*	(ISO 9308-2)	استنبات سائل في بيئة مختارة، تحضن عند ٣٧°م لمدة ٢يوم، لإثبات (إنتاج الغاز) يعاد استنباتها في بيئة BGBB عند ٣٦°م لمدة ٢يوم للقولونيات وفي بيئة EC عند ٤٤°م لمدة ١يوم في حالة القولونيات المقاومة للحرارة لإنتاج الاندول عند ٤٤°م لمدة ١يوم، فحص Oxidase	اختيار من عدد من البيئات المختارة متاح في هذا القياس المهمل، تأخر التعديل بسبب نقص سريان النتائج في البيئات المختلفة القلونيات كمجموعة مستهدفة تصنيفياً كذلك تولد تلقائي، الوقت المستهلك مقدّر، المادة ليست مكلفة ولكن جهد التكاليف معنوي

تابع الجدول رقم (٨,٥).

الكائنات الحية المستهدفة	قياس ISO	تقنية الاستنبات، بيئة، بيئات والتحضين	الملاحظات
برازية enterococci	ISO 8799-2	ترشيح غشائي على أجار -m entrococcus، تحضين عند ٣٦°م لمدة ٢يوم في الموقع فحص aesculin hydnolysiss على BEAA عند ٤٤°م لمدة ٢ساعة	بيئة المجموعة المستهدفة يجب إعادة تقييمها بسبب التصنيف الجديد، الوقت المستهلك مقدر، المادة ليست مكلفة
برازية enterococci	(ISO 7899-1)	الحصاد في بيئة سائلة، مرق azideglucose، تحضين عند ٣٦°م لمدة ١ و٢يوم، إعادة الاستنبات على BEAA عند ٤٤°م لمدة ٢يوم، فحص catalase	بيئة المجموعة المستهدفة يجب إعادة تقييمها بسبب التصنيف الجديد، الوقت المستهلك مقدر، المادة ليست مكلفة

مختزلة للكبريت جراثيم clostridia	(ISO 6461-2)	مرشح غشائي عادي أو محوّر في كبريت الحديد أو بيئة آجار كبريت tryptose اللاهوائية عند ٣٧°م لمدة ١-٢يوم	تعقيم العينة يحسن نمو الجراثيم بالإضافة إلى الاختبار عن طريق القتل للخلايا الخضرية، المجموعة المستهدفة ضعيفة التحديد، تكاليف المادة تزداد إذا تم استخدام المرطبان اللاهوائي
مختزلة للكبريت جراثيم clostridia	(ISO 6461-1)	استنبات سائل في DRCM لا هوائي عند ٣٧°م لمدة ٢يوم	تعقيم العينة يحسن نمو الجراثيم بالإضافة إلى الاختبار عن طريق القتل للخلايا الخضرية، المجموعة المستهدفة ضعيفة التحدي، المادة ليست مكلفة

تابع الجدول رقم (٨,٥).

الكائنات الحية المستهدفة	قياس ISO	تقنية الاستنبات، بيئة، بيئات والتحضين	الملاحظات
Pseudomonas aeruginosa	(ISO 8360-2)	ترشيح غشائي على بيئة Drades19، تحضين عند ٣٧°م لمدة ٢يوم، لإثبات إعادة الاستنبات على آجار اللبن عند ٤٢°م لمدة ١يوم (نمو، تحليل الكاسين، فلورسنت و Pyocyanine)	العزلات النموذجية يجب أن يتم لها تحديد إضافي، المادة ليست مكلفة ولكن جهد العمل معنوي، التعديل جاري من خلال CEN
*Bacteroides fragilis*فاجات	(ISO 10705-4)	أطباق صب متضاعفة الطبقة، تحديد السلالة في كونها عائل بكتيري، BPRM عند ٣٧°م لفترات مختلفة استناداً على الخطوة، تحضن لا هوائياً	أعداد قليلة مقارنة مع الفاجات الجسدية
تركيز الفاجات	(ISO/DIS1070 5-3)	شرح انتهاء سريان الطرية	

فيروسات معوية	CEN/TC 230	حصاد على طبقة مفردة من خلايا BGM عند ٣٧°م لمدة ٧أيام، ٥٪ من CO_2 في الهواء الجوي	ملاحظة مدى من الفيروسات المعوية، ولكن خلايا BGM ربما تثبط بواسطة مركبات من عينات بيئية
تقدير الترشيح الغشائي	ISO 7704	مقارنة المستخلصات ذات العلاقة للطريقة	
تقدير عد المستعمرة في البيئة	ISO 9998	مقارنة المستخلصات ذات العلاقة للطريقة	
انتهاء سريان طرق الحصاد الميكروبيولوجية	(ISO TR 13843)	وصف الطرق واثبات التحديد (الهوية) للكائن الحي المستهدف	
فحص التكافؤ لطرق الميكروبيولوجي	(ISO /CD 17994)	مقارنة المستخلصات ذات العلاقة للكائنات الحية المستهدفة بين الطرق المختلفة	

المفتاح : AQC : تحليل الضابط النوعي

ATCC : الجمع الأمريكي للاستنبات النوعي (Manasses, VA, USA)

BCYE : آجار مستخلص خميرة الفحم المنظم

BCTE-cys : بدون cysteine

BEAA : آجار Bile Esculin Azide

BGBB : مرق Bile الأخضر اللامع

BGM : ثور القرد الأخضر

BPRM : بيئة استرجاع Bacteriodes الفاجات

DRCM : مرق تفريق Clostridium

EC : مرق مختار للقولونيات و *E.coli* (تحتوي على أملاح الصفراء)

GVPC : BCYE مع إمداد مختار من Legionella

MSA : آجار Scholtens المحوّر

MSB : مرق Scholtens المحوّر

NCTC : المجمع الوطني للاستنبات النوعي والفطريات المرضة (خدمة معمل الصحة العامة البريطاني)

TYGA : مستخلص آجار الجلوكوز والخميرة و Tryptone

TYGB : مستخلص Tryptone ومرق الجلوكوز

(٨,٣,٢) الكشف وتحديد الهوية

الطرق الجزيئية التي تستهدف الأحماض النووية أدوات مهمة للكشف عن التنوع الميكروبي ويمكن استخدامها في الكشف والتحديد. طرق الأحماض النووية الأساسية تعتبر مهجنة، ومقيدة، ومضخمة، ومتتابعة وهذه مختصرة في الصندوق رقم (٨,٢).

الصندوق رقم (٨,٢). الطرق الجزيئية لاستهداف الأحماض النووية

التهجين تفاعل يتضمن جديتلين متممين من الحمض النوع. ترتبطان لتكوين جزيء جديتلين متضاعفتين. غالباً، واحد من الأحماض النووية يسمح DNA البكتيري الكلي والآخر جزء من الحمض النووي يستخدم كمسبار.

المسبار قد يكون جزءاً من DNA أو أكثر تقليدي، نيوكليوتيد قليل مصّنع (عادة ١٥-٢٥نيوكليوتيد طويلاً). تفاعل التهجين يمكن ببساطة تتبعها عندما المسبار يتم تعليمه إشعاعياً. المعلّم غير إشعاعياً يمكن رؤيته عن طريق تفاعل الإنزيم المناعي أو سلسلة من التفاعلات تتضمن إنزيم avidin وbiotinylated، عندما يكون المعلّم biotin. الواضح للعيان هو مقياس الألوان، فوروسنت، أو التلألؤ. خيارياً، فإن المسبارات قليلة النيوكليوتيد يمكن أن ترتبط للتدعيم (طبق عيار حجمي دقيق، رقاقة دقيقة) ومعلمّ DNA غير معروف. بعض الباراميترات (الحرارة، الطول الأيوني) يجب ضبطها حتى يتم عمل التهجين بكفاءة (Grimont, 1988). لإعطاء تفاعلات متتالية وطول أيوني، فإن هناك حرارة مثلى لإتاحة الارتباط الأقصى للمسبار. الحرارة الشديدة تتيح إزالة مثلى لإعادة المساعدة غير المكتملة

للحمض النووي بينما هناك احتباس ممتاز وكاف لربط المسبار لإتاحة الكشف عن المفرد الغامض (مثل اللون).

الطول الأيوني المنخفض يتيح استخدام الحرارة المنخفضة. الحرارة (أو الشديدة) المثلى والطول الأيوني تعتمد على طول الجزيء المهجن بكفاءة من الحمض النووي. هذا يعني أن الحرارة المثلى للمسبار المعطى سوف يتيح بعض التهجين الجزيء (تفاعل- متصالب) عندما المسبار والتتابعات المستهدفة لا تتماثل تماماً (حمض نووي متباين الأصل). للمسبار المعطي، فإن الدليل الخاص يحدد كتخفيض مطول لخفض التفاعل متباين الأصل لمستوى مشابه للبكتيريا الهدف وربما يعطي نتائج موجبة كاذبة. هذا محتمل لماذا عمل التهجين يكون ذو إثبات جيد لتعريف الاستنبات (عندما كميات من الحمض النووي تضبط) ولكن غالباً غير حاسم عندما يستخدم في عينات الحقل مع كميات غير معلومة من الحمض النووي أو خليط من عدد غير محدد من الأنواع البكتيرية. يجب أيضاً الإشارة إلى أن المسبارات المستهدفة DNA لا يمكنها التفريق بين البكتيريا الحية والميتة.

النيوكليديزات الداخلية المقيدة عبارة عن إنزيمات تميز تتابعات قصيرة خاصة Plaindromic وتشطر الجديليتن المتضاعفين من DNA عند هذه المواقع. هظم جزيء DNA مع النيوكليديزات الداخلية المقيدة المعطاة تنتج عدد محدد من شظايا DNA الهجرة الكهربائية تستخدم لفصل الشظايا المقيدة عن **تابع الصندوق رقم (٨,٢)**.

طريق الحجم. تقييد المورّث غالباً ينتج عديد من الشظايا الواجب تحليلها. هذه المشكلة تم حلها بطريقتين: الطريقة الأولى استخدام إنزيمات الحصر ذات التمييز النادر لشطر الواقع التي تولّد شظايا قليلة كبيرة الحجم. الأخيرة يمكن فصلها بمساعدة تقنية خاصة ترجع إلى الهجرة الكهربية لنبض الحقل الهلامي. الطريقة الأخرى هي تخيل (رؤية) تحت الوضع للشظايا بعد التهجين مع مسبار خاص (طريقة جنوبية) عندما المسبار المستهدف ١٦ و S٢٣ للجينات rRNA، فإن الطريقة تطبق لكل البكتيريا وغالباً يشار إليها في كونها ناسخ للحمض النووي الريبي (Grimont and Griment, 1986). خيارياً، فإن شظايا DNA يمكن تضخيمها (انظر اسفل) وهضمها بواسطة النيوكليديزات المقيدة لإعطاء طراز بسيط (Kilger and Grimont, 1993). طرق التقييد تطبيق جيد لتقنية مستخلص DNA من العينات مع الفلورا البكتيرية المعقدة.

التضخيم طريقة فيها التتابع المنتقي من الحمض النووي (DNA أو RNA) يتم نسخه مرات عدة. حالياً فإن سلسلة تفاعل Polymerase (PCR) تعتبر الأكثر استخداماً بتوسع أساسي (انظر صندوق رقم ٨.٣). المشكلة الأساسية مع هذه التقنية تنسب إلى الحساسية العالية PCR، والتي تتيح التضخيم لتلوث النيوكليدات المتعددة عندما يصبح المنتج بحذر ليس منجز. أكثر قليلاً، فإن البكتيريا الميتة (مثل التي تم

عمل أوتوكلايف أو تطهير) يمكن أن تظل موضحة عن طريق PCR. في اليد الأخرى، مركبات خاصة لعينة يمكن أن تتداخل مع تفاعل PCR وهذا ربما يؤثر بشدة على كشف المحدد (Wilson, 1997). الطرق العليا يمكن توحيدها، الحصر والتهجين تستخدم عن طريق الطريقة الجنوبية. منتجات حصر التضخيم تستخدم للتعريف (عندما تضخم جينات rRNA) أو للنسخ (مثل جينات Flagellin). التضخيم المختار لحصر الشظايا تستخدم في طريق يطلق عليها تضخيم الشظايا الطولي متعدد الأشكال (AFLP).

تقنية النشوء تتكون من استخدام نظم لمسبارات مرتبطة بالمؤيد (غشاء أو رقاقة دقيقة). التضخيم المستهدف للحمض النووي DNA هو تهجين مع المسبارات المرتبطة وتفاعلات مفردة وترقم إما باستخدام بعض الأجهزة الإلكترونية أو بالتحليل التصويري (الوصفي). على الرغم من أن تقنيات الجزيئات المستخدمة ليست حديثة (RIjpens et al., 1995)، ولا تمكّن من التمييز بين البكتيريا الحية والميتة عندما يكون DNA مستهدف، تضاعف المسبار (آلاف عديدة) و التحجيم مرغوب في العديد من الحقول خصوصاً في تحديد أليلات العديد من الجينات في السلالة البكتيرية المعطاة.

الإقحام طريقة يتم فيها إدخال الشظايا المفيدة في المتضاعف الذاتي الناقل (بلازميد، فاج، السائل) وبالتالي يضخ حيوياً. التتابع يستخدم غالباً كإقحام أو تضخيم جيني ونيوكليدات قليلة (والذي يهجن إلى جزء من الجين)، والنيوكليدات المتشابهة (والتي تقف عشوائياً الإطالة عند إضافة النيوكلتيد النوعي المعطى). هذه تفصل بواسطة الهجرة الكهربائية. قواعد المعلومات. العديد من قواعد المعلومات متاحة في شبكة المعلومات الداخلية.

(٨,٣,٢,١) تفاعل سلسلة Polymerase (PCR)– الكشف الأساسي

الأساس المعملي الأساسي يعتبر مهماً لإنجاز PCR (انظر الصندوق رقم ٨,٣). مجاميع عدة متاحة تجارياً من مختلف الممدين والذي يقدم أنظمة ومحاليل مطلوبة للتحليل الأساسي لتفاعل سلسلة البولي ميراز (PCR). بالإضافة، فإن الدائرة الحرارية لتفاعل PCR والجهاز الملائم للفصل (مثل الإمداد للقوة، وحدات الهجرة الكهربية) والكشف/ ورؤية الأحماض النووية تعتبر مطلوبةً.

الصندوق رقم (٨,٣) تضخيم الأحماض النووية

من خلال مختلف تقنيات تضخيم الحمض النووي فإن تفاعل سلسلة البولي ميراز (PCR) تعتبر مثال أكثر للبروز. هذه الطريقة تم عملها خارجياً في أنبوبة اختبار في الدائرة الحرارية، تم أخذ فائدة للثبات الحراري وصحة DNA بولوميراز من البكتيريا مؤكدة محبة للحرارة. باستخدام مسبارات DNA كقالب وأثنين من شعلات النيوكليدات القليلة المرتبطة إلى سلاسل من القطع المتتامة للهدف، فإن هذه الطريقة تتيح للتضاعف الأسي لشظايا الحمض النووي، في وجود deoxynucleotides، خلال ساعات عديدة.
تضخيم PCR للحمض النووي DNA يحدث في ثلاث خطوات:
المسخ، التصلب والتمدد للفتيل. من تحليل هذا التضخيم، والذي يمكن فصله في خطوة الهجرة الكهربية، فإنه من الممكن رسم ملخصات على الكائنات الحية الدقيقة التي تواجدت في العينة الأساسية (مثل الماء) وعليه، استناداً إلى تتابع الهدف واختيار الفتائل، فإن هذه التقنية تتيح كشف غير مباشر لمجاميع كبيرة من الكائنات الحية أو خيارياً تحديد الخاص (تحت) الأنواع. هذا يمكن إحرازه باستخدام فتائل ترتبط إلى أهداف أكثر حفظ (مثل. مناطق غير مشفرة rRNA165) أو لتنظيم سلاسل DNA أو الجينات التي ربما تتصاحب مع عمليات خاصة مثل تحديدات مقدار وحدة الجرثومة (مثل. Streptococcal المعدية خارجية السم)، على التوالي. لإثبات أن تتابع التضخيم ينتهي بهدف محبب (مرغوب) فإن خطوة PCR الثانية يمكن تضمينها. شبه المعتزلة من PCR يمكن إنجازها مع فتيلة واحة خارجية (تستخدم في التضخيم الأصلي) وواحدة فتيلة داخلية تصمم من سلاسل محتوية في التضخيم الأول المتوقع. في حالة شبه المعزلة فإن فتيلة داخلية يمكن استخدامها. هذه التقنية المتضاعفة من PCR يمكن زيادة حساسيتها للكشف عن طريق طراز واحد أو اثنين من الحجم. ازدواج PCR وتعدد PCR يتضمن استخدام اثنين أو

تابع الصندوق رقم (٨,٣).

أكثر من ازدواج معينة من الفتائل الناتجة في إنتاج اثنين أو تضخم متضاعف. عندما المنتجات من التضخيم تم تشخيصها لأنواع محددة فإنه من الممكن التمييز بين ذو العلاقة القريب (تحت) للأنواع. خيارياً ، أكثر من واحد كائن حي يمكن الكشف عنه عندما الفتائل المستخدمة كانت خاصة لمورثات مختلفة.

تقديم بطاقات جزيئية مثل digoxigenin CDIG أو bitin معلّم dUTP إلى منتج PCR يمكن أن يقدم إدارة غير متاحة للتشخيص إلى منتج PCR للمنتجات المعلّمة ربما قد تستخدم إما كمسبارات تهجين أو للكشف عن طريق استخدام مسبارات القبض. للاقتراح ، مع توليد PCR ومسارات DIG المعلّمة المهجنة ، فإنه من الممكن كشف أو تقدير كميات دقيقة من المرض كما أن DNA يمكن له العيش لفترات طويلة بعد موت الخلية فإن تفاعل PCR لا يمكن تمييزه بين الكائنات غير الحية والحية. بالمقابل إلى DNA ، فإن RNA (mRNA) المرسل والمنسوخ من DNA يعتبر قابلاً للتغير مع نصف العمل النموذجي فقط لتوازن قليلة. التقنية التي تقدم جهداً لحيوية التقييم ووجود mRNA تعتبر نسخة عكسية PCR (RT) . هناك خطوتان :

- نسخ عكسي وينتج شظايا DNA من قالب RNA و
- PCR ، وينتج نسخ متضاعفة من DNA المستهدف

في الخطوة الأولى فإن إنزيم النسخ العكسي تستخدم لتحديد فتيلة تهجين النيوكليوتيد القليل إلى جديلة مفردة من RNA تحتوي على الرسالة المرغوبة ، إنتاج جديلة متتامة من DNA (cDNA). هذا Dnase يستخدم لإزالة أي DNA ملوث ربما ينتج وهو نتائج موجبة كاذبة. العملية الداخلية عادة تأخذ حوالي ثلاث ساعات. RNA الكلي ، RNA الرسول (mRNA) ، الناقل RNA (tRNA) أو RNA حامض نووي ريبوسومي (rRNA) من مختلف المصادر (بكتيريا ، فيروسات ، طفيليات ، خمائر ، نباتات) يمكن أن تستخدم كقالب للنسخ العكسي. كما في حالة PCR ، فإن تضخيم أجزاء DNA يتطابق مع السلاسل المستهدفة والتي يمكن الكشف عنها باستخدام طرق الكشف القياسية مثل آجار الهجرة الكهربية الهلامي أو غشاء تهجين مع مسبارات خاصة من DNA أو عن طريق استخدام ELISA. التضخيم العشوائي متعدد الأشكال للحمض النووي DNA (RAPD) أو المسبار الاعتباطي PCR (APPCR) يعتبر تكوين خاص من PCR. يختلف عن PCR العادي في كونه مسبار قصير مفرد (عموماً ١٠ أزواج قاعدية طويلة) لسلالة عشوائية يستفاد منها في تضخيم مورّث DNA. هذا المسبار القصير المفرد يمكن أن يقوي عشوائياً عند مواقع خاصة من خلال المورّث. مواقع المسبار متوزعة عشوائياً خلال المورّث ومتعددة الأشكال في مثل هذه المواقع في مختلف منتجات التضخيم ، تكشف عن طريق وجود أو غياب الشظايا.

في الأساس، الحمض النووي ربما يكشف عنه عن طريق PCR من الفيروسات المنقولة بالماء والكائنات الحية والكائنات الحية الدقيقة، على طول أغلفتها (أغمدة، أغشية، جدر خلوية) يمكن أن يتمزق لعمل أحماض نووية قابلة للتفاعل الإنزيمي. لإطلاق الأحماض النووية من الفيروسات والكائنات الحية الدقيقة فإن هناك عدة طرق مختلفة مثل تجميد الدورات الثلجية، الغليان، إضافة منظفات، كما أن الهضم مع الإنزيمات تعتبر ذات تطبيق. لإتمام الخطوة المتضمنة إعداد العينة لمقارنة سريعة مع الطرق التقليدية، مع نتائج متاحة لثلاث أو أربع ساعات. تضخيم أجزاء DNA يمكن بسهولة الكشف عنها عن طريق الفصل الهلامي للشحنات الكهربائية بواسطة الحث وتقنيات سلاسل الصبغ، ويمكن تحليلها علاوة على ذلك. PCR مرنة جداً، وتتيح كشف عالٍ متخصص للأنواع (تحت) المحددة (مثل. Escherichia coli، EHEC، ETEC، STEC، UPEC)، مجاميع مؤكدة من الكائنات الحية الدقيقة (مثل. *Enterobacteriaceae*) يمكن أن تستخدم لدراسة توقعات التنوع الحيوي في عينات الماء. بما أن منطقة الحمض النووي تطوّق بواسطة المسبارات وأنها غير معلومة الكمال، فإن عدد استنبات الكائنات الحية الدقيقة المرضة ربما يكتشف في مدى واسع من عمليات PCR. تقنيات PCR أيضاً ذات محدودية، على الرغم من أن PCR حساسة جداً للعينات، والتي في معظم الحالات التي يجب أن تتركز (مثل. التلبد، الترشيح، الطرد المركزي، الترسيب، الفصل المناعي المغنطيسي، الادمصاص إلى الحبيبات متبوع بالترسيب والروغان).

الطريقة ربما تولّد نتائج موجبة كاذبة. هذا ربما أيضاً ناتج عن عدد من التفاعلات الموجبة الكاذبة. هذه الطريقة الأساسية لا تتيح تقديري عددي من تضخيم شظايا DNA (RNA) في العينة الأصلية.

تفاعل PCR حساس للتثبيط بواسطة المركبات التي توجد في عينات الماء البيئية (مثل. الكاتيونات ثنائية التكافؤ، وحمض Fulvic وحمض humic) وربما تعتمد كثيراً على الدورات الحرارية والمحاليل المستخدمة من مختلف الممدين. بغض النظر عن هذه المحددات، في السنوات القادمة فإن PCR وطرق PCR القاعدية من المحتمل أن تكون ذات تشغيل آلي زائد مما يتيح لاستخدام تحليل كمي في المعامل الروتينية (التقليدية).

النسخ العكسي (RT-PCR)

إشارة حيوية الكائنات الحية الدقيقة في العينة المعطاة ربما تكون ذات معنويات كبيرة للغذاء، الصناعة، والتطبيقات البيئية والطبية. RTCPCR ذات فائدة للكشف عن وجود رسول خاص (mRNA) RNA أو حمض ريبوسومي (rRNA) RNA (انظر صندوق رقم ٨٫٣).

يتحول RNA المرسل بسرعة في الخلايا البكتيرية الحية. معظم أنواع mRNA تمتلك نصف عمر فقط لحوالي دقائق قليلة (Belasco, 1993). كشف mRNA عن طريق RT-PCR ربما يكون على أي حال مؤشراً جيداً للخلايا الحية أو تلك فقط الميتة حديثاً عند وقت أخذ العينات (Sheridan *et al.*, 1998). هذه الطريقة تم استخدامها لتحديد حيوية *Legionella Pneumophila*، *Vibrio chloreae* بالإضافة إلى حويصلات *Giardia* وبويضات *Cryptosporidium* خلال كشف صدمة البروتين الحراري hsp70m RNA (Bej *et al.*, 1991; Bej *et al.*, 1996; Stinear *et al.*, 1996; Abbaszadegan *et al.*, 1997) في عينات الماء البيئية. الطريقة، متحدة مع تلبّد كربونات الكالسيوم لتركيز العينات تكوين hsp70، والتنقية عن طريق الفصل المناعي المغنطيسي والتي أظهر أنه ذو قدرة على كشف الحويصلة المفردة. على أي حال لا يزال استخدام ضار لهذه التقنية. الطريقة نوعية وليست كمية، وكما أن البويضات تتكسر، وعليه فإن العدد المتتالي ليس ممكناً.

على الرغم من عظم فوائدها ، فإن عمليات RNA الأساسية تواجه صعوبات تقنية ، تحديداً استخلاص المستويات المكشوفة من RNA السليم (الجزيء الذي أقل ثبات معنوياً من DNA). لتنقية RNA فإن مشكلة عدد الجاميع التجارية للاستخلاص والتنقية للحمض النوويRNA تم تطويرها. النسخ العكسي ، مثل Polymerases لمادة PCR يعتبر ذا قابلية عالية لعدد من الملوثات المثبطة المألوفة والموجودة في الماء (مثل المركبات الدبالية). وعليه ، اعتبارات الجهد تم عملها لإزالة هذه المركبات قبل الفحص. المسك المناعي المغنطيسي ، بالإضافة إلى مسك الحمض النووي تم تحسينها لتكون ناجحة لهذا الغرض. مسبار النيوكلوتيد القليل المرتبط بالكريات المغنطيسية والمتحد مع RT-PCR تم استخدامها للكشف عن *Giardia* و*Cryptosporidium* الحية في عينات الماء المحتوية على PCR للمواد المثبطة. على الرغم من أنه كما في حالة PCR ، فقط الكائنات الحية الدقيقة خلال التركيز والاستخلاص يمكن أن يخفض كثيراً حساسية الكشف للطريقة.

المباشر من PCR لا يميز بين السلال الفيروسية المعدية وغير المعدية. تتضمن تقنية الدمج حقن العينة المركزة إلى الطبقة الأحادية للخلية ، تم تحضن بعد ذلك على الأقل لمدة ٢٤ساعة. وهذا يتيح فيروس RNA للتضخم في النسيج المستنبت عاملاً RT-PCR على خلية الاستنبات مدمجة (ICCRT-PCR) PT-PCR.

المقدار الكمي باستخدام PT-PCR لا يزال صعباً ، الجهد وعدم الدقة ، والمهارة المطلوبة للتشغيل والكميات الكبيرة من المواد. إما بسبب PCR ولا PT-PCR تقدم معنى موثوقاً للتقدير ، مألوفاً فإن PCR ولا RT-PCR للكشف عن المرضات في الماء استخدمت فقط كتقدير لغياب/وجود الفحص. في السنوات الحديثة فإن هناك تقدمات في التقنية والإنتاج تجاه تقدير PCR و RT-PCR. هذه التطورات (مثل. The-tay Man™ وأنظمة دورات الضوء ™) تعد واعدة جداً للكشف في الأنبوبة والتقدير.

(٨,٣,٢,٢) التفلوّر في موضع التهجين (FISH)

بمساعدة تقنيات التهجين في الموضع فإن الكائنات الحية يمكن الكشف عنها في مواقعها البيئية الطبيعية بدون احتياج لتقنيات الاستنبات. تتضمن الطريقة تثبيت الخلايا في مواقعها الطبيعية الرسمية متبوعة بنفاذية للجدار الخلوي. هذه تمكنّ كل المحاليل الكاشفة، والمشتملة على المسبارات النيوكليدية القليلة للأنواع الخاص، للتحرك تجاه الخلية وتهجين المستهدف.

المسبارات تعلّم بصبغة فلورسنيته لتمكين الهجين الهدف من خلال الخلية من رؤيته عن طريق المجهر الفلورسنتي الفوقي أو مجهر الليزر الإلكتروني والماسح. المسبارات النيوكليدية القليلة الفلورسنية يمكن أن تتفاعل مع، على سبيل المثال، كل البكتيريا المعطاة في فرع النشوء النوعي، الجنس، أو الأنواع المفردة (Amann *et al.*, 1990,1995). الاختلاف في تعليم الفلورسنت يمكن أن يستخدم لتمكين تفاعلات متعددة الألوان.

الأهداف المحتملة للتهجين تعتبر جينات، mRNA، rRNA. الجينات لا يمكن كشفها عن طريق التهجين الموضعي إلا إذا بعض الموضع من خطوة PCR تم استخدامه، كما في بعض ١٠٠٠٠من الجزيئات المعلمة التي تتطلب نموذجياً للرؤية.

كشف البكتيريا بواسطة FISH

يشتمل نظام التهجين في الموقع النموذجي على ترشيح غنية الماء خلال غشاء، تثبيت الخلايا البكتيرية على الغشاء، نفاذ الخلايا (لإتاحة المسبار للدخول إلى هدفه)، التهجين مع مسبار الفلوروسنت، الغسل لإزالة المسبار غير المرتبط، ثم الفحص المجهري.

جزيئات rRNA توجد عموماً في البكتيريا، محتفظة بتنوع جزيئات سلاسلها، وتحدث في حوالي ٣٠٠٠٠نسخة لكل خلية نشطة، كما أنها هدف ممتاز للتهجين في الموقع.

تحتوي قواعد المعلومات على العديد من سلاسل rRNA. على أي حال، بما أن السلاسل (التتابعات) غير متاحة لكل الأنواع المشروحة، فإن المسبارات يجب أن تختبر ضد جمع المراجع عن الكائنات الحية الدقيقة.

يعتمد الفلوروسنت المفرد المعطى عن طريق الخلية على عدد الأهداف وقابلية الهدف لمسبار الهدف المعطى rRNA، فإن المفرد ذو علاقة إلى عدد الريبوسومات (الحالة الفيزيائية للبكتيريا). عندما المسبار يضم، فإن اهتمام يجب إعطائه لقابلية الهدف كما في الفلوروسنت المفرد المتنوع بتوسع ومعتمد على موقع التتابع للهدف على rRNA (Fuchs *et al.*, 1998). الفلوروسنت المفرد يكون قوي عندما يكون المسبار طويل مع تعليم متضاعف (Trebesius *et al.*, 1994) أو عندما يكون ببتيد الحمض النووي (RNA) مستخدم مثل المسبار (Prescott and Fricker, 1999). على أي حال، لتتابع المسبار المعطى، فإن مسبارات PNA أقل تخصص من المسبارات النيوكليدية القليلة النظامية والتزاوج على نحو غير ملائم يجب تقديمه لإنشاء خصوصية.

أنظمة التضخيم المفردة، مثل Tyramide المفرد للتضخيم (TSA) يجمّع المركبات الفلوروسنتية في الخلايا حيث يتفاعل المسبار. هذا يعطي قوة فردية وربما يتيح الكشف وعد الخلايا الفلوروسنتية عن طريق المسح الخلوي المتري.

مسبارات PNA و TSA تم جمعها، واستخدام مسبارات الهدف PNA ضد جزيء 165rRNA للكشف الخاص عن *E. coli* أظهر تقديم في فاعلية سريعة خيارية من

العمليات التقليدية (Prescott and Fricker, 1999). في هذه الطريقة، البكتيريا تحجز عن طريقة ترشيح عينات الماء خلال أغشية معدنية. الخلايا بعد ذلك تثبت عن طريق وضع أغشية على لبادة المرشح الذي تم نقعه مسبقاً مع محلول paraform aldhhyde، تم بعد ذلك تعامل مع lysozyme، تغسل وتكسو بمحلول تهجين محتوي على مسبار نيوكليتدي قليل من biotinylated PNA خاص للكشف عن *E. coli*.

معقد PNA-RNA blotin يكشف عنه بواسطة التحضين في streptavdin horseradish peroxidase (HRP) متبوعاً بإضافة tyramide فلوروسنتي HRP يحفّز ترسيب الفوروسنت والخلايا يكشف عنها بواسطة المجهر الفلوروسنتي الفوقي. الفحص لا يتطلب جهاز خاص وسهل للإنجاز خلال ثلاث ساعات. العملية يمكن إنجازها مباشرة في العينة المائية بدون الاحتياج إلى تقنيات الاستنبات. قلة الحظ، فإن البكتيريا الميتة يمكن أيضاً الكشف عنها بعد التضخيم المفرد. المشكلات والعيوب (النقص) تم تحديدها عندما تم تطبيق FISH للكشف عن البكتيريا في الماء:

- الكشف تصنيفي مقيد. الكشف الجزيء وتحديد البكتيريا يعتبر عملاً في هيكل التصنيف الجزيء. المجاميع المصنفة تلك التي لم تؤكد عن طريق الطرق الجزيئية ربما لم يتم تحديدها تماماً. كما في مثال، القولونيات (بكتيريا القولون) (هل هي برازية أم لا) لم تحدد التصنيف في مصطلحات الجزيء، وعليه لا يوجد مسبار حمض أميني يمكن الكشف عنه. من الممكن استخدام المسبار أو نظام PCR لاستهداف جين betagalactosidase. مثل هذه المسبارات، على أي حال، لا تتفاعل مع كل القولونيات ولكن على الأصح مع أنواع القولونيات ذات النشوء العرقي القريبة من *E. coli*، بغض النظر عن مسكنها. أكثر، فإن

كل أنواع *Shigella* والأنواع المصلية، ما عدا *S. boydii13* إلى الأنواع الجينية من *E. coli* و *Shigella spp.* يظهر في كونها داخلية تهاجم مستعمرات *E. coli*. وعليه، لا يمكن تصنيف مسباري لتمييز *Shigella spp.* من *E. coli*. المسبارات (أو أنظمة PCR) يمكن أن تستهدف الجينات المهاجمة. هذه المسبارات سوف تكشف سلالات *Shigella* و *E. coli* المهاجمة ولكن لن تكشف سلالات *Shigella* التي فقدت مهاجمة البلازميد.

- البكتيريا في الماء غالباً تموت أو تجهد. موت أو إجهاد البكتيريا أقل تفاعل وغالباً يحدث كخلايا دقيقة. مثل هذه، من الصعوبة تمييزها بين بعض المادة غير الحية والتي ربما ترتبط مع المسبارات بدون تخصص. أكثر قليلاً، البكتيريا طبيعية الفلوروسنت أو العرضة ربما يحدث لها تمييز. المشكلة الأساسية مع الطرق الجزيئية هو تمييز الحية من البكتيريا الميتة. حالة البكتيريا تم شرحها وفيها البكتيريا تحضّن في وجود المغذيات، مستخلص خميرة، وحمض nalidixic (أو Ciprofloxacin)، الخلايا الوظيفية تم إعادة تشغيلها، تراكمت الريبوسومات بينما الاستطالة الخلوية (حمض nalidixic أو Ciprofloxacin منعت انقسام الخلية، ليست استطالة) وعليه، فقد تم عرض الحيوية. مثل هذه الخلايا من السهولة تمييزها من المادة غير الحية ومن الخلايا الميتة.

الطريقة يطلق عليها العد المباشر الحي أو DVC (Kogure *et al.*, 1979) وقد تطورت إلى FISH (Kalmbach *et al.*, 1997; Nishimura *et al.*, 1993; Regnault *et al.*, 2000) وقد تم إثباتها لتصبح من أعظم العمل الحيوي، دقة

(Villarino *et al.*, 2000). طريقة DVC كانت أيضاً مستخدمة للكشف الأولي عن بكتيريا VBNC في الماء (Xu *et al.*, 1982)

- العائق الأساس لطرق المجاهر هو الحساسية. لبلوغ حساسية مجهرية ملائمة للكشف عن خلية واحدة لكل ١٠٠مل، فإن البكتيريا يجب تركيزها من أحجام لحوالي ١٠٠لتر. خيارياً، المكائن مسحت كل سطح المرشح للهدف الفلوروسنتي ربما تستخدم معاً مع الموقع الآلي للمجهر قبل الأهداف الفلوروسنيتية لكشف الأوليات عن طريق FISH.

المسبارات المستهدفة 185rRNA والمستخدمة في تحليل التهجين يمكن أن تؤلف إلى مستوى الجنس أو الأنواع. استخدام FISH كتقنية خيارية يمكن أن يمكن لكشف خاص عن *Cryptosporidium Parvum* كطرق تقليدية مثل صبغ الجسم لمضاد والذي يمكن التمييز بين مختلف الأنواع خلال الجنس (Vesey *et al.*, 1998). على أي حال، فإن الفلوروسنت المعلّم لا يتيح فلوروسنت ناصع كفاية للاستخدام عن الكشف الأولي؛ لأن جيبات الفلوروسنت الذاتي مثل الطحالب المفلورة الأكثر إشراقاً. كما أن اتخاذ الفلوروسنت والأجسام المضادة الثانوية يحسن كشف الأنظمة.

(٨,٤) العمليات الناشئة

(٨,٤,١) تحليل المسح بالليزر

مع تطوّر عمليات الفحص على أساس الصبغيات (الجدول رقم ٨,٤) والمركبات الفلوروسنتية للكشف عن عدد بكتيريا القولون و *E. coli*، فإن التحليل يمكن أن ينجز خلال ٢٤-٤٨ساعة. العديد من العمليات تم تقصيها لتحسين حساسية

التفاعلات الإنزيمية باستخدام أجهزة عوضاً عن عملية الرؤية. جهاز قياس شدة الضوء النسبية أظهر انخفاض فحص ® Colilert من ٢٤ساعة إلى ٦ ساعات (Rice *et al.*, 1993).

باستخدام القياس الفلوروسنتي واحد من القولونيات البرازية يمكن الكشف عنه خلال ٧ساعات. بالإضافة إلى ذلك فإن جهاز ®Chemscan من ®Chemunex تم استخدامه مع فحوصات المرشح الغشائي للكشف عن المستعمرات الدقيقة الفلوروسنتية. العينات ترشح إلى مرشحات خلوية سوداء مغطاة بالبلويستر والتي تحضن بعد ذلك في مرشح سابق مشبع ببيئة ®Colicult . بعد نقل الغشاء إلى مرشح سابق التشبيع ثانوي مع مادة فلوروسنتية فإن الغشاء يحلل عن طريق ®Chemscan مرتبط مع مجهر فوق فلوروسنتي.

كل فلوروسنت لكشف حادث يمكن تقديره عن طريق المجهر. التجارب الابتدائية أشارت إلى أن هذه الطريقة يمكن إنجازها خلال ٣,٥ساعة والنتائج المتحصل عليها تكافئ تلك التي في الطرق القياسية.

تتيح هذه التقنيات كشف أي بكتيريا وأوليات والتي يمكن تعليمها مع مادة فلوروسنتية ترتبط مع الجسم المضاد أو مسبار الحمض النووي.

نظام اختياري شبه كمي للكشف عن القولونيات متاح أيضاً من ®Colifast. هذا الجهاز يطلق عليه نظام CA-100 أيضاً يفيد في كشف قدرة القولونيات إلى شطر galactoside المتحد لإنتاج منتجات فلوروسنتية. يقاس مستوى الفلوروسنت عند الوقت ذي الفواصل المعطى ومباشرة يتناسب مع عدد بكتيريا القولون المتواجدة.

(٨,٤,٢) الحمض النووي DNA نظام رُقاقة

يملك المستقبل احتمالات لا نهائية (متصلة) للكشف عن كلا المؤشرات والممرضات على السواء. في الأفق طرق تعتمد على الأنظمة الدقيقة والإحساس

الحيوي. الإحساس الحيوي في مجال الطب معتمد بتوسع كبير على تقنية الجسم المضاد، مع إطلاق مولد المضاد لمحوّل الطاقة أو الارتباط إلى نظام تضخيم الإنزيم. يعتمد الإحساس الحيوي على تمييز الجين، على أي حال، نظرة واعدة جداً في هيئة النظام الدقيق للكشف عن الكائنات الحية الدقيقة. توجد أثنان متنوعة من تقنية النظام الدقيق للحمض النووي DNA، في مصطلحات خاصية النظام الدقيق للحمض النووي DNA للتتابع مع محدد معين:

- مسبار cDNA (٥٠٠–٥٠٠٠ قاعدة طويلة) مثبتة بسطح صلب مثل الزجاج باستخدام إنسان آلي مرقط ومعرّض إلى موضع الأهداف إما منفصل وإما في خليط. هذه الطريقة يطلق عليها عموماً أنظمة DNAوتم تطويرها عن طريق Stanford Univesity (Ekins and Chu, 1999).
- نظام النيوكلتيد القليل (20-25 mer oligos) أو مسبارات ببتيد الحمض النووي تصنّع إما في الموضع (في الرقيقة) وإما عن طريق تصنيع تقليد متبوع برقيقة مثبتة. يعرّض النظام إلى عينة DNA معلّمة، مهجنة، وتعريف/توزيع السلاسل المتنامة تحدد هذه الطريقة، أساساً يطلق عليها أنظمة Genechip® أو رقائق DNA، وقد تم تطويرها أولاً عن طريق Affymetlixlnc (Lemieux *et al.*, 1998; Lipshutz *et al.*, 1999). تستخدم الأنظمة الدقيقة DNA/RNA مسبار–قاعدي rRNA الأهداف وربما ترتبط بشحنة مساعدة مرتبطة بجهاز ماسح (Guschin *et al.*, 1997) عرض Eggers *et al.*, (1997) كشف *E. coli* و *Vibrio protelyticus* باستخدام نظام دقيق يحتوي على مئات المسبارات خلال البئر المفرد (١سم^{٢}) لطبق العيار الحجمي الدقيق (٩٦بئراً).

التقييم الكامل مع التقدير يأخذ أقل من دقيقة واحد. النظام الدقيق تحت التطوير عن طريق bioMerieux (باستخدام Genechip technology— (Affymetrix Inc. بشركة الماء العالمية (Lyonnaise des Eaux, Paris, France) ويتوقع أن يخفض زمن الفحص للمؤشرات البرازية من المعدل الحالي من ٤٨ ساعة إلى فقط ٤ ساعات. بالإضافة، فإن تكاليف فحص قياس الماء الميكروبيولوجي يتوقع أن يكون عشر مرات أقل من الطرق الحالية.

الحل العالي لتقنية رقيقة DNA متوقع لاستهداف مدى لمفتاح من الكائنات الحية الدقيقة في الماء.

يقيس النوع الأول من ®Genechip حوالي ١سم^{٢}، حيث يحدث التهجين لأعلى من ٤٠٠٠٠٠ من المسبارات النيوكليدية القليلة.

(٨,٤,٣) الإحساس الحيوي

يستند الإحساس الحيوي على البصريات، التقديرات المناعية وبعض الفحوصات الكيميائية، والتي ربما مباشرة للكشف عن الكائنات الحية الدقيقة. حديثا، معظم العمل تم تركيزه على البكتيريا الممرضة (Wang *et al.*, 1997). عموماً، فإن هناك خطوة لصلة مناعية لصيد وتركيز البكتيريا على الكريات، الأغشية أو رؤوس المسبارات للألياف البصرية. متبوعاً عن طريق الكشف بواسطة إهاجة الليزر للارتباط مع الأجسام المضادة الفلوروسنتية، مقياس الثقل النوعية الصوتي محوّل الموجة، أو plasmon الرنين السطحي. أنواع متعددة من الإحساسات الحيوية حالياً تحت التطوير، خصوصاً للكشف عن الممرضات المتواجدة في الغذاء، على سبيل المثال، اللحم والدواجن، كمثال، نوع واحد تم شرحه (Georgia Tech Research Institute, 1999) :

يعمل الحساس الحيوي مع ثلاثة مكونات أساسية: بصريات متداخلة، تقنيات تقدير مناعي وفحوصات كيميائية سطحية. بطريق غير مباشر يكشف المرضات عن طريق اتحاد التقديرات المناعية مع نظام كيميائي حساس. في التقدير المناعي، فإن سلاسل مختارة من الأجسام المضادة تميز الهدف البكتيري. يرتبط الصائد الجسم المضاد إلى الحساس الحيوي ويصيد البكتيريا الهدف في حال كونها تمر من قربه.

وضع مقيّد، للأجسام المضادة (الذي يرتبط مع نفس الهدف الممرض) ويحتوي على إنزيم Urease، والذي يشطر اليوريا والذي يضاف بعد ذلك مما ينتج عنه إنتاج الأمونيا. الحساس الكيميائي يكشف الأمونيا، مؤشراً على خاصية الحساس محدثاً تغيرات في إرسال ضوء الليزر. هذه التغيرات تكشف كلا وجود وتركيز الممرضات الخاصة في العينة عند مستويات دقيقة بالغة الشدة.

الطريقة الحالية تمكن من التمييز بين الميكروبات الحية وغير الحية، كما أنه من المهم زيادة الحساسية حتى يمكن تطبيقها لتقنية فحص الماء مع ذلك، فإن هذه الطريقة ذات جهد عظيم للتطبيق الإضافي، خصوصاً في كونها سريعة الشدة.

(٨,٤,٤) الحالة الصلبة للرقائق الحيوية

فكرة الكشف السريع (جزء من الساعة) لعدد من السموم والخلايا الميكروبية الفعلية في الحالة الصلبة للرقائق الحيوية يعتبر عملية خيالية حالياً بدأ تطويرها. هذه الطريقة لا تتطلب عزل ووصف الأحماض من النووية من الكائنات الحية الدقيقة ولا تستند على صيد الأجسام المضادة. أوصاف إضافية: لا يوجد وقت طويل للتحضين، لا تعليم ولا غسل مطلوب. التقنية ليست متاحة الآن، وعليه فإن هناك عجزاً لا يمكن تحديده.

(٨,٥) إنجاز وصحة الطرق

(٨,٥,١) المعوقات ووصف الطرق الميكروبيولوجية

الأعداد المنخفضة من الكائنات الحية المستهدفة في التحليل الميكروبيولوجي وخصوصاً ماء الشرب لزيادة القياس غير المؤكد. حتى إذا كان هناك افتراض توزيع متجانس للهدف في العينة، يحدد عدد المكشوف عن طريق توزيع Poisson. وعليه، من غير المؤكد للقياس ينسب إلى كل قياس لنتائج مفردة وأحجام خاصة للطريقة ليست كافية لوحدها. للاستخدام في صحة الوضوح والفصل يجب أن يكون متاحاً. هذه يجب أن تتضمن وصفاً تاماً لظروف العمل والبيئات المستخدمة، فوق تحديد العد، الاستخلاص، محددات العمل خلال الطرق التي يمكن استخدامها. خيارياً فيما يتصل بالكائن الحي الهدف، الخصوصية، النشاط ومعوقات الطريقة. هدف الاستخلاص الاختياري للكائن الحي الهدف من العينات يعتبر تحدياً. في النمو المعتمد على الطرق الحيوية للكائن الحي المستهدف يعرف عن طريق نمو هذا الكائن الحي تحت ظروف خاصة (مثل. عن طريق الطريقة نفسها، طريقة غير مختارة أو طريقة مراجعة).

تقريباً غير ممكن تحديد العدد الحقيقي للكائنات الحية المستهدفة التي توجد في العينة (حتى عندما تكون العينة شائكة). وعليه فإن الاستخلاص المطلق لا يمكن تحديده وللطريقة الحديثة فقط استخلاص نسبي يمكن إعطاؤه عن طريق نسبة ذلك إلى المتحصل عليه مع (المرجع) الطرق الأخرى.

تحدث نفس المشكلات في الجزيئات للطرق الأساسية. الطرق الميكروبيولوجية ليست قوية في معنى أن تلك الطرق الكيميائية مربحة. الهدف والعديد من الملوثات في العينة تعتبر حية في الوجود وعليه فإن تأثيرات غير متوقعة وظاهرة يمكن أن تحدث.

النشاط يتأثر عن طريق العديد من العوامل المختلفة المتضمنة خاصيات فيزيائية، كيميائية وميكروبيولوجية للعينة نفسها.

في التحليل المستند على الأحماض النووية، فقد تم ملاحظة بتكرار أن مثبط العينة الخاص يتداخل ويزيد الحساسية (Wilson, 1997). كل الطرق تتأثر بتخزين العينة قبل التحليل (مثل. البرودة والصدمات)، ظروف التحضين وقدرة الفرد على إنجاز التحليل (مثل. الزمن المطلوب لإنجاز خطوات محددة).

(٨,٥,٢) الإصدارات الإحصائية

في العينات (حتى في العينات المخلوطة تماماً في المعمل) الجزيئات، المشتملة على الكائنات الحية الهدف، غير مستوية التوزيع وهذه النتائج في الاختلاف العشوائي الأساسي للنتائج المحصل عليها والتي لا يمكن تجنبها (Tillett and Lightfoot, 1995). بسبب عدم اكتمال التجربة فإن الاختلافات الملاحظة في عرض التطبيق الموازي غالباً أكبر من التنبؤ عن طريق توزيع Poissoh (القانون الرياضي الذي يوصف التوزيع المثالي يجب أن يتبع).

هذا التأثير يطلق عليه أعلى التبديد. بالمقابلة إلى التحليل الكيميائي حتى عند تراكيز منخفضة فإن العدد أو جزيئات الهدف في حجم العينة عالية وهذا فوق التبديد لا يمكن تجنبه في الفحوص الميكروبيولوجية؛ بسبب أن عدد الكائنات الحية الدقيقة المستهدفة عادة منخفضة.

وعليه فإنه من الأهمية تحليل العدد الملائم من العينات للحصول على نتائج مقنعة. على الرغم من أن النظرية الإحصائية تقدم معلومات واضحة (مثل. Cochran, 1977; ISO/TRB843, 2000) في كيفية كم من العينات يتطلب في حالة مخطط الفحص

المؤكد، غالباً لا يمكن تحقيق هذه المتطلبات (بسبب كلفة المبررات) والاعتبارات الإحصائية عادة تصبح خطوط توجيه فقط. على أي حال، يجب التذكر إلى أن العينات القليلة جداً ربما تكون مضيعة للجهد، الزمن والمال.

(٨,٥,٣) سريان مفعول الطرق

سريان مفعول الطرق تقدم دليلاً على أن الطريقة الخاصة قادرة على خدمة الغرض الذي من أجله مطلوب (مثل. يكشف أو يحدد الميكروب المحدد [أو مجموعة الكائنات الحية، أو الجزيئات الفيروسية] مع دقة وضبط). الجديد، أو غير الموصوف بكفاءة، طريقة أساسية تتقصى في عملية الصحة الأولية لتأسيس مهماتها المحددة.

السريان (الصحة) الأولى يجب أن ينتج عنها عدم الغموض وتفصيل للشرح الكمي لنتائج الطرق التي يمكن تسليمه السريان الأولى للطريقة الحديثة التي تنجز نموذجياً عن طريق المختبر الذي طورّها. عندما تكون الطريقة قد تم إنجازها في مختبر آخر فإن سريان المفعول الثانوي يأخذ مكانه (أيضاً يشار إليها في كونها مؤكدة). هنا، تم تأسيس ما إذا كان الوصف الخاص في السريان الأولي يمكن تحقيقه. عادة فقط هيئات مختارة أو مضخة من العمليات تستخدم في عملية سريان المفعول الأولى، ولكن فوق الفترة الموسعة من الزمن أو عينات كثيرة. يجب الإشارة إلى أن السريان يجب أن يحاكي الروتين الأخير قريباً من الممكن والعينات الطبيعية يجب أن تستخدم في الفحص الأساسي للمادة قدر الإمكان.

يجب استخدم ضابط نوعي محدد للتحليل لكلا السريان الأولي والثانوي بالطبع أساسياً ؛ بسبب أن تطبيق طريقة السريان ليست من الضروري تؤكد نتائج سارية المفعول. طريق التحليل النوعي للضابط تشمل : المكررات عند مستويات مختلفة،

تضمين المواد المرجعية (كمي ونوعي)، المعايرة الوسطية والعينات الشائكة (Light foot and Maier, 1988; McClure, 1990).

في حالة الطرق المتكافئة الموجودة بالفعل، فإن الحكم في تقديم طريقة حديثة دائماً يتطلب مقارنة دقيقة واحدة أو أكثر من الطرق المؤسسة بالتوازي مع نفس العينات. بما أن كل طريقة عادة تتكون من عدة خطوات، فإن إنجاز الطريقة يتضمن مظاهر مختلفة. على سبيل المثال، طريقة واحدة ربما تكون أجدر في الخصوصية ولكنها ردئية في الاستخلاص (الاستعادة).

طريقة واحدة ربما تعطي استخلاصاً عالياً للكائن الحي المستهدف ولكنها تتطلب تأكيد للنتائج الموجبة في الفحص الروتيني. من هنا، للاستخدام الروتيني فإن الطريقة التي تعطي استخلاصاً منخفضاً، ولكن لا تتطلب تأكيداً للموجبات ربما تكون مفضلة. هذه المؤشرات من صعوبة التكرارات للعدد لتخصيص أو تفوق طريقة على أخرى.

فحوصات التعاون وفيها العديد من المختبرات المشتركة تعتبر أساسية في سريان مفعول طرق ميكروبيولوجية؛ بالإضافة إلى إنجاز المختبرات المقررة. هذه الأدوات تم تطويرها لطرق التحليل الكيميائي ولكن العديد من الأساسيات تطبق الآن أيضاً للفحص الميكروبيولوجي. هذه الفحوصات التعاونية أساساً عبارة عن نوعية (Horwitz, 1988; McClure, 1990):

- تمارين تعاونية متبادلة حيث تتيح للمعامل مقارنة نتائجها التحليلية مع تلك المعامل المشتركة الأخرى.

- فحوصات إنجاز الطريقة وهذه تحصد تقديرات دقيقة (التكرارية، الإنتاجية) عندما تقوم العديد من المختبرات بتحليل العينات المحددة مع طرق قياسية مقيدة. في مثل هذه الفحوص العينات الصناعية (مثل. مواد مؤكدة المرجعية وعينات شائكة) متضمنة في العينات لتحليلها بواسطة المختبرات المشاركة.

تشير الخبرة من الفحوص الكيميائية التعاونية إلى أنه من المهم أن المختبرات المشاركة ذات معرفة عميقة وخبرة مع الطرق المستخدمة في الفحص والتعاون مع طريقة الإنجاز لا تستخدم كبراعة فحوصات مختبرية وتمارين تدريب. من المهم الإشارة إلى أن عدد الطرق الميكروبيولوجية التي تم تأسيسها (مثل آجار Endo لفحص بكتيريا القولون الكلية أو mFC للقولونيات المقاومة للحرارة)، على الرغم من كونها تستخدم في العقود العشر عن طريق مئات المختبرات، لكن لم يتم تقسيمها في الفحوصات التعاونية.

ما إذا أو ليست طريقة سريان المفعول ناجحة في التطبيق ربما تكون معتمدة على الإصدارات السياسية أو التجارية. على سبيل المثال، خلال ISO، فإن القبول والنشر عن الطريقة قياسية تتطلب موافقة على الأقل ٧٥٪ من عدد الأعضاء للصوت المرجح عند تساوي الأصوات.

في اليد الأخرى، فإن تحفيز استخدام طرق محددة عن طريق التطوير والتشجيع يعتبر سهلاً لحمل المجاميع عن طريق الشركات التجارية أيضاً ممكن.

(٨,٦) الملخص

يختصر الجدول رقم (٨,٦) الأوصاف السائدة، فوائد وعيوب طرق الكشف الأساسية التي تم شرحها في هذا الفصل.

الجدول رقم (٨,٦). طرق الكشف عن التلوث الميكروبي في ماء الشرب.

الطريقة	الأوصاف/الفوائد	العيوب/ الأضرار	التطبيق: أمر الحالة والمنظور الإضافي
حصاد البكتيريا	• بيئات الحصاد معظمها رخيص • سهلة الإنجاز • النتائج الكمية والنوعية ممكن إحرازها • التفريق والتحديد الأولى ممكن على البيئات الاختيارية الصلبة • الكشف عن البكتيريا المتواجدة بإعداد منخفضة ممكن (بالاتحاد مع تقنيات التركيز، مثل. الترشيح)	• استهلاك للوقت • ليست البكتيريا ذات الاهتمام يمكن حصادها • العينة ذات الأحجام الكبيرة تسبب مشكلات لبعض الطرق • لا تكشف عن الحية لكن الكائنات الحية غير المستنبتة • ختيارية للكشف عن مؤشرات محددة غالباً ليست ملائمة (الأنواع الكاذبة الموجبة) • لا معلومات عن عدوى المرض • إنتاجات أمن حيوي	• التوحيد القياسي (ISO, CEN, APHA) لعدد من الأنواع (المجاميع) • تحسين البيئة ربما يطور فلي سبيل الحصول على نمو سريع زيادة الحساسية واختيار التقييم
حصاد البكتيريا الفيروسات (لاقمات البكتيريا)	• التقييم رخيص وسهل الإنجاز • التحليل الكمي ممكن • مشابه للطرق البكتيرية • إنتاجات أمن حيوي قليلة (خلايا عائل)	• لا علاقة مباشرة في عدد الفاجات والفيروسات المفرزة عن طريق الإنسان • الفاجات يمكن أن تكون مؤشرات برازية مفيدة، بالإضافة إلى الطرز أو الإحلالات للفيروسات المعوية في البيئات المائية، ولكن يجب أخذ الحذر	• طرق تحسين التوحيد القياسي (ISO) متاحة للمجاميع الأساسية

		عند عرض النتائج	

تابع الجدول رقم (٨،٦).

الطريقة	الأوصاف/الفوائد	العيوب/ الأضرار	التطبيق: أمر الحالة والمنظور الإضافي
حصاد الفيروسات الحيوانية والإنسانية	• العديد من الفيروسات المعدية يمكن تكاثرها في مستنبت خلوي (أ مختلف خطوط الخلية تم فحصها واستخدامها) • التحليل الكمي ممكن • النمو يشير إلى العدوى	• تتطلب بعض المستوى من التدريب وخاصيات مختبرية • مختلف خطوط الخلية ربما مطلوب للاستخدام للكشف عن أعدد كبيرة من الأنواع الفيروسية • إنتاجات أمن حيوي	• القياس التوحيدي (ISO, CEN, APHA) لعدد من الأنواع (المجاميع) • لا خطوط خلوية تم تطويرها وتركيب البيئة الحديث ربما يزيد الحساسية
حصاد الأوليات	• التواجد خارج الخلية الحية يمكن أن يؤخذ (لمدى مؤكد) كمؤشر للحيوية	• لا تقدم معلومات عن العدوى للإنسان • مستهلكة للزمن • التوالد لمعظم الكائنات الحية في أنبوبة الاختبار باستخدام استنباتات خلوية ضعيفة جداً • ليست كل الأوليات المرغوبة يمكن حصادها • إنتاجات أمن حيوي	• حالياً، التقييم المتاح للعدوى يعتمد على عوائل حيوانية، والذي يعتبر مكلف ومستهلك جداً للوقت
الكشف المناعي لشكل مولد المضاد يتصاحب مع الكائنات الحية الدقيقة	• التحليل الكمي والنوعي فيما يخص عدد الكائنات الحية الدقيقة يمكن (لمدى مؤكد (محدد)) • نسبياً خاصة للكائن الحي الهدف	• غالباً تتطلب خطوة مسبقة للحصاد ذات وقت مستهلك • فاقدة الحساسية • الحساسية يمكن أن تكون مشكلة بسبب التفاعل التهجيني للأجسام المضادة • بدون حصاد مسبق، حالياً لا يوجد تفريق بين الكائنات الحية الدقيقة	• التقييم يشمل التوحيد القياسي والتشغيل الآلي

		وغير الحية • لا معلومات عن عدوى المرض	

تابع الجدول رقم (٨,٦).

الطريقة	الأوصاف/الفوائد	العيوب/ الأضرار	التطبيق: أمر الحالة والمنظور الإضافي
الفصل المناعي الجيني (IMS)	• سريعة وذات خصوصية أكثر من طرق التركيز الأخرى • أسس صوتية لطرق الكشف الأخرى (RCT, RT-PCR-FACS, FISH) بالإضافة إلى طرق حصاد	• حساسية، نشيطة، تكوينها يمكن أن يتأثر بالظروف البيئية • الاختيارية يمكن أن تكون مشكلة بسبب تفاعل تهجين الأجسام المضادة • لا معلومات عن العدوى للمرض	
تفاعل سلسلة Polymerase (PCR)	• في الأساس عالية الحساسية (لكن انظر العيوب) • اختيارية • خصوصية • يمكنها الكشف عن الميكروبات غير الحصادية • أكثر سرعة من طرق الحصاد (٣-٤ ساعات) • أسس صوتية لتحليل إضافية للأحماض النووية (سلاسل (RAPD, RFLP	• ثقة محدودة (حالياً فإن الكشف عن الميكروب المفرد يمكن ضمانه بسبب عدم الانسجام في إنجاز القنية) • كمية ملائمة من الأحماض النووية من الميكروب الهدف تم استخلاصه • تأثير سالب عن طريق الظروف البيئية المحددة • الخطوة الأساسية لا تتيح تحليل كمي لعدد من الأجزاء المضخمة من DNA/RNA • حالياً لا تمييز بين الكائنات الحية الدقيقة	• حالياً لا قياس توحدي • ذات جهد آلي • ذات جهد للتحليل الكمي

		وغير الحية • لا معلومات عن عدوى الممرض	

تابع الجدول رقم (٦,٨).

الطريقة	الأوصاف/الفوائد	العيوب/ الأضرار	التطبيق: أمر الحالة والمنظور الإضافي
RT-PCR	• كما في حالة PCR • مؤشر جيد للكائنات الحية مع mRNA كهدف • يمكن أن تقدم معلومات عن جهد الممرض للكائن الحي عندما يتم تقييم mRNA للجين الجرثومي	• كما في حالة PCR (ما عدا التفريق بين الكائنات الحية الدقيقة وغير الحية مع mRNA- كهدف) • تستخلص مستويات مكشوفة من جزيئات RNA السليمة وتعتبر مشكلة بسبب عدم ثباتها	• حالياً لا قياس توحيدي • ذات جهد للتشغيل الآلي • ذات جهد للتقدير الكمي
تدفق خلوي متري، تصنيف فلوروسنتي لخلية نشطة (FACS)	• سريعة أكثر من طرق الحصاد • لا احتياج لحصاد مسبق	• لا معلومات عن عدوى الممرض • تقنية مكلفة • ثقة محدودة للكشف عن الميكروبات المتواجدة في التراكيز المنخفضة الشدة	
الفلوروسنت في موقع التهجين (FISH)	• تكشف الكائن الحي غير المستنبت • يمكن كشف الخلايا المفردة عندما يكون ribosomal RNA هو الهدف • مختلف (متعدد الأشكال) فلوروسنت معلّم يتيح كشف مختلف الميكروبات • يمكن أن يستخدم باتحاد من الآلات التي تعمل	• تفقد الحساسية مع الجينات الكروموسومية أو mRNA لهدف • الكشف تصنيف مقيد • التفريق بين الخلايا الحية والميتة غالباً صعب • ليست ملائمة للكشف عن ١ مؤثر لكل ١٠٠ملل بدون تركيز/ ترشيح	• ذات جهد للتشغيل الآلي

	مسح آلي للأسطح الغشائية للأهداف الفلوروسنتية		

تابع الجدول رقم (٨,٦).

الطريقة	الأوصاف/الفوائد	العيوب/ الأضرار	التطبيق: أمر الحالة والمنظور الإضافي
بصمة إصبع جزيئية (ribotyping, RFLP, RAPD, AP-PCR)	• أسرع من طرق الحصاد • أداة ممتازة للتفريق بين السلالات أو العزلات داخل الأنواع	• حالياً لا تفريق بين الخلايا الحية والميتة من الكائنات الحية الدقيقة • RAPD تتطلب استخدام عزلات نقية	
نظام الرقيقة DNA	• تقنيات دقيقة صناعية تتيح فحص لأعلى من آلاف الأعداد من التتابعات في واحد تقييم في الرقيقة المفردة • حساسية، اختيارية وخاص لمستوى مرغوب من كشف المجاميع من الكائنات الحية أو (تحت الأنواع)، على التوالي • سريعة (٢-٤ساعات)	• حالياً شديدة التكلفة • تحتاج لشخص عالي التدريب • التحليل الكمي المؤكد ربما يكون مشكلة	• التقنية حتى الآن غير متاحة بتوسع
إحساس حيوي	• خطوة مناعية الانجذاب لربط الكائنات الحية الدقيقة بالأسطح، الكشف عن طريق انبعاث الليزر للأجسام المضادة الفلوروسنتية المرتبطة، موجة محوّلة لمقياس الثقل النوعي الصوتي، أو Plasmon		• حالياً غير قادرة على التفريق بين الميكروبات الحية وغير الحية

	سطحي رنيني • سريعة ، ولكن تعتمد على الكائنات الحية الدقيقة المستنبتة		

تابع الجدول رقم (٦,٨).

الطريقة	الأوصاف/الفوائد	العيوب/ الأضرار	التطبيق: أمر الحالة والمنظور الإضافي
حالة صلبة لرقيقة حيوية	• هدف الطريقة : سرعة الكشف (أجزاء عشرية) لعدد من السموم والخلايا الميكروبية • العملية لا تتطلب عزل ووصف الأحماض من النووية	• محددة لم تحدد حتى الآن	• التقنية غير متاحة الآن ، التخيل العملي تحت التطوير

المراجع

Abbaszadegan, M., Huber, M.S., Gerba, C.P. and Pepper, I.L. (1997) Detection of viable *Giardia* cysts by amplification of heat shock-induced mRNA. *Applied and Environmental Microbiology* 63(1), 324-328.

Adams, M.H. (1959) Bacteriophages. Interscience, New York.

Amann, R.I., Krumholz, L. and Stahl, D.A. (1990) Fluorescent-oligonucleotide probing of whole cells for determinative, phylogenetic and environmental studies in microbiology. *Journal of Bacteriology* 172(2), 762-70.

Amann, R.I., Ludwig, W. and Schleifer, K.-H. (1995) Phylogenetic identification and in situ detection of individual microbial cells without cultivation. *Microbiological Reviews* 59**,** 143-169.

APHA, A WW A, WEF (1998) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewaters, 20th Edition.* American Public Health Association, Washington, DC.

Bej, A.K., Mahbubani, M.H. and Atlas, R.M. (1991) Detection of viable *Legionella pneumophila* in water by Polymerase Chain Reaction and gene probe methods. *Applied and Environmental Microbiology* 57(2), 597-600.

Bej, A.K., Ng, W.Y., Morgan, S., Jones, D. and Mahbubani, M.H. (1996) Detection of viable *Vibrio cholerae* by reverse-transcription polymerase chain reaction (RT-PCR). *Molecular Biotechnology* 5**,** 1-10.

Belasco, J. (1993) mRNA degradation in prokaryotic cells. In: *Control of Messenger RNA Stability.* Brawerman, B.A.G. (Ed.), Academic Press, Inc., San Diego, USA. pp. 3-12.

Calabrese, J.P. and Bissonnette, G.K. (1990) Improved membrane filtration method incorporating catalase and sodium pyruvate for detection of

chlorine-stressed coliform bacteria. *Applied and Environmental Microbiology* 56**,** 3558-3564.

Campbell, A.T., Robertson, LJ., Smith, H.V. and Girdwood, R.W.A. (1994) Viability of *Cryptosporidium parvum* oocysts concentrated by calcium carbonate flocculation. *Journal of Applied Bacteriology* 76,638-639**.**

CEN (2000) CEN/TC230/WG3/TG4. Enterovirus (Nr. 12), Working Document,

Draft Method, March 2000.

Cochran, W.G. (1977) *Sampling Techniques, 3rd Edition.* John Wiley & Sons, New York.

Colwell, R.R. and Grimes, DJ. (Eds.) (2000) *Viable but Nonculturable Microorganisms in the Environment.* ASM Press, Washington, DC.

Deere, D., Vesey, G., Ashbolt, N. and Gauci, M. (2002) Flow cytometry and cell sorting for monitoring microbial cells. In: *Encyclopaedia of Environmental Microbiology.* Bitton, G. (Ed.). John Wiley and Sons, New York (in press).

Divizia, M., Santi, A.L. and Pana, A. (1989) Ultrafiltration: an efficient second step for hepatitis A virus and poliovirus concentration. *Journal of Virology Methods* 23**,** 55-62.

Eckner, K.F. (1998) Comparison of membrane filtration and multiple-tube fermentation by the Colilert and Enterolert methods for detection of waterborne coliform bacteria, *Escherichia coli,* and enterococci used in drinking and bathing water quality monitoring in Southern Sweden. *Applied and Environmental Microbiology* 64,3079-3083.

Edberg, S.C., AlIen, MJ. and Smith, D.B. (1991) Defined substrate technology method for rapid and specific simultaneous enumeration of total coliforms and *Escherichia coli* from water: collaborative study. *J. Assoc. Off. Analy. Chem.* 74**,** 526-529.

Eggers, M.D., Balch, WJ., Mendoza, L.G., Gangadharan, R., Mallik, A.K., McMahon, M.G., Hogan, M.E., Xaio, D., Powdrill, T.R., Iverson, B., Fox, G.E., Willson, R.C., Maillard, K.!., Siefert, J.L. and Singh, N. (1997) Advanced approach to simultaneous monitoring of multiple bacteria in space. Chap. SAE Technical Series 972422. In: *27th International Conference on Environmental Systems, Lake Tahoe, Nevada, July* 14-17, 1997. The Engineering Society for Advancing Mobility Land Sea Air and Space, SAE International, Warrendale, P A, pp: 1-8.

Ekins, R. and Chu, F.W. (1999) Microarrays: their origins and applications. *Tibtech* 17, 217-218.

Emde, K.M.E., Mao, H. and Finch, G.R. (1992) Detection and occurrence of waterborne bacterial and viral pathogens. *Water and Environmental Research* 64, 641-647.

Ericksen, T.H. and Dufour, A.P. (1986) Methods to identify waterborne pathogens and indicator organisms. In: *Waterborne Diseases in the United States.* G.F. Craun (Ed.). CRC Press, Boca Raton, USA. pp. 195214.

Fricker, E.1., Illingworth, K.S. and Fricker, C.R. (1997) Use of two formulations of

colilert and quantitray (TM) for assessment of the bacteriological quality of water. *Water Research* 31**,** 2495-2499.

Fuchs, B.M., Wallner, G., Beisker, W., Schwippl, **I.,** Ludwig, W. and Amann, R. (1998) Flow Cytometric Analysis of the in situ accessibility of *Escherichia coli* 16S rRNA for fluorescently labelled oligonucleotide probes. *Applied and Environmental Microbiology* 64, 4973-4982.

Gasser, R.B. and Donaghue, P.O. (1999) Isolation, propagation and characterization of *Cryptosporidium. International Journal of Parasitology* 29,1379-1413.

Georgia Tech Research Institute (1999) Georgia Tech Research News September 1999.

Gonzalez, J .M. (1996) A general purpose program for obtaining most probable number tables. *Journal of Microbiological Methods* 26(3), 215-218.

Goyal, S.M., Gerba, C.P. and Bitton, G. (Eds.) (1987) *Phage Ecology.* John Wiley and Sons, New York. pp 321.

Grabow, W.O.K., Holtzhausen, C.S. and De Villiers, J.C. (1993) *Research on Bacteriophages as Indicators of Water Quality.* WRC Report No 321/1/93. Water Research Commission, Pretoria. Pp. 147.

Grabow, W.O.K., Vrey, A., Uys, M. and De Villiers, I.C. (1998) *Evaluation of the Application of Bacteriophages as Indicators of Water Quality.* WRC Report No 540/1/98. Water Research. Commission, Pretoria.

Grimont, F. and Grimont, P.A.D. (1986) Ribosomal ribonucleic acid gene restriction patterns as potential taxonomic tools. *Annales de l1nstitut Pasteur / Microbiology* 137B, 165-175.

Grimont, P.A.D. (1988) Use of DNA reassociation in bacterial classification. *Canadian Journal of Microbiology* 34,541-546.

Grimont, P.A.D., Grimont, F., Desplaces, N. and Tchen, P. (1985) A DNA probe specific for *Legionella pneumophila. Journal of Clinical Microbiology* 21, 431-437.

Guschin, D.Y., Mobarry, B.K., Proudnikov, D., Stahl, D.A., Rittmann, B.E. and Mirzabekov, A.D. (1997) Oligonucleotide microchips as genosensors for determinative and environmental studies in microbiology. *Applied and Environmental Microbiology* 63, 2397-2402.

Horwitz, W. (1988) Protocol for the design, conduct and interpretation of collaborative studies. *Pure and Applied Chemistry* 60, 855-864.

Hurst, C.I., Knudsen, G.R., Mclnerney, MJ., Stetzenbach, L.D. and WaIter, M.V. (2001) *Manual of Environmental Microbiology, 2nd Edition.* American Society for Microbiology Press, Washington, DC.

ISO 10705-1 (1995) Water quality - Detection and enumeration of bacteriophages - Part 1: Enumeration of F-specific RNA bacteriophages. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

ISO 10705-2 (2000) Water quality - Detection and enumeration of bacteriophages - Part 2: Enumeration of somatic coliphages. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

ISO 10705-4 Water quality - Detection and enumeration of bacteriophages Part 4: Enumeration of bacteriophages infecting *Bacteroides fragilis.* International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

ISO 11731 (1998) Water quality - Detection and enumeration of *Legionella.* International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

ISO 6222 (1999) Water quality - Enumeration of culturable microorganisms Colony count by inoculation in a nutrient agar culture medium. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

ISO 6340 (1995) Water quality - Detection and enumeration of *Salmonella.* International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

ISO 6461-1 (1986) Water quality - Detection and enumeration of the spores of sulfite-reducing anaerobes (clostridia) - Part 1: Method by enrichment in a liquid medium. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

ISO 6461-2 (1986) Water quality - Detection and enumeration of the spores of sulfite-reducing anaerobes (clostridia) - Part 2: Method by membrane filtration. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

ISO 7704 (1985) Water quality - Evaluation of membrane filters used for microbiological analyses. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

ISO 7899-1 (1998) Water quality - Detection and enumeration of intestinal enterococci in surface and waste water - Part 1: Miniaturized method (Most Probable Number) by inoculation in liquid medium. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

ISO 7899-2 (2000) Water quality - Detection and enumeration of intestinal enterococci - Part 2: Membrane filtration method. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

ISO 8360-1 (1998) Water quality - Detection and enumeration of *Pseudomonas aeruginosa* - Part 1: Method by enrichment in liquid medium. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

ISO 8360-2 (1998) Water quality - Detection and enumeration of *Pseudomonas*

aeruginosa - Part 2: Membrane filtration method. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

ISO 9308-1 (2000) Water quality - Detection and enumeration of *Escherichia coli* and coliform bacteria - Part 1: Membrane filtration method. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

ISO 9308-2 (1990) Water quality - Detection and enumeration of coliform organisms, thermotolerant coliform organisms and presumptive *Escherichia coli* - Part 2: Multiple tube (most probable number) method. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

ISO 9998 (1991) Water quality - Practices for evaluating and controlling microbiological colony count media used in water quality tests. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

ISO/CD 17994 Water quality - Criteria for the establishment of equivalence between microbiological methods. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

ISO/DIS 10705-3 Water quality - Detection and enumeration of bacteriophages - Part 3: Validation of methods for concentration of bacteriophages from water. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

ISO/DIS 11731-2 Water quality - Detection and enumeration of *Legionella*Part 2: Direct membrane filtration method for waters with low bacterial counts. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

ISO/TR 13843 (2000) Water quality - Guidance on validation of microbiological methods. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

Kalmbach, S., Manz, W. and Szewzyk, U. (1997) Dynamics of biofilm formation in drinking water: phylogenetic affiliation and metabolic potential of single cells assessed by formazan reduction and in situ hybridization. *FEMS Microbial Ecology* 22,265-279.

Kenedy, Jr., J.1., Bitton, G. and Oblinger, J.L. (1985) Comparison of selective media for assay for coliphages in sewage effluent and lake water. *Applied and Environmental Microbiology* 49,33-36.

Kilger, G. and Grimont, P.A.D. (1993) Differentiation of *Salmonella* Phase 1 flagellar antigen types by restriction of the amplifiedjliC gene. *Journal of Clinical of Microbiology* 31, 1108-1110.

Kogure, K., Simidu, U. and Targa, N. (1979) A tentative direct microscopic method for counting living marine bacteria. *Canadian Journal of Microbiology* 25,415-420.

LeChevallier, M.W., Cameron, S.C. and McFeters, G.A. (1982) New medium for

improved recovery of coliform bacteria from drinking water. *Applied and Environmental Microbiology* 45, 484-492.

Lee, R.M. and Hartman, P.A. (1989) Optimal pyruvate concentration for the recovery of coliforms from food and water. *Journal of Food Protection* 52, 119-121.

Lemieux, B., Aharoni, A. and Schena, M. (1998) Overview of DNA chip technology. *Mol. Breeding* 4,277-289.

Lightfoot, N.F. and Maier, E.A. (Eds.) (1988) *Microbiological Analysis of Food and Water. Guidelines for Quality Assurance.* Elsevier, Amsterdam.

Lipshutz, RJ., Fodor, S.P.A., Gingeras, T.R. and Lockhart, DJ. (1999) High density synthetic oligonucleotide arrays Review. *Nature Genetics* 21(Suppl S), 20-24.

Manafi, M. (1996) Fluorogenic and chromogenic substrates in culture media and identification tests. *International Journal of Food Microbiology* 31, 45-58.

McClure, F.D. (1990) Design and analysis of qualitative collaborative studies: minimum collaborative program. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 73, 953-960.

McFeters, G.A., Kippin, I.S. and LeChevallier, M.W. (1986) Injured coliforms in drinking water. *Applied and Environmental Microbiology* 51, 1-5.

Nishimura, M., Kita-Tsukamoto, K., Kogure, K., Ohwada, K. and Simidu, U. (1993) A new method to detect viable bacteria in natural seawater using 16S rRNA oligonucleotide probe. *Journal of Oceanology* 49,51-57.

Ongerth, I.E. and Stibbs, H.H. (1987) Identification of *Cryptosporidium* oocysts in river water. *Applied and Environmental Microbiology* 53, 672-676.

Padan, E., Shilo, M. and Kislev, N. (1967) Isolation of "cyanophage" from freshwater ponds and their interaction with *Plectonema boryanum. Virology* 32,234-246.

Payment, P. (2001) Cultivation of viruses from environmental samples. In: *Manual of Environmental Microbiology, 2nd Edition.* Hurst, C.I., Knudsen, G.R., McInemey, M.I., Stetzenbach, L.D. and Walter, M.V. (Eds.) American Society for Microbiology Press, Washington, DC.

Prescott, A.M. and Fricker, C.R. (1999) Use of PNA oligonucleotides for the in situ detection of *Escherichia coli* in water. *Molecular and Cellular Probes* 13, 261-268.

Regnault, B., Martin-Delautre, S., Lejay-Collin, M., Lefevre, M. and Grimont, P.A.D. (2000) Oligonucleotide probe for the visualization of *Escherichia coli/E. fergusonii* cells by in situ hybridization: specificity and potential applications. *Research in Microbiology* 151, 521-533.

Rice, E.W., AlIen, MJ., Covert, T.C., Langewis, *J.* and Standridge, *J.* (1993) Identifying *Escherichia* species with biochemical test kits and standard bacteriological tests. *Journal of the American Water Works Association* 85, 74-76.

Rijpens, N.P., Jannes, G., van Asbroek, M., Herman, L.M.F. and Rossau, R. (1995) Simultaneous detection of *Listeria* spp. and *Listeria monocytogenes* by reverse hybridization with 16S-23S rRNA spacer probes. *Molecular and Cellular Probes* 9, 423-432.

Roszak, D.B. and Colwell, R.R. (1987) Metabolic activity of bacterial cells enumerated by direct viable count. *Applied and Environmental Microbiology* 53, 2889-2893.

Schiemann, D.A. (1990) *Yersinia enterocolitica* in drinking water. In: *Drinking Water Microbiology: Progress and Recent Developments.* McFeters, G.A. (Ed.), Springer-Verlag, New York. , pp. 428-451.

Seeley, N.D. and Primrose, S.B. (1982) The isolation ofbacteriophages from the environment. *Journal of Applied Bacteriology* 53, 1-17.

Sheridan, G.E.C., Masters, C.I., Shallcross, *J.A.* and Mackey, B.M. (1998) Detection of mRNA by Reverse Transcription-PCR as an indicator of viability in *Escherichia coli* cells. *Applied and Environmental Microbiology* 64(4),1313-1318.

Shieh, Y.S.C., Baric, R.S. and Sobsey, M.D. (1997) Detection of low levels of enteric viruses in metropolitan and airplane sewage. *Applied and Environmental Microbiology* 62, 4401-4407.

Shields, P.A. and Farrah, S.R. (1986) Concentration of viruses in beef extract by flocculation with ammonium sulfate. *Applied and Environmental Microbiology* 51, 211-213.

Environment Protection Agency, Washington D.C. http://www.epa.gov/nerIcwww/1623.pdfpages.

Vesey, G., Ashbolt, N., Fricker, EJ., Deere, D., Williams, K.L., Veal, D.A. and Dorson, M. (1998) The use of ribosomal RNA targeted oligonucleotide probe for fluorescent labelling of viable *Cryptosporidium parvum* oocysts. *Journal of Applied Microbiology* 85, 429-440.

Vesey, G., Narai, J., Ashbolt, N., Williams, K. L. and Veal, D. A. (1994) Detection of specific microorganisms in environmental samples using flow cytometry. In: *Methods in Cell Biology.* Darzynkiewicz, Z., Robinson, J. P. and Crissman, H. A. (Eds.). Vol. 42. Academic Press Inc., New York, pp. 489-522.

Vesey, G., Slade, J.S., Byme, M., Shepherd, K. and Fricker, C.R. (1993) A new method for the concentration of *Cryptosporidium* oocysts from water. *Journal of Applied Bacteriology* 75(1), 82-86.

Villarino, A., Bouvet, O.M.M., Regnault, B., Martin Delautre, S. and Grimont, P.A.D. (2000) Exploring the frontier between life and death in Escherichia coli: evaluation of different viability markers in live and heat- and DV -killed cells. *Research in Microbiology* 151, 755-768.

Wang, J., Rivas, G., Cai, X., Palecek, E., Nielsen, P., Shiraishi, H., Dontha, N., Luo, D., Parrado, C., Chicharro, M., Farias, P.A.M., Valera, ES., Grant, D.H., Ozsoz, M. and Flair, M.N. (1997) DNA electrochemical biosensors for environmental monitoring - a review. *Analt. Chimica Acta* 347, 1-8.

Watkins, J. and Xiangrong, J. (1997) Cultural methods of detection for microorganisms: recent advances and successes. In: *The Microbiological Quality of Water.* Sutcliffe, D.W. (Ed.) Freshwater Biological Association, Ambleside. pp: 19-27.

WHO (1984) *Guidelines for Drinking water Quality, Vol.* 2. *Health criteria and other supporting information.* WorId Health Organization, Geneva.

Wilson, I.G. (1997) Inhibition and facilitation of nucleic acid amplification. Mini review. *Applied and Environmental Microbiology* 63,3741-3751.

Xu, H.-S., Roberts, N., Singleton, EL., Attwell, R.W., Grimes, DJ., Col well, R.R. (1982) Survival and viability of nonculturable *Escherichia coli* and *Vibrio cholerae* in the estuarine and marine environment. *Microbial Ecology* 8, 313-323.

قائمة الاختصارات

AGLP	تضخيم لجزء طولي متعدد الأشكال
APHA	الاتحاد الأمريكي للصحة العامة
AP-PCR	تفاعل سلسلة polymerase الاعتباطي
AQC	ضابط تحليلي نوعي
ATCC	المزارع الأمريكية للجمع النوعي
BCYE	بيئة آجار مستخلص الخميرة بالمنظم الضخم
BCYE-cys	BCYE بدون L-cystein
BEAA	آجار Bileesculin azide
BGBB	مرقة الصفراء الخضراء اللامعة
BGM	قرد الثور الأخضر
BPRM	بيئة استخلاص للفاجات البكتيريدية
cDNA	حمض نووي DNA متتام
CEN	الجمعية الأوربية للتوحيد القياسي
cfu	مستعمرة تكوّن وحدة
DAL	طبقة متضاعفة من الآجار

DAS-ELISA	شطيرة إنزيمية لجسم مضاد متضاعف تربط التحليل المناعي الماص
DNA	حمض نووي ريبوزي منزوع الأكسجين
DRCM	مرق *Clostridium* التفريقي
DVC	العد الحيوي المباشر
EC	مرقة مختارة لنمو بكتيريا القولون و *E.*coli المحتوية على أملاح الصفراء
EIA	تحليل مناعي إنزيمي
ELISA	تحليل مناعي مرتبط بالإنزيم
FACS	أسلوب خلية نشطة فلوروسنتية
FISH	تهجين فلوروسنتي في الموقع (الموضع)
GIT	Guanidinium isothiocyanate
GVPC	BCYE مع إمداد مختار Legionella
HAV	فيروس كبد وبائي A
HRP	Peroxidase الفجل الحار
ICCRT-PCR	تفاعل سلسلة Polymerase مندمجة لاستنتاج عكسي لاستنبات خلوي
IMS	فصل مناعي مغنطيسي
ISO	المنظمة العالمية للقياس التوحدي
MPN	العدد الأكثر احتمالاً
mRNA	حمض نووي ريبي رسول
MSA	آجار Scholtens محوّر
MSB	مرق Scholtens محوّر

MUG	5-methylumbelliferyl-β-D-glucyronide
NCTC	المجمع الوطني للاستنبات النوعي والفطريات الممرضة (مصلحة مختبر الصحة العامة، بريطانيا)
ONPG	O-nitrophenyl-β-D-galactopyranoside
PCR	تفاعل سلسلة Polymerase
PEG	Polyethylene glycol
Pfu	لوحة تكوين وحدة
RAPD	تضخيم عشوائي لمتعدد الأشكال من الحمض النووي DNA
RNA	حمض نووي ريبوزمي
rRNA	حمض نووي ريبوزمي
RT-PCR	نسخ عكسي لتفاعل سلسلة Polymerase
TCIDSO	حمض نووي ريبوزمي ناقل
RNA	نقل t
TSA	تضخيم مفرد Tryamide
TYGA	مستخلص خميرة Tryptone- آجار الجلوكوز
TYGB	مستخلص خميرة Tryptone- مرق الجلوكوز
UV	أشعة فوق بنفسجية
VBNC	حي لكن ليس مستنبت

ثبت المصطلحات

أولاً: عربي–إنجليزي

أ

اجتناب الماء	Water Avoidance
إحساس حيوي	Biosensor
اختبار كبريتيد الهيدروجين	Hydrogen Sulphite Test
اختبارات الفاعلية	Activity Tests
اختبارات الوجود والغياب	Presence-Absence Test
إدارة الحدث	Incident Management
إدارة الخطر	Risk Management
ادمصاص فيروسي	Virus Adsorption
الاستجابة للحدثة	Response to Incident
استخلاص (استعادة)	Recovery
استخلاص مائي	Hydro Extraction
اقتراح جديد	New Approach

الإمداد المائي	Water Supply
الأمراض مائية المنشأ	Waterborne disease
الأوليات الطفيلية	Protozoan Parasites

ب

باراميترات غير ميكروبية	Non-Microbial Parameters
باراميترات كيميائية خاصة	Specific Chemical Parameters
بكتيريا القولون	Colifarm Bacteria
بكتيريا القولون المقاومة للحرارة (البرازية)	Thermo tolerant (facial) Colifarm
بكتيريا لا هوائية	Anaerobic Bacteria
بكتيريا متباينة التغذية	Heterotrophic Bacteria
بكتيريا مختزلة الكبريت	Sulphite Retuning Bacteria

ت

تأزن	Ozonation
التأكد من نوعية الماء	Ensuring Drinking Water Quality
تحدي	Challenge
تحدي مستمر	Ongoing Challenge
تحديد الممرض	Pathogen Detection
تحسين	Improving
تحليل	Analysis
تحليل جرعة الاستجابة	Dose Response Analysis
تخثير	Coagulation

التدفق الخلوي المتري	Flow Cytometry
ترسيب	Sedimentation
ترشيح	Filtration
ترشيح رملي بطيء	Slow sand Filtration
ترشيح غشائي	Membrane Filtration
تطبيق حالي	Curvet Practice
التطهير بالأشعة فوق البنفسجية	UV Disinfection
تفشي	Outbreak
تفشيات النقل المائي	Waterborne Outbreaks
تفلوّر	Fluorescence
تقديم	Introducing
تقصي	Investigation
التقنيات الجزيئية	Molecular Technologies
تقنيات الحصاد	Cultivation Techniques
تقنيات جزيئية	Molecular Techniques
تقييم	Assessment
تقييم التعرض	Exposure Assessment
تقييم الخطر	Risk Assessment
تقييم المخاطر الميكروبية الكمية	Quantitative Microbial Risk Assessment
تكرار العينات	Frequency of Sampling
التلبّد	Flocculation

تلوث	Contamination
تلوث برازي	Faucal Contamination
تنقية	Refinement
توحد قياسي	Standardization
توزيع	Distribution

ج

الجذب المناعي	Immunocapture
جرعة الاستجابة	Dose Response
جمع العينات	Sample Collection

ح

حجز	Catchments
حجم العينة	Volume of Sample
حصاد البكتيريا	Bacterial Cultivation
حماية الصحة العامة	Protecting Public Health
حماية الحجز	Catchments Protection

خ

خزن (تخزين)	Storage
خطر	Risk
خطر حيوي	Biorisk
خطط السلامة	Water Safety Plans

د

دراسة الحالة	Case Study
دور المؤشر	Indicator Concept

ر

رقائق حيوية	Biochips

س

سكون كيميائي	Chemical Inactivation

ش

شبكات غير أنبوبية	Non-piped System
شبكة (نظام)	System
شبكة توزيع	Distribution System

ص

صحة عامة	Public Health
صرف صحي	Sewage

ط

طرز المرض المعدي	Infectious Disease Models
الطرز المركزي	Centrifugation
طرق	Methods
طرق أخذ عينات نوعية الماء	Water Quality Sampling Approaches
طرق التحليل	Analytical Methods
طرق الكشف	Detection Methods

ع

عبء مرضي	Disease Burden
عربات الصهاريج	Tanker Trucks
عمل القرار	Decision Making
عمليات	Approaches
العمليات الوبائية للخطر	Epidemiological Approaches to Risk

ف

فاجات جسدية	Somatic Prages
فاجات معوية	Coliphages
فاعلية المعالجة	Treatment Efficiency
فحص ممرض مباشر	Direct Pathogen Testing
فحص ميكروبيولوجي	Microbiological Testing
فعالية	Efficiency
فيروسات	Viruses

ق

قولون كلي	Total Coliform
قياسات بارامترية	Parameters Measurement
قياسات بارامترية ميكروبية	Microbial Parameters

ك

كربون منشط	Activated Carbon
كشف	Monitoring

كلورة	Chlorination

ل

لاقمات البكتيريا	Bacteriophages

م

ماء	Water
ماء الشرب دون القياسي	Substandard Drinking Water
ماء الشرب غير المعالج	Untreated Drinking Water
الماء المنزلي	Household Water
ماء شرب	Drinking Water
ماء شرب آمن	Safe Drinking Water
ماء مخزون	Storage Water
مجازفة حيوية	Biohazard
مراقبة	Surveillance
مرشح سريع	Rapid Filtration
مصدر	Source
مطهر الماء الشمسي	Solar Water Disinfection
معالجة	Treatment
ملخص	Summary
الممرضات	Pathogens
ممرضات جديدة	New Pathogen
منظمات صحية	Health Agencies

منع التفشيات	Preventing Outbreaks
ميكروبي	Microbial
ميكروبيولوجي	Microbiology

ن

نتائج سالبة	Negative Results
نسب العد	Rations of Counts
نسخ عكسي	Reverse tram Crypt's
نشوء نموذج جديد	Emergence of anew Paradigm
النظام (تنظيم)	Regulation
نقاط موقع العينات	Location of Sampling Points
النقل والبقاء	Transport and survival
نوعية	Quality

هـ

هجين	Hybridization
هدف	Target
تحديد الفيروس	Virus Identification

و

واجب الاجتهاد	Due Diligence
وصف الحجز	Catchments Characterization
وصف الخطر	Risk Characterization
وصف السلالة	Strain Characterization

ثانياً: إنجليزي – عربي

A

Activated Carbon	كربون منشط
Activity Tests	اختبارات الفاعلية
Anaerobic Bacteria	بكتيريا لا هوائية
Analysis	تحليل
Approaches	عمليات
Assessment	تقييم
Analytical Methods	طرق التحليل

B

Bacterial Cultivation	حصاد البكتيريا
Bacteriophages	لاقمات البكتيريا
Biochips	رقائق حيوية
Biohazard	مجازفة حيوية
Biorisk	خطر حيوي
Biosensor	إحساس حيوي

C

Case Study	دراسة الحالة
Catchments Characterization	وصف الحجز

حماية الحجز	Catchments Protection
حجز	Catchments
الطرز المركزي	Centrifugation
تحدي	Challenge
سكون كيميائي	Chemical Inactivation
كلورة	Chlorination
تخثير	Coagulation
بكتيريا القولون	Coliform Bacteria
فاجات معوية	Coliphages
تلوث	Contamination
تقنيات الحصاد	Cultivation Techniques
تطبيق حالي	Current Practice

D

عمل القرار	Decision Making
طرق الكشف	Detection Methods
فحص ممرض مباشر	Direct Pathogen Testing
عبء مرضي	Disease Burden
توزيع	Distribution
توزيع	Distribution
شبكة توزيع	Distribution System
جرعة الاستجابة	Dose Response
تحليل جرعة الاستجابة	Dose Response Analysis

Drinking Water	ماء شرب
Due Diligence	واجب الاجتهاد

E

Efficiency	فعالية
Emergence of anew Paradigm	نشوء نموذج جديد
Ensuring Drinking Water Quality	التأكد من نوعية الماء
Epidemiological Approaches to Risk	العمليات الوبائية للخطر
Exposure Assessment	تقييم التعرض

F

Faucal Contamination	تلوث برازي
Filtration	ترشيح
Flocculation	التلبّد
Flow Cytometry	التدفق الخلوي المتري
Fluorescence	تفلوّر
Frequency of Sampling	تكرار العينات

H

Health Agencies	منظمات صحية
Heterotrophic Bacteria	بكتيريا متباينة التغذية
Household Water	الماء المنزلي
Hybridization	هجين
Hydrogen Sulphite Test	اختبار كبريتيد الهيدروجين
Hydro Extraction	استخلاص مائي

I

Immunocapture	الجذب المناعي
Improving	تحسين
Incident Management	إدارة الحدث
Indicator Concept	دور المؤشر
Infectious Disease Models	طرز المرض المعدي
Introducing	تقديم
Investigation	تقصي

L

Location of Sampling Points	نقاط موقع العينات

M

Membrane Filtration	ترشيح غشائي
Methods	طرق
Microbial	ميكروبي
Microbial Parameters	قياسات بارامترية ميكروبية
Microbiology	ميكروبيولوجي
Microbiological Testing	فحص ميكروبيولوجي
Molecular Techniques	تقنيات جزيئية
Molecular Technologies	التقنيات الجزيئية
Monitoring	كشف

N

Negative Results	نتائج سالبة
New Approach	اقتراح جديد
New Pathogen	ممرضات جديدة
Non-Microbial Parameters	بارامیترات غیر میکروبیة
Non-piped System	شبكات غير أنبوبية

O

Ongoing Challenge	تحدي مستمر
Outbreak	تفشي
Ozonation	تأزن

P

Parameters Measurement	قياسات بارامترية
Pathogens	الممرضات
Pathogen Detection	تحديد الممرض
Presence-Absence Test	اختبارات الوجود والغياب
Preventing Outbreaks	منع التفشيات
Protecting Public Health	حفظ الصحة العامة
Protozoan Parasites	الأوليات الطفيلية
Public Health	صحة عامة

Q

Quantitative Microbial Risk Assessment	تقييم المخاطر الميكروبية الكمية
Quality	نوعية

R

Rapid Filtration	مرشح سريع
Rations of Counts	نسب العد
Recovery	استخلاص (استعادة)
Refinement	تنقية
Regulation	النظام
Response to Incident	الاستجابة للحدثة
Reverse tram Crypt's	نسخ عكسي
Risk	خطر
Risk Assessment	تقييم الخطر
Risk Characterization	وصف الخطر
Risk Management	إدارة الخطر

S

Safe Drinking Water	ماء شرب آمن
Sample Collection	جمع العينات
Sedimentation	ترسيب
Sewage	صرف صحي
Slow sand Filtration	ترشيح رملي بطيء
Solar Water Disinfection	مطهر الماء الشمسي
Somatic Prages	فاجات جسدية
Source	مصدر
Specific Chemical Parameters	بارامیترات كيميائية خاصة

Standardization	توحد قياسي
Storage	خزن
Storage Water	ماء مخزون
Strain Characterization	وصف السلالة
Substandard Drinking Water	ماء الشرب دون القياسي
Sulphite Retuning Bacteria	بكتيريا مختزلة الكبريت
Summary	ملخص
Surveillance	مراقبة
Surveillance	مراقبة
System	شبكة (نظام)

T

Tanker Trucks	عربات الصهاريج
Target	هدف
Thermo tolerant (facial) Colifarm	بكتيريا القولون المقاومة للحرارة (البرازية)
Total Coliform	قولون كلي
Transport and survival	النقل والبقاء
Treatment	معالجة
Treatment Efficiency	فاعلية المعالجة

U

Untreated Drinking Water	ماء الشرب غير المعامل
UV Disinfection	التطهير بالأشعة فوق البنفسجية

V

ادمصاص فيروسي	Virus Adsorption
هوائية الفيروس	Virus Identification
فيروسات	Viruses
حجم العينة	Volume of Sample

W

ماء	Water
اجتناب الماء	Water Avoidance
طرق أخذ عينات نوعية الماء	Water Quality Sampling Approaches
خطط السلامة	Water Safety Plans
الإمداد المائي	Water Supply
الأمراض مائية المنشأ	Waterborne disease
تفشيات النقل المائي	Waterborne Outbreaks

كشاف الموضوعات

أ

إحساس حيوي ٣٥٦

اختبار كبريتيد الهيدروجين ٦٩

اختبارات الوجود والغياب ٦٧

إدارة الحدث ٢٧٠

إدارة الخطر ٩٣

ادمصاص فيروسي ٣١٠

الاستجابة للحدث ٢٧١

استخلاص (استعادة) ٣٢٣

استخلاص مائي ٣٢٣

اقتراح جديد ٣٥

الإمداد المائي ٣٢

الأمراض مائية المنشأ ١، ٢٦٣

الأوليات الطفيلية ٧٣

ب

باراميترات غير ميكروبية ٧٦

باراميترات كيميائية خاصة ٨٥

بكتيريا القولون ٢٣٦، ٢٣٧

بكتيريا القولون المقاومة للحرارة (البرازية) ٥٣

بكتيريا لا هوائية ٣٣١، ٣٣٣

بكتيريا متباينة التغذية ٦٠، ٢٣١

بكتيريا مختزلة الكبريت ٦٥

ت

تأزن ٢١٢

التأكد من نوعية الماء ١٧٠

تحديد ١١، ١٠٧، ٢٨٦، ٢٩٥، ٣٢٤

تحدي مستمر ١
تحديد الممرض ٢٨٦
تحسين الكشف ٢٨٣
تحليل المخاطر ١٩ ، ٢٦٥
تحليل جرعة الاستجابة ١١٠
تخثير ٢٠٠
التدفق الخلوي المتري ٣١٩
ترسيب ٢٠٠
ترشيح فوقي ٣١٢
ترشيح رملي بطيء ٢٠٥
التطهير بالأشعة فوق البنفسجية ٢١٤
تفشي ١ ، ١٠٧
تفشيات النقل المائي ٢٦٣ ، ٢٦٥
تفلوّر ٣٤٩
تقدير ٣٢٤
تقصي ٢٧٧
تقنيات الحصاد ٣٢٧
تقنيات جزيئية ٢٧ ،٢٨٨
تقييم ١١٥
تقييم التعرض ١١٣
تقييم الخطر ٣٧، ٩٣ ، ١٠٥
تقييم المخاطر الميكروبية الكمية ١٢٢
تكرار العينات ٢٤١
التلبّد ٣١٥
تلوث ٦
تلوث برازي ٦ ، ١١ ، ٢٣٦، ٢٣٧
تنقية ٩
توزيع ٣٢٥، ٢٢٦ ، ٢٢٧

ج

الجذب المناعي ٣١٣
جرعة الاستجابة ٢٦ ، ١١٢
جمع العينات ٢٤٥

ح

حجز ١٣٣
حجم العينة ٢٤٣
حصاد البكتيريا ٣٢٥
حفظ الصحة العامة ٢١
حماية الحجز ١٣٥

خ

خزن ٢٢٥
خطر ٩٣
خطر حيوي ٣٢١

خطط السلامة ٢٠، ٢٧٢

د

دراسة الحالة ١٦٤، ١٧٥، ١٧٧، ٢١٣
دور المؤشر ١٠٤

ر

رقائق حيوية ٣٥٧

س

سكون كيميائي ٢٠٧

ش

شبكات غير أنبوبية ٢٤٧
شبكة (نظام) ٢٢٦، ٢٢٧
شبكة توزيع ٢٢٦، ٢٢٧

ص

صحة عامة ٩٩
صرف صحي ٩٩، ١٦١، ١٦٦

ط

طرز المرض المعدي ١١٦
الطرد المركزي ٣١٦
طرق ٢٤٩
طرق أخذ عينات نوعية الماء ٢٤٩
طرق التحليل الميكروبيولوجي ٣٠٧

ع

عبء مرضي ٣، ٤
عربات الصهاريج ٢٥٣
عمل القرار ٣٧
العمليات الناشئة ٣٥٣

ف

فاجات جسدية ٦٢
فاجات معوية ٦٢
فاعلية المعالجة ١٩٧
فحص ممرض مباشر ٢٢، ٣٠٧، ٣٠٨
فحص ميكروبيولوجي ٣٠٧، ٣٠٨
فعالية ١٩٧
فيروسات ٢٨٦، ٢٨٧، ٢٨٨

ق

قولون كلي ٥٢
قياسات بارامترية ٤٧٢
قياسات بارامترية ميكروبية ٤٩

ك

كربون منشط ٢٠٦

كشف التفشي ٢٧٧
كلوّرة ٢٠٩

ل

لاقمات البكتيريا١٦ ، ٦٣

م

ماء ١٤١ ، ٢٢٥
ماء الشرب دون القياسي ١٠٢
ماء الشرب غير المعامل ١٠١
الماء المنزلي ٢٥٣
ماء شرب ١ ، ٦
ماء شرب آمن ٤٧
ماء مخزون ٢٢٩
مجازفة حيوية ٣١٨
مراقبة ٢٦٣
مراقبة وتقصي ٢٦٣
مطهر الماء الشمسي ٢١٩
معالجة ٢٢٧
الممرضات ١٠٩
ممرضات جديدة ٥
منظمات صحية ٣٤
منع التفشيات ٢٦٩

ن

نتائج سالبة ٢٩٠
نسب العد ٥٨
نسخ عكسي ٣٤٧
النموذج المقاوم ٢٩٤
النظام ٣١
نقاط موقع العينات ٢٣٩
النقل والبقاء ١٤٥
نوع الممرض ٢٩١

هـ

هجين ٢٩٧ ، ٢٩٦ ، ٢٩٧
هوائية الفيروس ٢٨٩

و

واجب الاجتهاد ١٨
وصف الحجز ١٣٣
وصف الخطر ١١٦
وصف السلالة ٢٩١

نبذة عن المترجم

الدكتور/ عبد الوهاب رجب هاشم بن صادق

أستاذ التلوث الميكروبي البيئي – كلية العلوم – جامعة الملك سعود

- عمل مدرساً مساعداً ثم أستاذاً مشاركاً ولا يزال على رأس العمل بوظيفة أستاذ بكلية العلوم بجامعة الملك سعود- الرياض- المملكة العربية السعودية.
- يقوم بتدريس بعض مقررات درجة البكالوريوس والدراسات العليا بالإضافة إلى الإشراف على الرسائل العلمية ومناقشتها وتحكيم الكتب العلمية وتقويم أبحاث الترقية العلمية داخل المملكة العربية السعودية وخارجها.
- نشر (٦٥) بحثاً في مجال الأحياء الدقيقة والتلوث.
- من مؤلفاته العلمية كتاب (التجارب العملية في أسس الأحياء الدقيقة) وكتاب (التجارب العملية في علم الأحياء الدقيقة التعديني) وكتاب (التلوث البيئي) وكتاب (الأمن البيئي) وكتاب (ميكروبيولوجيا التعدين) وكتاب (المدخل إلى التقنية الحيوية الفطرية- مترجم) وكتاب (الهضم الحيوي والاستصلاح الحيوي- مترجم) وكتاب (جرائم البيئة وسبل مواجهتها) وكتاب (الكائنات الحية الدقيقة والبيئة).
- شارك في العديد من المجالات الخاصة بخدمة الجامعة والمجتمع وتقديم المحاضرات والندوات العلمية عن التلوث والأمن والتقييم والتأهيل والاستثمار البيئي في وسائل الإعلام المختلفة والقطاعات العسكرية والمدنية.
- أستاذ متعاون- جامعة سانديا جو الحكومية للعام الجامعي (١٩٩٣-١٩٩٤م).
- عضو مجلس إدارة نادي الشباب الرياضي (١٤١٠-١٤١٢هـ).
- أستاذ زائر- جامعة تنسي للعام الجامعي (١٩٩٩-٢٠٠٠م).
- أستاذ زائر- جامعة جنت- بلجيكا للعام الجامعي (٢٠٠٦- ٢٠٠٧م)
- رئيس اللجنة العلمية لمؤتمر الخليج الخامس للمياه- الدوحة- قطر (مارس- ٢٠٠١م).
- ضمن قائمة الخبراء للمكتب الإقليمي لغرب آسيا – برنامج الأمم المتحدة للبيئة والأمانة العامة لدول الخليج العربي – شؤون الإنسان والبيئة.
- مستشار غير متفرغ للإدارة العامة للدفاع المدني (١٤١٤هـ).
- مستشار غير متفرغ- شركة فاما القابضة (١٤٢٢هـ).
- مستشار غير متفرغ- وزارة الشئون البلدية والقروية (١٤٢٣هـ).
- عضوا اللجنة الاستشارية لمعرض ومؤتمر الشرق الأوسط لتكنولوجيا المياه – البحرين (٢٠٠٣-٢٠٠٤م).
- مستشار غير متفرغ- مكتب العطيشان للدراسات الاستشارية والبيئية (١٤٢٤-١٤٢٥هـ).
- المشرف العلمي- ندوة الإرهاب البيولوجي- جامعة نايف العربية للعلوم الأمنية- محرم ١٤٢٦هـ.

تقييم السلامة الميكروبية لماء الشرب
عمليات التحسين والطرق

ماء الشرب غير الملائم وغير الصحي يعتبر من بين أهم المسببات العالمية لحدوث المرض والوفيات. يقدم هذا الكتاب مهارة الأسلوب في العمليات والطرق المستخدمة في تقييم السلامة الميكروبية لماء الشرب. وهو يعزز النشوء السريع للنزعة تجاه الإدارة الوقائية وتوسعاتها، لنظام المستقبل الواسع المتوقع. كما يعزز هيكل للسلامة المائية والتي تمتد من الموزِّع إلى المستهلك والتي تستند على تقييم المخاطر الشديدة وإدارة الخطر. يقدم هذا الكتاب أيضاً توجيهاً في اختيار واستخدام المؤشرات المتاحة بجانب الإرشاد التشغيلي لتحقيق المعلومات الخاصة المطلوبة.

ينظر هذا الكتاب إلى التطبيقات الاحتمالية للتقنيات الحديثة ونشوء الطرق، وهو نتيجة المشاركة الأولية بين OECD-WHO منذ ١٩٩٨م. كما يقدم خلفية معرفية هامة لتطوير الطبعة الثالثة لمنظمة الصحة العالمية (WHO) للإرشادات عن نوعية ماء الشرب ويقدم أيضا معلومات وتوجيهات من أجل إنجاز عمليات وطنية ومحلية فعاله لسلامة ماء الشرب يمكن الاعتماد عليها. كما أن القياسات العالمية لمنظمة الصحة العالمية والإرشادات لنوعية ماء الشرب قدمت قواعد لنوعية ماء الشرب وصحة الإنسان منذ ١٩٥٠م.