

الفصل 6

معالجة مياه النفايات والمكبات

المؤلفون

ميشيل ر. ج دورن (هولندا) وسيرينتون نثيب توبرايوم (تايلاند) وسونيا ماريا مانسو فييرا (البرازيل)،
ويليام إيرفنج (الولايات المتحدة الأمريكية) وكرياج بالمر (كندا) وريتا بيباتي (فنلندا) وكان وانج (الصين)

المحتويات

6-6.....	1-6 مقدمة	6
9-6.....	1-1-6 التغييرات مقارنة بالخطوط التوجيهية لعام 1996 والخطوط التوجيهية للممارسات السليمة	
9-6.....	2-6 انبعاثات الميثان من مياه النفايات	
9-6.....	1-2-6 موضوعات منهجية	
10-6.....	2-2-6 النفايات المنزلية	
10-6.....	1-2-2-6 اختبار الأسلوب	
12-6.....	2-2-2-6 اختبار معاملات الانبعاث	
13-6.....	3-2-2-6 اختيار بيانات الأنشطة	
16-6.....	4-2-2-6 اتساق المتسلسلة الزمنية	
16-6.....	5-2-2-6 حالات عدم التيقن	
17-6.....	6-2-2-6 ضمان الجودة/مراقبة الجودة والاستيفاء والإبلاغ والتوثيق	
18-6.....	3-2-6 النفايات الصناعية	
19-6.....	1-3-2-6 اختبار الأسلوب	
20-6.....	2-3-2-6 اختبار معاملات الانبعاث	
21-6.....	3-3-2-6 اختيار بيانات الأنشطة	
22-6.....	4-3-2-6 اتساق المتسلسلة الزمنية	
23-6.....	5-3-2-6 عدم التيقن	
23-6.....	6-3-2-6 ضمان الجودة/مراقبة الجودة والاستيفاء والإبلاغ والتوثيق	
24-6.....	3-6 انبعاثات أكسيد النيتروز من مياه النفايات	
24-6.....	1-3-6 موضوعات منهجية	
24-6.....	1-1-3-6 اختبار الأسلوب	
25-6.....	2-1-3-6 اختبار معاملات الانبعاث	
25-6.....	3-1-3-6 اختيار بيانات الأنشطة	
26-6.....	2-3-6 اتساق المتسلسلة الزمنية	
26-6.....	3-3-6 عدم التيقن	
27-6.....	4-3-6 ضمان الجودة/مراقبة الجودة والاستيفاء والإبلاغ والتوثيق	
28-6.....	المراجع	

المعادلات

11-6.....	إجمالي انبعاثات الميثان الناجمة عن مياه النفايات المنزلية	المعادلة 1-6
12-6.....	معامل انبعاث الميثان لكل مسار أو نظام لمعالجة/مكببات مياه النفايات المنزلية	المعادلة 2-6
13-6.....	إجمالي المواد القابلة للتحلل عضوياً في مياه النفايات المنزلية	المعادلة 3-6
20-6.....	إجمالي انبعاثات الميثان الناجمة عن مياه النفايات الصناعية	المعادلة 4-6
20-6.....	معامل انبعاث الميثان لمياه النفايات الصناعية	المعادلة 5-6
22-6.....	المواد القابلة للتحلل عضوياً في مياه النفايات الصناعية	المعادلة 6-6
24-6.....	انبعاثات أكسيد النيتروز من تدفق مياه النفايات	المعادلة 7-6
25-6.....	إجمالي النيتروجين في التدفق	المعادلة 8-6
26-6.....	انبعاث أكسيد النيتروز من عمليات مركزية لمعالجة مياه النفايات	المعادلة 9-6

الأشكال

7-6.....	مسارات مكبات وأنظمة معالجة مياه النفايات	الشكل 1-6
10-6.....	شجرة قرارات انبعاثات الميثان الناجمة عن مياه النفايات المنزلية	الشكل 2-6
19-6.....	شجرة قرارات انبعاثات الميثان الناجمة عن معالجة مياه النفايات الصناعية-	الشكل 3-6

الجدول

الجدول 1-6	احتمالات انبعاث الميثان أكسيد النيتروز لمعالجة الخبث ومياه النفايات وأنظمة المكبات.....	8-6
الجدول 2-6	الحد الأقصى الافتراضي لسعة إنتاج الميثان (B_0) لمياه النفايات المنزلية.....	12-6
الجدول 3-6	قيم معامل تصحيح الميثان الافتراضية لمياه النفايات المنزلية.....	13-6
الجدول 4-6	قيم BOD_5 المقدرة في مياه النفايات المنزلية للبلدان والمناطق المحددة.....	14-6
الجدول 5-6	القيم المقترحة للتخضر (u) ودرجة الاستخدام لأسلوب (T_{ij}) أو مسار معالجة أو المكبات لكل مجموعة دخل لكل بلد.....	15-6
الجدول 6-6	مثال على تطبيق القيم الافتراضية لدرجات استخدام المعالجة (T) حسب مجموعات الدخل.....	16-6
الجدول 7-6	النطاقات الافتراضية لعدم التيقن لمياه النفايات المنزلية.....	17-6
الجدول 8-6	قيم معامل تصحيح الميثان الافتراضية لمياه النفايات الصناعية.....	21-6
الجدول 9-6	أمثلة على بيانات النفايات الصناعية.....	22-6
الجدول 10-6	النطاقات الافتراضية لعدم التيقن لمياه النفايات الصناعية.....	23-6
الجدول 11-6	البيانات الافتراضية لمنهجية أكسيد النيتروز.....	27-6

المربعات

المربع 1-6	الفئة الفرعية - انبعاثات المصانع المركزية المتقدمة لمعالجة مياه النفايات.....	26-6
------------	---	------

6 معالجة مياه النفايات والمكبات

1-6 مقدمة

يمكن أن تكون مياه النفايات مصدرًا للميثان (CH_4) عند معالجتها أو التخلص منها لاهوائياً. كما يمكن أن تكون مصدرًا لانبعاثات أكسيد النيتروز (N_2O). لم تشمل الخطوط التوجيهية للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيير المناخ على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO_2) الناجمة عن مياه النفايات ويرجع ذلك إلى أصلها الحيوي، وأنه لا يجب تضمينها في إجمالي الانبعاثات الوطنية. يرجع أصل مياه النفايات إلى عدد من المصادر المنزلية والتجارية والصناعية، وربما تتم معالجتها في الموقع (بدون تجميع) أو تصريفها إلى مصنع مركزي (بالتجميع) أو التخلص منها بدون معالجة في مكان قريب أو من خلال مصب نهر. مياه النفايات المنزلية هي مياه النفايات الناجمة عن الاستخدام اللاحق للمياه في المنازل، في حين تتبع مياه النفايات الصناعية من المصادر الصناعية فقط¹ يمكن أن تختلف أنظمة المكبات والمعالجة اختلافاً كبيراً بين البلدان. أيضاً يمكن أن تختلف أنظمة المعالجة والمكبات بين المستخدمين الريفيين والحضريين، وبين المستخدمين الحضريين ذوي الدخل الكبير والمستخدمين الحضريين ذوي الدخل المنخفض.

ربما تكون المجاري مفتوحة أو مغلقة في المناطق الحضرية في البلدان النامية وبعض البلدان المتقدمة، قد تتكون أنظمة المجاري من شبكات من القنوات المفتوحة وقنوات الري والبالوعات، والتي يتم الإشارة إليها باسم المجاري المفتوحة. في معظم البلدان المتقدمة والمناطق الحضرية عالية الدخل في بلدان أخرى، عادة ما تكون المجاري مغلقة وتحت الأرض. ومن غير المعتاد أن تكون مياه النفايات في المجاري المغلقة الموجودة تحت الأرض مصدرًا هامًا للميثان (CH_4). يختلف الموقف بالنسبة لمياه النفايات في المجاري المفتوحة، نظرًا لأنها عرضة للحرارة الشمس وربما تكون المجاري راکدة مما يتيح للظروف اللاهوائية بانبعاث (CH_4). (دورن وأخرون، 1997).

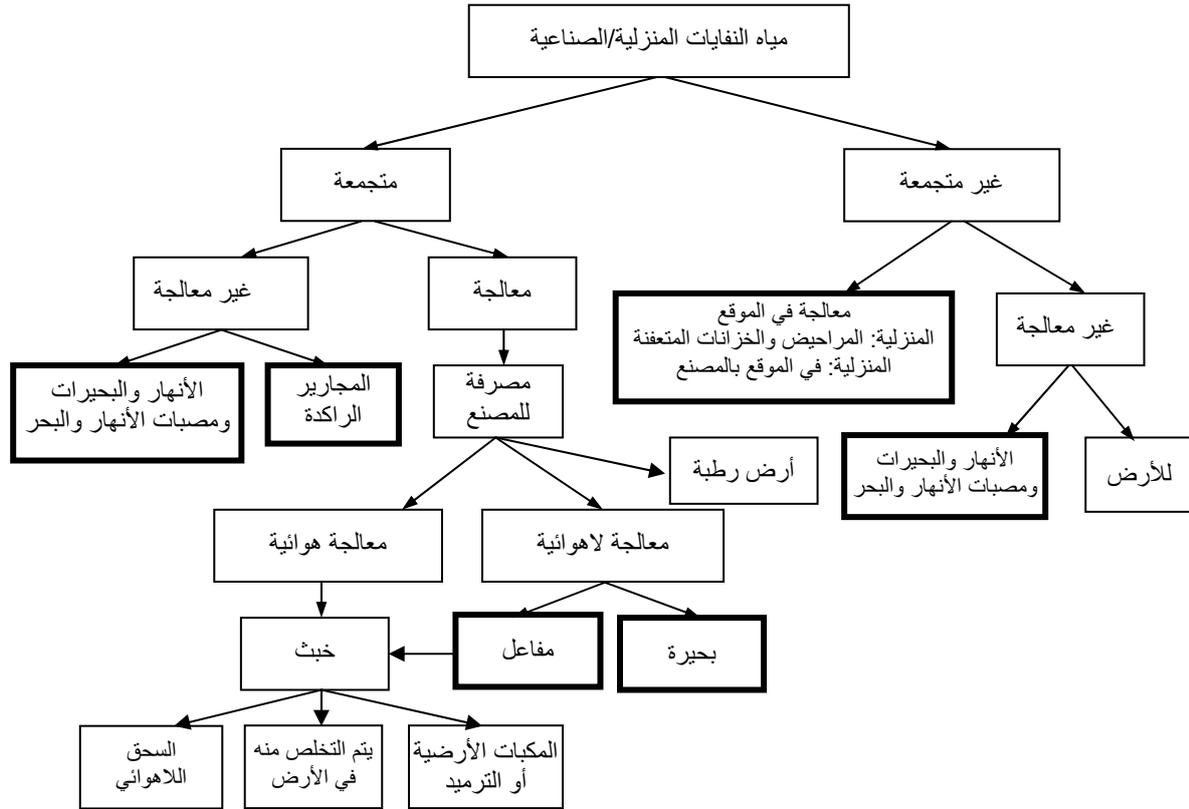
أكثر الأساليب المنتشرة لمعالجة مياه النفايات في البلدان المتقدمة هي مصانع معالجة مياه النفايات اللاهوائية المركزية وبحيرات مياه النفايات المنزلية والصناعية. لتفادي تكاليف المكبات العالية أو لاتباع المعايير التنظيمية، ربما تقوم المنشآت الصناعية الكبيرة بالمعالجة المسبقة للمياه النفايات قبل إطلاقها إلى نظام المجاري. أيضاً ربما تتم معالجة مياه النفايات المنزلية في أنظمة عتفة في الموقع. هذه أنظمة متقدمة ربما تعالج مياه النفايات من منزل أو عدة منازل. وتتكون هذه الأنظمة من خزان لاهوائي تحت الأرض وحقل تصريف لمعالجة النفايات السائلة الناجمة من الخزان. تستمر البلدان المتقدمة في التخلص من مياه النفايات المنزلية غير المعالجة عبر المصبات أو خطوط الأنابيب في كيان مائي، على سبيل المثال المحيط.

تختلف درجة معالجة مياه النفايات في معظم البلدان النامية. في بعض الحالات، يتم التخلص من مياه النفايات الصناعية مباشرة في كيان مائي، في حين أنه ربما تتضمن المنشآت الصناعية الكبرى معالجة شاملة داخل المصنع. تتم معالجة مياه النفايات المنزلية في مصانع مركزية أو مراحيض مفتوحة أو أنظمة متعفنة أو يتم التخلص منها في البحيرات غير المدارة أو المجاري المائية، من خلال المجاري المفتوحة أو المغلقة. في بعض البلدان الساحلية، يتم التخلص من المياه المنزلية مباشرة في المحيط. المراحيض المفتوحة عبارة عن فتحات مصفوفة أو غير مصفوفة ذات عمق لأمتار عديدة، والتي يمكن أن يتم إنشاؤها مع الحمامات لتوفير الراحة. يعرض الشكل 1-6 المسارات المختلفة لمكبات ومعالجة مياه النفايات.

يمكن تصنيف أساليب معالجة مياه النفايات المركزية إلى أولية وثانوية ودرجة ثالثة. في المعالجة الأولية، تعمل الحواجز الطبيعية على إزالة الأجسام الصلبة الكبيرة من مياه النفايات. ثم يتم السماح باستقرار الجسيمات الباقية. وتتكون المعالجة الثانوية من خليط من العمليات الحيوية التي تعمل على التحلل الحيوي بواسطة الكائنات المجهرية. وربما تشمل العمليات الحيوية على برك استقرار هوائية ومرشحات تقدير وعمليات خبث منشطة، فضلاً عن بحيرات ومفاعلات لاهوائية. من ناحية أخرى يتم استخدام عمليات المعالجة الثالثة لزيادة تنقية مياه النفايات من الكائنات الممرضة والملوثات والمغذيات الباقية، على سبيل المثال المركبات النيتروجينية والكبريتية. ويتم تحقيق ذلك باستخدام عملية خلط أو أكثر التي يمكن أن تشمل على برك إنضاج/تنقية وعمليات حيوية وترشيح متقدم ومصص للكربون وتبادل أيوني وإزالة التلوث.

يتم إنتاج الخبث في كل مراحل المعالجة الأولية والثانوية والثالثة. ويتكون الخبث الذي يتم إنتاجه في المعالجة الأولية من مواد صلبة تتم إزالتها من مياه النفايات ولا يتم حسابها في هذه الفئة. وينتج الخبث في المعالجة الثانوية والثالثة من النمو الحيوي في الكتلة الحيوية بالإضافة إلى تجميع الجسيمات الصغيرة. يجب معالجة هذا الخبث بشكل إضافي، وذلك قبل التخلص منه بطريقة آمنة. تشمل أساليب معالجة الخبث على الاستقرار (الهضم) الهوائي واللاهوائي والتكثيف والتجفيف والتسميد والتجفيف. ورد شرح لترميم الخبث وتسميده والتخلص منه في الأرض في المجلد 5، القسم 2-3-2 في الفصل 2، بيانات توليد النفايات وتكوينها ومعالجتها، القسم 2-3 في الفصل 3، التخلص من النفايات الصلبة، القسم 4-4 في الفصل 4، المعالجة البيولوجية والتخلص من النفايات والفصل 5، الترميد ومخارق النفايات المفتوحة، على التوالي. يتم ترميد بعض الخبث قبل التخلص منه في الأرض. تمت دراسة انبعاثات أكسيد النيتروز الناجمة عن الخبث ومياه النفايات المنتشرة في الأرض الزراعية في القسم 11-2، انبعاثات أكسيد النيتروز الناجمة عن الأراضي المدارة، في الفصل 11، انبعاثات أكسيد النيتروز من الأراضي المدارة وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون من استعمالات الجير البوريا، في المجلد 4 لقطاع الزراعة والحراجة واستعمالات الأرض الأخرى (AFOLU).

¹ نظرًا لأن المنهجية تعتمد على أساس كل شخص، فإن الانبعاثات الناجمة عن مياه النفايات الصناعية يتم تقديرها على أنها جزء من مياه النفايات المنزلية. لتفادي الخلط، لم يتم استخدام مصطلح المياه المحلية في هذا النص. والمياه المحلية خليط من مياه النفايات المنزلية والتجارية والصناعية غير الخطرة، والتي تتم معالجتها في مصانع معالجة مياه النفايات.



ملاحظة: يغطي هذا الفصل الانبعاثات الناجمة عن المربعات ذات الإطارات السوداء.

الميثان (CH_4)

يمكن أن ينتج الميثان عن مياه النفايات بالإضافة إلى مكونات الخبث الخاصة بها في حالة تحللها لاهوائياً. ويعتمد مدى إنتاج الميثان أساساً على كمية المادة العضوية القابلة للتحلل في مياه النفايات ودرجة الحرارة ونوع نظام المعالجة. مع زيادة درجة الحرارة، يزيد معدل إنتاج الميثان. ويعتبر ذلك بالغ الأهمية في الأنظمة غير الخاضعة للتحكم وفي المناخ الدافئ. عند تكون درجة الحرارة أقل من 15 درجة مئوية، من غير المحتمل إنتاج كمية كبيرة من الميثان نظراً لعدم نشاط الكائنات الممرضة وستكون البحيرة خزان ترسيب في المقام الأول. ومع ذلك فعند زيادة درجة الحرارة عن 15 درجة مئوية، من المحتمل أن يتم استئناف إنتاج الميثان.

والعامل الأساسي في تحديد احتمالية توليد الميثان هو كمية المادة العضوية القابلة للتحلل في مياه النفايات. والبارامترات شائعة الاستخدام في قياس المكون العضوي لمياه النفايات هي طلب الأكسجين الحيوي الكيميائي (BOD) وطلب الأكسجين الكيميائي (COD). في ظل نفس الظروف، عادة ما تولد مياه النفايات ذات التركيزات العالية من طلب الأكسجين الحيوي الكيميائي وطلب الأكسجين الكيميائي ميثان أكثر من مياه النفايات ذات التركيزات المنخفضة من طلب الأكسجين الكيميائي (أو طلب الأكسجين الحيوي الكيميائي).

تشير تركيزات طلب الأكسجين الحيوي الكيميائي إلى كمية الكربون التي يتم تحللها لاهوائياً. والقياس المعياري لطلب الأكسجين الحيوي الكيميائي هو اختبار لمدة 5 أيام، وتتم الإشارة إليها برمز BOD_5 . يشير مصطلح: طلب الأكسجين الحيوي الكيميائي" في هذا الفصل إلى BOD_5 . يقيس طلب الأكسجين الكيميائي إجمالي المادة المتوفرة للأكسدة الكيميائية (القابلة للتحلل وغير القابلة للتحلل)² وبما أن طلب الأكسجين الحيوي - الكيميائي هو بارامتر هوائي، فربما يكون غير ملائم لتحديد المكونات العضوية في البيئات الهوائية. بالإضافة إلى ذلك فإن نوع مياه النفايات ونوع البكتريا الموجودة في مياه النفايات يؤثر على تركيز طلب الأكسجين الحيوي - الكيميائي لمياه النفايات. عادة ما يتم الإبلاغ عن طلب الأكسجين الحيوي - الكيميائي أكثر في مياه النفايات المنزلية، في حين يتم الإبلاغ عن طلب الأكسجين الكيميائي بشكل أكثر في مياه النفايات الصناعية.

أكسيد النيتروز (N_2O)

يرتبط أكسيد النيتروز بتحلل مكونات النيتروجين في مياه النفايات، على سبيل المثال اليوريا والنترات والبروتين. وتشتمل مياه النفايات المنزلية على الصرف الصحي البشري مخلوطاً بمياه النفايات المنزلية، والتي يمكن أن تشتمل على مخرجات من مصارف الحمامات والبالوعات وأجهزة الغسيل وما إلى ذلك. ربما تشتمل أنظمة معالجة مياه النفايات المنزلية على عدد من العمليات، التي تتراوح بين التصريف إلى البحيرات إلى تقنيات المعالجة الثالثة المتقدمة لإزالة مكونات النيتروجين. بعد المعالجة، يتم تفريغ المخرجات المعالجة إلى بيئة ماء مستقبلية (على سبيل المثال، نهر أو

² في هذه الخطوط التوجيهية، يشير طلب الأكسجين الكيميائي إلى طلب الأكسجين الكيميائي الذي تم قياسه باستخدام الأسلوب ثنائي الكرومات. (الاتحاد الأمريكي للصحة العامة والاتحاد الأمريكية للأعمال المائية واتحاد بيئة المياه، 1998)

أنظمة المعالجة والمكببات واحتمالية توليد الميثان وأكسيد النيتروز

يمكن أن توفر أنظمة المعالجة أو مسارات المكبات بيئات لاهوائية تنتج عموماً الميثان في حين أن الأنظمة التي توفر بيئات لاهوائية عادة ما تنتج كمية قليلة من الميثان أو لا تنتج على الإطلاق. على سبيل المثال، بالنسبة للبحيرات والتي لا تشتمل على خلط أو تشبع بالهواء، يمكن أن يمثل عمقها عاملاً هاماً في إنتاج الميثان. أما بالنسبة للبحيرات الضحلة، التي يقل عمقها عن 1 متر، فإنها توفر عموماً ظروفاً لاهوائية وقليل من الميثان أو لا تنتج ميثان على الإطلاق. في حين أن البحيرات التي يزيد عمقها عن 2-3 أمتار عادة ما توفر بيئات لاهوائية، ومن المتوقع أن تنتج كميات كبيرة من الميثان.

يمثل الجدول 6-1 الأنظمة الأساسية لمعالجة ومكببات مياه النفايات في البلدان النامية والمتقدمة، واحتمالية انبعاث الميثان وأكسيد النيتروز منها.

الجدول 6-1 احتمالات انبعاث الميثان وأكسيد النيتروز لمعالجة الخبث ومياه النفايات وأنظمة المكبات			
نوع معالجة التخلص من النفايات		احتمالات انبعاث الميثان وأكسيد النيتروز	
غير المعالجة	مكببات النهر	ربما تسمح البحيرات والأنهار الراكدة والتي لا تحتوي على أكسجين بالتحلل اللاهوائي لإنتاج الميثان من المحتمل أن تكون الأنهار والبحيرات ومصبات الأنهار مصادر لأكسيد النيتروز.	
		ليس مصدرًا للميثان/أكسيد النيتروز.	
		من المحتمل أن تكون القنوات/الخدائق ومجارير التجميع المفتوحة والراكدة وزائدة التحميل مصدرًا هامًا للميثان.	
المجمعة	المعالجة	مصانع معالجة مياه النفايات الهوائية المركزية	ربما تؤدي تنتج كميات محدودة من الميثان من المناطق الهوائية. تنتج أنظمة المعالجة الهوائية سبينة الإدارة أو التصميم ميثان. تعتبر المصانع التقدمية التي تزيل المركبات الغذائية (النترتة وإزالة النترتة) مصادر صغيرة لكن متميزة لأكسيد النيتروز.
		المعالجة الهوائية	ربما يكون الخبث مصدرًا هامًا للميثان في حالة عدم استعادة أو إشعال الميثان المنبعث.
		البحيرات المسطحة الهوائية	مصادر غير محتملة للميثان/أكسيد النيتروز. تنتج الأنظمة الهوائية سبينة الإدارة أو التصميم ميثان.
	المعالجة الهوائية غير	البحيرات غير الهوائية	مصدر محتمل للميثان. ليس مصدرًا لأكسيد النيتروز.
		مفاعلات لاهوائية	ربما تكون مصدرًا هامًا للميثان في حالة عدم استعادة أو إشعال الميثان المنبعث.
		الخزانات المتعفنة «Septic tanks»	تؤدي إزالة المواد الصلبة المتكررة إلى تقليل إنتاج الميثان.
غير المجمعة	المراحيض/الحفر المفتوحة	من المحتمل أن تؤدي المراحيض/الحفر المفتوحة إلى إنتاج الميثان عند تكون درجة الحرارة ووقت الاحتجاز جيدين.	
	مكببات النهر	انظر أعلاه.	

1-1-6 التغييرات مقارنة بالخطوط التوجيهية لعام 1996 والخطوط التوجيهية للممارسات السليمة

تشتمل الخطوط التوجيهية المنقحة للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ لعام 1996 (الخطوط التوجيهية لعام 1996، الهيئة، 1997) على معادلات منفصلة لتقدير الانبعاثات الناجمة عن مياه النفايات والناجمة عن إزالة الخبث من مياه النفايات. لقد تم حذف هذا التمييز لأن ساعات توليد الميثان للخبث ومياه النفايات بالكائنات العضوية المتحللة عامة ما تكون متشابهة، ولا يتطلب الأمر معادلات منفصلة. تشتمل الخطوط التوجيهية لعام 2006 على قسم جديد لتقدير انبعاثات الميثان الناجمة عن مياه النفايات غير المتجمعة. أيضاً وردت خطوط توجيهية لتقدير انبعاثات الميثان الناجمة عن مصانع معالجة مياه النفايات المتقدمة. علاوة على ذلك، فقد تم تبسيط قسم مياه النفايات الصناعية باقتراح أهم المصادر الصناعية التي يجب تناولها. انظر القسم 6-2-3.

2-6 انبعاثات الميثان من مياه النفايات

1-2-6 موضوعات منهجية

تعد الانبعاثات دالة على كمية النفايات العضوية التي يتم توليدها وتعتبر بمثابة معامل انبعاث يميز مدى توليد النفايات للميثان.

فيما يلي موجز لأساليب المستوى الثلاثة المستخدمة مع الميثان من هذه الفئة:

يطبق أسلوب المستوى 1 القيم الافتراضية لمعامل الانبعاث وبارامترات الأنشطة. يعتبر هذا الأسلوب من الممارسة السليمة للبلدان التي تحتوي على بيانات محدودة.

يتبع أسلوب المستوى 2 نفس أسلوب المستوى 1، لكنه يتيح استخدام معامل انبعاث خاص بالبلد وبيانات أنشطة خاصة بالبلد. على سبيل المثال، يمكن أن يستخدم هذا الأسلوب معامل انبعاث خاصاً بنظام معالجة مميز يعتمد على القياسات الميدانية. ويجب أن يوضع في الاعتبار كمية الخبث التي تمت إزالتها من الترميد والمكبات الأرضية والأراضي الزراعية.

بالنسبة للبلد التي تتوفر لديها بيانات جيدة وتقنيات متقدمة، يمكن تطبيق أسلوب خاص بالبلد على أسلوب المستوى 3. يمكن أن يعتمد الأسلوب الخاص بالبلد الأكثر تقدماً على البيانات الخاصة بالمصنع من منشآت معالجة مياه نفايات كبيرة.

يمكن أن تشتمل منشآت معالجة مياه النفايات على خطوات عملية لاهوائية. ويمكن إزالة الميثان المولد في هذه المنشآت وإشعاله في جهاز طاقة أو وهج. يجب طرح كمية الميثان التي يتم إشعالها أو استعادتها لاستخدامها في الطاقة من إجمالي الانبعاثات عبر استخدام بارامترات منفصل لاستعادة الميثان. ويتم التعبير عن كمية الميثان التي تمت استعادتها برمز R في المعادلة 6-1.

لاحظ أن عددًا قليلاً فقط من البلدان التي ربما تتوفر لديها بيانات تخص التخلص من الخبث وبيانات استعادة الميثان. والقيمة الافتراضية لإزالة الخبث هي صفر. والقيمة الافتراضية لاستعادة الميثان هي صفر. إذا ما اختارت إحدى البلدان الإبلاغ عن استعادة الميثان، فمن الممارسة السليمة التمييز بين الإشعال واستعادة الميثان لتوليد لطاقة، والذي يجب الإبلاغ عنه في قطاع الطاقة مع الوضع في الاعتبار تفادي ازدواجية حساب الانبعاثات الناجمة عن الإشعال والطاقة المستخدمة.

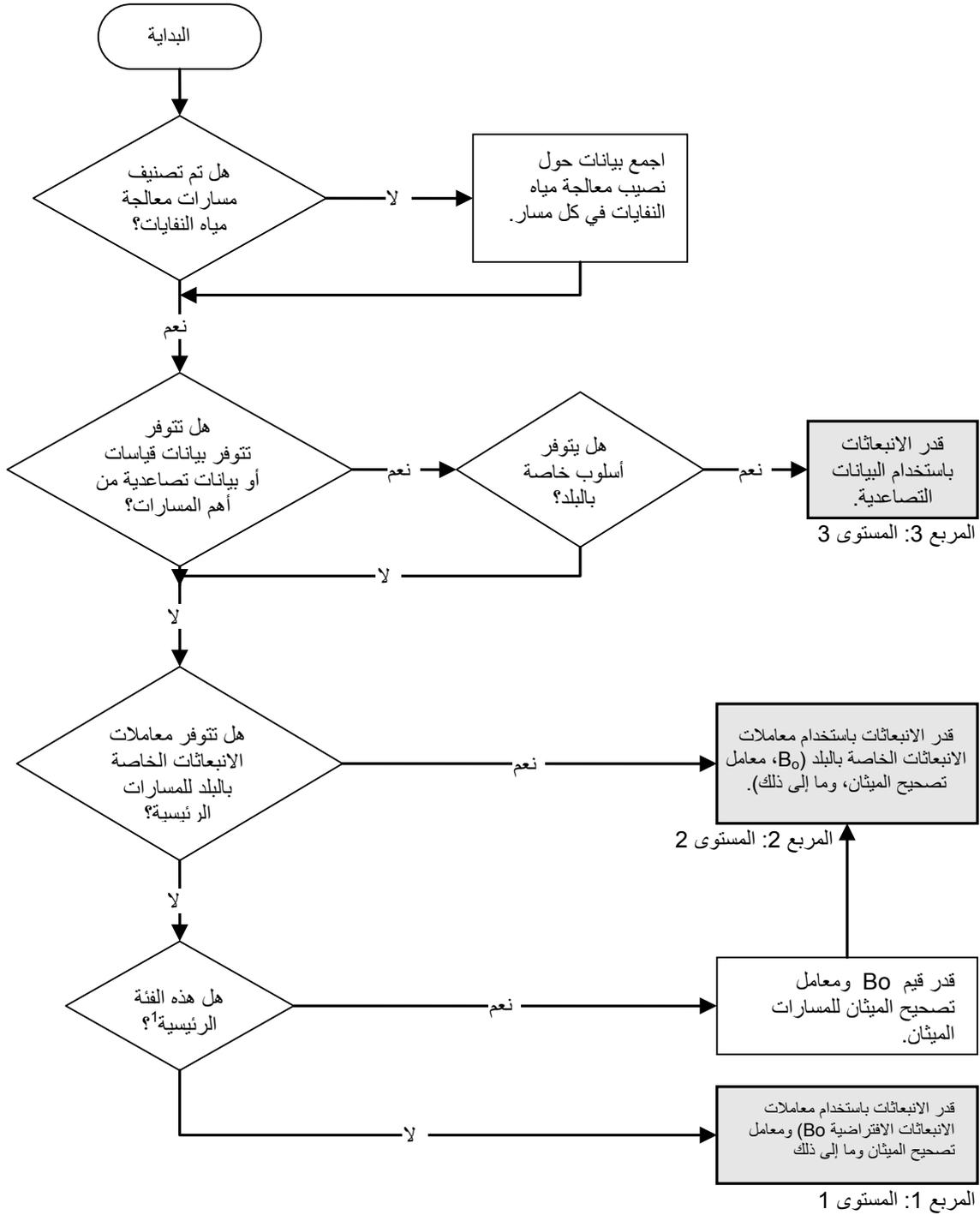
ومع ذلك لا تكون الانبعاثات الناجمة عن الإشعال كبيرة، حيث تكون انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من أصل حيوي، وتكون انبعاثات الميثان وأكسيد النيتروز صغيرة للغاية، لذا فإن الممارسة السليمة في قطاع النفايات لا تتطلب تقديرها. ومع ذلك فعند الرغبة في القيام بذلك، يجب الإبلاغ عن هذه الانبعاثات ضمن قطاع النفايات. ورد في المجلد 2، الطاقة، الفصل 4-2، مناقشة للانبعاثات الناجمة عن الإشعال، كما وردت تفاصيل أكثر. لا تتم معالجة الانبعاثات الناجمة عن الإشعال في المستوى 1.

2-2-6 النفايات المنزلية

1-2-2-6 اختيار الأسلوب

ورد في الشكل 2-6 شجرة قرارات لمياه النفايات المنزلية.

الشكل 2-6 شجرة قرارات انبعاثات الميثان الناجمة عن مياه النفايات المنزلية



1. أنظر المجلد 1، الفصل 4 "اختيار المنهجيات وتعريف الفئات الرئيسية" (مع ملاحظة القسم 4-1-2 الخاص بالموارد المحدودة) لمناقشة الفئات الرئيسية واستخدام شجرات القرارات.

فيما يلي خطوات الممارسة السليمة في إعداد قائمة حصر الميثان لمياه النفايات المنزلية:

الخطوة 1: استخدام المعادلة 6-3 لتقدير إجمالي الكربون القابل للتحلل عضوياً في مياه النفايات (TOW).

الخطوة 2: تحديد المسار والأنظمة (انظر الشكل 6-1) وفقاً لبيانات الأنشطة الخاصة بالبلد. استخدام المعادلة 6-2 للحصول على معامل الانبعاث لكل مسار أو نظام لمعالجة/مكبات مياه النفايات المنزلية.

الخطوة 3: استخدام المعادلة 6-1 لتقدير الانبعاثات، فقط لإزالة الخبث الممكن و/أو استعادة الميثان وجمع النتائج لكل مسار/نظام.

كما ورد من قبل، يحدد تصنيف مياه النفايات كسر مياه النفايات الذي تتم معالجته أو التخلص منه بواسطة نظام معين. لتحديد استخدام كل نوع من نظام المكبات أو المعالجة، من الممارسة السليمة الرجوع إلى الإحصائيات الوطنية (على سبيل المثال، من السلطات التنظيمية). في حالة عدم توفر هذه البيانات، ربما تتوفر بيانات استخدام النظام لدى الاتحادات المعنية بمياه النفايات أو المنظمات الدولية، على سبيل المثال منظمة الصحة العالمية (WHO).

بدلاً من ذلك، يمكن إجراء مشاورات مع خبراء الصحة العامة واستطلاع آراء الخبراء (انظر الفصل 2، مقتربات تجميع البيانات، في المجلد 1). يمكن أيضاً الاستعانة بالبيانات المعنية بمظاهر التحضر، على سبيل المثال أحجام المدن وتوزيع الدخل.

في حالة ممارسة فصل الخبث وتوفير إحصائيات ملائمة، يمكن فصل هذه الفئة على أنها فئة فرعية. في حالة استخدام المعاملات الافتراضية، يمكن تقدير الانبعاثات الناجمة عن مياه النفايات والخبث معاً بغض النظر عن أسلوب التعامل مع الخبث، من الأهمية بمكان ألا يتم تضمين انبعاثات الميثان الناجمة عن الخبث المرسل إلى المكبات الأرضية للنفايات أو المترمدة أو المستخدمة في الزراعة في فئة مكبات ومعالجة مياه النفايات. في حالة توفر بيانات إزالة الخبث، يجب أن تكون البيانات متسقة في كافة القطاعات والفئات، ويجب أن تكون الكمية التي تم التخلص منها في مواقع النفايات الصلبة لمياه النفايات والمطبخية على الأراضي الزراعية والمترمدة أو المستخدمة في مكان آخر مساوية للمكون العضوي المزال على أنه خبث في المعادلة 6-1. يجب دراسة مياه النفايات والخبث المستخدم في الأراضي الزراعية في المجلد 1، قطاع الزراعة والحراثة واستعمالات الأرض الأخرى، القسم 1-1، انبعاثات أكسيد النيتروز من الأراضي المدارية، وفي الفصل 11، انبعاثات أكسيد النيتروز من الأراضي المدارية، وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون من استعمالات الجير واليوريا.

غالباً ما يختلف استخدام مسار/نظام معالجة مياه النفايات بين سكان الحضر والريف. أيضاً في البلدان النامية، من المحتمل أن تكون هناك اختلافات بين سكان الحضر ذوي الدخل المرتفع وسكان الحضر ذوي الدخل المنخفض. ومن ثم، فقد تم تقديم المعامل U للتعبير عن كسر كل مجموعة دخل من الممارسة السليمة تناول الفئات الثلاث التالية: سكان الريف وسكان الحضر مرتفعو الدخل وسكان الحضر منخفضو الدخل بشكل منفصل. يوصى أيضاً باستخدام جدول بيانات، كما هو موضح في الجدول 6-5 أدناه.

فيما يلي المعادلة العامة لتقدير انبعاثات الميثان الناجمة عن مياه النفايات المنزلية:

$$\text{إجمالي انبعاثات الميثان الناجمة عن مياه النفايات المنزلية}$$

$$CH_4 \text{ Emissions} = \left[\sum_{i,j} (U_i \cdot T_{i,j} \cdot EF_j) \right] (TOW - S) - R$$

حيث:

$$CH_4 \text{ Emissions} = \text{انبعاثات الميثان في سنة الحصر، كجم ميثان/سنة}$$

$$TOW = \text{إجمالي المواد العضوية في مياه النفايات في سنة الحصر، كجم طلب الأكسجين الحيوي الكيميائي/سنة}$$

$$S = \text{المكون العضوي المزال على أنه خبث في سنة الحصر، كجم طلب الأكسجين الحيوي الكيميائي/سنة}$$

$$U_i = \text{كسر السكان في مجموعة الدخل } i \text{ في سنة الحصر، انظر الجدول 6-5.}$$

$$T_{i,j} = \text{درجة استخدام نظام أو مسار المكبات/المعالجة، } z, \text{ لكل كسر مجموعة دخل } i \text{ في سنة الحصر، انظر الجدول 6-5.}$$

$$i = \text{مجموعة الدخل: الريف والحضر عالي الدخل والحضر منخفض الدخل}$$

$$j = \text{كل مسار أو نظام مكبات/معالجة}$$

$$EF_j = \text{معامل الانبعاث، كجم ميثان/كجم طلب الأكسجين الحيوي الكيميائي}$$

$$R = \text{كمية الميثان المستعادة في سنة الحصر، كجم ميثان/سنة}$$

2-2-2-6 اختيار معاملات الانبعاث

يعتبر معامل انبعاث مسار ونظام مكبات ومعالجة مياه النفايات (المربعات الطرفية المزودة بإطارات سوداء عريضة في الشكل 6-1) دالة على الحد الأقصى لاحتماالية (B₀) إنتاج الميثان ومعامل تصحيح الميثان (MCF) لنظام مكبات ومعالجة مياه النفايات، كما هو موضح في المعادلة 2-6. الرمز B₀ هو الحد الأقصى لكمية الميثان التي يمكن إنتاجها من كمية معينة من المواد العضوية (كما تم التعبير عنه في طلب الأكسجين الحيوي الكيميائي أو طلب الأكسجين الكيميائي) في مياه النفايات. يشير معامل تصحيح الميثان (MCF) إلى حد تحقيق سعة إنتاج الميثان (B₀) في كل نوع من نظام ومسار المكبات والمعالجة. لذا، فإنه يشير إلى درجة لاهوائية النظام.

$$EF_j = B_0 \cdot MCF_j$$

حيث:

$$EF_j = \text{معامل الانبعاث، كجم ميثان/كجم طلب الأكسجين الحيوي الكيميائي}$$

$$j = \text{كل مسار أو نظام مكبات/معالجة}$$

$$B_0 = \text{الحد الأقصى لسعة إنتاج الميثان، كجم ميثان/كجم طلب الأكسجين الحيوي الكيميائي}$$

$$MCF_j = \text{معامل تصحيح الميثان (كسر)، انظر الجدول 3-6}$$

من الممارسة السليمة استخدام بيانات خاصة بالبلد للحصول على قيمة B₀، عند توفرها، مع التعبير عنها في كجم ميثان/كجم طلب أكسجين حيوي-كيميائي المزال حتى تكون متسقة مع بيانات الأنشطة. في حالة عدم توفر بيانات خاصة بالبلد، يمكن استخدام قيمة افتراضية، 0.6 كجم ميثان/كجم طلب أكسجين حيوي-كيميائي. بالنسبة لمياه النفايات المنزلية، فإن قيمة B₀ التي تعتمد على طلب الأكسجين الكيميائي يمكن تحويلها إلى قيمة تعتمد على طلب الأكسجين الحيوي-الكيميائي بمضاعفة معامل 4-2. يشتمل الجدول 2-6 على الحد الأقصى الافتراضي لسعة إنتاج الميثان (B₀) لمياه النفايات المنزلية.

الجدول 2-6 الحد الأقصى الافتراضي لسعة إنتاج الميثان (B ₀) لمياه النفايات المنزلية
0.6 kg CH ₄ /kg BOD
0.25 kg CH ₄ /kg COD
اعتمادًا على آراء الخبراء بواسطة المؤلفين الرئيسيين وعلى دورن وآخرين، (1997)

يشتمل الجدول 3-6 على قيم معامل تصحيح الميثان الافتراضية.

الجدول 3-6 قيم معامل تصحيح الميثان الافتراضية لمياه النفايات المنزلية			
النطاق	معامل تصحيح الميثان ¹	التعليقات	نوع المعالجة ونظام أو مسار المكبات
			نظام غير معالج
0.2 - 0	0.1	يمكن أن تتحول الأنهار التي تحتوي على أحمال مواد عضوية عالية إلى لاهوائية.	مكبات البحر والنهر والبحيرة
0.8 - 0.4	0.5	المفتوحة والدافئة	مجارير راكدة
0	0	سريعة الحركة والنظيفة. (كميات ليست كبيرة من الميثان من محطات الدفن وما إلى ذلك)	المجارير المتدفقة (المفتوحة أو المغلقة)
			النظام المعالج
0.1 - 0	0	يجب أن تكون جيدة الإدارة. يمكن أن ينبعث بعض الميثان من الأحواض المستقرة والمناطق الأخرى.	مصنع معالجة هوائي ومركزي
0.4 - 0.2	0.3	غير مدار جيداً زائد الحمل.	مصنع معالجة هوائي ومركزي
1.0 - 0.8	0.8	لم يتم وضع استعادة الميثان في الاعتبار هنا.	وحدة سحق لاهوائية للخبث
1.0 - 0.8	0.8	لم يتم وضع استعادة الميثان في الاعتبار هنا.	مفاعل لاهوائي
0.3 - 0	0.2	عمق أقل من 2 متر، استخدم آراء الخبراء.	بحيرة مسطحة لاهوائية
1.0 - 0.8	0.8	عمق أكثر من مترين	بحيرة عميقة لاهوائية
0.5	0.5	نصف طلب الأكسجين الحيوي-الكيميائي يستقر في الخزان اللاهوائي.	نظام متعفن
0.15 - 0.05	0.1	مناخ جاف ومستوى مياه أرضية تقل عن المراحض، عائلة صغيرة (3-5 أشخاص)	المراحض
0.6 - 0.4	0.5	مناخ جاف ومستوى مياه أرضية تقل عن المراحض، عامة (العديد من المستخدمين)	المراحض
1.0 - 0.7	0.7	مناخ رطب/استخدام مياه مسطحة، ومستوى مياه أرضية يزيد عن المراحض	المراحض
0.1	0.1	الإزالة الدورية للرواسب للمخيمات	المراحض

¹ اعتمادًا على آراء الخبراء بواسطة المؤلفين الرئيسيين لهذا القسم.

3-2-2-6 اختيار بيانات الأنشطة

بيانات الأنشطة لفئة المصدر هذه هي إجمالي كمية المواد القابلة للتحلل عضوياً في مياه النفايات. هذا البارامتر عبارة عن دالة على عدد السكان وتوليد طلب الأكسجين الحيوي الكيميائي للفرد. ويتم التعبير عنه في مصطلحات طلب الأكسجين الحيوي الكيميائي (كجم طلب الأكسجين الحيوي الكيميائي/سنة). معادلة المواد القابلة للتحلل عضوياً هي:

$$TOW = P \cdot BOD \cdot 0.001 \cdot I \cdot 365$$

المعادلة 3-6
إجمالي المواد القابلة للتحلل عضوياً في مياه النفايات المنزلية

حيث:

- TOW = إجمال المواد العضوية في مياه النفايات في سنة الحصر، كجم طلب الأكسجين الحيوي الكيميائي/سنة
- P = عدد سكان البلد في سنة الحصر، (شخص)
- BOD = طلب الأكسجين الحيوي-الكيميائي للفرد بالنسبة للبلد في سنة الحصر، جم/شخص/سنة، انظر الجدول 4-6.
- 0.001 = التحويل من جرامات طلب الأكسجين الحيوي - الكيميائي إلى كجم طلب الأكسجين الحيوي - الكيميائي

I = معامل التصحيح لطلب الأكسجين الحيوي-الكيميائية المفرغ في المجارير (بالنسبة للمجمع فإن الافتراضي هو 1.25، وبالنسبة لغير المجمع فالافتراضي هو 1.00)

تعتمد قيم المعامل I الواردة في المعادلة 3-6 على آراء الخبراء حسب المؤلفين. وهو يعبر عن طلب الأكسجين الحيوي-الكيميائي من الصناعات والمؤسسات (على سبيل المثال، المطاعم أو المتاجر أو المجازر أو محلات البقالة) التي يتم تفريره مع مياه النفايات المنزلية. في بعض البلدان، ربما تتوفر معلومات من المكبات الصناعية لتحسين قيمة i . وإلا فيوصى باستخدام آراء الخبراء. يجب أن تتوفر إحصائيات إجمالي السكان من هيئات الإحصائيات الوطنية أو الهيئات الدولية (على سبيل المثال إحصائيات الأمم المتحدة، انظر <http://esa.un.org/unpp/>). يشتمل الجدول 4-6 على القيم الافتراضية لطلب الأكسجين الحيوي – الكيميائي للبلدان المحددة. من الممارسة السليمة تحديد القيمة الافتراضية لطلب الأكسجين الحيوي – الكيميائي من بلد قريبة من حيث المقارنة في حالة عدم توفر البيانات الخاصة بالبلد. يمكن استعادة درجة التحضر من العديد من المصادر (على سبيل المثال، نشرة البيئة العالمية وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة ومؤشرات التطور العالمي ومنظمة الصحة العالمية). يمكن تحديد كسري المناطق الحضرية مرتفعة الدخل والمناطق الحضرية منخفضة الدخل في حالة عدم توفر معلومات إحصائية أو أخرى قابلة للمقارنة أخرى. يشتمل الجدول 5-6 على القيم الافتراضية التي تخص U_i و T_{ij} للبلدان المحددة.

الجدول 4-6 قيم BOD_5 المقدرة في مياه النفايات المنزلية للبلدان والمناطق المحددة			
المرجع	النطاق	BOD_5 (جم/شخص/يوم)	المنطقة/البلد
1	45 – 35	37	إفريقيا
1	41 – 27	34	مصر
1	45 – 35	40	آسيا والشرق الأوسط وأمريكا اللاتينية
1	41 – 27	34	الهند
1	68 – 32	50	الضفة الغربية وقطاع غزة (فلسطين)
1	45 – 40	42	اليابان
2	55 – 45	50	البرازيل
1	70 – 50	60	كندا وأوروبا وروسيا والدول المطلة على المحيط الهادي
1	68 – 55	62	الدنمرك
1	68 – 55	62	ألمانيا
1	60 – 55	57	اليونان
3	60 – 49	60	إيطاليا
1	82 – 68	75	السويد
1	50 – 27	38	تركيا
4	120 – 50	85	الولايات المتحدة
ملاحظة: تعتمد هذه القيم على تقييم الأدبيات. يرجى استخدام القيم الافتراضية عند توفرها. المرجع: 1. دورن وويلز (1999). 2. فيثسم وآخرون. (1983). 3. ماسوتي (1996). 4. ميتكالف وإيدي (2003).			

الجدول 5-6 القيم المقترحة للتخضر (U) ودرجة الاستخدام لأسلوب (T _{ij}) أو مسار معالجة أو المكبات لكل مجموعة دخل لكل بلد																		
درجة استخدام أسلوب أو مسار المكبات أو المعالجة لكل مجموعة دخل (T _{ij}) ³															التخضر (U) ¹			البلد
U = حضر منخفض الدخل					U = حضر مرتفع الدخل					U = ريفي					كسر السكان			
لا يوجد	المجاري ⁴	أخرى	المراحيض	خزان متعفن	لا يوجد	المجاري ⁴	أخرى	المراحيض	خزان متعفن	لا يوجد	المجاري ⁴	أخرى	المراحيض	خزان متعفن	حضر - منخفض ²	حضر-مرتفع ²	ريفي	
إفريقيا																		
0.20	0.34	0.05	0.24	0.17	0.00	0.37	0.00	0.31	0.32	0.56	0.10	0.04	0.28	0.02	0.38	0.10	0.52	نيجيريا
0.20	0.34	0.05	0.24	0.17	0.00	0.70	0.10	0.05	0.15	0.56	0.10	0.04	0.28	0.02	0.34	0.09	0.57	مصر
0.20	0.34	0.05	0.24	0.17	0.00	0.37	0.00	0.31	0.32	0.56	0.10	0.04	0.28	0.02	0.30	0.08	0.62	كينيا
0.20	0.34	0.05	0.24	0.17	0.00	0.70	0.00	0.15	0.15	0.48	0.10	0.04	0.28	0.10	0.49	0.12	0.39	جنوب إفريقيا
آسيا																		
0.05	0.68	0.03	0.10	0.14	0.00	0.67	0.07	0.08	0.18	0.3	0.00	0.50	0.47	0.00	0.29	0.12	0.59	الصين
0.20	0.53	0.03	0.10	0.14	0.00	0.67	0.07	0.08	0.18	0.33	0.10	0.10	0.47	0.00	0.23	0.06	0.71	الهند
0.20	0.53	0.03	0.10	0.14	0.00	0.74	0.00	0.08	0.18	0.43	0.10	0.00	0.47	0.00	0.34	0.12	0.54	إندونيسيا
0.20	0.53	0.03	0.10	0.14	0.00	0.74	0.00	0.08	0.18	0.43	0.10	0.00	0.47	0.00	0.28	0.07	0.65	باكستان
0.20	0.53	0.03	0.10	0.14	0.00	0.74	0.00	0.08	0.18	0.43	0.10	0.00	0.47	0.00	0.22	0.06	0.72	بنجلاديش
0	0.90	0	0	0.10	0.00	0.90	0.10	0.00	0.00	0.00	0.30	0.50	0.00	0.20	0.00	0.80	0.20	اليابان
أوروبا																		
غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	0.00	0.90	0.00	0.00	0.10	0.00	0.60	0.00	0.10	0.30	0.00	0.73	0.27	روسيا
غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	0.00	0.95	0.00	0.00	0.05	0.00	0.80	0.00	0.00	0.20	0.00	0.94	0.06	ألمانيا ⁵
غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.89	0.00	0.00	0.11	0.00	0.90	0.10	المملكة المتحدة
غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.37	0.00	0.76	0.24	فرنسا
غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	0.00	0.96	0.00	0.00	0.04	0.00	0.58	0.00	0.00	0.42	0.00	0.68	0.32	إيطاليا
أمريكا الشمالية																		
غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	0.00	0.95	0.00	0.00	0.05	0.00	0.08	0.00	0.02	0.90	0.00	0.78	0.22	الولايات المتحدة
غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	0.00	0.95	0.00	0.00	0.05	0.00	0.08	0.00	0.02	0.90	0.00	0.80	0.20	كندا
دول أمريكا اللاتينية ومنطقة الكاريبي																		
0.20	0.40	0.00	0.40	0.00	0.00	0.80	0.00	0.20	0.00	0.45	0.10	0.00	0.45	0.00	0.59	0.25	0.16	البرازيل
0.20	0.40	0.00	0.40	0.00	0.00	0.80	0.00	0.20	0.00	0.45	0.10	0.00	0.45	0.00	0.56	0.19	0.25	المكسيك
منطقة المحيط الهادي																		
غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	غير متاح	0.00	0.95	0.00	0.00	0.05	0.00	0.08	0.00	0.02	0.90	0.00	0.92	0.08	أستراليا ونيوزيلندا

ملاحظات:
 1. توقعات التخضر لعام 2005 (الأمم المتحدة، 2002).
 2. تقسيم الحضر مرتفع الدخل والحضر منخفض الدخل. يوصى بأن تستخدم البلدان البيانات الخاصة بهم أو أفضل الآراء.
 3. قيم T_{ij} اعتماداً على آراء الخبراء (دورن ويلز، 1999).
 4. ربما تكون المجاريير مفتوحة أو مغلقة أو ما يحكم اختيار معامل تصحيح الميثان، انظر الجدول 3-3.
 5. ديبسنايس، 2001.
 ملاحظة: تم تحديد هذه القيم من الأدبيات أو ووفقاً لآراء الخبراء. يرجى استخدام القيم الافتراضية عند توفرها.

مثال

يشتمل الجدول 6-6 على مثال: لا يعرض الجدول الفئات ذات الكميات المنخفضة. لاحظ أن الجدول يمكن توسيعه بسهولة مع عمود لمعامل تصحيح الميثان لكل فئة. درجة التحضر لهذا البلد تبلغ 65 في المائة.

الجدول 6-6 مثال على تطبيق القيم الافتراضية لدرجات استخدام المعالجة (T) حسب مجموعات الدخل			
ملاحظات	T (%)	مسار أو نظام المكبات أو المعالجة	
بلا ميثان	10	إلى البحر	حضر مرتفع الدخل
إضافة مكون صناعي	20	إلى مصنع هوائي	
غير المتجمعة	10	إلى نظام متعفن	
المجمعة	10	إلى البحر	حضر منخفض الدخل
غير المتجمعة	15	إلى المراحيض المحفورة	
غير المتجمعة	15	إلى الأنهار والبحيرات والبحر	ريفي
	15	إلى المراحيض المحفورة	
	5	إلى الخزانات المتعفنة	
يجب أن يصل إلى 100 في المائة	%100		الإجمالي

المرجع: دورن ووليز (1999).

4-2-2-6 اتساق المتسلسلة الزمنية

يجب استخدام نفس الأسلوب ومجموعات البيانات لتقدير انبعاثات الميثان الناجمة عن مياه النفايات لكل سنة. لكن لا يجب تغيير معامل تصحيح الميثان لأنظمة المعالجة المختلفة من سنة لأخرى، إلا إذا كان التغيير ضرورياً ويتم توثيقه. في حالة تغيير جزء مياه النفايات المعالجة لأنظمة المعالجة المختلفة خلال الفترة الزمنية، يجب توثيق الأسباب التي تكمن وراء هذه التغييرات.

يجب تقدير إزالة الخبث واستعادة الميثان بشكل متسق في كل سنوات المتسلسلة الزمنية. ويجب تضمين استعادة الميثان فقط في حالة وجود بيانات منشأة كافية. يجب طرح كمية الميثان المستعاد من الميثان المنتج كما هو موضح في المعادلة 1-6.

نتيجة لأن بيانات الأنشطة يتم اشتقاقها من بيانات السكان، والمتوفرة في كل البلدان وكل السنوات، يجب أن تكون البلدان قادرة على إنشاء متسلسلة زمنية كاملة لمياه النفايات المتجمعة وغير المتجمعة. في حالة فقدان جزء مياه النفايات غير المتجمعة التي تمت معالجتها في الموقع في مقابل غير المعالجة لسنة أو أكثر، فإن البيانات البديلة وأساليب التراكم للاستيفاء/الاستقراء الواردة في الفصل 5 من المجلد 1، الإبلاغ والتوجيهات العامة، يمكن استخدامها لتقدير الانبعاثات. جدير بالذكر أن الانبعاثات الناجمة عن مياه النفايات لا تتغير بشكل كبير من سنة لأخرى.

5-2-2-6 حالات عدم التيقن

ورد في الفصل 3، حالات عدم التيقن، في المجلد 1، نصائح حول تحديد درجات عدم التيقن في الممارسة. ويشتمل على خطوط توجيهية حول استنباط واستخدام آراء الخبراء، والتي يمكن أن توفر تقديرات عامة لعدم التيقن في حالة جمعها مع البيانات التجريبية. يوفر الجدول 6-7 نطاقات عدم التيقن الافتراضية لمعامل الانبعاث وبيانات الأنشطة لمياه النفايات المنزلية. من المعتقد أن البارامترات التالية تتسم بدرجة عالية من عدم التيقن:

- درجات معالجة مياه النفايات بالبلدان النامية في مرابيض أو أنظمة متعفنة أو تتم إزالتها بواسطة المجاري، بالنسبة للمجموعات الحضرية مرتفعة الدخل ومنخفضة الدخل وسكان الريف ($T_{i,j}$).
- كسر المجاريير "المفتوحة"، بالإضافة إلى درجة لاهوائية المجاريير المفتوحة في البلدان النامية والتي سينبعث منها الميثان. سيعتمد ذلك على وقت الاحتجاز ودرجة الحرارة، وعلى معاملات أخرى من بينها الطبقة غير المستقرة والمكونات المحتمل أن تكون سامة للبكتريا اللاهوائية (على سبيل المثال، مكبات مياه نفايات صناعية معينة).
- من الصعب تحديد كمية المواد الصناعية القابلة للتحلل عضوياً في مياه النفايات في المجاريير المنزلية المفتوحة أو المغلقة لكل بلد.

الجدول 6-7 النطاقات الافتراضية لعدم التيقن لمياه النفايات المنزلية	
نطاق عدم التيقن	البارامتر
	معامل الانبعاث
$\pm 30\%$	أقصى سعة لإنتاج الميثان (B_0)
يعتمد معامل تصحيح الميثان على التقنية. انظر الجدول 6-3. كما أن نطاق عدم التيقن يعتمد على التقنية. يجب أن يتم تحديد نطاق عدم التيقن بواسطة الخبراء، مع الوضع في الاعتبار أن معامل تصحيح الميثان هو كسر ويجب أن يكون بين 0 و 1. فيما يلي النطاقات المقترحة. المراحيض والأنظمة غير المعالجة $\pm 50\%$ البحيرات ومصانع المعالجة سيئة الإدارة $\pm 30\%$ المفاعلات ووحدات الهضم والمصانع المركزية المدارة جيدًا $\pm 10\%$	الكسر الذي تمت معالجته لا هوائياً (معامل تصحيح الميثان)
	بيانات الأنشطة
$\pm 5\%$	التعداد السكاني البشري (P)
$\pm 30\%$	طلب الأكسجين الحيوي-الكيميائي للشخص
ومع ذلك تتوفر بيانات جيدة حول التحضر، وربما يعتمد التمييز بين سكان الحضر مرتفعي الدخل والحضر منخفضي الدخل على آراء الخبراء. $\pm 15\%$	كسر مجموعة دخل السكان (U)
يمكن أن يكون منخفضاً إلى $\pm 3\%$ للبلدان التي تمتلك سجلات جيدة ونظام أو اثنين فقط. يمكن أن يكون $\pm 50\%$ للمسار/الأسلوب الفردي. تحقق من أن إجمالي $T_{ij} = 100\%$	درجة استخدام نظام أو مسار المكبات أو المعالجة لكل مجموعة دخل $(T_{ij})^3$
بالنسبة لغير المجمع، تبلغ درجة عدم التيقن 0%. بالنسبة للمجمع، تبلغ درجة عدم التيقن $\pm 20\%$	معامل تصحيح لطلب الأكسجين الحيوي-الكيميائي الإضافي الصناعي المكب إلى المجارير (I)
المصدر: آراء مجموعة من الخبراء (مؤلفو هذا القسم)	

6-2-2-6 ضمان الجودة/مراقبة الجودة والاستيفاء والإبلاغ والتوثيق

من الممارسة السليمة إجراء فحوصات مراقبة الجودة والقيام بإجراءات ضمان الجودة كما ورد في الفصل 6، المجلد 1. فيما يلي بعض إجراءات ضمان الجودة/مراقبة الجودة.

بيانات الأنشطة

- قم بتصنيف كل مياه النفايات وفقاً للنسب المئوية المتدفقة إلى أنظمة المعالجة المختلفة (الهوائية و اللاهوائية) والنسبة المئوية لمياه النفايات غير المعالجة. تأكد من تصنيف كل مياه النفايات بحيث يتدفق ما يصل إلى 100 في المائة من مياه النفايات المولدة في البلد.
- يجب أن يقارن القائمون على الحصر البيانات الخاصة بالبلد المعنية بطلب الأكسجين الحيوي - الكيميائي في مياه النفايات المنزلية بالقيمة الافتراضية التي تقدمها الهيئة. في حالة استخدام القائمين على الحصر للقيم الخاصة بالبلد، عليهم أن يقدموا تبريراً موثقاً لتحديد لماذا تعتبر القيم الخاصة بالبلد الخاصة بهم أكثر ملاءمة للظروف الوطنية.

معاملات الانبعاثات

- بالنسبة لمياه النفايات المنزلية، يستطيع القائمون على الحصر مقارنة القيم الخاصة بالبلد لـ B_0 مع القيم الافتراضية للهيئة (0.25 كجم ميثان/كجم طلب أكسجين كيميائي أو 0.6 كجم ميثان/كجم طلب أكسجين حيوي - كيميائي). على الرغم من عدم وجود قيم افتراضية تخص الهيئة لكسر مياه النفايات التي تمت معالجتها لاهوائياً، يوصى بأن يقارن القائمون على الحصر قيم معامل تصحيح الميثان بالقيم الخاصة بالبلدان الأخرى التي تستخدم ممارسات تناول مشابهة.
- يجب أن يتأكد القائمون على الحصر من الاتفاق بين الوحدات المستخدمة للكربون القابل للتحلل في النفايات مع وحدات B_0 . يجب أن يعتمد كلا البارامترين على نفس الوحدات (إما طلب الأكسجين الحيوي - الكيميائي أو طلب الأكسجين الكيميائي) لحساب الانبعاثات. يجب أن يوضع ذلك الأمر أيضاً في الاعتبار عند مقارنة الانبعاثات.

إزالة الخبث واستعادة الميثان

- يمكن استخدام فحص لتوازن الكربون لضمان إمكانية مقارنة الكربون الموجود في تيار التدفق الداخلى وتيار التدفق الخارج (تدفق طلب الأكسجين الحيوي - الكيميائي، وانبعث الميثان واستعادة الميثان).
- في حالة الإبلاغ عن إزالة الخبث في قائمة حصر مياه النفايات، يجب فحص درجة الاتساق مع تقديرات الخبث المطبقة على الأراضي الزراعية والخبث الذي تم ترميده والخبث المترسب في موقع التخلص من النفايات الصلبة.

مقارنة تقديرات الانبعاثات باستخدام مقتربات مختلفة

- بالنسبة للبلدان التي تستخدم بارامترات خاصة بالبلد أو المستوى 2 أو أساليب أعلى، يمكن أن يفحص القائمون على الحصر التقدير الوطني مع الانبعاثات باستخدام البارامترات والأسلوب الافتراضي للهيئة.

الاستيفاء

يمكن التحقق من الاستيفاء على أساس درجة استخدام مسار أو نظام المكبات أو المعالجة (T). ويجب أن يكون مجموع T مساوياً لـ 100 في المائة. من الممارسة السليمة رسم شكل تخطيطي يشبه الشكل 6.1 للبلد لتضمن كافة مسارات وأنظمة المكبات والمعالجة الهوائية المحتملة، بما في ذلك المتجمعة وغير المتجمعة، بالإضافة إلى المعالجة وغير المعالجة. يجب أن تشمل فئة مياه النفايات المتجمعة على كافة مياه النفايات الصناعية المعالجة في منشآت معالجة مياه النفايات المنزلية. في حالة إزالة الخبث بغرض الترميد أو تم التخلص من في المكبات الأرضية أو في شكل مخصبات في الأراضي الزراعية، فإن كمية المادة العضوية المزلة كخبث يجب أن تكون متسقة مع البيانات المستخدمة في القطاعات المعنية (انظر النص في القسم 2-6-2).

الإبلاغ والتوثيق

من الممارسة السليمة توثيق والإبلاغ عن ملخص للأساليب المستخدمة وبيانات الأنشطة ومعاملات الانبعاث. وردت أوراق العمل في نهاية هذا المجلد. في حالة استخدام أساليب خاصة بالبلد و/أو معاملات انبعاث، يجب أن يتضمن الإبلاغ وأن يتم توثيق أسباب الاختيار، علاوة على مراجع كيفية استخدام البيانات الخاصة بالبلد (القياسات والأدبيات وآراء الخبراء وما إلى ذلك) التي تم الحصول عليها (القياسات والأدبيات وآراء الخبراء وما إلى ذلك).

في حالة ترميد الخبث أو وضعه في مكبات أرضية أو توزيعه على الأراضي الزراعية، يجب الإبلاغ عن كميات الخبث والانبعاثات المرتبطة بها في ترميد مياه النفايات أو مواقع التخلص من النفايات الصلبة أو الفئات الزراعية على التوالي.

عند استعادة الميثان للاستخدام المولد للطاقة، يجب الإبلاغ عن غازات الاحتباس الحراري الناتجة ضمن قطاع الطاقة. كما ورد في القسم 2-6-1، فإن الممارسة السليمة في قطاع المياه لا تتطلب تقدير انبعاثات الميثان وأكسيد النيتروز الناجمة عن إشعال أو استعادة الميثان. ومع ذلك فعند الرغبة في تقدير الانبعاثات الناجمة عن الإشعال، يجب الإبلاغ عن هذه الانبعاثات ضمن قطاع المياه.

يمكن العثور على المزيد من المعلومات حول الإبلاغ والتوثيق في المجلد 1، الفصل 6، القسم 6-11 التوثيق والأرشفة والإبلاغ.

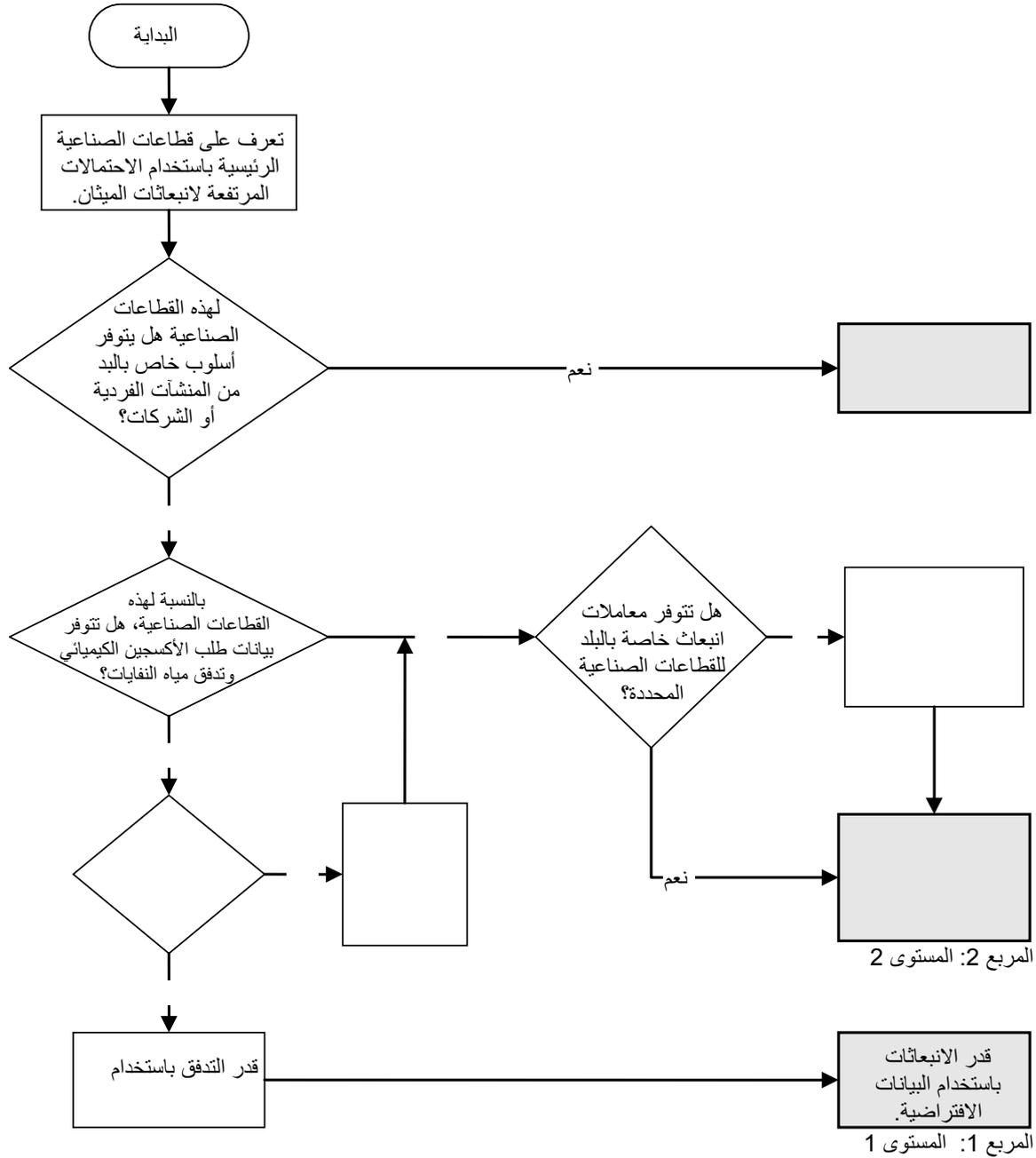
3-2-6 النفايات الصناعية

ربما تتم معالجة مياه النفايات الصلبة في الموقع أو يتم إطلاقها في أنظمة المجاري المنزلية. في حالة إطلاقها في نظام المجاري المنزلية، يتم تضمين الانبعاثات في انبعاثات مياه النفايات الصناعية المنزلية. يتناول هذا القسم تقدير انبعاثات الميثان الناجمة عن معالجة مياه النفايات الصناعية في الموقع. يتم إنتاج الميثان فقط من مياه النفايات الصناعية ذات حمل الكربون الكبير التي تتم معالجتها ضمن ظروف لاهوائية متعمدة أو غير متعمدة. وعادة ما يتم التعبير عن المواد العضوية في مياه النفايات الصناعية في طلب الأكسجين الكيميائي، وهو المستخدم هنا.

1-3-2-6 اختيار الأسلوب

ورد في الشكل 3-6 شجرة قرارات مياه النفايات الصناعية.

الشكل 3-6 شجرة قرارات انبعاثات الميثان الناجمة عن معالجة مياه النفايات الصناعية.



1. أنظر المجلد 1، الفصل 4 "اختيار المنهجيات وتعريف الفئات الرئيسية" (مع ملاحظة القسم 4-1-2 الخاص بالموارد المحدودة) لمناقشة الفئات الرئيسية واستخدام شجرات القرارات.

يعتمد تقييم إنتاج الميثان المحتمل من تيارات مياه النفايات الصناعية على تركيب المواد العضوية القابلة للتحلل في مياه النفايات وحجم مياه النفايات والميل إلى القطاع الصناعي لمعالجة مياه النفايات الخاصة بهم في أنظمة لا هوائية. باستخدام هذه المعايير، يمكن كما يلي التعرض على مصادر مياه النفايات الصناعية الرئيسية مع ارتفاع احتمالية إنتاج غاز الميثان المرتفعة:

- تصنيع الورق واللبات،
- معالجة الدواجن واللحوم (المجازر)،

- إنتاج الكحول والنبيد والنشا،
- إنتاج المواد الكيميائية العضوية،
- معالجة المشروبات والأغذية الأخرى (منتجات الألبان والزيوت النباتية والفاكهة والخضروات والمعلبات وصناعة العصائر و ما إلى ذلك).

ينتج عن كل من صناعة الورق واللمبات وصناعة الدواجن واللحوم كميات كبيرة من مياه النفايات الصناعية التي تحتوي على كميات كبيرة من المواد العضوية القابلة للتحلل. وتستعين منشآت معالجة الدواجن واللحوم ببخيرات لاهوائية لمعالجة مياه النفايات الناجمة عنها، في حين تستعين صناعة الورق واللمبات ببخيرات ومفاعلات لاهوائية. وتنتج صناعات المشروبات والأغذية التي لا تعتمد على الحيوانات كميات كبيرة من مياه النفايات ذات مستويات كربون عضوي عالية وتُعرف أيضاً باستخدامها للعمليات اللاهوائية على سبيل المثال البخيرات والمفاعلات اللاهوائية. وعادة ما تكون المفاعلات اللاهوائية التي تعالج التدفقات الصناعية في منشآت الغاز الحيوي باستعادة الميثان المولد لأغراض توليد الطاقة. يجب الإبلاغ عن الانبعاثات الناجمة عن عملية الإحراق التي تمت لاستعادة الطاقة ضمن قطاع الطاقة.

ويشبه أسلوب تقدير الانبعاثات الناجمة عن مياه النفايات الصناعية الأسلوب المستخدم لمياه النفايات المنزلية. انظر شجرة القرارات الواردة في الجدول 6-3. ويتسم إعداد معاملات الانبعاثات وبيانات الأنشطة بأنه أكثر تعقيداً حيث توجد العديد من أنواع مياه النفايات والعديد من الصناعات التي ينبغي تتبعها. وتعتمد أدق تقديرات الانبعاثات الخاصة بفترة المصدر هذه على البيانات التي تم قياسها من نقاط المصدر. نظراً لارتفاع تكاليف القياسات والعدد الكبير المحتمل لنقاط المصدر، فإنه يكون من الصعب للغاية جمع بيانات قياس شاملة. من المقترح أن يستخدم القائمون على الحصر مقرب تنازلي يشتمل على الخطوات العامة التالية:

- الخطوة 1:** استخدم المعادلة 6-6 لتقدير إجمالي الكربون القابل للتحلل عضوياً في مياه النفايات لقطاع الصناعة.
 - الخطوة 2:** تحديد المسار والأنظمة (الشكل 6-1) وفقاً لبيانات الأنشطة الخاصة بالبلد. استخدم المعادلة 6-5 للحصول على معامل الانبعاث لكل قطاع صناعي، قم بتقدير معامل الانبعاث باستخدام أقصى سعة لإنتاج الميثان ومتوسط معامل تصحيح الميثان الخاص بالبلد.
 - الخطوة 3:** استخدم المعادلة 6-4 لتقدير الانبعاثات، واضبطها لإزالة الخبث الممكنة أو استعادة الميثان وجمع النتائج.
- فيما يلي المعادلة العامة لتقدير انبعاثات الميثان الناجمة عن مياه النفايات الصناعية:

$$CH_4 \text{ Emissions} = \sum_i [(TOW_i - S_i) EF_i - R_i]$$

حيث:

- $CH_4 \text{ Emissions}$ = انبعاثات الميثان في سنة الحصر، كجم ميثان/سنة
- TOW_i = إجمال المواد القابلة للتحلل عضوياً في مياه النفايات من الصناعة i في سنة الحصر، كجم طلب أكسجين كيميائي/سنة
- i = القطاع الصناعي
- S_i = المكون العضوي المزال على أنه خبث في سنة الحصر، كجم طلب الأكسجين الكيميائي/سنة
- EF_i = معامل الانبعاث للصناعة i ، كجم ميثان/كجم طلب أكسجين كيميائي لمسار أو نظام (أنظمة) المكبات/المعالجة المستخدم في سنة الحصر
- في حالة استخدام أكثر من ممارسة معالجة واحدة في إحدى الصناعات، سيتطلب الأمر أن يكون هذا المعالج متوسطاً موزوناً.
- R_i = كمية الميثان المستعادة في سنة الحصر، كجم ميثان/سنة
- ويتم التعبير عن كمية الميثان التي تمت استعادتها برمز R في المعادلة 6-4. يجب معالجة الغاز المستعاد كما ورد في القسم 6-2-1.

2-3-2-6 اختيار معاملات الانبعاث

يوجد العديد من الاختلافات في احتمالية انبعاث الميثان من الأنواع المختلفة لمياه النفايات الصناعية. إلى الحد الممكن، يجب جمع البيانات لتحديد أقصى سعة لإنتاج الميثان (B_0) في كل صناعة. وكما ورد من قبل، يشير معمل تصحيح الميثان إلى مدى تحقيق احتمالية إنتاج الميثان (B_0) في كل نوع من أساليب المعالجة. لذا، فإنه يشير إلى درجة لاهوائية النظام. انظر المعادلة 6-5.

$$EF_j = B_0 \cdot MCF_j$$

حيث:

- EF_j = معامل الانبعاث لكل نظام أو مسار مكبات/معالجة، كجم ميثان/كجم طلب أكسجين كيميائي (انظر الجدول 6-8)
- j = كل مسار أو نظام مكبات/معالجة
- B_0 = الحد الأقصى لسعة إنتاج الميثان، كجم ميثان/كجم طلب الأكسجين الكيميائي

$$= MCF_j \text{ معامل تصحيح الميثان (كسر) (انظر الجدول 6-8)}$$

من الممارسة السليمة استخدام البيانات الخاصة بالبلد والصناعة التي تتوفر من الهيئات الحكومية أو المنظمات الصناعية أو الخبراء الصناعيين. ومع ذلك، فإن معظم القائمين على الحصر لن يجدوا بيانات خاصة بالقطاع في الصناعة متوفرة أو أنها ستكون غير كاملة. في حالة توفر بيانات خاصة بالبلد، فمن الممارسة السليمة استخدام معامل طلب الأكسجين الكيميائي الخاص بالهيئة لقيمة B_0 (0.25 كجم ميثان/كجم طلب أكسجين كيميائي).

عند تحديد معامل تصحيح الميثان، وهو كسر للنفايات التي تتم معالجتها لاهوائياً، يوصى بوضع آراء الخبراء في الاعتبار. ومن الأساليب الأكثر إفادة استخدام مسح لممارسات معالجة مياه النفايات الصناعية التي راجعها نظراء في الصناعة وذلك لتقدير هذه الانبعاثات. يجب القيام بالمشور بشكل متكرر وكاف لمعرفة الاتجاهات الرئيسية في ممارسات الصناعة (أي، كل 3-5 سنوات). يصف الفصل 2، مقتربات جمع البيانات، في المجلد 1 كيفية استنباط آراء الخبراء لنطاقات عدم التيقن. يمكن استخدام بروتوكولات استنباط مشابهة للحصول على المعلومات الضرورية لأنواع البيانات الأخرى في حالة عدم توفر البيانات والإحصائيات المنشورة. يشتمل الجدول 6-8 على قيم تصحيح الميثان الافتراضية، التي تعتمد على آراء الخبراء.

الجدول 6-8 قيم معامل تصحيح الميثان الافتراضية لمياه النفايات الصناعية			
نوع المعالجة ونظام أو مسار المكبات	التعليقات	معامل تصحيح الميثان ¹	النطاق
غير المعالجة			
مكبات البحر والنهر والبحيرة	يمكن أن تتحول الأنهار التي تحتوي على أحمال مواد عضوية عالية إلى لاهوائية، ومع ذلك لم يتم وضع هذا في الاعتبار هنا.	0.1	0 - 0.2
المعالجة			
مصنع معالجة هوائية	يجب أن يكون جيدة الإدارة. يمكن أن ينبعث بعض الميثان من الأحواض المستقرة والمناطق الأخرى.	0	0 - 0.1
مصنع معالجة هوائية	غير مدار جيداً زائد الحمل.	0.3	0.2 - 0.4
وحدة سحق لاهوائية للخبث	لم يتم وضع استعادة الميثان في الاعتبار هنا.	0.8	0.8 - 1.0
مفاعل لاهوائي (على سبيل المثال UASB أو مفاعل ثابت الشريط)	لم يتم وضع استعادة الميثان في الاعتبار هنا.	0.8	0.8 - 1.0
بحيرة مسطحة لاهوائية	عمق أقل من 2 متر، استخدم آراء الخبراء.	0.2	0 - 0.3
بحيرة عميقة لاهوائية	عمق أكثر من مترين	0.8	0.8 - 1.0

¹ اعتماداً على آراء الخبراء بواسطة المؤلفين الرئيسيين لهذا القسم.

3-3-2-6 اختيار بيانات الأنشطة

بيانات الأنشطة لفئة المصدر هذه هي كمية المواد القابلة للتحلل عضوياً في مياه النفايات. هذا البارامتر هو دالة للإخراج الصناعي (المنتج) P (طن/سنة) وتوليد مياه النفايات (w) (3م/طن المنتج) وتركيب المواد العضوية القابلة للتحلل في طلب الأكسجين الكيميائي في مياه النفايات (كجم طلب أكسجين كيميائي/3م). انظر المعادلة 6-6. يتطلب الأمر اتباع الخطوات التالية لتحديد المواد القابلة للتحلل عضوياً:

(1) التعرف على القطاعات الصناعية التي تولد مياه نفايات تحتوي على كميات كبيرة من الكربون العضوي، وذلك بتقدير إجمالي المنتج الصناعي والمواد العضوية القابلة للتحلل في مياه النفايات ومياه النفايات الناتجة.

(2) التعرف على القطاعات الصناعية التي تستخدم المعالجة اللاهوائية. بما في ذلك تلك القطاعات التي قد تحتوي على معالجة لاهوائية غير متعمدة نتيجة لزيادة حمل نظام المعالجة. وقد أظهر الخبراء أن ثلاثة أو أربعة قطاعات صناعية تكون هي القطاعات الرئيسية.

لكل قطاع محدد، يجب تقدير إجمالي الكربون القابل للتحلل عضوياً (TOW).

المعادلة 6-6
المواد القابلة للتحلل عضوياً في مياه النفايات الصناعية

$$TOW_i = P_i \cdot W_i \cdot COD_i$$

حيث:

$$\begin{aligned} TOW_i &= \text{إجمالي المواد القابلة للتحلل عضوياً في مياه النفايات الصناعية } z, \text{ كجم طلب أكسجين كيميائي/سنة} \\ i &= \text{القطاع الصناعي} \\ P_i &= \text{إجمال المنتج الصناعي للقطاع الصناعي } z, \text{ طن/سنة} \\ W_i &= \text{مياه النفايات المنتجة، م } t_{\text{product}}/3 \\ COD_i &= \text{طلب الأكسجين الكيميائي (المكون العضوي الصناعي القابل للتحلل في مياه النفايات) كجم طلب أكسجين كيميائي/م } 3 \end{aligned}$$

يمكن الحصول على بيانات الإنتاج الصناعي وتدفقات مياه النفايات من الإحصائيات السنوية أو الهيئات التنظيمية أو اتحادات معالجة مياه النفايات أو الاتحادات الصناعية. في بعض الحالات ربما يتطلب تحديد حمل طلب الأكسجين الكيميائي في مياه النفايات الرجوع إلى آراء الخبراء. في بعض البلدان، ربما تتوفر بيانات طلب الأكسجين الكيميائي وجمال استخدام المياه للقطاع مباشرة من الهيئة التنظيمية. وبدلاً من ذلك، يمكن الحصول على البيانات الخاصة بالإخراج الصناعي وأطنان طلب الأكسجين الكيميائي الذي تم إنتاجه لكل طن للمنتج من الأدبيات المتوفرة. يوفر الجدول 6-9 أمثلة يمكن استخدامها على أنها قيم افتراضية. يجب استخدام هذه الأمثلة بحرص، لأنها تخص الصناعة والعمليات والبلد.

الجدول 6-9 أمثلة على بيانات النفايات الصناعية				
نطاق طلب الأكسجين الكيميائي (كجم/3م)	طلب الأكسجين الكيميائي (كجم/3م)	نطاق النفايات (م/3طن)	توليد مياه النفايات (م/3طن)	نوع الصناعة
22 - 5	11	32 - 16	24	تكرير الكحول
7 - 2	2.9	9.0 - 5.0	6.3	الجبعة والبييرة
15 - 3	9	غ م	غ م	القهوة
5.2 - 1.5	2.7	10 - 3	7	منتجات الألبان
	2.5	18 - 8	غ م	الأسماك
7 - 2	4.1	18 - 8	13	للحوم والدواجن
5 - 0.8	3	400 - 0	67	المواد الكيميائية العضوية
1.6 - 0.4	1.0	1.2 - 0.3	0.6	معامل تكرير البترول
5 - 0.8	3.7	1.2 - 0.3	0.6	البلاستيك والراتينج
15 - 1	9	240 - 85	162	اللمبات والورق (مجمعة)
1.2 - 0.5	غ م	5.0 - 1.0	غ م	الصابون والمطهرات
42 - 1.5	10	18 - 4	9	إنتاج النشاء
6 - 1	3.2	18 - 4	غ م	تكرير السكر
1.2 - 0.5	غ م	5.0 - 1.0	3.1	الزيوت النباتية
10 - 2	5.0	35 - 7	20	الخضروات والفاكهة والعصائر
3.0 - 0.7	1.5	46 - 11	23	الخمر واللين

ملاحظات: غ م = غير متاح.

4-3-2-6 اتساق المتسلسلة الزمنية

بمجرد أن يتم تضمين قطاع صناعة في حساب قائمة الحصر، يجب تضمينه لكل سنة لاحقة. في حالة أضاف القائمون على الحصر قطاعاً صناعياً جديداً إلى الحساب، فعليهم إعادة حساب المتسلسلة الزمنية بالكامل بحيث تكون المتسلسلة الزمنية متسقة من سنة لأخرى. ورد في المجلد 1، الفصل 5، اتساق المتسلسلة الزمنية، الخطوط التوجيهية العامة المعنية بإعادة حساب التقديرات عبر المتسلسلة الزمنية.

كما هو الحال مع مياه النفايات المنزلية، يجب تقدير إزالة الخبث واستعادة الميثان بشكل متسق في سنوات المتسلسلة الزمنية. ويجب تضمين استعادة الميثان فقط في حالة وجود بيانات كافية خاصة بالمنشأة. يجب طرح كمية الميثان المستعاد من الميثان المنتج كما هو موضح في المعادلة 6-4.

5-3-2-6 عدم التيقن

ورد في الجدول 10-6 تقديرات عدم التقييم لقيم كل من أقصى سعة لإنتاج الميثان (B_0) ومعامل تصحيح الميثان (MCF) والإنتاج الصناعي (P) وإنتاج الوحدة/مياه النفايات (W) ومياه نفايات الوحدة/طلب الأكسجين الكيميائي (COD) تعتمد التقديرات على آراء الخبراء.

الجدول 10-6 النطاقات الافتراضية لعدم التيقن لمياه النفايات الصناعية	
نطاق عدم التيقن	البارامتر
	معامل الانبعاث
$\pm 30\%$	أقصى سعة لإنتاج الميثان (B_0)
يجب تحديد نطاق عدم التيقن بواسطة آراء الخبراء، مع الوضع في الاعتبار أن هذا كسر ولا يمكن أن تكون درجات عدم التيقن خارج نطاق 0 و 1.	معامل تصحيح الميثان (MCF)
	بيانات الأنشطة
$\pm 25\%$ استخدم آراء الخبراء فيما يتعلق مصدر جودة البيانات لتعيين نطاق عدم تيقن أكثر دقة.	الإنتاج الصناعي (P)
يمكن أن تنسم هذه البيانات بدرجة عالية من عدم التيقن حيث ربما يستخدم نفس القطاع إجراءات مختلفة للتعامل مع النفايات في مصانع مختلفة وفي بلدان مختلفة. من المتوقع أن يتسم منتج البارامترات ($W \cdot COD$) بدرجة أقل من عدم التيقن. يمكن إرجاع قيمة عدم التيقن مباشرة على كجم طلب أكسجين كيميائي/طن منتج. القيمة المقترحة -50% و +100% (أي معامل (2).	إنتاج وحدة/مياه النفايات (W) طلب الأكسجين الكيميائي/مياه نفايات الوحدة (COD)
المصدر: آراء مجموعة من الخبراء (مؤلفو ومحررو هذا القسم).	

6-3-2-6 ضمان الجودة/مراقبة الجودة والاستيفاء والإبلاغ والتوثيق

من الممارسة السليمة إجراء فحوصات مراقبة الجودة والقيام بإجراءات ضمان الجودة كما ورد في الفصل 6، المجلد 1، ضمان الجودة/مراقبة الجودة والتحقق. فيما يلي بعض إجراءات ضمان الجودة/مراقبة الجودة.

- بالنسبة لمياه النفايات الصناعية، ربما يراجع القائمون على الحصر مجموعات البيانات الثانوية (على سبيل المثال، من الإحصائيات الوطنية أو الهيئات التنظيمية أو اتحادات معالجة مياه النفايات أو الاتحادات الصناعية)، والتي يتم استخدامها لتقدير وتصنيف خارج نفايات طلب الأكسجين الكيميائي الصناعي. ربما تمارس بعض البلدان مراقبة دورية على المكببات الصناعية، وفي هذه الحالات ربما تكون هناك بالفعل بروتوكولات هامة لمراقبة الجودة/ضمان الجودة لإعداد خصائص مياه النفايات على أساس الصناعة.
- بالنسبة لمياه النفايات الصناعية، يجب أن يراجع القائمون على الحصر قيم معامل تصحيح الميثان مع القيم التي تم الحصول عليها من قوائم الحصر الوطنية الأخرى التي تنسم بخصائص مياه نفايات مشابهة.
- يجب أن يراجع القائمون على الحصر البيانات الخاصة بالمنشأة حول استعادة الميثان لضمان أنه قد تم الإبلاغ عنها وفقاً لمعايير القياسات الواردة في الفصل 2، مقتربات جمع البيانات، في الفصل 1.
- يجب استخدام فحص توازن الكربون للتأكد من أن الكربون الموجود في استعادة الميثان أقل من الكربون الموجود في طلب الأكسجين الحيوي - الكيميائي الداخل إلى المنشأة التي تبلغ عن استعادة الميثان.
- في حالة الإبلاغ عن إزالة الخبث في قائمة حصر مياه النفايات، يجب فحص درجة الاتساق مع تقديرات الخبث المطبقة على الأراضي الزراعية والخبث الذي تم ترميده والخبث المترسب في موقع التخلص من النفايات الصلبة.
- بالنسبة للبلدان التي تستخدم بارامترات خاصة بالبلد أو أساليب مستويات أعلى، يجب أن يفحص القائمون على الحصر التقديرات الوطنية مع الانبعاثات باستخدام البارامترات والأسلوب الافتراضي للهيئة.

الاستيفاء

يعتمد استيفاء تقدير الانبعاثات الناجمة عن مياه النفايات الصناعية على التصنيف الدقيق للقطاعات الصناعية التي تنتج مياه النفايات العضوية. في معظم البلدان، تكون 3 إلى 4 قطاعات صناعية تقريباً مسؤولة عن أغلبية حجم مياه النفايات العضوية، لذا يجب أن يضمن القائمون على الحصر تغطية هذه القطاعات. يجب أن يعمل القائمون على الحصر دورياً على إعادة مسح المصادر الصناعية، لاسيما في حالة نمو إحدى الصناعات بشكل سريع.

يجب أن تغطي هذه الفئة مياه النفايات التي تتم معالجتها في الموقع فقط. كما يجب تناول الانبعاثات الناجمة عن مياه النفايات الصناعية المطلقة إلى أنظمة المجاري المنزلية وأن يتم تضمينها في مياه النفايات المنزلية.

ربما يتم ترميد بعض الخبث الناجم عن معالجة مياه النفايات أو يتم ترسيبه في مكبات أرضية أو في أراض زراعية. يشكل ذلك كمية النفايات العضوية التي يتم طرحها من الكربون القابل للتحلل عضوياً في مياه النفايات المتوفرة. من الممارسة السليمة أن يكون هناك اتساق بين القطاعات: يجب أن تكون كمية الخبث التي تتم إزالتها من الكربون القابل للتحلل عضوياً في مياه النفايات مساوية للخبث الذي يتم التخلص منه في المكبات الأرضية، والمطبقة على الأراضي الزراعية أو المترمدة أو المعالجة في مكان آخر.

الإبلاغ والتوثيق

من الممارسة السليمة توثيق والإبلاغ عن ملخص للأساليب المستخدمة وبيانات الأنشطة ومعاملات الانبعاث. وردت أوراق العمل في نهاية هذا المجلد. في حالة استخدام أساليب خاصة بالبلد و/أو معاملات انبعاث، يجب أن يتضمن الإبلاغ وأن يتم توثيق أسباب الاختيار، علاوة على مراجع كيفية استخدام البيانات الخاصة بالبلد (القياسات والأدبيات وآراء الخبراء وما إلى ذلك) التي تم الحصول عليها (القياسات والأدبيات وآراء الخبراء وما إلى ذلك).

في حالة ترميد الخبث أو وضعه في مكبات أرضية أو توزيعه على الأراضي الزراعية، يجب الإبلاغ عن كميات الخبث والانبعاثات المرتبطة بها في ترميد مياه النفايات أو مواقع التخلص من النفايات الصلبة أو الفئات الزراعية على التوالي.

في حالة توفر بيانات استعادة الميثان لمعالجة مياه النفايات الصناعية، يجب توثيق ذلك للإشغال واستعادة الطاقة بشكل منفصل. يجب أن تكون معالجة الميثان المستعاد وكيفية الإبلاغ عن الانبعاثات الناجمة عن الإشغال هي نفس الخطوط التوجيهية المستخدمة لمياه النفايات المنزلية في القسم 6-2-2-6.

يمكن العثور على المزيد من المعلومات حول الإبلاغ والتوثيق في المجلد 1، الفصل 6، القسم 6-11 التوثيق والأرشفة والإبلاغ.

3-6 انبعاثات أكسيد النيتروز من مياه النفايات

1-3-6 موضوعات منهجية

1-1-3-6 اختيار الأسلوب

يمكن أن تحدث انبعاثات أكسيد النيتروز كانبعاثات مباشرة من مصانع المعالجة أو من الانبعاثات غير المباشرة من مياه النفايات بعد التخلص من التدفقات في مجاري المياه أو البحيرات أو البحر. يمكن اعتبار الانبعاثات المباشرة من عمليتي النترتة أو إزالة النترتة في مصانع معالجة مياه النفايات كمصدر صغير، وقد وردت خطوط توجيهية في المربع 6-1 لتقدير هذه الانبعاثات. نموذجياً، تكون هذه الانبعاثات أصغر كثيراً من الانبعاثات الناجمة عن التدفقات وربما تهتم بها البلدان التي يوجد بها مصانع مركزية متقدمة لمعالجة مياه النفايات مع خطوات عمليتي النترتة وإزالة النترتة.

لا توجد مستويات أعلى، لذا فمن الممارسة السليمة تقدير انبعاثات أكسيد النيتروز الناجمة عن تدفقات مياه النفايات المنزلية باستخدام الأسلوب الوارد هنا، ولم ترد أية شجرة قرارات. يجب تقدير الانبعاثات المباشرة فقط في البلدان التي توجد بها مصانع مركزية متقدمة لمعالجة مياه النفايات مع خطوات عمليتي النترتة وإزالة النترتة.

ووفقاً لذلك، يتناول هذا القسم انبعاثات أكسيد النيتروز غير المباشرة الناجمة عن تدفق معالجة مياه النفايات التي يتم كبتها في بيئات مائية. وتشبه منهجية تقدير الانبعاثات الناجمة عن التدفق منهجية تقدير انبعاثات أكسيد النيتروز غير المباشرة المشروحة في المجلد 4، القسم 11-2-2، في الفصل 11، انبعاثات أكسيد النيتروز من الأراضي المدارة، وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون من استعمالات الجير واليوريا. فيما يلي المعادلة العامة البسيطة:

المعادلة 7-6
انبعاثات أكسيد النيتروز من تدفق مياه النفايات

$$N_2O \text{ Emissions} = N_{\text{EFFLUENT}} \cdot EF_{\text{EFFLUENT}} \cdot 44 / 28$$

حيث:

$N_2O \text{ emissions}$ = انبعاثات أكسيد النيتروز في سنة الحصر، كجم أكسيد النيتروز/سنة

N_{EFFLUENT} = النيتروجين في التدفق المفرغ إلى بيئات مائية، كجم نيتروجين/سنة

معامل انبعاث لانبعثات أكسيد النيتروز الناجمة عن الكب في مياه النفايات، كجم أكسيد النيتروز-نيتروجين/كجم نيتروجين = $E_{EFFLUENT}$

معامل 44/28 هو تحويل كجم أكسيد النيتروز-نيتروجين/كجم نيتروز.

2-1-3-6 اختيار معاملات الانبعاث

يبلغ معامل الانبعاث الافتراضي للهيئة لانبعثات أكسيد النيتروز الناجمة عن تدفق نيتروجين مياه النفايات المنزلية 0.005 (0.0005-0.025) كجم نيتروز-نيتروجين/كجم نيتروجين. ويعتمد معامل الانبعاث هذا على البيانات الميدانية المحدودة وعلى افتراضات معينة تخص حدوث عمليتي النترنة وإزالة النترنة في الأنهار ومصبات الأنهار. والافتراض الأول هو أن كل النيتروجين يتم كبه في التدفق. والافتراض الثاني هو أن إنتاج أكسيد النيتروز في الأنهار ومصبات الأنهار يرتبط مباشرة بعمليتي النترنة وإزالة النترنة، وبذلك يتم كب النيتروجين في النهر. (انظر المجلد 4، المربع 3-11 من القسم 2-2-11 في الفصل 11، انبعثات أكسيد النيتروز من الأراضي المدارة، وانبعثات ثاني أكسيد الكربون من استعمالات الجير واليوربا.)

3-1-3-6 اختيار بيانات الأنشطة

بيانات الأنشطة المطلوبة لتقدير انبعثات أكسيد النيتروز هي محتوى النيتروجين في تدفق مياه النفايات والتعداد السكاني للبلد والمتوسط السنوي لتوليد البروتين للفرد (كجم/شخص/سنة). يتكون إنتاج البروتين للفرد من معدل السحب (الاستهلاك) الذي يمكن الحصول عليها من منظمة الأغذية والزراعة (منظمة الأغذية والزراعة (FAO)، 2004)، مضاعفاً في معاملات لحساب البروتين الإضافي "غير المستهلك" والبروتين الزراعي المفرغ في نظام المجاري. وربما يتم تصريف (مخلفات) الأغذية غير المستهلكة (على سبيل المثال، نتيجة لاستخدام عمليات التخلص من البقايا في بعض البلدان المتقدمة)، وأيضاً من المتوقع أن مياه الحمامات والغسيل تساهم في أحمال النيتروجين. بالنسبة للبلدان المتقدمة التي تستخدم عمليات التخلص من البقايا، فإن القيمة الافتراضية للبروتين غير المستهلك المفرغ في مسارات مياه النفايات يبلغ 1.4، في حين يبلغ بالنسبة للبلدان النامية 1.1. وربما تحتوي مياه نفايات المصادر الصناعية أو التجارية التي يتم كبتها في المجاري على البروتين (على سبيل المثال من المجازر ومحلات البقالة). والقيمة الافتراضية لهذا الكسر هي 1.25. فيما يلي معادلة تقدير إجمالي النيتروجين في التدفق:

المعادلة 8-6

إجمالي النيتروجين في التدفق

$$N_{EFFLUENT} = (P \cdot Protein \cdot F_{NPR} \cdot F_{NON-CON} \cdot F_{IND-COM}) - N_{SLUDGE}$$

حيث:

$N_{EFFLUENT}$	=	الإجمالي السنوي لكمية النيتروجين في تدفق مياه النفايات، كجم نيتروجين/سنة
P	=	التعداد السكاني البشري
Protein	=	الاستهلاك السنوي للبروتين لكل فرد، كجم/شخص/سنة
F_{NPR}	=	كسر النيتروجين في البروتين، الافتراضي = 0.16، كجم نيتروجين/كجم بروتين
$F_{NON-CON}$	=	معامل البروتين غير المستهلك المضاف إلى مياه النفايات
$F_{IND-COM}$	=	معامل البروتين الصناعي والتجاري الذي يتم كبه في نظام المجاري
N_{SLUDGE}	=	النيتروجين المزال مع الخبث (الافتراضي=صفر)، كجم نيتروجين/سنة

المربع 1-6

الفئة الفرعية - انبعاثات المصانع المركزية المتقدمة لمعالجة مياه النفايات

نموذجياً، تكون انبعاثات المصانع المركزية المتقدمة لمعالجة مياه النفايات أصغر من انبعاثات التدفق، وربما تهتم بها فقط البلدان التي توجد بها مصانع مركزية متقدمة لمعالجة مياه النفايات تستخدم خطوات النترتة وإزالة النترتة. ويبلغ معامل الانبعاث الكلي لتقدير انبعاثات أكسيد النيتروز من مثل هذه المصانع 3.2 جم أكسيد نيتروز/شخص/سنة. وقد تم تحديد معامل الانبعاث هذا خلال الاختبارات الميدانية في مصنع معالجة مياه النفايات المنزلية في شمال الولايات المتحدة (زيبيل وآخرون، 1995). تم الحصول على بيانات الانبعاث من المصنع الذي تلقى مياه النفايات المنزلية فقط. وقد تم تضمين هذه المياه بالفعل في البروتين غير المستهلك، لكنها لا تتضمن أي مياه نفايات تجارية وصناعية تم كبتها بشكل مشترك. لا تتوفر أي معاملات انبعاث أخرى خاصة بالبلد. يتم حساب انبعاثات أكسيد النيتروز من العمليات المركزية لمعالجة مياه النفايات كما يلي:

$$N_2O_{PLANTS} = P \cdot T_{PLANT} \cdot F_{IND-COM} \cdot EF_{PLANT}$$

حيث:

$$N_2O_{PLANTS} = \text{إجمالي انبعاثات أكسيد النيتروز في سنة الحصر، كجم أكسيد النيتروز/سنة}$$

$$P = \text{التعداد السكاني البشري}$$

$$T_{PLANT} = \text{درجة استخدام المصانع المركزية الحديثة لمعالجة مياه النفايات، \%}$$

$$F_{IND-COMM} = \text{كسر البروتين التجاري والصناعي الذي تم كبه بشكل مشترك (الافتراضي = 1.25،}$$

اعتماداً على البيانات الموجودة في ميتكالف وإيدي (2003) وآراء الخبراء)

$$EF_{PLANT} = \text{معامل الانبعاث، 3.2 جم أكسيد نيتروز/شخص/سنة}$$

ملاحظة: عندما تختار إحدى البلدان تضمين انبعاثات أكسيد النيتروز من المصانع، يجب إعادة حساب كمية النيتروجين المرتبطة بهذه الانبعاثات (N_{NWWT}) وطرحها من $N_{EFFLUENT}$. يمكن حساب N_{NWWT} بضرب N_2O_{PLANTS} في 44\28، باستخدام الأوزان الجزيئية.

3-3-6 اتساق المتسلسلة الزمنية

إذا ما قررت البلد تضمين الانبعاثات الناجمة عن المصنع في التقدير، يجب أن يتم هذا التغيير في كل المتسلسلة الزمنية. يجب معالجة إزالة الخبث المحتمل بشكل متسق في كل سنوات المتسلسلة الزمنية.

3-3-6 عدم التيقن

ترتبط درجات عدم التيقن الكبرى بمعامل الانبعاث الافتراضي للهيئة لأكسيد النيتروز الناجم عن التدفق. والبيانات الميدانية غير الكافية الحالية موجودة لتحسين هذا المعامل. أيضاً فإن معامل انبعاث أكسيد النيتروز للمصانع يتسم بعدم التيقن، نظراً لأنه يعتمد على اختيار ميدان واحد. يشتمل الجدول 11-6 التالي على نطاقات عدم التيقن اعتماداً على آراء الخبراء.

الجدول 11-6 البيانات الافتراضية لمنهجية أكسيد النيتروز			
النطاق	القيمة الافتراضية	التعريف	
معامل الانبعاث			
0.25 – 0.0005	0.005	معامل الانبعاث، (كجم أكسيد نيتروز-نيتروجين/كجم-نيتروجين)	EF _{EFFLUENT}
8 – 2	3.2	معامل الانبعاث، (جم أكسيد نيتروز/شخص/سنة)	EF _{PLANTS}
بيانات الأنشطة			
% 10 ±	خاص بالبلد	التعداد السكاني في البلد	P
% 10 ±	خاص بالبلد	استهلاك البروتين السنوي لكل فرد	Protein
0.17 – 0.15	0.16	كسر النيتروجين في البروتين (كجم نيتروجين/كجم بروتين)	F _{NPR}
% 20 ±	خاص بالبلد	درجة لاستخدام للمصانع الكبيرة لمعالجة مياه النفايات	T _{plant}
1.5 – 1.0	1.1 للبلدان التي لا تتوفر بها بيانات حول التخلص من الفضلات، 1.4 للبلدان التي تتوفر بها بيانات حول التخلص من الفضلات،	معامل ضبط البروتين غير المستهلك	F _{NON-CON}
1.5 – 1.0	1.25	معامل يسمح بالكب المشترك للنيتروجين الصناعي في المجاري. بالنسبة للبلدان التي توجد بها مصانع كبيرة للأسماك، ربما يكون هذا المعامل أعلى. يوصى بالاستعانة بأراء الخبراء.	F _{IND-COM}

4-3-6 ضمان الجودة/مراقبة الجودة والاستيفاء والإبلاغ والتوثيق

يستعين هذا الأسلوب بالعديد من البارامترات الافتراضية. يوصى بالحصول على نصيحة الخبراء عند تقدير ملاءمة المعاملات الافتراضية المقترحة.

الاستيفاء

إلا في حالة توفر بيانات إزالة الخبث، فإن منهجية تقدير الانبعاثات الناجمة عن التدفق تعتمد على التعداد السكاني وعلى افتراض أن كل النيتروجين المرتبط بالاستهلاك والاستخدام المنزلي، بالإضافة إلى النيتروجين الناجم عن مياه النفايات الصناعية المكبة، سيدخل في النهاية المجرى المائي. ولذلك، يمكن اعتبار هذا التقدير بأنه تقدير متحفظ ويغطي المصدر الكامل المرتبط باستخدام مياه النفايات المنزلية.

لا تشمل المنهجية على انبعاثات أكسيد النيتروز الناجمة عن المصادر الصناعية، باستثناء مياه النفايات الصناعية التي يتم كبتها مع مياه النفايات المنزلية في نظام المجاري. ومن المعتمد أن انبعاثات أكسيد النيتروز الناجمة عن مصادر صناعية كبيرة مقارنة بالانبعاثات الناجمة عن مياه النفايات المنزلية.

يجمع عدد قليل من البلدان البيانات المعنية بتناول خبث مياه النفايات. في حالة وجود هذه البيانات، يوصى بأن تكون متاحة لفرق قائمة الحصر المعنية.

معامل الانبعاث المستخدم لانبعاثات أكسيد النيتروز الناجمة عن التدفق هو نفسه معامل الانبعاث المستخدم في تقدير انبعاثات أكسيد النيتروز الناجمة عن قطاع الزراعة والحراثة واستعمالات الأرض الأخرى.

الإبلاغ والتوثيق

من الممارسة السليمة توثيق والإبلاغ عن ملخص للأساليب المستخدمة وبيانات الأنشطة ومعاملات الانبعاث. وردت أوراق العمل في نهاية هذا المجلد. في حالة استخدام أساليب خاصة بالبلد و/أو معاملات انبعاث، يجب أن يتضمن الإبلاغ وأن يتم توثيق أسباب الاختيار، علاوة على مراجع كيفية استخدام البيانات الخاصة بالبلد (القياسات والأدبيات وأراء الخبراء وما إلى ذلك) التي تم الحصول عليها (القياسات والأدبيات وأراء الخبراء وما إلى ذلك).

في حالة ترميد الخبث أو وضعه في مكبات أرضية أو توزيعه على الأراضي الزراعية، يجب الإبلاغ عن كميات الخبث في ترميد مياه النفايات أو مواقع التخلص من النفايات الصلبة أو الفتات الزراعية على التوالي.

يمكن العثور على المزيد من المعلومات حول الإبلاغ والتوثيق في المجلد 1، الفصل 6، القسم 11-6 التوثيق والأرشفة والإبلاغ.

المراجع

- American Public Health Association and American Water Works Association (1998). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20th edition, Water Environment Federation, ISBN 0-87553-235-7.
- Czepiel, P., Crill, P. and Harriss, R. (1995). 'Nitrous oxide emissions from domestic wastewater treatment' *Environmental Science and Technology*, vol. 29, no. 9, pp. 2352-2356.
- Destatis (2001). "Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 2001, Tabelle 1 "Übersichtstabelle Anschlussgrade" (Statistical Office Germany (<http://www.destatis.de/>))
- Doorn, M.R.J., Strait, R., Barnard, W. and Eklund, B. (1997). *Estimate of Global Greenhouse Gas Emissions from Industrial and Domestic Wastewater Treatment*, Final Report, EPA-600/R-97-091, Prepared for United States Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC, USA.
- Doorn, M.R.J. and Liles, D. (1999). Global Methane, Quantification of Methane Emissions and Discussion of Nitrous Oxide, and Ammonia Emissions from Septic Tanks, Latrines, and Stagnant Open Sewers in the World. EPA-600/R-99-089, Prepared for U.S. EPA, Research Triangle Park, NC, USA.
- FAO (2004). *FAOSTAT Statistical Database*, United Nations Food and Agriculture Organization. Available on the Internet at <<http://faostat.fao.org/>>
- Feachem, R.G., Bradley, D.J., Gareleck H. and Mara D.D. (1983). *Sanitation and Disease – Health Aspects of Excreta and Wastewater Management*, World Bank, John Wiley & Sons, USA.
- IPCC (1997). Houghton, J.T., Meira Filho, L.G., Lim, B., Tréanton, K., Mamaty, I., Bonduki, Y., Griggs, D.J. and Callander, B.A. (Eds). *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories*. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA, Paris, France.
- Masotti, L. (1996). "Depurazione delle acque. Tecniche ed impianti per il trattamento delle acque di rifiuto". Eds Calderini. pp. 29-30
- Metcalf & Eddy, Inc. (2003) *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse*. McGraw-Hill: New York, ISBN 0-07-041878-0.
- United Nations (2002). World Urbanization Prospects, The 2001 Revision Data Tables and Highlights. Population Division, Department of Economic and Social Affairs, United Nations Secretariat. ESA/P/WP.173. March 2002.