الفصل 3

انبعاثات الصناعات الكيميائية

المؤلفون

القسم 3-1

جوشن هارنيش (ألمانيا)

الأقسام 3-2 – 3-8

تشارلز جوب (أستراليا)

الكسندر ناخوتين (روسيا) وفرجينيا كارلا سينا شيانكي (يوروجواي)

القسم 3-9

روبرت لانزا (الولايات المتحدة الأمريكية)

توماس مارتينس (النرويج)، عبد الكريم و. محمد (العراق)، ومارو م. و. سانتوس (البرازيل)

القسم 3-10

ارشي ماك كيلوك (المملكة المتحدة) وبريان ت. مادر (الولايات المتحدة الأمريكية)

المؤلفون المساهمون

الأقسام 3-2 – 3-8

خافيير بيريز راميرز (إسبانيا)

القسم 3-9

مارتن نيلس (هولندا) ومارتن باتل (ألمانيا)

المحتويات

3 انبعاثات الصناعات الكيميائية 3-9
3-1 مقدمة 3-10
3-2 إنتاج الأمونيا 3-11
3-2-1 مقدمة 3-11
3-2-2 موضوعات منهجية 3-11
3-2-2-1 اختيار الأسلوب 3-12
3-2-2-2 اختيار معامل الانبعاثات 3-14
3-2-2-3 اختيار بيانات الأنشطة 3-15
3-2-2-4 الاستيفاء 3-17
3-2-2-5 إعداد متسلسلة زمنية متسقة 3-17
3-2-3 تقدير أوجه عدم التيقن 3-17
3-2-3-1 حالات عدم التيقن في معامل الانبعاثات 3-17
3-2-3-2 حالات عدم التيقن في بيانات الأنشطة 3-17
3-2-4 ضمان الجودة / مراقبة الجودة والإبلاغ والتوثيق 3-17
3-2-4-1 ضمان الجودة / مراقبة الجودة 3-17
3-2-4-2 الإبلاغ والتوثيق 3-18
3-3 إنتاج حمض النيتريك 3-19
3-3-1 مقدمة 3-19
3-3-2 موضوعات منهجية 3-19
3-3-2-1 اختيار الأسلوب 3-20
3-3-2-2 اختيار معامل الانبعاثات 3-22
3-3-2-3 اختيار بيانات الأنشطة 3-23
3-3-2-4 الاستيفاء 3-24
3-3-2-5 إعداد متسلسلة زمنية متسقة 3-24
3-3-3 تقدير أوجه عدم التيقن 3-24
3-3-3-1 حالات عدم التيقن في معامل الانبعاثات 3-24
3-3-3-2 حالات عدم التيقن في بيانات الأنشطة 3-24
3-3-4 ضمان الجودة / مراقبة الجودة والإبلاغ والتوثيق 3-25
3-3-4-1 ضمان الجودة / مراقبة الجودة 3-25
3-3-4-2 الإبلاغ والتوثيق 3-25
3-4 إنتاج حمض الاديبيك 3-26
3-4-1 مقدمة 3-26
3-4-2 موضوعات منهجية 3-26
3-4-2-1 اختيار الأسلوب 3-26
3-4-2-2 اختيار معامل الانبعاثات 3-27
3-4-2-3 اختيار بيانات الأنشطة 3-29
3-4-2-4 الاستيفاء 3-30

5-2-4-3 إعداد متسلسلة زمنية متسقة 3-30
3-4-3 تقدير أوجه عدم التيقن 3-30
1-3-4-3 حالات عدم التيقن في معامل الانبعاثات 3-30
1-3-4-3 حالات عدم التيقن في بيانات الأنشطة 3-30
4-4-3 ضمان الجودة / مراقبة الجودة والإبلاغ والتوثيق 3-30
1-4-4-3 ضمان الجودة / مراقبة الجود ة..... 3-30
2-4-4-3 الإبلاغ والتوثيق 3-31
5-3 إنتاج الكبرولاكتام والجليوكسال وحمض الجليوكسال..... 3-32
1-5-3 مقدمة 3-32
2-5-3 الكبرولاكتام 3-32
1-2-5-3 موضوعات منهجية 3-32
2-2-5-3 تقدير أوجه عدم التيقن 3-36
3-2-5-3 ضمان الجودة / مراقبة الجودة والإبلاغ والتوثيق 3-37
3-5-3 إنتاج الجليوكسال وحمض الجليوكسال..... 3-38
6-3 إنتاج الكربيد 3-39
1-6-3 مقدمة 3-39
2-6-3 موضوعات منهجية 3-39
1-2-6-3 اختيار الأسلوب 3-40
2-2-6-3 اختيار معامل الانبعاثات 3-42
3-2-6-3 اختيار بيانات الأنشطة 3-43
4-2-6-3 الاستيفاء 3-44
5-2-6-3 إعداد متسلسلة زمنية متسقة 3-44
3-6-3 تقدير أوجه عدم التيقن 3-44
1-3-6-3 حالات عدم التيقن في معامل الانبعاثات 3-44
2-3-6-3 حالات عدم التيقن في بيانات الأنشطة 3-44
4-6-3 ضمان الجودة / مراقبة الجودة والإبلاغ والتوثيق 3-45
1-4-6-3 ضمان الجودة / مراقبة الجودة 3-45
2-4-6-3 الإبلاغ والتوثيق 3-45
7-3 إنتاج ثاني أكسيد التيتانيوم 3-46
1-7-3 مقدمة 3-46
2-7-3 موضوعات منهجية 3-46
1-2-7-3 اختيار الأسلوب 3-46
2-2-7-3 اختيار معامل الانبعاثات 3-47
3-2-7-3 اختيار بيانات الأنشطة 3-49
4-2-7-3 الاستيفاء 3-49
5-2-7-3 إعداد متسلسلة زمنية متسقة 3-49
3-7-3 تقدير أوجه عدم التيقن 3-49
1-3-7-3 حالات عدم التيقن في معامل الانبعاثات 3-49
2-3-7-3 حالات عدم التيقن في بيانات الأنشطة 3-49
4-7-3 ضمان الجودة / مراقبة الجودة والإبلاغ والتوثيق 3-50
1-4-7-3 ضمان الجودة / مراقبة الجودة 3-50

3-7-4-2 الإبلاغ والتوثيق 3-50
3-8 إنتاج رماد الصودا 3-51
3-8-1 مقدمة 3-51
3-8-2 إنتاج رماد الصودا الطبيعي 3-51
3-8-2-1 موضوعات منهجية 3-51
3-8-2-2 تقدير أوجه عدم التيقن 3-53
3-8-2-3 ضمان الجودة / مراقبة الجودة والإبلاغ والتوثيق 3-54
3-8-3 إنتاج رماد صودا صولفي 3-54
3-8-3-1 ضمان الجودة / مراقبة الجودة والإبلاغ والتوثيق 3-55
3-9 إنتاج المواد البتروكيميائية والكربون الأسود 3-56
3-9-1 مقدمة 3-56
3-9-2 موضوعات منهجية 3-62
3-9-2-1 اختيار الأسلوب 3-62
3-9-2-2 اختيار معامل الانبعاثات 3-71
3-9-2-3 اختيار بيانات الأنشطة 3-80
3-9-2-4 الاستيفاء 3-82
3-9-2-5 إعداد متسلسلة زمنية متسقة 3-82
3-9-3 تقدير أوجه عدم التيقن 3-83
3-9-4 تقييم الجودة / مراقبة الجودة والإبلاغ والتوثيق 3-86
3-9-4-1 تقييم الجودة / مراقبة الجودة 3-86
3-9-4-2 الإبلاغ والتوثيق 3-87
الملحق 3-9 أ مخططات تدفق المنتج-المادة الأولية 3-88
3-10 إنتاج المواد الكيميائية الفلورية 3-90
3-10-1 انبعاث HFC-23 من إنتاج HCFC-22..... 3-90
3-10-1-1 مقدمة 3-90
3-10-1-2 موضوعات منهجية 3-90
3-10-1-3 تقدير أوجه عدم التيقن 3-97
3-10-1-4 ضمان الجودة / مراقبة الجودة والإبلاغ والتوثيق 3-97
3-10-2 الانبعاثات الناجمة عن إنتاج مركبات فلورية أخرى 3-99
3-10-2-1 مقدمة 3-99
3-2-1-3 موضوعات منهجية 3-99
3-10-2-3 تقدير أوجه عدم التيقن 3-103
3-10-2-4 ضمان الجودة / مراقبة الجودة والإبلاغ والتوثيق 3-103
المراجع 3-104

المعادلات

المعادلة 3-1 انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من إنتاج الأمونيا – المستوى 1 3-12
المعادلة 3-2 متطلب الوقود الكلي لإنتاج الأمونيا – المستوى 2 3-13
المعادلة 3-3 انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من إنتاج الأمونيا – المستويان 2 و3 3-13
المعادلة 3-4 متطلب الوقود الكلي لإنتاج الأمونيا – المستوى 3 3-13
المعادلة 3-5 انبعاثات أكسيد النيتروز من إنتاج حمض النيتريك – المستوى 1 3-21
المعادلة 3-6 انبعاثات أكسيد النيتروز من إنتاج حمض النيتريك – المستوى 2 3-21
المعادلة 3-7 انبعاثات أكسيد النيتروز من إنتاج حمض الاديبيك – المستوى 1 3-26
المعادلة 3-8 انبعاثات أكسيد النيتروز من إنتاج حمض الاديبيك – المستوى 2 3-27
المعادلة 3-9 انبعاثات أكسيد النيتروز من إنتاج الكبرولاكتام – المستوى 1 3-33
المعادلة 3-10 انبعاثات أكسيد النيتروز من إنتاج الكبرولاكتام – المستوى 2 3-33
المعادلة 3-11 الانبعاثات الناجمة عن إنتاج الكربيد 3-40
المعادلة 3-12 انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن خبث التيتانيوم والروتيل الصناعي وثاني أكسيد تيتانيوم الروتيل—المستوى 1 3-47
المعادلة 3-13 انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن خبث التيتانيوم والروتيل الصناعي وثاني أكسيد تيتانيوم الروتيل—المستوى 2 3-47
المعادلة 3-14 انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من إنتاج رماد الصودا الطبيعي – المستوى 1 3-51
المعادلة 3-15 حساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في المستوى 1 3-64
المعادلة 3-16 حساب تقدير إنتاج المنتج الأساسي 3-64
المعادلة 3-17 معادلة توازن الكتلة الكلي للمستوى 2 3-66
المعادلة 3-18 تقدير إنتاج المنتج الثانوي من إنتاج المنتج الأساسي [الإيثيلين] 3-66
المعادلة 3-19 تقدير إنتاج المنتج الثانوي من إنتاج المنتج الأساسي [الأكريلونيتريل] 3-66
المعادلة 3-20 معادلة حساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في المستوى 3 3-67
المعادلة 3-21 حساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون للمستوى 3 الخاصة باحتراق الوقود 3-67
المعادلة 3-22 حساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون للمستوى 3 الخاصة بالغاز المشتعل 3-67
المعادلة 3-23 حساب الانبعاثات غير الثابتة للميثان في المستوى 1 3-68
المعادلة 3-24 حساب انبعاثات تهوية عملية الميثان في المستوى 1 3-68
المعادلة 3-25 حساب إجمالي انبعاثات الميثان في المستوى 1 3-69
المعادلة 3-26 حساب انبعاثات الميثان المعتمدة على بيانات القياس الجوية في المستوى 3 3-69
المعادلة 3-27 معادلة حساب انبعاثات الميثان في المستوى 3 3-70
المعادلة 3-28 حساب انبعاثات الميثان للمستوى 3 الخاصة باحتراق الوقود 3-70
المعادلة 3-29 حساب انبعاثات الميثان للمستوى 3 الخاصة بالغاز المشتعل 3-70
المعادلة 3-30 حساب المستوى 1 لانبعاثات 23-HFC الناجمة عن 22-HCFC (المنتج) باستخدام المعامل الافتراضي 3-91
المعادلة 3-33 حساب المستوى 2 لانبعاثات 23-HFC الناجمة عن 22-HCFC (المنتج) باستخدام المعامل (المعاملات) من كفاءة العملية ... 3-91
المعادلة 3-32 حساب معامل انبعاث 23-HFC من كفاءة توازن الكربون 3-91
المعادلة 3-33 حساب معامل انبعاث 23-HFC من كفاءة توازن الفلورين 3-92
المعادلة 3-34 حساب المستوى 3أ لانبعاثات 23-hfc من تيارات العملية المفردة (الأسلوب المباشر) 3-92
المعادلة 3-35 حساب المستوى 3ب لانبعاثات 23-hfc من تيارات العملية المفردة (الأسلوب البديل) 3-92
المعادلة 3-36 حساب المستوى 3أ لانبعاثات 23-hfc من تيارات العملية المفردة (بمراقبة منتج المفاعل) 3-92
المعادلة 3-37 حساب المستوى 3أ لانبعاثات 23-hfc "الآنية" من تيار عملية مفردة (الأسلوب المباشر) 3-93

المعادلة 3-38 حساب المستوى 3ب لانبعاثات hfc-23 في تيار عملية مفردة (الأسلوب البديل) 3-93
المعادلة 3-39 حساب المستوى 3ب للانبعاثات القياسية للأسلوب البديل 3-94
المعادلة 3-40 حساب المستوى 3ج لانبعاثات HFC-23 من منشآة فردية باستخدام قياسات العملية 3-94
المعادلة 3-41 حساب المستوى 1 للانبعاثات المرتبطة بالإنتاج 3-100
المعادلة 3-42 الحساب المباشر للمستوى 3 للانبعاثات المرتبطة بالإنتاج 3-100
المعادلة 3-43 الحساب البديل للمستوى 3 للانبعاثات المرتبطة بالإنتاج 3-100

الأشكال التوضيحية

الشكل 3-1 شجرة القرارات لتقييم انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من إنتاج الأمونيا 3-14
الشكل 3-2 شجرة القرارات لتقييم انبعاثات أكسيد النيتروز من إنتاج حمض النيتريك 3-22
الشكل 3-3، شجرة القرارات لتقييم انبعاثات أكسيد النيتروز من إنتاج حمض الاديبيك 3-28
الشكل 3-4 شجرة القرارات لتقييم انبعاثات أكسيد النيتروز من إنتاج حمض الكبرولاكتام أو الجليوكسال أو حمض الجليوكسال 3-35
الشكل 3-5 شجرة القرارات لتقييم انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والميثان من إنتاج الكربيد 3-42
الشكل 3-6 شجرة القرارات لتقييم انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من إنتاج ثاني أكسيد التيتانيوم 3-48
الشكل 3-7 شجرة قرار تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من إنتاج رماد الصودا الطبيعي 3-52
الشكل 3-8 شجرة القرارات لتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن صناعة المواد البتروكيميائية والكربون الأسود 3-62
الشكل 3-9 شجرة القرارات لتقدير انبعاثات الميثان الناجمة عن صناعة المواد البتروكيميائية والكربون الأسود 3-63
الشكل 3-10 مخطط تدفق توازن كتلة الكربون في المستوى 2 3-65
الشكل 3-11 خطط تدفق المنتج-المادة الأولية لإنتاج الميثانول 3-88
الشكل 3-12 مخطط تدفق المنتج-المادة الأولية لإنتاج ثاني كلوريد الإيثيلين 3-88
الشكل 3-13 مخطط تدفق المنتج-المادة الأولية لإنتاج أكسيد الإيثيلين 3-89
الشكل 3-14 مخطط تدفق المنتج-المادة الأولية لإنتاج الأكريلونيتريل 3-89
الشكل 3-15 مخطط تدفق المنتج-المادة الأولية لإنتاج الكربون الأسود 3-89
الشكل 3-16 شجرة القرارات لانبعاثات HFC-23 من إنتاج HCFC-22 (أو انبعاثات المنتج الثانوي الأخرى الناجمة من إنتاج المواد الكيميائية الفلورية) 3-95
الشكل 3-17 شجرة قرار لانبعاثات عمليات إنتاج غازات الاحتباس الحراري الفلورية، يمكن استخدامها مع انبعاثات المنتج الثانوي والانبعاثات غير الثابتة 3-102

الجداول

الجدول 3-1 متطلبات الوقود الكلي الافتراضية (الوقود بالإضافة إلى المادة الأولية) ومعاملات الانبعاث لإنتاج الأمونيا (لكل طن أمونيا) 3-15
الجدول 3-2 مقاربات تخفيف أكسيد النيتروز وتدابير التخفيف 3-20
الجدول 3-3 المعاملات الافتراضية لإنتاج حمض النيتريك 3-23
الجدول 3-4 المعاملات الافتراضية لإنتاج حمض الاديبيك 3-29
الجدول 3-5 المعامل الافتراضي لإنتاج الكبرولاكتام 3-34
الجدول 3-6 المعاملات الافتراضية لإنتاج الجليوكسال وحمض الجليوكسال 3-38
الجدول 3-7 المعاملات الافتراضية لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون والميثان من إنتاج كربيد السليكون 3-43
الجدول 3-8 معاملات الانبعاث لانبعاث ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن استخدام وإنتاج كربيد الكالسيوم 3-43
الجدول 3-9 المعاملات الافتراضية لإنتاج ثاني أكسيد التيتانيوم (طن ثاني أكسيد الكربون لطن المنتج) 3-48
الجدول 3-10 محتوى كربون معين للمنتجات والمواد الأولية للمواد البتروكيميائية 3-68
الجدول 3-11 العملية والمواد الأولية الافتراضية للمستوى 1 لإنتاج المادة البتروكيميائية 3-71
الجدول 3-12 معاملات انبعاث ثاني أكسيد الكربون لإنتاج الميثانول 3-72
الجدول 3-13 معاملات استهلاك المادة الأولية لإنتاج الميثانول 3-73
الجدول 3-14 معاملات انبعاث ثاني أكسيد الكربون للمستوى 1 الخاصة بإنتاج الإيثيلين عبر التكسير بالبخار 3-74
الجدول 3-15 معاملات الضبط الجغرافي الافتراضية لمعاملات انبعاث ثاني أكسيد الكربون للمستوى 1 الخاصة بإنتاج الإيثيلين بالتكسير بالبخار 3-74
الجدول 3-16 معاملات انبعاث الميثان الافتراضية لإنتاج الإيثيلين 3-75
المجلد 3-17 معاملات انبعاث ثاني أكسيد الكربون للمستوى 1 في عملية ثاني كلوريد الإيثيلين/كلوريد الفينيل أحادي الوحدة 3-76
المجلد 3-18 معاملات استهلاك المادة الأولية للمستوى 1 في عملية ثاني كلوريد الإيثيلين/كلوريد الفينيل أحادي الوحدة 3-76
الجدول 3-19 المعامل الافتراضي لانبعاث الميثان للمستوى 1 الخاص بعملية كلوريد الفينيل/وثاني كلوريد الإيثيلين 3-77
الجدول 3-20 معاملات انبعاث ثاني أكسيد الكربون واستهلاك المادة الأولية لإنتاج أكسيد الإيثيلين 3-77
الجدول 3-21 معاملات انبعاث الميثان بالمستوى 1 الخاصة بإنتاج أكسيد الإيثيلين 3-78
الجدول 3-22 معاملات انبعاث ثاني أكسيد الكربون لإنتاج الأكريلونيترايل 3-78
الجدول 3-23 معاملات انبعاث ثاني أكسيد الكربون للمستوى 1 الخاصة بإنتاج الكربون الأسود 3-79
الجدول 3-24 معاملات انبعاث الميثان للمستوى 1 الخاصة بإنتاج الكربون الأسود 3-79
الجدول 3-25 مصفوفة منتج-المادة الأولية للتكسير بالبخار في إنتاج الإيثيلين 3-81
الجدول -26 معاملات إنتاج المنتج الثانوي لعملية إنتاج الأكريلونيتريل 3-81
الجدول 3-27 نطاقات عدم التيقن لمعاملات الانبعاث وبيانات الأنشطة 3-84
الجدول 3-27 (تابع) نطاقات عدم التيقن لمعاملات الانبعاث وبيانات الأنشطة 3-85
الجدول 3-28 معاملات الانبعاث الافتراضية لمركبات hfc-23 3-96

المربعات

المربع 3-1 ثاني أكسيد الكربون المستعاد للغاز الصناعي 3-14
المربع 3-2 ازدواجية الحساب 3-16
المربع 3-3 إنتاج الأمونيا 3-16
المربع 3-4 ازدواجية الحساب 3-39
المربع 3-5 تحديد انبعاثات إنتاج الجير 3-40
المربع 3-6 ازدواجية الحساب 3-47
المربع 3-7 ازدواجية الحساب 3-55
المربع 3-8 أوصاف عملية الميثانول 3-57
المربع 3-9 وصف عملية الإيثيلين 3-58
المربع 3-10 أوصاف عملية ثاني كلوريد الإيثيلين وكلوريد الفينيل أحادي الوحدة 3-58
المربع 3-10 (تابع) أوصاف عملية ثاني كلوريد الإيثيلين وكلوريد الفينيل أحادي الوحدة 3-59
المربع 3-11 وصف عملية أكسيد الإيثيلين 3-59
المربع 3-12 وصف عملية الأكريلونيتريل 3-60
المربع 3-13 أوصاف عملية إنتاج الكربون الأسود 3-61
المربع 3-14 تكرار القياس بالمصنع 3-96

3 انبعاثات الصناعات الكيميائية

3-1 مقدمة

تتناول الأقسام التالية من 3-2 حتى 3-10 التوجيهات الخاصة بتقييم انبعاثات غازات الاحتباس الحراري الناجمة عن إنتاج المواد الكيميائية العضوية وغير العضوية المتنوعة والتي أثبتت تجارب عدد من الدول مساهمتها الفعالة في المستويات الوطنية لانبعاث غازات الاحتباس الحراري على مستوى الأفراد والمستوى العالمي.

- يغطي القسم 3-2 الانبعاثات الناجمة عن إنتاج الأمونيا؛ يغطي القسم 3-3 الانبعاثات الناجمة عن إنتاج حمض النيتريك؛
- يغطي القسم 3-4 الانبعاثات الناجمة عن إنتاج حمض الاديبيك؛
- يغطي القسم 3-5 الانبعاثات الناجمة عن إنتاج الكبرولاكتام، والجليوكسال، وحمض الجليوكسال؛
- يغطي القسم 3-6 الانبعاثات الناجمة عن إنتاج الكربيد؛
- يتناول القسم 3-7 الانبعاثات الناجمة عن إنتاج ثاني أكسيد التيتانيوم؛
- يتناول القسم 3-8 الانبعاثات الناجمة عن إنتاج رماد الصودا؛
- يغطي القسم 3-9 الانبعاثات الناجمة عن العمليات الرئيسية في إنتاج المواد البتروكيميائية والكربون الأسود، أي الميثانول والإيثيلين والبروبيلين وثاني كلوريد الإيثيلين وأكسيد الإيثيلين والأكريلونيتريل والكربون الأسود؛
- يتناول القسم 3-10 الانبعاثات الناجمة عن إنتاج المواد الكيميائية الفلورية، أي HFC-23 من إنتاج HCFC-22 وانبعاثات المنتجات الثانوية والانبعاثات غير الثابتة الناجمة عن إنتاج المركبات الفلورية ويشتمل ذلك على مركبات الكربون الفلورية الهيدروجينية (HFCs) وسادس فلوريد الكبريت (SF_6) وسادس فلوريد اليورانيوم (UF_6).

يجب توخي الحرص لتفادي ازدواجية حسابات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO_2) في هذا الفصل وفي المجلد 2 الخاص بقطاع الطاقة أو عند حذف انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وذلك لأن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن دور الكربون كمادة مفاعلة في العملية أو كمصدر حرارة للتفاعلات الكيميائية الموجودة بالعمليات الكيميائية يمكن أن تكون وثيقة الصلة. وعند الحاجة إلى تثبيت تقنية لاحتجاز ثاني أكسيد الكربون في أحد مصانع المواد الكيميائية، يجب خصم كمية ثاني أكسيد الكربون المحتجز في حساب انبعاثات مستوى أعلى. يشتمل القسم 3-10 على التوجيهات الخاصة بالاحتجاز والتدمير اللاحق لمركب HFC-23 والمواد الكيميائية الفلورية الأخرى. أي منهجية تقوم باحتجاز ثاني أكسيد الكربون يجب أن تأخذ في اعتبارها أن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التي تم احتجازها في العملية يمكن أن تكون ناجمة عن الاحتراق أو ذات صلة بالعملية. ينبغي على القائمين على عمليات الحصر في الحالات التي تقتضي الإبلاغ عن انبعاثات الاحتراق وانبعاثات العمليات الصناعية، أي صناعة المواد البتروكيميائية، على نحو منفصل التأكد من عدم تكرار نفس الكميات من ثاني أكسيد الكربون. وفي مثل هذه الحالات، يفضل الإبلاغ عن إجمالي كمية ثاني أكسيد الكربون المحتجز ضمن فئات مصدر احتراق الطاقة والعمليات الصناعية واستخدامات المنتجات (IPPU) الخاصة بما يتناسب مع كميات ثاني أكسيد الكربون المولد في فئات المصدر هذه. الافتراض الأساسي هو أنه لا يوجد احتجاز لثاني أكسيد الكربون وتخزينه (CCS). لمزيد من المعلومات حول احتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه، يرجى الرجوع إلى المجلد 3، القسم 1-2-2، ولمزيد من التفاصيل، يرجى الرجوع إلى المجلد 2، القسم 2-3-4.

2-3 إنتاج الأمونيا

1-2-3 مقدمة

الأمونيا (NH_3) مادة كيميائية رئيسية وأكثر المواد النيتروجينية التي يتم إنتاجها. ويُستخدم غاز الأمونيا مباشرة كمادة تخصيب، وفي معالجة الحرارة، وعجينة الورق، وصناعة النيترات وحمض النيتريك، وصناعة مركب النيتريك وإستر حمض النيتريك، ومتفجرات من أنواع متعددة وكمادة تبريد. كما يُصنع من الأمونيا مواد الأمينات والأميدات والعديد من المركبات العضوية الأخرى، مثل اليوريا (أوستن، 1984؛ ص 303).

يتطلب إنتاج الأمونيا مصدرًا للنيتروجين (N) والهيدروجين (H). يتم الحصول على النيتروجين من الهواء عبر تقطير الهواء أو عملية أكسدة يتم خلالها إحراق الهواء واستعادة النيتروجين المتبقي. يتم إنتاج معظم الأمونيا من الغاز الطبيعي (في المقام الأول من الميثان (CH_4)، وذلك على الرغم من أنه يمكن الحصول على الهيدروجين من هيدروكربونات أخرى (الفحم (بطريقة غير مباشرة) والزيت) والماء (هوكينج، 1998؛ 317). لا تزال بعض المصانع تستخدم بترول الوقود كإدخال للوقود ومصدر الهيدروجين في عملية الأكسدة الجزئية. يتم التخلص من محتوى الكربون (C) في المادة الهيدروكربونية من العملية في المرحلة الأولية لتحسين البخار ومرحلة التحويل السريع من خلال التحويل إلى ثاني أكسيد الكربون والتي تكون الانبعاث الأساسي المحتمل المباشر لغاز الاحتباس الحراري. والمصانع التي تستخدم الهيدروجين بدلاً من الغاز الطبيعي لإنتاج الأمونيا لا ينبعث منها ثاني أكسيد الكربون من العملية الصناعية.

2-2-3 موضوعات منهجية

إن العملية الكيميائية المستخدمة للحصول على المواد الأولية للأمونيا متشابهة بغض النظر عن المادة الهيدروكربونية المستخدمة – الميثان أو وقود حفري آخر (هوكينج، 1998؛ 319). نتيجة لأن الصناعة تستخدم في المقام الأول الغاز الطبيعي، فالمخطط التالي للعملية ومصادر انبعاثات غاز الاحتباس الحراري (ثاني أكسيد الكربون) يستند إلى الإنتاج باستخدام الغاز الطبيعي. تشتمل الأمونيا اللامائية التي يتم إنتاجها بواسطة تحسين البخار المحفز للغاز الطبيعي (في معظم الأحيان الميثان) على التفاعلات التالية مع ثاني أكسيد الكربون الذي يتم إنتاجه كمادة ثانوية.

التحسين الأولي للبخار:

$$CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3H_2$$

$$CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$$

التحسين الثانوي للهواء:

$$CH_4 + air \rightarrow CO + 2H_2 + 2N_2$$

التفاعل الكلي:

$$0.88CH_4 + 1.26Air + 1.24H_2O \rightarrow 0.88CO_2 + N_2 + 3H_2$$

تركيب الأمونيا:

$$N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$$

التحويل السريع للغاز الثانوي لعملية التحسين:

$$CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$$

(Hocking, 1998; EFMA, 2000a; EIPPCB, 2004a)

فيما يلي العمليات التي تؤثر على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة بإنتاج الأمونيا:

- تحول ثاني أكسيد الكربون في درجتي حرارة باستخدام أكسيد الحديد وأكسيد النحاس و/أو وسيط أكسيد الكروميوم للتحويل إلى ثاني أكسيد الكربون.
- امتصاص ثاني أكسيد الكربون بواسطة محلول جهاز الغسيل لكربونات البوتاسيوم الساخنة، وأحادي إيثانول أمين (MEA)، أو السيلفونول (أمين الكانول وثاني أكسيد الهيدروثيوفين الرباعي) أو مواد أخرى؛
- تحويل ثاني أكسيد الكربون المتبقي إلى ميثان باستخدام وسائط للنيكل لتنقية غاز التركيب.

يمثل إنتاج الأمونيا مصدرًا صناعيًا هامًا غير مولد للطاقة لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون. يتم الإطلاق الأولي لثاني أكسيد الكربون في المصانع باستخدام عملية تحسين البخار الوسيطة للغاز الطبيعي عند إعادة توليد محلول غسيل ثاني أكسيد الكربون مع تقليل الانبعاثات الناجمة عن فصل المكثفات.

وعند الحاجة إلى تثبيت واستخدام تقنية لاحتجاز ثاني أكسيد الكربون في أحد المصانع، فمن *الممارسة السليمة* خصم كمية ثاني أكسيد الكربون المحتجز في حساب انبعاثات مستوى أعلى. الافتراض الأساسي هو أنه لا يوجد احتجاز لثاني أكسيد الكربون وتخزينه. في معظم الحالات، فإن المنهجيات التي تقوم باحتجاز ثاني أكسيد الكربون يجب أن تأخذ في اعتبارها أن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التي يتم احتجازها في العملية يمكن أن تكون ناجمة عن الاحتراق وخاصة بالعملية. ومع ذلك ففي حالة إنتاج الأمونيا لا يتم التمييز بين انبعاثات الوقود والمادة الأولية مع كافة الانبعاثات الخاصة بقطاع العمليات الصناعية واستخدامات المنتجات. وبالمثل، فإن ثاني أكسيد الكربون المحتجز يجب أخذه في الاعتبار في العمليات الصناعية واستخدامات المنتجات. لمزيد من المعلومات حول احتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه، يرجى الرجوع إلى المجلد 3، القسم 1-2-2، ولمزيد من التفاصيل حول الاحتجاز والتخزين، يرجى الرجوع إلى المجلد 2، القسم 2-3-4.

مسترجع ثاني أكسيد الكربون

بعد امتصاص ثاني أكسيد الكربون من غاز العملية، يتم إعادة توليد (أي لإعادة الاستخدام) محاليل الغسيل المشبعة (مثال كربونات البوتاسيوم، وأحادي إيثانول أمين، وغير ذلك) مع فصل و/أو تسخين البخار لإطلاق ثاني أكسيد الكربون، من البيكربونات وفقًا للتفاعلات التالية:

$$2KHCO_3 \rightarrow K_2CO_3 + H_2O + CO_2 \qquad \text{الحرارة}$$

$$(C_2H_5ONH_2)_2 + H_2CO_3 \rightarrow 2C_2H_5ONH_2 + H_2O + CO_2 \qquad \text{الحرارة}$$

يمكن توجيه غاز الفصل، الذي يحتوي على ثاني أكسيد الكربون والشوائب الأخرى، إلى مصنع اليوريا (إن أمكن)، إلى أحد مصانع الحمض الكربوني أو تهويتها إلى الجو(هيئة البيئة في كندا، 1987).

وحدة فصل المكثفات

يؤدي تبريد غاز التركيب بعد تحويل درجة الحرارة المنخفضة إلى تكوين مكثفات تحتوي على كميات صغيرة من ثاني أكسيد الكربون وشوائب العملية الأخرى. يتم فصل المكثفات بواسطة البخار، والذي يمكن بواسطته تهوية المكثفات إلى الجو، ولكن عادة ما يتم إعادة تدويرها إلى العملية مع بخار العملية (وكالة حماية البيئة الأمريكية) 1985).

3-2-2-1 اختيار الأسلوب

يعتمد اختيار الأسلوب على الظروف الوطنية كما هو موضح في شجرة القرارات، الشكل 3-1. يتم تقدير الانبعاثات من متطلبات الوقود الكلي أو القيم المشتقة من تقييمات متطلبات الوقود الكلي، والمستخدمة في إنتاج الأمونيا. لا يتم اعتبار متطلبات طاقة الوقود بشكل منفصل. لاحظ الحاجة إلى تحويل القيم التي يتم الإبلاغ عنها بوحدات الطاقة (أو وحدات الحجم) إلى وحدات كتلة بتقييم الانبعاثات.

تم تصنيف الأساليب وفقًا لمدى بيانات مستوى المصنع المتوافرة. يعتمد أسلوب المستوى 1 على القيم الافتراضية والإحصائيات الوطنية؛ ويعتمد أسلوب المستوى 2 على بيانات الإخراج الكامل لمستوى المصنع مميزة حسب نوع إدخال الوقود ونوع العملية، والقيم الافتراضية؛ ويعتمد أسلوب المستوى 3 بالكامل على بيانات إدخال مستوى المصنع.يستخدم أسلوب المستوى 3 بيانات إدخال مستوى المصنع وإدخال وقود مستوى المصنع لوحدة الإخراج لتحديد متطلبات الوقود الكلي. وبالمثل، فالمستوى 3 يمكن أن يستخدم معاملات انبعاث مستوى المصنع لوحدة الإخراج بشرط أن يكون مصدر هذه المعاملات هو البيانات التفصيلية لمستوى المصنع على إدخالات الوقود لوحدة الإخراج.

أسلوب المستوى 1

يستخدم أسلوب المستوى 1 إنتاج الأمونيا لدفع الانبعاثات كما يلي:

المعادلة 3-1
انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من إنتاج الأمونيا – المستوى 1

$$E_{CO2} = AP \bullet FR \bullet CCF \bullet COF \bullet 44/12 - R_{CO2}$$

حيث:

E_{CO2} = انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، كجم

AP = إنتاج الأمونيا، الطن

FR = متطلبات الوقود لوحدة الإخراج، طن/جيغا جول أمونيا المنتجة

CCF = معامل محتوى الكربون للوقود، كجم كربون/جيغا جول

COF = معالم أكسدة الكربون للوقود، الكسرR_{CO2} = ثاني أكسيد الكربون المستعاد من الاستخدام السفلي (إنتاج اليوريا)، كجم

يمكن الحصول على معاملات الانبعاث وإنتاج الأمونيا من الإحصائيات الوطنية، ويمكن تحديد معامل الانبعاث من القيم الافتراضية الموضحة في الجدول 3-1. في حالة عدم توافر معلومات حول نوع الوقود و/أو نوع العملية، فإنه من *الممارسة السليمة* استخدام أعلى معامل انبعاث ورد في الجدول 3-1. يمكن تقدير ثاني أكسيد الكربون الذي تمت استعادته من كمية اليوريا التي تم إنتاجها، في حين يتم تقدير ثاني أكسيد الكربون بضرب إنتاج اليوريا في 66/44، معدل تكافؤ ثاني أكسيد الكربون إلى اليوريا. عند طرح ثاني أكسيد الكربون المستخدم في إنتاج اليوريا، فإنه من *الممارسة السليمة* التأكد من تضمين الانبعاثات الصادرة من اليوريا في مكان آخر في الحصر. في حالة عدم توفر بيانات حول إنتاج اليوريا، فإنه من *الممارسة السليمة* التأكد من استعادة ثاني أكسيد الكربون إلى الصفر.

أسلوب المستوى 2

الخطوة الأولية هي تحديد متطلبات الوقود الكلي. بالنسبة لأسلوب المستوى 2 فإن متطلب الوقود الكلي لكل نوع وقود يتم تقديره كما يلي:

المعادلة 3-2
متطلب الوقود الكلي لإنتاج الأمونيا – المستوى 2

$$TFR_i = \sum_j \left(AP_{ij} \bullet FR_{ij} \right)$$

حيث:

TFR_i = متطلب الوقود الكلي للوقود من نوع *i*، جيغا جول

AP_{ij} = إنتاج الأمونيا باستخدام نوع الوقود من نوع *i* في العملية من نوع *j*، *طن*

FR_{ij} = متطلب الوقود لوحدة الإخراج لنوع الوقود *i* في العملية من نوع *j*، جيغاجول/طن أمونيا منتجة

يمكن الحصول على إنتاج الأمونيا، ونوع الوقود، ونوع العملية من المنتجين، ويمكن تحديد متطلب الوقود لوحدة الإخراج (FR) من القيم الافتراضية الواردة في الجدول 3-1. يتم دفع الانبعاثات وفقًا للمعادلة 3-3:

المعادلة 3-3
انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من إنتاج الأمونيا – المستويان 2 و3

$$E_{CO2} = \sum_i \left(TFR_i \bullet CCF_i \bullet COF_i \bullet 44/12 \right) - R_{CO2}$$

حيث:

E_{CO2} = انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، كجم

TFR_i = متطلب الوقود الكلي للوقود من نوع *i*، جيغا جول

CCF_i = معامل محتوى الكربون لنوع الوقود *i*، كجم كربون/جيغا جول

COF_i = معالم أكسدة الكربون لنوع الوقود *i*، كسر

R_{CO2} = ثاني أكسيد الكربون المستعاد من الاستخدام السفلي (إنتاج اليوريا، واحتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه)، كجم

عند استخدام أسلوب المستوى 2، يمكن الحصول على معامل محتوى كربون الوقود ومعامل أكسدة الكربون من القيم الافتراضية الواردة في الجدول 3-1 أو معلومات قطاع الطاقة الخاصة بكل بلد. يجب الحصول على البيانات الخاصة بثاني أكسيد الكربون المستعاد لإنتاج اليوريا وتخزين ثاني أكسيد الكربون من المنتجين.

أسلوب المستوى 3

يتطلب أسلوب المستوى 3 الحصول على متطلب الوقود من المنتجين. متطلب الوقود الكلي هو مجموع متطلبات الوقود الكلي التي أبلغ عنها كل مصنع لإنتاج الأمونيا. وهي:

المعادلة 3-4
متطلب الوقود الكلي لإنتاج الأمونيا – المستوى 3

$$TFR_i = \sum_n TFR_{in}$$

حيث:

TFR_i = متطلب الوقود الكلي للوقود من نوع *i*، جيغا جول

TFR_{in} = متطلب الوقود الكلي لنوع الوقود *i*، المستخدم بواسطة المصنع *n*، الجيغا جول

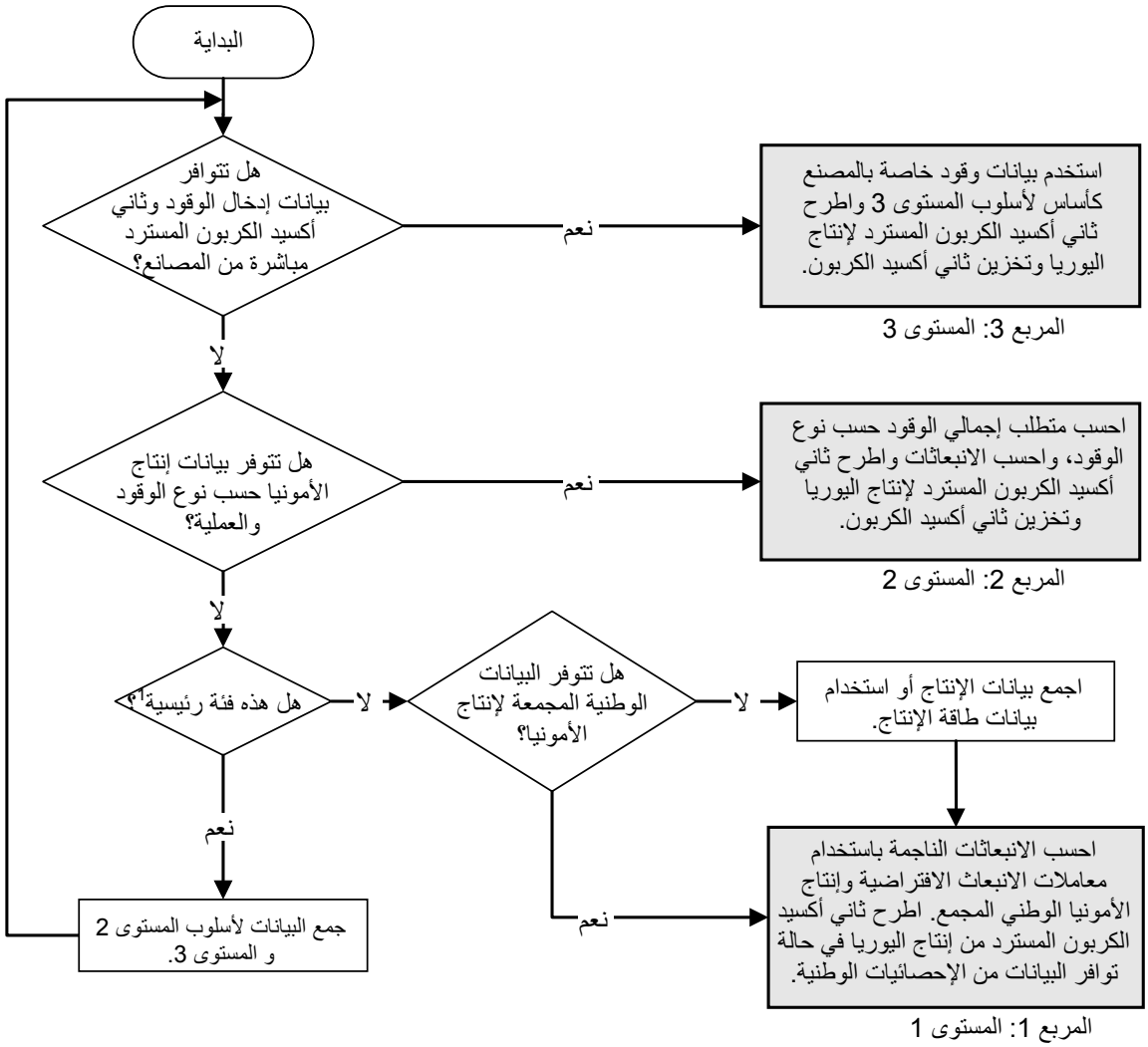
بمجرد الانتهاء من تجميع متطلبات الوقود الكلي وترتيبها، يمكن تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون باستخدام المعادلة 3-3. عند استخدام أسلوب المستوى 3، فإنه من *الممارسة السليمة* الحصول على المعلومات الخاصة بمعامل محتوى كربون الوقود ومعامل أكسدة الكربون من المنتجين أو استخدام معلومات قطاع الطاقة الخاصة بكل بلد. وكما هو الحال مع أسلوب المستوى 2، يجب الحصول على البيانات الخاصة بثاني أكسيد الكربون المستعاد لإنتاج اليوريا وتخزين ثاني أكسيد الكربون من المنتجين.

بالرغم من عدم استخدام بيانات إنتاج الأمونيا في حساب أسلوب المستوى 3، إلا أنه يجب تجميعها من المنتجين لأغراض الإبلاغ.

المربع 3-1
ثاني أكسيد الكربون المستعاد للغاز الصناعي

لا يتم اعتبار ثاني أكسيد الكربون المستعاد لتطبيقات الغاز الصناعي بشكل منفصل حيث إن هذا استخدام قصير المدى وصغير الحجم ومن المفترض انبعاث كربون الغاز الصناعي كله في جو البلد المنتج. على سبيل المثال، فإن ثاني أكسيد الكربون الصناعي المستخدم في تطبيقات التجميد من المفترض أن ينبعث في البلد المنتج.

الشكل 3-1 شجرة القرارات لتقييم انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من إنتاج الأمونيا



ملاحظة:

1. انظر المجلد 1، الفصل 4، اختيار المنهجيات وتعريف الفئات الرئيسية (مع ملاحظة القسم 4-1-2 حول المصادر المحدودة)، للاطلاع على مناقشة الفئات الرئيسية واستخدام شجر القرارات.

3-2-2-2 اختيار معامل الانبعاثات

أسلوب المستوى 1

في حالة عدم توافر معلومات مستوى المصنع، فإنه من *الممارسة السليمة* استخدام المعاملات الافتراضية. غالبًا ما تمثل هذه القيم الافتراضية نقطة الوسط أو قيمًا متوسطة لمجموعات البيانات (كما حددها خبير التحليل). ومن غير المعروف إلى أي مدى يمثلون معدل انبعاث لمصنع معين. يوضح الجدول 3-1 المعاملات الافتراضية لعملية الإنتاج، ويجب استخدامها فقط في الحالات التي لا تتوافر بها بيانات خاصة بالمصنع. والمعاملات الافتراضية عبارة عن متطلبات الوقود الكلي لوحدة الإخراج كما يتم التعبير عنها في وحدات الطاقة. ويمكن تحويلها إلى وحدات كتلة اعتمادًا على محتوى الكربون بالوقود ومعامل أكسدة الكربون في المجلد 2: طاقة هذه *الخطوط التوجيهية*. وقد وردت هذه القيم في الجدول 3-1 كمعاملات انبعاث بالطن لثاني أكسيد الكربون لطن الأمونيا مشتقة من هذه القيم.

بالنسبة لأسلوب المستوى 1، فإنه من *الممارسة السليمة* استخدام أعلى متطلب للوقود الكلي لطن الأمونيا. في حالة عدم توافر معلومات حول نوع الوقود، فإنه من *الممارسة السليمة* استخدام القيمة المتوسطة الواردة في الجدول 3-1 للأكسدة الجزئية.

الجدول 3-1
متطلبات الوقود الكلي الافتراضية (الوقود بالإضافة إلى المادة الأولية) ومعاملات الانبعاث لإنتاج الأمونيا (لكل طن أمونيا)

عملية الإنتاج	متطلب الوقود الكلي (جيغا جول (NCV (القيمة الحرارية الصافية))/طن الأمونيا) ±عدم التيقن (%):	معامل محتوى الكربون [CCF]1 (كجم/جيغا جول)	معامل أكسدة الكربون [COF]1 (كسر)	معامل انبعاث ثاني أكسيد الكربون (طن ثاني أكسيد الكربون/طن الأمونيا)
المصانع الحديثة - أوروبا التحسين التقليدي – الغاز الطبيعي	30.2 (± 6%)	15.3	1	1.694
تحسين الهواء الزائد – الغاز الطبيعي	29.7 (± 6%)	15.3	1	1.666
التحسين الحراري الآلي – الغاز الطبيعي	30.2 (± 6%)	15.3	1	1.694
الأكسدة الجزئية	36.0 (± 6%)	21.0	1	2.772
مشتق من القيم المتوسطة الأوروبية لاستهلاك طاقة معين (خليط من المصانع الحديثة والقديمة) القيمة المتوسطة – الغاز الطبيعي	37.5 (± 7%)	15.3	1	2.104
القيمة المتوسطة – الأكسدة الجزئية	42.5 (± 7%)	21.0	1	3.273

NCV – القيمة الحرارية الصافية.

[1] القيم من الحرارة، المجلد 2، الفصل 1، الجدولان 1-3 و1-4.

المصدر: مقتطفة من الرابطة الأوروبية لجهات تصنيع المخصبات) (2000ي؛ ص 21)؛ دي بيير وفيلبسن وباتس (2001؛ ص21) يمكن تحديد المعاملات الافتراضية للمصانع الحديثة باستخدام محتوى الكربون اعتمادًا على الغاز الطبيعي (الأساس الجاف)، ويمكن تحديد المعاملات الافتراضية للأكسدة الجزئية باستخدام محتوى الكربون اعتمادًا على زيت الوقود المتبقي.

أسلوب المستوى 2

يمكن استخدام قيم متطلب الوقود الكلي لوحدة الإخراج الواردة في الجدول 3-1 مع بيانات إنتاج الأمونيا حسب نوع الوقود ونوع العملية، وذلك بالإضافة إلى البيانات الافتراضية أو التي تخص البلد المتعلقة بمعامل محتوى الكربون ومعامل أكسدة الكربون لأنواع الوقود.

أسلوب المستوى 3

تتيح بيانات مستوى المصنع المتعلقة بمتطلب الوقود الكلي أكثر البيانات صرامة لحساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الأمونيا. ومن *الممارسة السليمة* الحصول على المعلومات الخاصة بمعامل محتوى الكربون ومعامل أكسدة الكربون من المنتجين أو استخدام بيانات قطاع الطاقة الخاصة بكل بلد. ومعامل محتوى الكربون هو متغير معامل الانبعاث الأساسي لتحديد كمية انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. تحديد الانبعاثات اعتمادًا على إنتاج الأمونيا على مستوى المصنع يعتمد على التقدير الدقيق لمتطلب الوقود لوحدة الإخراج، بالإضافة إلى المعلومات الخاصة بالمتغيرات الأخرى.

3-2-2-3 اختيار بيانات الأنشطة

أسلوب المستوى 1

يتطلب أسلوب المستوى 1 البيانات الخاصة بالإنتاج الوطني للأمونيا. في حالة عدم توافر بيانات أنشطة على المستوى الوطني، يمكن استخدام المعلومات الخاصة بسعة الإنتاج. إذا كان القائم على جمع بيانات الحصر يستطيع تسجيل أن استخدام إحدى السنوات كان أقل من السعة، فمن *الممارسة السليمة* ضرب سعة الإنتاج الوطنية الكلية في سعة معامل الاستخدام بنسبة 80 في المائة ± 10 في المائة (أي في نطاق 70 إلى 90 في المائة). يجب تطبيق نفس معامل سعة الاستخدام لكل سنة من هذه المتسلسلة الزمنية.

أسلوب المستوى 2

يتطلب أسلوب المستوى 2 بيانات مستوى المصنع الخاصة بإنتاج الأمونيا مصنفة حسب نوع الوقود وعملية الإنتاج. علاوة على ذلك، يجب توافر بيانات المصنع الخاصة بثاني أكسيد الكربون المستعاد من الاستخدام السفلي أو الاستخدامات الأخرى.

أسلوب المستوى 3

بيانات أنشطة مستوى المصنع المطلوبة لمقترب المستوى 3 هي متطلب الوقود الكلي مصنفة حسب نوع الوقود، وثاني أكسيد الكربون المستعاد من الاستخدام السفلي أو استخدامات أخرى، وإنتاج الأمونيا. وبالرغم من عدم استخدام إنتاج الأمونيا في حساب المستوى 3، فإن تجميع كافة بيانات الأنشطة التي تؤثر على تقدير الانبعاثات يتيح التعرف على التغييرات التي طرأت بمرور الوقت وأي إبلاغ خاطئ لبيانات الأنشطة. في حالة استخدام متطلب وقود مستوى المصنع لوحدة الإخراج، ينبغي تجميع بيانات الإنتاج على مستوى المصنع.

المربع 3-2
ازدواجية الحساب

لتفادي ازدواجية الحساب، يجب خصم إجمالي كميات الزيت أو الغاز المستخدم (الوقود بالإضافة إلى المادة الأولية) في إنتاج الأمونيا من الكمية التي تم الإبلاغ عنها ضمن استخدام الطاقة في **قطاع الطاقة**.

علاوة على ذلك، يجب خصم كمية ثاني أكسيد الكربون المستعاد من الاستخدام السفلي في **إنتاج اليوريا** من إجمالي كمية ثاني أكسيد الكربون المولد لتحديد كمية ثاني أكسيد الكربون المنبعث. يجب أن يوضع في الاعتبار انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الصادرة عن استخدام اليوريا في القطاعات المعنية. لاسيما، انبعاثات **استخدام اليوريا** كمادة تخصيب يجب تضمينها في **قطاع الزراعة والحراجة واستخدامات الأراضي الأخرى (AFOLU)** (انظر المجلد 4). كما يجب أن يوضع في الاعتبار انبعاثات استخدام اليوريا في المحولات الوسيطة للمركبات في قطاع الطاقة (المجلد 2). تغطي المنهجية المقترحة في هذا القسم انبعاثات المواد الكيميائية الأخرى المصنعة باستخدام ثاني أكسيد الكربون المستعاد من العملية (أي انبعاثات استخدام الحمض الكربوني) ولا ينبغي اعتبارها في الأقسام الأخرى للعمليات الصناعية واستخدامات المنتجات أو أي أقسام أخرى.

المربع 3-3
إنتاج الأمونيا

تعتبر اليوريا (أكيد الكربونيل أو الكربا أميد) من المواد المخصبة الغازية الهامة وتحتوي على أعلى نسبة نيتروجين متوافرة في مادة مخصبة صلبة. كما تُستخدم اليوريا كغذاء بروتين مع الحيوانات المجترة، وإنتاج الميلامين، وكمكون في تصنيع الراتينجات، والبلاستيك، والمواد اللاصقة، والطلاءات، والعوامل النسيجية المضادة للانكماش، وراتينجات التبادل الأيوني (أوستن، 1984؛ ص 311-312). الاستخدام المتطور يشبه عامل التقليل في التقليل المحفز المنتقى لأكاسيد النيتروجين في غازات العادم التي تنبعث من المحركات التي تعمل بالحقن المباشر للجازولين أو الديزل. يجب أن يوضع في الاعتبار انبعاثات استخدامات اليوريا في قطات الاستخدام الملائمة.

إنتاج اليوريا عبارة عن عملية سفلية مرتبطة بمصانع إنتاج الأمونيا. تستعين العملية بتدفق ثاني أكسيد الكربون للمنتج الثانوي من مصانع تركيب الأمونيا مع الأمونيا.

يتم إنتاج اليوريا عن طريق التفاعل بين الأمونيا وثاني أكسيد الكربون لإنتاج مركب كاربامات الأمونيا والذي تتم هدرجته إلى اليوريا وفقًا للتفاعلات:

إنتاج كاربامات الأمونيا:

$$2NH_3 + CO_2 \rightarrow NH_2COONH_4$$

هدرجة كربامات الأمونيا إلى يوريا:

$$NH_2COONH_4 \rightarrow CO(NH_2)_2 + H_2O$$

على فرض التحويل الكامل للأمونيا وثاني أكسيد الكربون إلى يوريا، يجب توافر 0.733 طن من ثاني أكسيد الكربون لطن اليوريا المنتج. من المحتمل أن تكون انبعاثات غازات الاحتباس الحراري من المصانع الحديثة صغيرة. توجد كميات كبيرة من الأمونيا وثاني أكسيد الكربون في ماء العملية الذي يتكون أثناء التفاعل. وقد تم تصميم معالجة الماء لاستعادة هذه المواد من ماء العملية لتمكين إعادة تدوير الغازات إلى التركيب (المكتب الأوروبي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة (EIPPCB)، 2004أ، ص118). اعتمادًا على الإدخالات النموذجية للمصانع الحديثة (المكتب الأوروبي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة، 2004أ؛ ص 121)، توحي قيم الإدخال أن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون تتراوح بين 2 إلى 7 كيلو جرامات لطن اليوريا. بالنسبة للمصنع الذي ينتج 1000 طن يوريا في اليوم وعلى فرض أن سعة الاستخدام تصل إلى 90 في المائة، يوحي ذلك بأن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون اليومية قد تزيد زيادة طفيفة عن 2 جيغا جرام.

بالرغم من أنه من المتوقع أن تكون الانبعاثات الناجمة عن إنتاج الأمونيا قليلة في المصانع الحديثة جيدة الإدارة، فمن *الممارسة السليمة* الحصول على معلومات تخص مستوى المصنع في إنتاج الأمونيا والأخذ في الاعتبار أي انبعاثات كبيرة.

4-2-2-3 الاستيفاء

في البلدان التي تُبلغ فيها مجموعة فرعية فقط من المصانع بيانات أسلوب المستوى 3 أو في البلدان التي يجري فيها انتقال من المستوى 2 إلى المستوى 3، ربما لا يمكن الإبلاغ عن الانبعاثات باستخدام المستوى 3 لكل المنشآت خلال المرحلة الانتقالية. في حالة عدم توافر بيانات أسلوب المستوى 3 لكل المصانع، يمكن استخدام المستوى 2 لكل المصانع المتبقية. وكذا في حالة إبلاغ مجموعة فرعية من المصانع عن بيانات المستوى 2 أو في حالة الانتقال من المستوى 1 إلى المستوى 2، ربما يمكن تحديد نصيب الإنتاج الممثل بواسطة المصانع غير المبلغة واستخدام هذه المعلومات لتحديد الانبعاثات المتبقية باستخدام المستوى 1 لتحديد الاستيفاء خلال المرحلة الانتقالية.

يتطلب الحصول على تغطية كاملة لإنتاج الأمونيا حساب كافة الانبعاثات الناجمة عن كافة المصادر. وتتسم انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بأنها واضحة المعالم. ويمكن تحسين الاستيفاء بالتأكد من تضمين انبعاثات أي نسب غير ثابتة من الميثان سواء من مرحلة التحسين الأولية أو العملية الوسيطة لتحويل ثاني أكسيد الكربون إلى ميثان. لتضمين انبعاثات أكاسيد النيتروجين وأحادي الكربون وثاني أكسيد الكبريت من مرحلة التحسين الأولية، ارجع إلى الخطوط التوجيهية في الفصل 7 من المجلد 1: التوجيهات العامة والإبلاغ.

5-2-2-3 إعداد متسلسلة زمنية متسقة

يجب إعادة حساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لكل السنوات عند تغير أساليب الحساب (أي في حالة تغيير القائم على الحصر من استخدام القيم الافتراضية إلى القيم الفعلية المحددة على مستوى المصنع). في حالة عدم توافر بيانات خاصة بمصنع معين، بما في ذلك بيانات إنتاج مصنع معين وبيانات الاستخدام السفلي، لكل السنوات في المتسلسلة الزمنية، سيكون من الضروري التفكير في كيفية الاستعانة ببيانات المصنع الحالية لإعادة حساب انبعاثات السنوات السابقة. قد يمكن تطبيق معاملات الانبعاث الحالية لمصنع معين والخاصة ببيانات الإنتاج من سنوات سابقة، بشرط عدم تغيير عمليات المصنع بشكل جوهري. تقتضي الضرورة إعادة الحساب للتأكد من أن أي تغيرات تطرأ على أنظمة الانبعاث حقيقية وليست تغييرات بشرية في الإجراء. من *الممارسة السليمة* إعادة حساب المتسلسلة الزمنية وفقًا للخطوط التوجيهية الواردة في المجلد 1 في الفصل 5.

3-2-3 تقدير أوجه عدم التيقن

1-3-2-3 حالات عدم التيقن في معامل الانبعاثات

حالات عدم التيقن من القيم الافتراضية الواردة في الجدول 3-1 عبارة عن تقييمات تعتمد على بيانات من الرابطة الأوروبية لجهات تصنيع مواد التلقيم (EFMA) (2000أ؛ الصفحة 21) وباتس وفيلبسين ودي بير (2001، الصفحة 21). عمومًا، فإن معاملات الانبعاث الافتراضية للمدخلات والمخرجات الغازية تكون حالات عدم التيقن بها أعلى من المدخلات والمخرجات السائلة أو الصلبة. هذا وتتأثر قيم الكتلة للمواد الغازية بالتغييرات التي تحدث على درجة الحرارة والضغط، ويصبح من الأسهل فقدان الغازات عبر تسريبات العملية. ومن *الممارسة السليمة* الحصول على تقييمات عدم التيقن على مستوى المصنع، والتي ينبغي أن تكون أقل من قيم عدم التيقن المرتبطة بالقيم الافتراضية. وتعكس حالات عدم التيقن للمعامل الافتراضي التغييرات التي تحدث بين المصانع في مختلف المواقع.

2-3-2-3 حالات عدم التيقن في بيانات الأنشطة

في حين يتم الحصول على بيانات الأنشطة من المصانع، يمكن الحصول على تقديرات عدم التيقن من المنتجين. من المحتمل أن تكون بيانات الأنشطة هذه أكثر دقة (أي تكون حالة عدم التيقن أقل من ±2 في المائة). يشتمل ذلك على تقديرات عدم التيقن لاستخدام الوقود، وتقديرات عدم التيقن لإنتاج الأمونيا وثاني أكسيد الكربون المستعاد. وعادة ما لا تشتمل البيانات التي يتم الحصول عليها من الوكالات الإحصائية الوطنية على تقديرات عدم التيقن. ومن الممارسة السليمة استشارة الوكالات الإحصائية الوطنية للحصول على المعلومات الخاصة بأخطاء جمع العينات. في الحالات التي تقوم فيها الوكالات الإحصائية الوطنية بتجميع البيانات من مجموعة منشآت إنتاج الأمونيا، فمن غير المتوقع أن حالات عدم التيقن في الإحصائيات الوطنية تختلف عن حالات عدم التيقن التي يتم تحديدها من مشاورات مستوى المصنع. عندما لا تتوافر قيم عدم التيقن من مصادر أخرى، يمكن استخدام القيمة الافتراضية ±5.

4-2-3 ضمان الجودة / مراقبة الجودة والإبلاغ والتوثيق

1-4-2-3 ضمان الجودة / مراقبة الجودة

من *الممارسة السليمة* إجراء فحوصات مراقبة الجودة كما ورد في المجلد 1 في الفصل 6. في حالة استخدام أساليب مستوى أعلى لتحديد الانبعاثات، ينبغي اتباع إجراءات ضمان جودة والقيام بفحوصات مراقبة جودة أكثر اتساعًا. يوصى بأن يستخدم القائمون على الحصر إجراءات ضمان الجودة / مراقبة جودة لمستوى أعلى *للفئات الرئيسية* كما هو محدد في المجلد 1 والفصل 4.

مقارنة معاملات الانبعاث

أيضًا ينبغي أن يتأكد القائمون الحصر مما إذا كانت معاملات الانبعاث المقدرة في نطاق معاملات الانبعاث الافتراضية لأسلوب المستوى 1 أم لا، والتأكد كذلك من اتساق معاملات الانبعاث مع القيمة المحددة وفقًا لتحليل كيمياء العملية. على سبيل المثال، ينبغي ألا يقل معدل توليد ثاني أكسيد الكربون المعتمد على الغاز الطبيعي عن 1.14 طن لثاني أكسيد الكربون لطن الأمونيا المنتجة. إذا كانت معاملات الانبعاث خارج النطاقات المقدرة، فمن *الممارسة السليمة* تقييم وتوثيق الحالات الخاصة بكل مصنع والتي تكون السبب وراء الاختلافات.

عمليات فحص البيانات لكل مصنع

البيانات التالية الخاصة بكل مصنع مطلوبة للمراجعة الكافية لتقديرات الانبعاثات:

- بيانات الأنشطة التي تتألف منها بيانات الإدخال والإخراج، يجب أن تكون بيانات الإدخال متطلب الوقود الكلي - إدخال طاقة الوقود بالإضافة إلى إدخال المادة الأولية؛
- أسلوب التقدير والحسابات؛
- قائمة افتراضات؛
- توثيق أي نتيجة قياس وأسلوب قياس خاص بالمصنع.

في حالة تجميع قياسات الانبعاث لمصانع فردية، يجب أن يتأكد القائمون على الحصر من القيام بالقياسات وفقًا للمعايير الدولية أو الوطنية المعترف بها. يجب أن تشتمل خطة مراقبة الجودة على إجراءات مراقبة الجودة المستخدمة في الموقع وأن تتم الإحالة إليها مباشرة في خطة مراقبة الجودة. إذا كانت ممارسات القياس غير متسقة مع معايير مراقبة الجودة، يجب أن يفكر القائم على الحصر في استخدام هذه البيانات.

3-2-4-2 الإبلاغ والتوثيق

من *الممارسة السليمة* توثيق وأرشفة كل المعلومات المطلوبة لإنشاء تقديرات وطنية لحصر الانبعاثات كما ورد في المجلد 1 في القسم 6-11. ومن غير العملي أن يشتمل تقرير الحصر الوطني على كافة الوثائق. ومع ذلك، ينبغي أن يشتمل الحصر على ملخصات للأساليب المستخدمة ومراجع لبيانات المصدر، وبذلك تكون الانبعاثات التي تم الإبلاغ عنها شفافة ويمكن تتبع خطوات حسابها.

يعتبر الكثير من بيانات الإنتاج والعملية ملكية خاصة بالمشغلين، لاسيما إذا كان هناك عدد قليل للمصانع في البلد. من *الممارسة السليمة* استخدام الأساليب الفنية الملائمة، ويشتمل ذلك على تجميع البيانات، وذلك للتأكد من حماية البيانات السرية. ورد في القسم 2-2 المجلد 1 الخطوط التوجيهية الخاصة بإدارة البيانات السرية.

3-3 إنتاج حمض النيتريك

1-3-3 مقدمة

يتم استخدام حمض النيتريك كمادة خام بشكل أساسي في تصنيع مواد التخصيب النيتروجينية. ربما يتم استخدام حمض النيتريك في إنتاج حمض الاديبيك والمواد المتفجرة (مثل الديناميت)، وطباعة المعادن وفي معالجة المعادن الحديدية.

خلال إنتاج حمض النيتريك (HNO_3)، ينبعث أكسيد النيتروز (N_2O) كمنتج ثانوي غير مقصود لأكسدة الأمونيا الوسيطة مرتفعة درجة الحرارة. وتعتمد كمية أكسيد النيتروز المتكونة، من بين أشياء أخرى، على ظروف الاحتراق (الضغط ودرجة الحرارة)، وتكوين الوسيط والعمر وتصميم وحدة الإحراق (الرابطة الأوروبية لجهات تصنيع مواد التلقيم، 2000أ، ص15). بالإضافة إلى ذلك، يتم إنتاج بعض أكاسيد النيتروجين. ويبدوا واضحًا تكون أكاسيد النتيروجين عند بدء التشغيل وإيقاف التشغيل عندما تكون العملية مستقرة إلى حد ما (الرابطة الأوروبية لجهات تصنيع مواد التلقيم، 2000أ، ص15). كما يتم توليد أكسيد النيتروز في عمليات صناعية أخرى تستخدم أكاسيد النيتروجين أو حمض النيتريك كمادة أولية (مثل إنتاج الكبرولاكتام والجليوكسال وإعادة معالجة الوقود النووي). علاوة على ذلك، يعتبر حمض النيتريك مصدرًا هامًا لأكسيد النيتروز الجوي في حالة عدم تخفيفه ومصدرًا رئيسيًا لانبعاثات أكسيد النيتروز في الصناعات الكيميائية. على خلاف الانبعاثات الأخرى لإنتاج حمض النيتريك، ففي حين أنه لا توجد تقنيات متطورة مصممة خصيصًا لتدمير أكسيد النيتروز (بيريز-راميريز وآخرين، 2003) فقد تم تصميم عدد من التقنيات لتخفيف تأثير أكسيد النيتروز خلال تصنيع حمض النيتريك خلال السنوات الأخيرة. تشتمل الأمثلة على عملية البنزين المنصرف حيث يمكن تقليل انبعاثات أكسيد النيتروز وأكسيد النيتريك (يتطلب ذلك إضافة الأمونيا إلى البنزين المنصرف)، خيار غاز العملية يشتمل على التحلل الوسيط مباشرة بعد الطبقة الرقيقة للبلاتينيوم، وخيار تحلل محفز وسع التأثير. يوجد نوعان من مصانع حمض النيتريك، مصانع الضغط المفرد ومصانع الضغط المزدوج. في مصانع الضغط المفرد تحدث مرحلتا الأكسدة والامتصاص تقريبًا على نفس المستوى، وفي مصانع الضغط المزدوج تحدث مرحلة الامتصاص في ضغط أعلى من ضغط مرحلة الأكسدة.

2-3-3 موضوعات منهجية

يشتمل إنتاج حمض النيتريك على ثلاثة تفاعلات متميزة يمكن تلخيصها فيما يلي:

$$4NH_3 + 5O_2 \rightarrow 4NO + 6H_2O$$
$$2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$$
$$3NO_2 + H_2O \rightarrow 2HNO_3 + NO$$

لم يتم توثيق توليد أكسيد النيتروز خلال إنتاج حمض النيتريك بشكل جيد. وتعتبر خطوات أكسدة النيتروجين ضمن ظروف التقليل الكلية مصادر محتملة لأكسيد النيتروز. كما يتم توثيق أكسيد النيتريك، مادة وسيطة في إنتاج حمض النيتريك، لتيسير تحلل حمض النيتروز وأكسيد النيتروجين في ضغط عالٍ وبدرجة حرارة تتراوح بين 30 إلى 50 درجة مئوية (كوتون وويلكنسون، 1988).

يحدد بيريز-راميريز وآخرين (2003; ص123)(2003، ص 123) ثلاثة تفاعلات وسيطة خلال مرحلة أكسدة الأمونيا التي يمكن أن تؤدي إلى تكوين أكسيد النيتروز:

$$NH_3 + O_2 \rightarrow 0.5N_2O + 1.5H_2O$$
$$NH_3 + 4NO \rightarrow 2.5N_2O + 1.5H_2O$$
$$NH_3 + NO + 0.75O_2 \rightarrow N_2O + 1.5H_2O$$

التفاعلات التي تؤدي إلى تكوين أكسيد النيتروز أو النيتروجين غير مرغوب فيها حيث تقلل من كفاءة تحويل الأمونيا وتقلل من حصيلة المنتج المطلوب، أكسيد النيتريك (بيريز-راميريز وآخرين، 2003، ص 124). لا يمكن تحديد علاقة دقيقة بين إدخال الأمونيا وتكوين أكسيد النيتروز لأنه من الناحية العامة "فإن كمية أكسيد النيتروز التي تتكون تعتمد على ظروف الاحتراق وتحلل وحالة (عمر) الوسيط وتصميم وحدة الإحراق" (بيريز-راميريز وآخرين، 2003، ص 123). وتعتمد انبعاثات أكسيد النيتروز على الكمية المولدة في عملية الإنتاج والكمية التي يتم تدميرها في عملية التخفيف اللاحقة. يمكن أن تكون عملية تخفيف أكسيد النيتروز متعمدة، عبر تركيب معدة مصممة لتدمير أكسيد النيتروز في الأنظمة المصممة لتخفيف الانبعاثات الأخرى مثل أكاسيد النيتروجين.

يحدد بيريز-راميريز وآخرين (2003، ص 126) مقاربات التخفيف كما يلي، ويوضح الجدول 3-2 تدابير التخفيف المرتبطة بكل مقترب:

- تدابير التخفيف الأولية والغرض منها منع تكوين أكسيد النيتروز في وحدة إحراق الأمونيا. ويشتمل ذلك على تعديل عملية أكسدة الأمونيا و/أو الوسيط.
- تعمل تدابير التخفيف الثانوية على إزالة أكسيد النيتروز من التيار المتوسط عالي القيمة، أي من غازات أكسيد النيتروجين بين محول الأمونيا وعمود الامتصاص. وعادة ما يعني ذلك التدخل في أعلى درجة حرارة، مباشرة أسفل وسيط أكسدة الأمونيا.
- تشتمل تدابير التخفيف الثلاثية على معالجة البنزين المنصرف المغادر عمود الامتصاص لتدمير أكسيد النيتروز. وأفضل موضع لتخفيف أكسيد النيتروز هو أعلى توربين توسيع البنزين المنصرف.

- تدابير التخفيف الرباعية هي محلول طرف الأنبوب النقي، حيث تتم معالجة البنزين المنصرف أسفل الموسع في طريقة إلى المدخنة.

الجدول 3-2
مقاربات تخفيف أكسيد النيتروز وتدابير التخفيف

مقاربات التخفيف	تدابير التخفيف
التخفيف الأولي	عملية أكسدة محسنة تعديل الطبقة الرقيقة للبلاتينيوم - الراديوم وسائط احتراق تعتمد على الأكسيدات
التخفيف الثانوي	تحلل متجانس في وحدة الإحراق تحلل محفز في وحدة الإحراق (التحلل المحفز لغاز العملية) التحلل المحفز أسفل وحدة الإحراق (قبل عمود الامتصاص)
التخفيف الثلاثي	التحلل الحراري تخفيض محفز غير محدد (NSCR) تحلل محفز للغاز الذيلي تخفيض محفز محدد (SCR)
التخفيف الرباعي	تخفيض محفز غير محدد (NSCR) تحلل محفز تخفيض محفز محدد (SCR)
المصدر: مقتبس من بيريز-راميريز وآخرين (2003).	

يعتمد التخفيف الذي يتحقق على التقنية المستخدمة مع التدابير الثلاثة التي وردت بعبارة، "تمكين تحقيق معدلات عالية من إزالة أكسيد النيتروز" (>99 في المائة)" (بيريز-راميريز وآخرين، 2003، ص136). علاوة على ذلك، فقد ثبت أنه على الرغم من أن تقنية التخفيض المحفز غير المحدد لتخفيض نسبة أكسيد النيتروز، إلا أن استبدال أنظمة التخفيض المحفز غير المحدد بأنظمة التخفيض الوسيط المحدد عند تخفيض أكاسيد النيتروجين لها تأثير سلبي عند استخدامها لتقليل أكسيد النيتروز. بالإضافة إلى ذلك فإن "نظام التخفيض المحفز غير المحدد ربما لا يكون خيارًا قابلاً للتنفيذ نتيجة لمستويات استهلاك الوقود التي يتطلبها والانبعاثات الثانوية العالية الناجمة عنه" (بيريز-راميريز وآخرين، 2003، ص137).

وسيعتمد اختيار التقنية في المستقبل على الفاعلية الاقتصادية وصرامة التنظيمات المعنية بالانبعاثات. وتتوافر خيارات تتسم بالفعالية الاقتصادية للمصانع الجديدة أكثر من المصانع الحالية. وتعتبر خيارات البنزين المنصرف جذابة نظرًا لأنها لا تتداخل مع العملية. ويعتبر تحلل أكسيد النيتروز المباشر خيارًا جذابًا وفعالاً من الناحية الاقتصادية في المصانع التي تزيد بها درجة حرارة البنزين المنصرف عن 723 درجة. ومع ذلك فإن ثلثي مصانع حمض النيتريك في أوروبا لديها بنزين منصرف منخفض درجة الحرارة. ولتحقيق هذه الغاية، يتطلب الأمر استخدام التسخين المسبق أو مواد اختزال (هيدروكربونات خفيفة أو أمونيا)، مما يحول دون المعالجة اللاحقة. وأكثر الطرق فعالية من الناحية الاقتصادية وأكثرها روعة هي التحلل الوسيط لغاز العملية، والذي يقع في قلب المصنع (وحدة إحراق الأمونيا). ولكن المشكلات المرتبطة بخيار التخفيف هذا هي الثبات الكيميائي والميكانيكي للمادة الوسيطة، فضلاً عن احتمالية فقدان أكسيد النيتروجين. وقد تعامل العديد من مصنعي المواد المحفزة ومنتجي حمض النيتريك مع هذه المشكلة وكانت المواد الوسيطة في المراحل الأولى للتسويق. وتتميز هذه التقنية بميزة تختلف عن خيار البنزين المنصرف، وهي أن هذه التقنية قابلة للتطبيق في المصانع الحالية بصورة استرجاعية. يمكن الحصول على المزيد من التفاصيل حول هذا الخيار في مرجع بيريز-راميريز وآخرين. (2003).

3-2-3-1 اختيار الأسلوب

يعتمد اختيار أسلوب *الممارسة السليمة* على الظروف الوطنية. توضح شجرة القرارات في الشكل 3-2 *الممارسة السليمة* في تكيف الأساليب على الظروف الوطنية. يمكن تقدير الانبعاثات من خلال:

- المراقبة المستمرة للانبعاثات (CEM) حيث يتم قياس الانبعاثات مباشرة طوال الوقت؛
- المراقبة الدورية للانبعاثات وهي التي يتم القيام بها خلال فترة (فترات) تعكس النموذج العادي لتشغيل المصنع لتحديد معامل انبعاث يتضاعف بالإخراج (100 في المائة من حمض النيتريك (HNO_3)) لتحديد الانبعاثات.
- جمع العينات بصورة غير منتظمة لتحديد معامل انبعاث تتم مضاعفته بالإخراج (100 في المائة من حمض النيتريك) لتحديد الانبعاثات.
- مضاعفة معامل الانبعاث الافتراضي بالإخراج (100 في المائة من حمض النيتريك).

تم تصنيف الأساليب وفقًا لمدى بيانات مستوى المصنع المتوافرة. يعتمد المستويان 2 و3 على بيانات أنشطة مستوى المصنع.

أسلوب المستوى 1

يتم تقدير الانبعاثات وفقًا لما يلي:

المعادلة 3-5
انبعاثات أكسيد النيتروز من إنتاج حمض النيتريك – المستوى 1

$$E_{N2O} = EF \bullet NAP$$

حيث:

E_{N2O} = انبعاثات أكسيد النيتروز، كجم

EF = معامل انبعاث أكسيد النيتروز (الافتراضي)، إنتاج كجم أكسيد نيتروز/طن حمض نيتريك

NAP = إنتاج حمض النيتريك، طن

عند استخدام أسلوب المستوى 1، فمن *الممارسة السليمة* افتراض عدم وجود تخفيف لانبعاثات أكسيد النيتروز واستخدام أعلى معامل انبعاث افتراضي اعتمادًا على نوع التقنية الوارد في الجدول 3-3.

أسلوب المستوى 2

يوجد عدد كبير من مصانع حمض النيتريك (يتراوح عددها بين 255 و600 مصنع وفقًا لما ورد في تشوي وآخرين، 1993؛ وبوكمان وجرانيلي، 1994) مع تباين كبير في عوامل توليد أكسيد النيتروز بين أنواع المصانع. ونتيجة لذلك، فقد يتطلب الأمر عوامل افتراضية في أغلبية الأحيان لتقدير انبعاثات أكسيد النيتروز. عند استخدام قيم افتراضية لتقدير الانبعاثات الناجمة عن إنتاج حمض النيتريك، فمن *الممارسة السليمة* تصنيف المصانع حسب النوع واستخدام معامل ملائم لتوليد أكسيد النيتروز.

يستخدم أسلوب المستوى 2 بيانات إنتاج على مستوى المصنع يتم تقسيمها حسب نوع التقنية ومعامل الانبعاث الافتراضي المصنف حسب نوع التقنية. يتم حساب الانبعاثات وفقًا لما يلي:

المعادلة 3-6
انبعاثات أكسيد النيتروز من إنتاج حمض النيتريك – المستوى 2

$$E_{N2O} = \sum_{i,j} \left[EF_i \bullet NAP_i \bullet \left(1 - DF_j \bullet ASUF_j\right)\right]$$

حيث:

E_{N2O} = انبعاثات أكسيد النيتروز، كجم

EF_i = معامل انبعاث أكسيد النيتروز لنوع التقنية *i*، إنتاج كجم أكسيد نيتروز/طن حمض نيتريك

NAP_i = إنتاج حمض النيتريك من نوع التقنية *i*، *طن*

DF_j = معامل التدمير لنوع تقنية التخفيف *j*، *التكسير*

$ASUF_j$ = معامل استخدام نظام التخفيف لنوع تقنية التخفيف *j*، *التكسير*

لاحظ أن معاملات الانبعاث الافتراضية الواردة في الجدول 3-3 تشتمل على التأثير على انبعاثات تقنية التخفيف إذا كانت هناك صلة. لاستخدام هذه المعاملات، يجب أن يتحقق القائمون على الحصر من تركيب تقنية التخفيف في مختلف المصانع وأنه يتم تشغيلها على مدار العام.

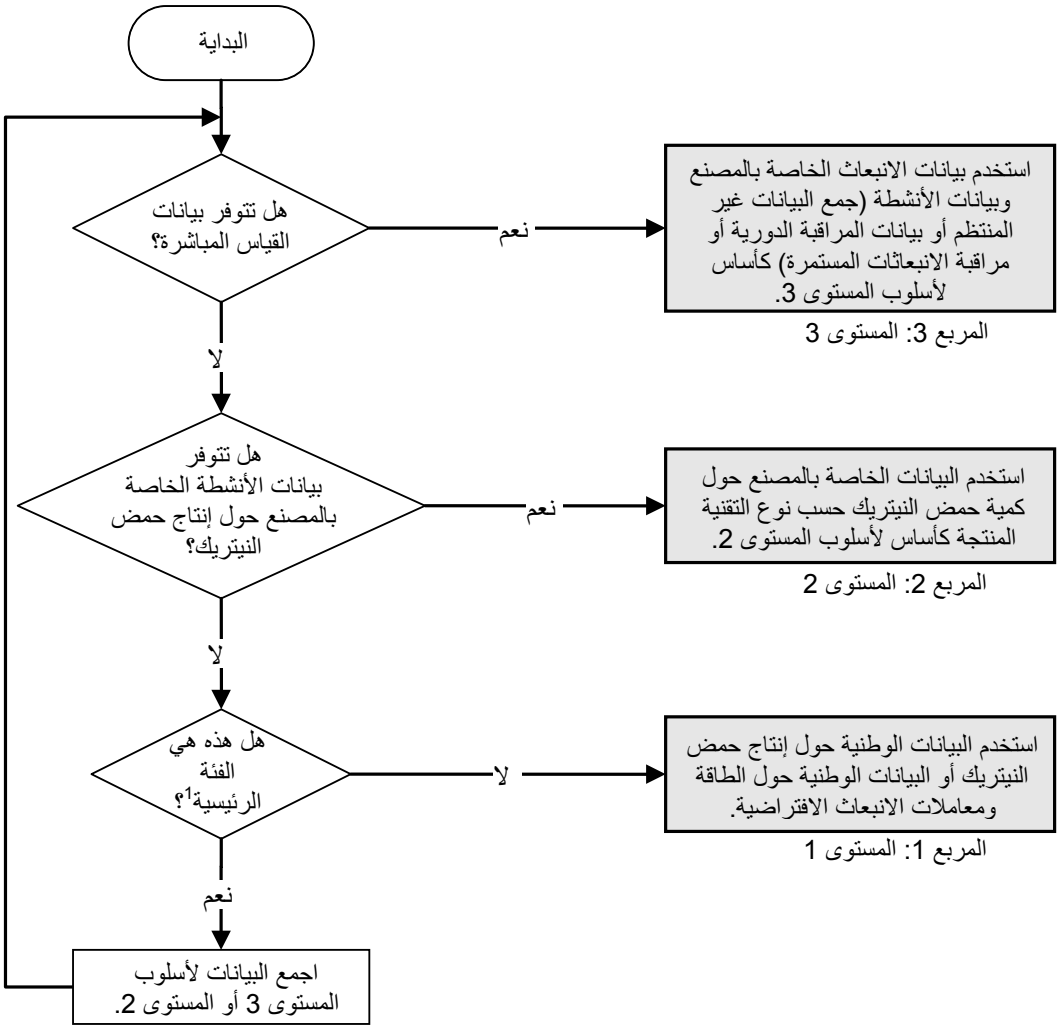
تشتمل المعادلة الأساسية لتقدير انبعاثات أكسيد النيتروز على مصطلحات إضافية تتعرف على إمكانية الاستخدام المستقبلي لتقنية تخفيف أكسيد النيتروز. يمكن مضاعفة معامل تدمير أكسيد النيتروز بمعامل استخدام نظام التخفيف لحساب أي وقت إيقاف لجهاز تخفيف الانبعاث (أي الوقت الذي لا يعمل فيه الجهاز).

أسلوب المستوى 3 – القياس المباشر

في حين أن مقترب المستوى 2 يستعين بمعاملات انبعاث تقنيات معينة تعكس خليط التقنية الوطني، فإن المستوى 3 يعتمد على بيانات قياس حقيقية (مثل (نظام مراقبة الانبعاثات باستمرار (CEMS)). يتم تقسيم بيانات الإنتاج على مستوى المصنع حسب نوع التقنية ويتم الحصول على معاملات الانبعاث على مستوى المصنع عبر القياس المباشر للانبعاثات. وربما يتم تحديد هذه المعاملات عبر جمع عينات انبعاثات أكسيد النيتروز بشكل عشوائي أو المراقبة الدورية لانبعاثات أكسيد النيتروز والتي يتم القيام بها خلال فترة (فترات) تعكس النموذج العادي لتشغيل المصنع. يمكن تحديد الانبعاثات باستخدام المعادلة 3-6.

بدلاً من ذلك، يستخدم أسلوب المستوى 3 نتائج المراقبة المستمرة للانبعاثات، ومع ذلك فقد لوحظ أن معظم المصانع قد لا تستخدم المراقبة المستمرة للانبعاثات نتيجة لتكاليف الموارد. عند استخدام نظام المراقبة المستمرة للانبعاثات، يمكن تقدير الانبعاثات اعتمادًا على مجموع انبعاثات أكسيد النيتروز التي يتم تحديدها وفقًا لتركيب أكسيد النيتروز للانبعاثات التي تمت مراقبتها لكل فترة زمنية مسجلة للمراقبة.

الشكل 3-2 شجرة القرارات لتقييم انبعاثات أكسيد النيتروز من إنتاج حمض النيتريك



ملاحظة:

1. انظر المجلد 1، الفصل 4، اختيار المنهجيات وتعريف الفئات الرئيسية (مع ملاحظة القسم 4-1-2 حول المصادر المحدودة)، للاطلاع على مناقشة الفئات الرئيسية واستخدام شجر القرارات.

3-3-2-2 اختيار معامل الانبعاثات

أسلوب المستوى 1

من *الممارسة السليمة* استخدام أعلى معامل انبعاث اعتمادًا على نوع التقنية الوارد في الجدول 3-3 وافتراض عدم وجود تخفيف لانبعاثات أكسيد النيتروز.

أسلوب المستوى 2

في حالة عدم توافر معاملات مستوى المصنع، فإنه من *الممارسة السليمة* استخدام المعاملات الافتراضية. غالبًا ما تمثل هذه القيم الافتراضية نقطة الوسط أو قيمًا متوسطة لمجموعات البيانات (كما حددها خبير التحليل). ومن غير المعروف إلى أي مدى يمثلون معدل الانبعاث لمصنع معين. يجب استخدام المعاملات الافتراضية الواردة في الجدول 3-3 فقط في الحالات التي لا تتوافر بها قياسات خاصة بالمصنع.

يشتمل الجدول 3-3 على عوامل انبعاثات أكسيد النيتروز وحالات عدم اليقين المرتبطة. العوامل الواردة في الجدول 3-3 للمصانع التي تستخدم تقنية التخفيض الوسيط غير المحدد، (تقنية تخفيف أكاسيد النيتروجين التي يمكن إدارتها لتخفيف أكسيد النيتروز)، تشتمل بالفعل على تأثير تدابير تخفيف أكسيد النيتروز. لاستخدام هذه المعاملات، يجب أن يتحقق القائمون على الحصر من تركيب تقنية التخفيف في مختلف المصانع وأنه يتم تشغيلها على مدار العام.

أسلوب المستوى 3

توفر قياسات المصنع البيانات الأكثر صرامة لحساب صافي الانبعاثات (أي معاملات توليد وتدمير أكسيد النيتروز). يمكن من الناحية العملية مراقبة انبعاثات أكسيد النيتروز الناجمة عن إنتاج حمض النيتريك وذلك لأن هذه مصادر نقطية ويوجد عدد نهائي من مصانع الإنتاج. بالنظر إلى التقنية

وكقاعدة عامة، فمن *الممارسة السليمة* القيام بجمع العينات والتحليل عند قيام المصنع بأي تغييرات جوهرية في المصنع قد تؤدي إلى التأثير على معدل توليد أكسيد النيتروز، ويجب القيام بتحليلات وجمع العينات بدرجة كافية للتأكد من ثبات ظروف التشغيل. بالإضافة إلى ذلك، يجب توجيه الإرشادات سنويًا إلى القائمين على تشغيل المصنع لتحديد تقنيات التدمير المستخدمة والتأكد من استخدامها، وذلك لأن التقنيات تتغير مع مرور الوقت. ويتطلب القياس الدقيق لمعدل الانبعاثات وكفاءة التخفيف قياس كل من تيار الخروج والتيار غير الخاضع للسيطرة. عند توافر بيانات القياس في تيار الخروج، فإنه من *الممارسة السليمة* أن تعتمد معدلات الانبعاثات على هذه البيانات. في هذه الحالة، يجب توفير التقديرات المتوافرة لكفاءة التخفيف لغرض المعلومات فقط ولا يتم استخدامها لحساب الانبعاثات.

الجدول 3-3
المعاملات الافتراضية لإنتاج حمض النيتريك

عملية الإنتاج	معامل انبعاث أكسيد النيتروز (يرتبط بالحمض النقي بنسبة 100 في المائة)
المصانع التي تستخدم تقنية التخفيف الوسيط غير المحدد (كل العمليات)	2 كجم أكسيد نيتروز/طن حمض نيتريك ±10%
المصانع ذات العمليات المدمجة أو البنزين المنصرف لتدمير أكسيد النيتروز	2.5 كجم أكسيد نيتروز/طن حمض نيتريك ±10%
مصانع الضغط الجوي (ضغط منخفض)	5 كجم أكسيد نيتروز/طن حمض نيتريك ±10%
مصانع الاحتراق متوسط الضغط	7 كجم أكسيد نيتروز/طن حمض نيتريك ±20%
مصانع الضغط العالي	9 كجم أكسيد نيتروز/طن حمض نيتريك ±40%
أ NSCR	
المصدر: فان بالكين (2005)	

3-2-3-3 اختيار بيانات الأنشطة

من *الممارسة السليمة* تسجيل تفاصيل بيانات إنتاج تتيح استخدام أسلوب المستوى 2 أو 3، إن أمكن. يجب أن تعتمد بيانات الأنشطة على نسبة 100 في المائة من حمض النيتروز – من *الممارسة السليمة* التأكد من أن بيانات الإنتاج التي تم الإبلاغ عنها هي لحمض النيتروز بنسبة 100 في المائة.

أسلوب المستوى 1

يتطلب أسلوب المستوى 1 البيانات الخاصة بالإنتاج الوطني لحمض النيتريك. ربما تحذف الإحصائيات الوطنية لحمض النيتريك كميات كبيرة من الإجمالي الوطني (انظر التفاصيل في قسم 3-3-2-4 الاستيفاء). في حالة عدم توافر بيانات أنشطة على المستوى الوطني، يمكن استخدام المعلومات الخاصة بسعة الإنتاج. من *الممارسة السليمة* مضاعفة قدرة الإنتاج الكلية الوطنية بمعامل استخدام القدرة يبلغ ±10 في المائة (أي يتراوح بين 70-90 في المائة).

أسلوب المستوى 2

يتطلب أسلوب المستوى 2 بيانات إنتاج على مستوى المصنع مقسمة حسب نوع التقنية ونوع نظام التخفيف. من *الممارسة السليمة* جمع بيانات الأنشطة (الإنتاج) على مستوى من التفاصيل متناسق مع مستوى بيانات التوليد والتدمير. من المفترض أن درجة عدم التيقن من بيانات الإنتاج على مستوى المصنع الافتراضية تبلغ ±2 في المائة نتيجة للقيمة الاقتصادية لامتلاك بيانات اقتصادية دقيقة.

أسلوب المستوى 3

كما هو الحال مع أسلوب المستوى 2، فإن بيانات الإنتاج على مستوى المصنع يتم تقسيمها حسب نوع التقنية ونوع نظام التخفيف. من *الممارسة السليمة* جمع بيانات الأنشطة (الإنتاج) على مستوى من التفاصيل متناسق مع مستوى بيانات التوليد والتدمير. على الرغم من عدم استخدام بيانات الإنتاج عند تقدير الانبعاثات عندما يعتمد التقدير على مراقبة الانبعاثات المستمرة، يجب جمع هذه البيانات والإبلاغ عنها لضمان أن التغيرات التي تؤثر على الانبعاثات يمكن مراقبتها مع مرور الوقت. من المفترض أن درجة عدم التيقن من بيانات الإنتاج على مستوى المصنع الافتراضية تبلغ ±2 في المائة نتيجة للقيمة الاقتصادية لامتلاك بيانات اقتصادية دقيقة.

4-2-3-3 الاستيفاء

يمكن أن تقلل البيانات الإحصائية الوطنية الخاصة بحمض النيتريك من إنتاج حمض النيتريك. وتقترح الدراسات التي تقارن بين الإحصائيات العالمية المسجلة من البيانات الوطنية الخاصة بإنتاج حمض النيتريك مع تقديرات الصناعة للإنتاج العالمي أن الإحصائيات الوطنية تحسب ما يتراوح بين 50 إلى 70 في المائة من الناتج الإجمالي (بوومان وآخرون، 1995؛ أوليفير، 1999). من المحتمل أن يكون ذلك راجعًا إلى أن إنتاج حمض النيتريك يعتبر جزءًا من عمليات إنتاج أكبر، حيث لا يدخل حمض النيتريك إلى التجارة ولا يُحسب في الإحصائيات الوطنية. من *الممارسة السليمة* حساب هذه المصادر عبر أساليب مثل التعرف عليها من خلال السجلات الوطنية لانبعاثات أكاسيد النيتروجين، منتج ثانوي آخر غير مقصود لإنتاج حمض النيتريك.

يعمل نظاما التخفيف الوسيط المحدد والتخفيف الوسيط غير المحدد المستخدمان لتخفيف أكسيد النيتروز على زيادة الانبعاثات الإضافية لأحادي أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون والهيدروكربونات (الميثان والمركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية). ستعتمد هذه الانبعاثات على عامل تقليل الهيدروكربون المستخدم (الميثان (CH_4) والبروبان (C_3H_8) والبروبين (C_3H_6) والغاز منخفض الضغط (LPG). يمكن تقدير الانبعاثات استنادًا إلى كمية عامل التقليل المستخدم واستكمال الاحتراق. يتطلب الأمر توافر معلومات على مستوى المصنع حتى يمكن تقدير الانبعاثات. وبمرور الوقت، سيتم تطوير القيم الافتراضية حيث يتوافر المزيد من المعلومات، ومع ذلك فلا يوجد في الوقت الحاضر قيم افتراضية. لا تشتمل هذه *الخطوط التوجيهية* على أساليب تقدير هذه الانبعاثات، ومع ذلك يوصى بأن يتحقق القائمون على الحصر من مصادر هذه الانبعاثات ووضع المنهجيات الملائمة.

عادة ما سيكون هناك عدد قليل من مصانع حمض النيتريك في البلد، ويُقترح حساب الانبعاثات من البيانات الخاصة بالمصنع. في البلدان التي تُبلغ فيها مجموعة فرعية فقط من المصانع بيانات أسلوب المستوى 3 أو في البلدان التي يجري فيها انتقال من المستوى 2 إلى المستوى 3، ربما لا يمكن الإبلاغ عن الانبعاثات باستخدام المستوى 3 لكل المنشآت خلال المرحلة الانتقالية. في حالة عدم توافر بيانات أسلوب المستوى 3 لكل المصانع، يمكن استخدام المستوى 2 لكل المصانع المتبقية. وكذا في حالة إبلاغ مجموعة فرعية من المصانع عن بيانات المستوى 2 أو في حالة الانتقال من المستوى 1 إلى المستوى 2، ربما يمكن تحديد نصيب الإنتاج الممثل بواسطة المصانع غير المبلغة واستخدام هذا المعلومات لتحديد الانبعاثات المتبقية باستخدام المستوى 1 لتحديد الاستيفاء خلال المرحلة الانتقالية.

5-2-3-3 إعداد متسلسلة زمنية متسقة

يجب إعادة حساب انبعاثات أكسيد النيتروز لكل السنوات عند تغير أساليب الحساب (أي في حالة تغيير القائم على الحصر من استخدام القيم الافتراضية إلى القيم الفعلية المحددة على مستوى المصنع). في حالة عدم توافر بيانات خاصة بالمصنع لكل السنوات للمتسلسلة الزمنية، سيكون من الضروري التفكير في كيفية استخدام قياسات المصنع الحالية لإعادة حساب انبعاثات السنوات السابقة. قد يكون من الممكن تطبيق معاملات الانبعاث الحالية لمصنع معين والخاصة ببيانات الإنتاج من سنوات سابقة، بشرط عدم تغيير عمليات المصنع بشكل جوهري. تقتضي الضرورة إعادة الحساب هذه للتأكد من أن أي تغيرات تطرأ على أنظمة الانبعاث حقيقية وليست تغييرات بشرية في الإجراء. من *الممارسة السليمة* إعادة حساب المتسلسلة الزمنية وفقًا للخطوط التوجيهية الواردة في المجلد 1 في الفصل 5.

3-3-3 تقدير أوجه عدم التيقن

1-3-3-3 حالات عدم التيقن في معامل الانبعاثات

حالات عدم التيقن للقيم الافتراضية الواردة في الجدول 3-3 عبارة عن تقديرات تستند إلى أحكام الخبراء. عمومًا، فإن درجات عدم التيقن لمعاملات الانبعاث الافتراضية للمواد الغازية تكون أعلى وذلك لأن قيم الكتلة للمواد الغازية تتأثر بالتغييرات التي تطرأ على درجة الحرارة والضغط، ويمكن فقدان الغازات بصورة أسهل خلال تسريبات العملية. ويرتفع مستوى درجات عدم التيقن بشكل نسبي بالنسبة للقيم الافتراضية لإنتاج حمض النيتريك، ويرجع ذلك إلى سببين. أولاً، ربما يتم توليد أكسيد النيتروز في قسم مفاعل الطبقة الرقيقة لإنتاج حمض النيتريك كمنتج ثانوي غير مقصود ناجم عن التفاعل (كوك)، 1999). ثانيًا، يمكن أن يكون قد تمت معالجة غاز العادم أو لم تتم معالجته للتحكم في أكاسيد النيتروجين، وربما يقلل نظام تخفيف أو لا يقلل (وربما يزيد) من تركيز أكاسيد النيتروجين للغاز المعالج[1]. ومن الممارسة السليمة الحصول على تقييمات عدم التيقن على مستوى المصنع، والتي ينبغي أن تكون أقل من قيم عدم التيقن المرتبطة بالقيم الافتراضية.

2-3-3-3 حالات عدم التيقن في بيانات الأنشطة

في حين يتم الحصول على بيانات الأنشطة من المصانع، يمكن الحصول على تقديرات عدم التيقن من المنتجين. وعادة ما لا تشتمل البيانات التي يتم الحصول عليها من الوكالات الإحصائية الوطنية على تقديرات عدم التيقن. ومن الممارسة السليمة استشارات الوكالات الإحصائية الوطنية للحصول على المعلومات الخاصة بأخطاء جمع العينات. في الحالات التي تقوم فيها الوكالات الإحصائية الوطنية بتجميع البيانات من مجموعة منشآت إنتاج حمض النيتريك، فمن غير المتوقع أن حالات عدم التيقن في الإحصائيات الوطنية تختلف عن حالات عدم التيقن التي يتم تحديدها من مشاورات مستوى المصنع. عندما لا تتوافر قيم عدم التيقن من مصادر أخرى، يمكن استخدام القيمة الافتراضية ± 2. لتقليل درجات عدم التيقن، من الممارسة السليمة التأكد من أن كافة بيانات الأنشطة هي لنسبة 100 في المائة من حمض النيتريك.

[1] في بعض الحالات، ربما ينتج عن العمليات المصممة لتقليل انبعاثات أكاسيد النيتروجين توليد كميات إضافية من أكسيد النيتروز. وتركيزات أكسيد النيتروز الزائدة نتيجة لتقنية تخفيف أكاسيد النيتروجين قد تم قياسها في العديد من مصانع الطاقة التي تستخدم تقنية التخفيف غير المحفز لأكاسيد النيتروجين (كوك، 1999). من مصنع واحد على الأقل لإنتاج حمض النيتريك، من المعروف أن التحكم في أكاسيد النيتروجين قد أدى إلى زيادة انبعاثات أكسيد النيتروز (بورتخر، 1999).

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

1-4-3-3 ضمان الجودة / مراقبة الجودة

من *الممارسة السليمة* إجراء فحوصات مراقبة الجودة كما ورد في المجلد 1 في الفصل 6. في حالة استخدام أساليب مستوى أعلى لتحديد الانبعاثات، ينبغي اتباع إجراءات ضمان جودة والقيام بفحوصات مراقبة جودة أكثر اتساعًا. يوصى بأن يستخدم القائمون على الحصر إجراءات ضمان الجودة / مراقبة جودة لمستوى أعلى *للفئات الرئيسية* كما هو محدد في المجلد 1 والفصل 4.

مقارنة تقديرات الانبعاثات باستخدام مقاربات مختلفة

في حالة حساب الانبعاثات باستخدام بيانات من مصانع مفردة لحمض النيتريك (المقترب التصاعدي)، يجب أن يقارن القائمون على الحصر تقديرات الانبعاثات التي تم حسابها باستخدام بيانات الإنتاج الوطنية (المقترب التنازلي). وعليهم أن يسجلوا النتائج وأن يفحصوا أي تفاوتات لا يمكن تفسيرها.

وبما أن فئات مصدر أكسيد النيتروز الصناعية تعتبر صغيرة بدرجة نسبية مقارنة بالمصادر البشرية والطبيعية الأخرى، فمن غير المجدي مقارنة الانبعاثات باستخدام اتجاهات تم قياسها في تركيزات أكسيد النيتروز الجوية.

بيانات مستوى المصنع

يجب أن يعمل القائمون على الحصر بأرشفة معلومات كافية للسماح بمراجعة مستقلة للمتسلسلة الزمنية للانبعاثات بدءًا من سنة الأساس، ولتوضيح الاتجاهات في الانبعاثات عند إجراء مقارنات تاريخية. ويعتبر ذلك بالغ الأهمية في الحالات التي تقتضي فيها الضرورة إعادة الحسابات، عندما يتحول القائم على الحصر من استخدام قيم افتراضية إلى قيم فعلية تم تحديدها على مستوى المصنع.

مراجعة قياسات الانبعاثات المباشرة

في حالة توافر قياسات أكسيد النيتروز على مستوى المصنع، يجب أن يؤكد القائمون على الحصر على استخدام أساليب قياسية ومعترف بها دوليًا. إذا أخفقت ممارسات القياس في الوفاء بهذا المعيار، فيجب على القائمين على الحصر تقييم استخدام بيانات الانبعاث هذه. علاوة على ذلك، يجب عليهم أن يفكروا في تقديرات عدم التيقن في ضوء نتائج ضمان الجودة / مراقبة الجودة.

يجب أن يقارن القائمون على الحصر بين المعاملات التي تعتمد على المصنع والقيم الافتراضية للهيئة للتأكد من أن المعاملات الخاصة بالمصنع معقولة. كما يجب عليهم أن يفسروا وأن يوثقوا أي اختلافات بين المعاملات الخاصة بالمصنع والمعاملات الافتراضية، لاسيما أي اختلافات في خصائص المصنع يمكن أن تؤدي إلى هذه الاختلافات.

2-4-3-3 الإبلاغ والتوثيق

من *الممارسة السليمة* توثيق وأرشفة كل المعلومات المطلوبة لإنشاء تقديرات وطنية لحصر الانبعاثات كما ورد في المجلد 1 في القسم 6-11.

فيما يلي بعض الأمثلة على وثائق وتقارير معينة تخص فئة هذا المصدر:

- وصف الأسلوب المستخدم؛
- عدد مصانع حمض النيتريك؛
- معاملات الانبعاث؛
- بيانات الإنتاج؛
- سعة الإنتاج؛
- عدد المصانع التي تستخدم تقنية التخفيف؛
- نوع تقنية التخفيف، وكفاءة التدمير، والاستخدام؛
- أي افتراضات أخرى.

يجب أن يوفر مشغلو المصنع هذه المعلومات للقائم على الحصر لتسجيل وأرشفة هذه المعلومات في الموقع. يجب أن يقوم مشغلو المصنع بتسجيل وأرشفة مرات القياس وسجلات أجهزة المعايرة حيث يتم القيام بقياسات مصنع فعلية.

في حالة وجود إجراء جهة إنتاج واحدة أو جهتين في البلد، فربما تعتبر بيانات الأنشطة من المعلومات السرية. في هذه الحالة يجب أن يحدد المشغلون والقائم على الحصر مستوى التجميع الذي يمكن على أساسه الإبلاغ عن المعلومات وفي نفس الوقت الحفاظ على السرية. يجب أرشفة المعلومات التفصيلية، ويشتمل ذلك على سجلات الأجهزة، على مستوى المصنع.

ومن غير العملي أن يشتمل تقرير الحصر الوطني على كافة الوثائق. ومع ذلك، ينبغي أن يشتمل الحصر على ملخصات للأساليب المستخدمة ومراجع لبيانات المصدر، وبذلك تكون الانبعاثات التي تم الإبلاغ عنها شفافة ويمكن تتبع خطوات حسابها.

4-3 إنتاج حمض الاديبيك

1-4-3 مقدمة

يتم استخدام حمض الاديبيك في تصنيع عدد كبير من المنتجات، من بينها الألياف الصناعية والدهانات واللدائن ورغاوي اليوريثان والإلسترومیرات ومواد التزليق الصناعية. عند إنتاج النايلون 6.6 يتم استخدام كميات كبيرة من حمض الاديبيك. كما ورد في هوكينج (1998، ص 657) فإن "نسبة كبيرة من تكسير هذا الاستهلاك تكون مباشرة، كما هو الحال مع حمض الاديبيك في إنتاج النايلون 6.6، لكن كمية كبيرة من التكسير الأساسي لحمض الاديبيك تتم معالجتها لاحقًا لإنتاج ديامين الميثيلين السداسي، والمواد أحادية الوحدة الأخرى المطلوبة. يتم تحول كمية إضافية من تكسير حمض الاديبيك إلى إسترات الدي كتويل (دي-2-إيثيلهيكسال) أو الدي هيكسال للاستخدام كملدنات للحصول على درجات مرنة من كلوريد البولي فينيل (PVC) وما إلى ذلك أو كمكون لنقطة غليان عالية لزيوت المركبات الصناعية".

2-4-3 موضوعات منهجية

حمض الاديبيك عبارة عن حمض الديكاربوكسيليك المُصنع من مزيج من السيكلوهيكسانون/السيكلوهيكسانول الذي تتم أكسدته بواسطة حمض النيتريك في حضور وسيط لتكوين حمض الاديبيك. يتم توليد حمض النيتروز كمنتج ثانوي غير مقصود لمرحلة أكسدة حمض النيتريك.

$$(CH_2)_5CO \text{ (السيكلوهيكسانون) } + (CH_2)_5CHOH \text{ (السيكلوهيكسانول) } + \rightarrow wHNO_3$$
$$HOOC(CH_2)_4COOH \text{ (حمض الاديبيك) } + xN_2O + yH_2O$$

يعتبر حمض الاديبيك مصدرًا هامًا لأكسيد النيتروز الجوي في حالة عدم تخفيفه. وتعتمد انبعاثات أكسيد النيتروز على الكمية المولدة في عملية الإنتاج والكمية التي يتم تدميرها في عملية التخفيف اللاحقة. يمكن أن يكون تخفيف أكسيد النيتروز مقصودًا من خلال تركيب معدة مصممة خصيصًا لتدمير أكسيد النيتروز في مصانع حمض الاديبيك. يمكن أن يؤدي إنتاج حمض الاديبيك على انبعاثات مركبات عضوية متطايرة غير ميثانية وأحادي الكربون وأكاسيد النيتروجين. وتختلف انبعاثات العملية لإنتاج حمض الاديبيك اختلافًا جوهريًا وذلك حسب وسيلة التحكم في الانبعاثات المستخدمة.

1-2-4-3 اختيار الأسلوب

توضح شجرة القرارات في الشكل 3-3 *الممارسة السليمة* في تكييف الأساليب على الظروف الوطنية. يمكن تقدير الانبعاثات من خلال المراقبة المستمرة للانبعاثات حيث يتم قياس الانبعاثات مباشرة في كافة الأوقات، أو من خلال المراقبة الدولية للانبعاثات والتي يتم القيام بها خلال فترة (فترات) تعكس النمط العادي لتشغيل المصنع لتحديد معامل انبعاث تتم مضاعفته في الإخراج لتحديد الانبعاثات، أو جمع العينات العشوائية لتحديد معامل انبعاث تتم مضاعفته في الإخراج لتحديد الانبعاثات أو مضاعفة معامل الانبعاث الافتراضي في الإخراج.تم تصنيف الأساليب وفقًا لمدى بيانات مستوى المصنع المتوافرة. يعتمد المستويان 2 و3 على بيانات أنشطة مستوى المصنع.

أسلوب المستوى 1

يتم تقدير الانبعاثات وفقًا لما يلي:

المعادلة 3-7
انبعاثات أكسيد النيتروز من إنتاج حمض الاديبيك – المستوى 1

$$E_{N2O} = EF \bullet AAP$$

حيث:

E_{N2O} = انبعاثات أكسيد النيتروز، كجم

EF = معامل انبعاث أكسيد النيتروز (الافتراضي)، إنتاج كجم أكسيد نيتروز/طن حمض اديبيك

AAP = إنتاج حمض الاديبيك، طن

عند استخدام أسلوب المستوى 1، فمن *الممارسة السليمة* افتراض عدم وجود تخفيف لانبعاثات أكسيد النيتروز واستخدام أعلى معامل انبعاث افتراضي الوارد في الجدول 3-4.

أسلوب المستوى 2

يستخدم أسلوب المستوى 2 بيانات إنتاج على مستوى المصنع ومعاملات الانبعاث الافتراضية. عند استخدام القيم الافتراضية لتقدير الانبعاثات، فمن *الممارسة السليمة* تصنيف المصانع وفقًا لنوع تقنية التخفيف المستخدم ومعامل الاستخدام لتقنية التخفيف. يتم حساب الانبعاثات وفقًا لما يلي:

المعادلة 3-8
انبعاثات أكسيد النيتروز من إنتاج حمض الاديبيك – المستوى 2

$$E_{N2O} = \sum_{i,j} \left[EF_i \bullet AAP_i \bullet \left(1 - DF_j \bullet ASUF_j\right)\right]$$

حيث:

E_{N2O} = انبعاثات أكسيد النيتروز، كجم

EF_i = معامل انبعاث أكسيد النيتروز لنوع التقنية *i*، إنتاج كجم أكسيد نيتروز/طن حمض الاديبيك

AAP_i = إنتاج حمض الاديبيك من نوع التقنية *i*، *طن*

DF_j = معامل التدمير لنوع تقنية التخفيف *j*، *التكسير*

$ASUF_j$ = معامل استخدام نظام التخفيف لنوع تقنية التخفيف *j*، *التكسير*

تشتمل المعادلة الأساسية لتقدير انبعاثات أكسيد النيتروز على مصطلحات إضافية تتعرف على إمكانية استخدام تقنية تخفيف أكسيد النيتروز. يجب مضاعفة معامل تدمير أكسيد النيتروز بمعامل استخدام نظام التخفيف لحساب وقت إيقاف جهاز تخفيف الانبعاث (أي الوقت الذي لا يعمل فيه الجهاز).

لتحقيق أعلى درجات الدقة، من *الممارسة السليمة* استخدام هذه المعادلة على مستوى المصنع مع استخدام معاملات تدمير وتوليد أكسيد النيتروز التي تم تحديدها من بيانات قياسات خاصة بالمصنع. في هذه الحالة، يساوي الإجمالي الوطني حجم إجمالي المصانع. في حالة عدم توافر معلومات على مستوى المصنع، فإنه من *الممارسة السليمة* توفير معاملات توليد وتدمير أكسيد النيتروز كما وردت في الجدول 3-4، المعاملات الافتراضية لإنتاج حمض الاديبيك، اعتمادًا على تقنيات التخفيف المستخدمة. لاستخدام هذه المعاملات، يجب أن يتحقق القائمون على الحصر من تركيب تقنية التخفيف في مختلف المصانع وأنه يتم تشغيلها على مدار العام.

أسلوب المستوى 3 – القياس المباشر

يستخدم أسلوب المستوى 3 بيانات إنتاج على مستوى المصنع ومعاملات الانبعاث على مستوى المصنع التي تم الحصول عليها من القياس المباشر للانبعاثات. وربما يتم تحديد هذه المعاملات عبر جمع عينات انبعاثات أكسيد النيتروز بشكل عشوائي أو المراقبة الدورية لانبعاثات أكسيد النيتروز والتي يتم القيام بها خلال فترة (فترات) تعكس النمط العادي لتشغيل المصنع. يمكن تحديد الانبعاثات باستخدام المعادلة 3-8. لتحقيق أعلى درجات الدقة، من *الممارسة السليمة* استخدام هذه المعادلة على مستوى المصنع مع استخدام معاملات تدمير وتوليد أكسيد النيتروز التي تم تحديدها من بيانات قياسات خاصة بالمصنع إذا كانت مرتبطة. بالنظر إلى قلة عدد مصانع حمض الاديبيك (حوالي 23 على مستوى العالم، تشوي وآخرين، 1993) فإن الحصول على معلومات خاصة بالمصنع يتطلب عددًا من المصادر الإضافية القليلة.

بدلاً من ذلك، يستخدم أسلوب المستوى 3 نتائج المراقبة المستمرة للانبعاثات، ومع ذلك فقد لوحظ أن معظم المصانع قد لا تستخدم المراقبة المستمرة للانبعاثات نتيجة لتكاليف الموارد. عند استخدام نظام المراقبة المستمرة للانبعاثات، يمكن تقدير الانبعاثات اعتمادًا على مجموع انبعاثات أكسيد النيتروز التي يتم تحديدها وفقًا لتركيب أكسيد النيتروز للانبعاثات التي تمت مراقبتها لكل فترة زمنية مسجلة للمراقبة.

3-4-2-2 اختيار معامل الانبعاثات

أسلوب المستوى 1

من *الممارسة السليمة* استخدام معامل الانبعاث الافتراضي الوارد في الجدول 3-4 وافتراض عدم وجود تخفيف لانبعاثات أكسيد النيتروز.

أسلوب المستوى 2

في حالة عدم توافر معاملات مستوى المصنع، فإنه من *الممارسة السليمة* استخدام المعاملات الافتراضية. يعتمد أسلوب المستوى 2 على معاملات الانبعاث الافتراضية. غالبًا ما تمثل هذه القيم الافتراضية نقطة الوسط أو قيمًا متوسطة لمجموعات البيانات (كما حددها خبير التحليل). ومن غير المعروف إلى أي مدى يمثلون معدل الانبعاث لمصنع معين. يجب استخدام المعاملات الافتراضية الواردة في الجدول 3-4 فقط في الحالات التي لا تتوافر بها قياسات خاصة بالمصنع.

كما يشتمل الجدول 3-4 على المعاملات الافتراضية لتدمير أكسيد النيتروز لتقنيات التخفيف شائعة الاستخدام ودرجات عدم اليقين المرتبطة بها. لاستخدام هذه المعاملات، يجب أن يتحقق القائمون على الحصر من تركيب تقنية التخفيف في مختلف المصانع وأنه يتم تشغيلها على مدار العام. ويمكن أن يؤدي الإخفاق في تحديد استخدام تقنيات التخفيف من عدمه إلى الإفراط في تقدير الانبعاثات. ويتطلب تحديد القيم الملائمة تصنيف المصانع وفقًا لتقنية التخفيف المستخدمة.

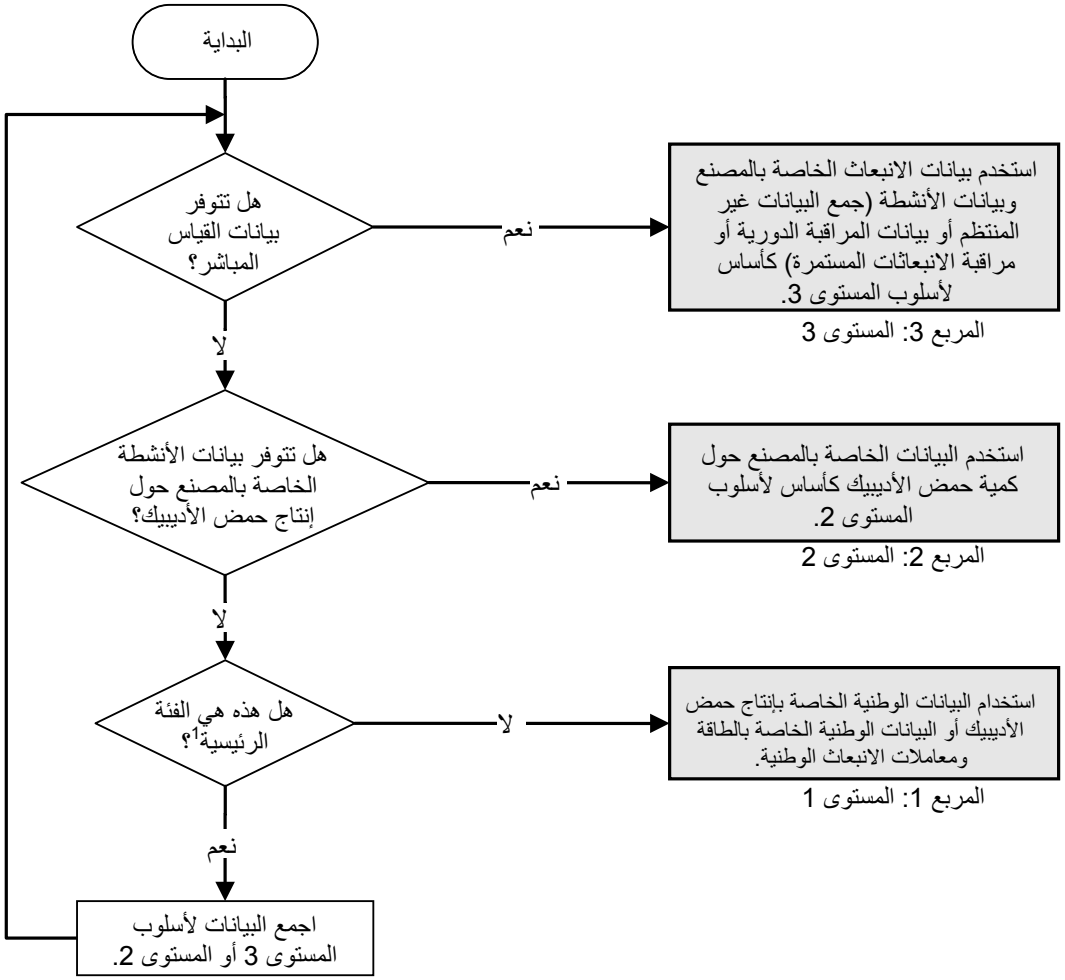
أسلوب المستوى 3

يتطلب أسلوب المستوى 3 الحصول على قياسات المصنع. في حالة عدم استخدام نظام لتخفيف أكسيد النيتروز، توفر قياسات المصنع البيانات الأكثر صرامة لحساب صافي الانبعاثات (أي معاملات توليد وتدمير أكسيد النيتروز). يمكن من الناحية العملية مراقبة انبعاثات أكسيد النيتروز الناجمة عن إنتاج حمض الاديبيك وذلك لأن هذه مصادر نقطية ويوجد عدد نهائي من مصانع الإنتاج. بالنظر إلى التقنية المتوافرة حاليًا، فإن أجهزة جميع العينات ومراقبة معدلات الانبعاث لا تحد من دقة القياسات الكلية. وعادة ما يكون عدد مرات وتوقيت جمع العينات كافيًا لتفادي الأخطاء المنهجية ولتحقيق المستوى المطلوب من الدقة.

في حالة عدم استخدام نظام لتخفيف أكسيد النيتروز، يمكن الحصول على معامل انبعاث خاص بالمصنع من خلال المراقبة الدورية للانبعاثات والتي يتم ضربها في مستوى الإنتاج لتقدير الانبعاثات على مستوى المصنع.

وكقاعدة عامة، فمن *الممارسة السليمة* القيام بجمع العينات والتحليل عند قيام المصنع بأي تغييرات جوهرية في المصنع قد تؤدي إلى التأثير على معدل توليد أكسيد النيتروز، ويجب القيام بتحليلات وجمع العينات بدرجة كافية للتأكد من ثبات ظروف التشغيل. بالإضافة إلى ذلك، يجب توجيه الإرشادات سنويًا إلى القائمين على تشغيل المصنع لتحديد تقنيات التدمير المستخدمة والتأكد من استخدامها، وذلك لأن التقنيات تتغير مع مرور الوقت. ويتطلب القياس الدقيق لمعدل الانبعاثات وكفاءة التخفيف قياس كل من تيار الخروج والتيار غير الخاضع للسيطرة. عند توافر بيانات القياس في تيار الخروج، فإنه من *الممارسة السليمة* أن تعتمد معدلات الانبعاثات على هذه البيانات. في هذه الحالة، يجب توفير التقديرات المتوافرة لكفاءة التخفيف لغرض المعلومات فقط ولا يتم استخدامها لحساب الانبعاثات.

الشكل 3-3 شجرة القرارات لتقييم انبعاثات أكسيد النيتروز من إنتاج حمض الاديبيك



ملاحظة:

1. انظر المجلد 1، الفصل 4، اختيار المنهجيات وتعريف الفئات الرئيسية (مع ملاحظة القسم 4-1-2 حول المصادر المحدودة)، للاطلاع على مناقشة الفئات الرئيسية واستخدام شجر القرارات.

الجدول 3-4
المعاملات الافتراضية لإنتاج حمض الاديبيك

عملية الإنتاج	معامل إنتاج أكسيد النيتروز [أ، د]	تقدير حالة عدم التيقن
أكسدة حمض الاديبيك	300 كجم/طن حمض اديبيك (غير متحكم فيه)	±10% (اعتمادًا على تقييم الخبراء). يشتمل نطاق 300 كجم على ±10% من التنوع من المواد الأولية للكيتون النقي إلى الكحول النقي، مع وجود الجهات المصنعة في أماكن أخرى في منطقة الوسط. [أ]
تقنية التخفيف	**معامل تدمير أكسيد النيتروز [ب]**	**تقدير حالة عدم التيقن**
التدمير المحفز	%92.5	90-95% (اعتمادًا على تقييم الخبراء). من بين الجهات المصنعة المعروف عنها استخدام هذه التقنية: بي أيه إس إف (سكوت، 1998) ودوبونت (ريمير، 1999ب).
التدمير الحراري	%98.5	98-99% (اعتمادًا على تقييم الخبراء). من بين الجهات المصنعة المعروف عنها استخدام هذه التقنية: أساهي ودوبونت وباير وسولوشيا (سكوت، 1998).
إعادة التدوير إلى حمض النيتريك	%98.5	98-99% (اعتمادًا على تقييم الخبراء). من بين الجهات المصنعة المعروف عنها استخدام هذه التقنية: ألساتشمي (سكوت، 1998).
إعادة التدوير للحصول على المادة الأولية لحمض الاديبيك	%94	90-98% (اعتمادًا على تقييم الخبراء). استخدمت سولوشيا هذه التقنية في عام 200 تقريبًا.
نظام التخفيف	**معامل الاستخدام [د]**	**تقدير حالة عدم التيقن**
التدمير الوسيط	%89	80-98% (اعتمادًا على تقييم الخبراء).
التدمير الحراري	%97	95-99% (اعتمادًا على تقييم الخبراء).
إعادة التدوير إلى حمض النيتريك	%94	90-98% (اعتمادًا على تقييم الخبراء).
إعادة التدوير إلى حمض الاديبيك	%89	80-98% (اعتمادًا على تقييم الخبراء).

[أ] فيما يخص قيمة هيئة البيئة اليابانية (1995) (282 كجم أكسيد النيتروز/طن حمض اديبيك)، يُعتقد أن هذه الجهة المصنعة تستخدم عملية أكسدة السيكلوهيكسانول (الكحول)، بدلاً من مزيج الكحول-الكيتون (ريمير وآخرون، 1999). وهذا هو المصنع الوحيد المعروف عنه استخدام هذا الأسلوب.

[ب] يجب مضاعفة معامل التدمير (الذي يمثل كفاءة تقنية التخفيف) في معامل الاستفادة من نظام التخفيف.

[ج] لاحظ أن هذه المعاملات الافتراضية تعتمد على آراء الخبراء وليست بيانات تعتمد على الصناعة أو قياسات خاصة بالمصنع. في الفترة التي تراوحت بين السنة الأولى إلى السنة الخامسة من استخدام تقنية التخفيف، كان معامل الاستخدام يميل إلى الطرف الأسفل للنطاق. تنجم الاستفادة المنخفضة للمعدة عن الحاجة إلى معرفة كيفية تشغيل نظام التخفيف ولأن العديد من مشكلات الصيانة تحدث خلال المرحلة الأولية. بعد 1-5 سنوات، تتحسن خبرة التشغيل ويميل معامل الاستخدام إلى الطرف العلوي للنطاق.

المصدر:
[د] ثيامانس وتروجلر (1991).
[هـ] ريمير (1999ب).

3-2-4-3 اختيار بيانات الأنشطة

من *الممارسة السليمة* تسجيل تفاصيل بيانات إنتاج تتيح استخدام أسلوب المستوى 2 أو 3.

أسلوب المستوى 1

يتطلب أسلوب المستوى 1 البيانات الخاصة بالإنتاج الوطني لحمض الاديبيك. في حالة عدم توافر بيانات أنشطة على المستوى الوطني، يمكن استخدام المعلومات الخاصة بسعة الإنتاج. من *الممارسة السليمة* ضرب قدرة الإنتاج الكلية الوطنية في معامل استخدام القدرة يبلغ ±10 في المائة (أي يتراوح بين 70-90 في المائة).

أسلوب المستوى 2

يتطلب أسلوب المستوى 2 بيانات إنتاج على مستوى المصنع مقسمة حسب نوع التقنية. من *الممارسة السليمة* جمع بيانات الأنشطة (الإنتاج) على مستوى من التفاصيل متناسق مع مستوى بيانات التوليد والتدمير. بيانات الإنتاج على مستوى المصنع الافتراضية دقيقة وتبلغ ±2 في المائة نتيجة للقيمة الاقتصادية لامتلاك بيانات دقيقة.

أسلوب المستوى 3

كما هو الحال مع أسلوب المستوى 2، فإن بيانات الإنتاج على مستوى المصنع التي تم فصلها حسب نوع تقنية التخفيف مطلوبة عندما يتم تحديد تقديرات الانبعاثات باستخدام بيانات من جمع العينات الدوري أو العشوائي للانبعاثات. من *الممارسة السليمة* جمع بيانات الأنشطة (الإنتاج) على مستوى من التفاصيل متناسق مع مستوى بيانات التوليد والتدمير. على الرغم من عدم استخدام بيانات الإنتاج عند تقدير الانبعاثات عندما يعتمد التقدير على المراقبة المستمرة للانبعاثات، يجب جمع هذه البيانات والإبلاغ عنها لضمان أن التغيرات التي تؤثر على الانبعاثات يمكن مراقبتها مع مرور الوقت. بيانات الإنتاج على مستوى المصنع الافتراضية دقيقة بدرجة ±2 في المائة نتيجة للقيمة الاقتصادية لامتلاك بيانات دقيقة.

4-2-4-3 الاستيفاء

تتسم التغطية الكاملة لفئة مصدر حمض الاديبيك بالوضوح نظرًا لقلة عدد المصانع المحددة بيسر.

5-2-4-3 إعداد متسلسلة زمنية متسقة

يجب إعادة حساب انبعاثات أكسيد النيتروز لكل السنوات عند تغير أساليب الحساب (أي في حالة تغيير القائم على الحصر من استخدام القيم الافتراضية إلى القيم الفعلية المحددة على مستوى المصنع). في حالة عدم توافر بيانات خاصة بالمصنع لكل السنوات للمتسلسلة الزمنية، سيكون من الضروري التفكير في كيفية استخدام قياسات المصنع الحالية لإعادة حساب انبعاثات السنوات السابقة. قد يكون من الممكن تطبيق معاملات الانبعاث الحالية لمصنع معين والخاصة ببيانات الإنتاج من سنوات سابقة، بشرط عدم تغيير عمليات المصنع بشكل جوهري. تقتضي الضرورة إعادة الحساب هذه للتأكد من أن أي تغيرات تطرأ على أنظمة الانبعاث حقيقية وليست تغييرات بشرية في الإجراء. من *الممارسة السليمة* إعادة حساب المتسلسلة الزمنية وفقًا للخطوط التوجيهية الواردة في المجلد 1 في الفصل 5.

3-4-3 تقدير أوجه عدم التيقن

1-3-4-3 حالات عدم التيقن في معامل الانبعاثات

حالات عدم التيقن للقيم الافتراضية الواردة في الجدول 3-4 عبارة عن تقديرات تستند إلى أحكام الخبراء. عمومًا، تعتبر المعاملات الافتراضية لانبعاثات حمض الاديبيك يقينية بدرجة نسبية وذلك لأنها محددة من خلال الحسابات الرياضية الكيميائية لتفاعل كيميائي غير مقصود (أكسدة حمض النيتريك) وأنظمة تخفيف خاصة بأكسيد النيتروز. تمثل حالة عدم التيقن في معامل الانبعاث لحمض الاديبيك تغيرًا في توليد أكسيد النيتروز نتيجة لحدوث اختلافات في تكوين المادة الأولية للسيكلوهيكسانون أو السيكلوهيكسانول (أي الكيتون والكحول) التي يستخدمها مصنعون مختلفون. يؤدي مستوى الكيتون العالي إلى زيادة توليد أكسيد النيتروز، في حين أن مستوى الكحول العالي يؤدي إلى انخفاض توليد أكسيد النيتروز (ريمير، 1999أ). واعتمادًا على العملية، وحسب استهلاك حمض النيتريك يجب أن يكون المصنع الواحد قادرًا على تحديد إنتاج أكسيد النيتروز ضمن 1 في المائة. تظهر حالات عدم التيقن للقيم الافتراضية في الجدول 3-4.

2-3-4-3 حالات عدم التيقن في بيانات الأنشطة

الانبعاثات المحتملة لأكسيد النيتروز للطن المتري أعلى بدرجة كبيرة لإنتاج حمض الاديبيك من المصادر الصناعية الأخرى لأكسيد النيتروز. القياسات التي يتم الحصول عليها من أنظمة المراقبة جيدة الصيانة والمعايرة يمكن أن تحدد الانبعاثات باستخدام المعادلة 3-8 ضمن ±5 في المائة بمستوى ثقة يصل إلى 95 في المائة. بالنظر إلى قلة عدد مصانع حمض الاديبيك، فإن حالة عدم التيقن في بيانات الإنتاج الوطنية (المستوى 1) هي نفسها للبيانات التي على مستوى المصنع، بالتحديد ±2 في المائة.

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

1-4-4-3 ضمان الجودة / مراقبة الجودة

من *الممارسة السليمة* إجراء فحوصات مراقبة الجودة كما وردت في المجلد 1، الفصل 6 وأن يقوم خبير بمراجعة تقديرات الانبعاثات. وكذا يمكن تطبيق فحوصات إضافية لمراقبة الجودة كما وردت في المجلد 1 وإجراءات ضمان الجودة، لا سيما في حالة استخدام أساليب مستوى أعلى لتحديد الانبعاثات الناجمة عن فئة المصدر هذه. يوصى بأن يستخدم القائمون على الحصر إجراءات ضمان الجودة / مراقبة جودة لمستوى أعلى للفئات الرئيسية كما هو محدد في المجلد 1 و الفصل 4.

بالإضافة إلى الخطوط التوجيهية الواردة في المجلد 1، فيما يلي إجراءات معينة ذات صلة بفئة المصدر هذه.

مقارنة تقديرات الانبعاثات باستخدام مقاربات مختلفة

في حالة حساب الانبعاثات باستخدام بيانات من مصانع مفردة لحمض الاديبيك (المقترب التصاعدي)، يجب أن يقارن القائمون على الحصر تقديرات الانبعاثات التي تم حسابها باستخدام بيانات الإنتاج الوطنية (المقترب التنازلي). وعليهم أن يسجلوا النتائج وأن يفحصوا أي تفاوتات لا يمكن تفسيرها.

وبما أن فئات مصدر أكسيد النيتروز الصناعية تعتبر صغيرة بدرجة نسبية مقارنة بالمصادر البشرية والطبيعية الأخرى، فمن غير المجدي مقارنة الانبعاثات باستخدام اتجاهات تم قياسها في تركيزات أكسيد النيتروز الجوية.

بيانات مستوى المصنع

يجب أن يعمل القائمون على الحصر على أرشفة معلومات كافية تتيح مراجعة مستقلة للمتسلسلات الزمنية للانبعاثات التي تبدأ في السنة الأساسية، ولشرح الاتجاهات في الانبعاثات عند إجراء مقارنات تاريخية. ويعتبر ذلك بالغ الأهمية في الحالات التي تقتضي فيها الضرورة إعادة الحسابات، عندما يتحول القائم على الحصر من استخدام قيم افتراضية إلى قيم فعلية تم تحديدها على مستوى المصنع.

مراجعة قياسات الانبعاثات المباشرة

في حالة توافر قياسات أكسيد النيتروز على مستوى المصنع، يوصى بأن يؤكد القائمون على الحصر على استخدام أساليب قياسية ومعترف بها دوليًا. إذا أخفقت ممارسات القياس بالوفاء بهذا القياس، فيجب على القائمين على الحصر تقييم استخدام بيانات الانبعاث هذه. علاوة على ذلك، يجب عليهم أن يفكروا في تقديرات عدم التيقن في ضوء نتائج ضمان الجودة / مراقبة الجودة.

يوصى بأن يقارن القائمون على الحصر بين المعاملات التي تعتمد على المصنع والقيم الافتراضية للهيئة للتأكد من أن المعاملات الخاصة بالمصنع معقولة. كما يجب عليهم أن يوضحوا وأن يوثقوا أي اختلافات بين المعاملات الخاصة بالمصنع والمعاملات الافتراضية، لاسيما أي اختلافات في خصائص المصنع يمكن أن تؤدي إلى هذه الاختلافات.

3-4-4-2 الإبلاغ والتوثيق

من *الممارسة السليمة* توثيق وأرشفة كل المعلومات المطلوبة لإنشاء تقديرات وطنية لحصر الانبعاثات كما ورد في المجلد 1 في القسم 6-11.

فيما يلي بعض الأمثلة على وثائق وتقارير معينة تخص فئة هذا المصدر:

- وصف الأسلوب المستخدم؛
- عدد مصانع حمض الاديبيك؛
- معاملات الانبعاث؛
- بيانات الإنتاج؛
- سعة الإنتاج؛
- عدد المصانع التي تستخدم تقنية التخفيف؛
- نوع تقنية التخفيف، وكفاءة التدمير، والاستخدام؛
- أي افتراضات أخرى.

يجب أن يوفر مشغلو المصنع هذه المعلومات للقائم على الحصر لتسجيلها وأرشفة هذه المعلومات في الموقع. يجب أن يقوم مشغلو المصنع بتسجيل وأرشفة مرات القياس وسجلات أجهزة المعايرة حيث يتم القيام بقياسات مصنع فعلية.

في حالة وجود جهة أو جهتين للإنتاج في البلد، وهي الحالة الغالبة في إنتاج حمض الاديبيك، يمكن أن تندرج بيانات الأنشطة تحت تصنيف السرية. في هذه الحالة يجب أن يحدد المشغلون والقائم على الحصر مستوى التجميع الذي يمكن على أساسه الإبلاغ عن المعلومات وفي نفس الوقت الحفاظ على السرية. يجب أرشفة المعلومات التفصيلية، ويشتمل ذلك على سجلات الأجهزة، على مستوى المصنع.

ومن غير العملي أن يشتمل تقرير الحصر الوطني على كافة الوثائق. ومع ذلك، ينبغي أن يشتمل الحصر على ملخصات للأساليب المستخدمة ومراجع لبيانات المصدر، وبذلك تكون الانبعاثات التي تم الإبلاغ عنها شفافة ويمكن تتبع خطوات حسابها.

5-3 إنتاج الكبرولاكتام والجليوكسال وحمض الجليوكسال

1-5-3مقدمة

يتناول هذا الفصل إنتاج ثلاث مواد كيميائية، وهي الكبرولاكتام والجليوكسال وحمض الجليوكسال، والتي تعتبر من المصادر الهامة لانبعاثات أكسيد النيتروز في البلدان التي يتم إنتاج هذه المواد الكيميائية فيها. وقد تمت مناقشة منهجية الكبرولاكتام بالتفصيل وهي ملائمة للاستخدام من أجل تقدير انبعاثات الجليوكسال والحمض الجليوكسال. في قسم 3-5-3، ورد شرح عمليات إنتاج الجليوكسال وحمض الجليوكسال التي ينجم عنها انبعاثات أكسيد النيتروز. وقد تم توضيح المعاملات الافتراضية للتوليد ومعاملات التدمير ومعاملات الانبعاث بناءً على معلومات من كلارياننت (فرنسا) (بابوسياكوس، 2005).

2-5-3 الكبرولاكتام

يتم استهلاك كل الإنتاج السنوي للكبرولاكتام ($C_6H_{11}NO$) تقريبًا على أنه مركب أحادي الوحدة لألياف ولدائن النايلون – 6 (كيرك-أوثمير، 1999؛ ص310)، مع استخدام كمية كبيرة من الألياف في صناعة السجاد. وتعتمد كافة العمليات التجارية لصناعة الكبرولاكتام على التوليووين أو البنزين.

1-2-5-3 موضوعات منهجية

عند إنتاج الكبرولاكتام من البنزين، العملية الرئيسية، تتم هدرجة البنزين إلى سيكلوهيكسان، والذي تتم أكسدته لإنتاج السيكلوهيكسانون ($C_6H_{10}O$). فيما يلي الطريقة الكلاسيكية (عملية راسخت) ومعادلات التفاعل الأساسي للإنتاج من السيكلوهيكسانون (رايمسخوس، 1977؛ ص83: لوينهايم وموران، 1975؛ ص201):

أكسدة NH_3 إلى NO/NO_2

↓

يتفاعل NH_3 مع CO_2/H_2O لإنتاج كربونات الأمونيوم $(NH_4)_2CO_3$

↓

تفاعل $(NH_4)_2CO_3$ مع NO/NO_2 (من أكسدة NH_3) لإنتاج نيترات الأمونيوم (NH_4NO_2)

↓

يتفاعل NH_3 مع SO_2/H_2O لإنتاج ثاني كبريت الأمونيوم (NH_4HSO_3)

↓

يتفاعل NH_4NO_2 وNH_4HSO_3 لإنتاج السلفونات الثنائية وأمين الهيدروكسيل $(NOH(SO_3NH_4)_2)$

↓

يتم تحليل $NOH(SO_3NH_4)_2$ بالماء لإنتاج كبريت أمين الهيدروكسيل $(NH_2OH)_2.H_2SO_4$ وكبريت الأمونيوم $((NH_4)_2SO_4)$

↓

تفاعل السيكلوهيكسانون:

$$C_6H_{10}O + ½(NH_2OH)_2.H_2SO_4\ (+NH_3 \text{ and } H_2SO_4) \rightarrow C_6H_{10}NOH + (NH_4)_2SO_4 + H_2O$$

إعادة ترتيبات بكمان:

$$C_6H_{10}NOH\ (+H_2SO_4 \text{ and } SO_2) \rightarrow C_6H_{11}NO.H_2SO_4\ (+4NH_3 \text{ and } H_2O) \rightarrow C_6H_{11}NO + 2(NH_4)_2SO_4$$

يوجز لوينهايم وموران (1975؛ ص202) عملية الإنتاج التي تتم في راسخت كما يلي: تتم إعادة إنتاج الكبرولاكتام من خلال إعادة ترتيبات بكمان (تحويل أوكسيم الكيتوم إلى أميد، عادة باستخدام حمض الكبريتيك كوسيط) بإضافة كبريت أمين الهيدروكسيل إلى السيكلوهيكسانون. ويتم إنتاج كبريت أمين الهيدروكسيل من نيترات الأمونيوم وثاني أكسيد الكبريت. ويتم ضخ غاز وهواء الأمونيا إلى وحدة تحويل حيث يتم تحويل الأمونيا إلى سلفونات ثنائية لأمين الهيدروكسيل بملامستها مع كربونات الأمونيوم وثاني أكسيد الكبريت في متسلسلة. كما يتم إنتاج كربونات الأمونيوم من خلال تحلل الأمونيا وثاني أكسيد الكربون في الماء، وثاني أكسيد الكبريت بإحراق الكبريت. يتم تحليل السلفونات الثنائية إلى كبريت أمين الهيدروكسيل وكبريت الأمونيوم. تؤدي إضافة كبريت أمين الهيدروكسيل إلى السيكلوهيكسانون إلى إنتاج أوكسيم السيكلوهيكسانون الذي يتم تحويله إلى كبرولاكتام بإعادة ترتيبات بكمان.

يمكن أن يؤدي إنتاج الكبرولاكتام إلى انبعاث أكسيد النيتروز من خطوة أكسدة الأمونيا وخطوة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من كربونات الأمونيوم وخطوة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من ثاني كبريت الأمونيوم وانبعاثات المركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية. من غير المحتمل أن تكون انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكبريت والمركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية الناجمة عن العمليات العادية ذات أهمية بالغة في المصانع ذات الإدارة السيئة. وأكسيد النيتروز هو غاز الاحتباس الحراري الرئيسي الذي ينبغي وضعه في الاعتبار من إنتاج الكبرولاكتام. وتهتم عمليات إنتاج الكبرولاكتام المعدلة في المقام الأول بالحد من الكميات الكبيرة لكبريت الأمونيوم التي يتم إنتاجها كمنتج ثانوي من العمليات العادية (رايمسخوس، 1977؛ ص84). وتبقى عملية أكسدة حمض النيتروز جزءًا لا يتجزأ من كافة العمليات المستهدف منها الحصول على أكسيد النيتريك.

اختيار الأسلوب

يمكن معاملة تقديرات انبعاثات أكسيد النيتروز من إنتاج الكبرولاكتام على أنها مناظرة لتقدير انبعاثات أكسيد النيتروز الناجمة عن إنتاج حمض النيتريك. وذلك حيث تشتمل كلتا العمليتين على الخطوة الأولية لأكسدة الأمونيا والتي تعتبر أحد مصادر تكوين وانبعاثات أكسيد النيتروز.

يعتمد اختيار أسلوب *الممارسة السليمة* على الظروف الوطنية. توضح شجرة القرارات في الشكل 3-4 *الممارسة السليمة* في تكيف الأساليب على الظروف الوطنية. يمكن تقدير الانبعاثات من خلال المراقبة المستمرة للانبعاثات حيث يتم قياس الانبعاثات مباشرة في كافة الأوقات، أو من خلال المراقبة الدولية للانبعاثات والتي يتم القيام بها خلال فترة (فترات) تعكس النمط العادي لتشغيل المصنع لتحديد معامل انبعاث تتم مضاعفته في الإخراج لتحديد الانبعاثات، أو جمع العينات العشوائية لتحديد معامل انبعاث تتم مضاعفته في الإخراج لتحديد الانبعاثات أو ضرب معامل الانبعاث الافتراضي في الإخراج.

تم تصنيف الأساليب وفقًا لمدى بيانات مستوى المصنع المتوافرة. يعتمد المستويان 2 و3 على بيانات أنشطة مستوى المصنع.

أسلوب المستوى 1

يتم تقدير الانبعاثات وفقًا لما يلي:

المعادلة 3-9
انبعاثات أكسيد النيتروز من إنتاج الكبرولاكتام – المستوى 1

$$E_{N2O} = EF \bullet CP$$

حيث:

E_{N2O} = انبعاثات أكسيد النيتروز، كجم

EF = معامل انبعاث أكسيد النيتروز (الافتراضي)، إنتاج كجم أكسيد نيتروز/طن كبرولاكتام

CP = إنتاج الكبرولاكتام، الطن

عند استخدام أسلوب المستوى 1، فمن *الممارسة السليمة* افتراض عدم وجود تخفيف لانبعاثات أكسيد النيتروز واستخدام أعلى معامل انبعاث افتراضي الوارد في الجدول 3-5.

أسلوب المستوى 2

لا توجد معلومات كثيرة تخص الانبعاثات الناجمة عن إنتاج الكبرولاكتام وتقنيات التحكم فيه. في حالة عدم توافر معلومات على مستوى المصنع، فمن *الممارسة السليمة* توفير المعاملات الافتراضية لتوليد أكسيد النيتروز كما وردت في الجدول 3-5. تعتمد المعاملات الافتراضية على انبعاثات أكسيد النيتروز من مصانع حمض النيتريك، وذلك نظرًا لعدم توافر معلومات خاصة بمصانع الكبرولاكتام وتشابه خطوة التفاعل المبدئي لأكسدة الأمونيا في كلتا العمليتين. ومن *الممارسة السليمة* تشجيع تحديد معاملات تخص مصانع الكبرولاكتام.

ولا يوجد العديد من مصانع الكبرولاكتام (تقريبًا 42 مصنعًا يستخدم 19 مصنعًا من بينها تقنية DSM (ستاميكربون)). ليس من المحتمل وجود اختلافات كبيرة في معاملات إنتاج أكسيد النيتروز بين المصانع. عند استخدام قيم افتراضية لتقدير الانبعاثات الناجمة عن إنتاج الكبرولاكتام، فمن *الممارسة السليمة* التحقق من الحد الذي تتنوع في نطاقه انبعاثات المصنع وفقًا للنوع، واستخدام معامل توليد أكسيد النيتروز الملائم.

يستخدم أسلوب المستوى 2 بيانات إنتاج على مستوى المصنع يتم تقسيمها حسب نوع التقنية ومعامل الانبعاث الافتراضي المصنف حسن نوع التقنية. يتم حساب الانبعاثات وفقًا لما يلي:

المعادلة 3-10
انبعاثات أكسيد النيتروز من إنتاج الكبرولاكتام – المستوى 2

$$E_{N2O} = \sum_{i,j} \left[EF_i \bullet CP_i \bullet \left(1 - DF_j \bullet ASUF_j\right)\right]$$

حيث:

E_{N2O} = انبعاثات أكسيد النيتروز، كجم

EF_i = معامل انبعاث أكسيد النيتروز لنوع التقنية *i*، إنتاج كجم أكسيد نيتروز/طن كبرولاكتام

NAP_i = إنتاج الكبرولاكتام من نوع التقنية *i*، *طن*

DF_j = معامل التدمير لنوع تقنية التخفيف *j*، *التكسير*

$ASUF_j$ = معامل استخدام نظام التخفيف لنوع تقنية التخفيف *j*، *التكسير*

تشتمل المعادلة الأساسية لتقدير انبعاثات أكسيد النيتروز على مصطلحات إضافية تتعرف على إمكانية الاستخدام الحالي والمستقبلي لتقنيات تخفيف أكسيد النيتروز. يمكن مضاعفة معامل تدمير أكسيد النيتروز بمعامل استخدام نظام التخفيف لحساب أي وقت إيقاف لجهاز تخفيف الانبعاث (أي الوقت الذي لا يعمل فيه الجهاز).

في حالة عدم توافر معلومات على مستوى المصنع، فإنه من *الممارسة السليمة* توفير المعاملات الافتراضية لتوليد أكسيد النيتروز كما وردت في الجدول 3-5، المعاملات الافتراضية لإنتاج الكبرولاكتام، اعتمادًا على أنواع المصانع حسب العمر. لتحقيق أعلى درجات الدقة، من *الممارسة السليمة* استخدام المعادلة 3-10 على مستوى المصنع مع استخدام معاملات تدمير وتوليد أكسيد النيتروز التي تم تحديدها من بيانات قياسات خاصة بالمصنع. في هذه الحالة، يساوي الإجمالي الوطني حجم إجمالي المصانع.

أسلوب المستوى 3 – القياس المباشر

يستخدم أسلوب المستوى 3 بيانات إنتاج على مستوى المصنع ومعاملات الانبعاث على مستوى المصنع التي يتم الحصول عليها عبر القياس المباشر للانبعاثات. وربما يتم تحديد هذه المعاملات عبر جمع عينات انبعاثات أكسيد النيتروز بشكل عشوائي أو المراقبة الدورية لانبعاثات أكسيد النيتروز والتي يتم القيام بها خلال فترة (فترات) تعكس النمط العادي لتشغيل المصنع. يمكن تحديد الانبعاثات باستخدام المعادلة 3-10.

بدلاً من ذلك، يستخدم أسلوب المستوى 3 نتائج المراقبة المستمرة للانبعاثات، ومع ذلك فقد لوحظ أن معظم المصانع قد لا تستخدم المراقبة المستمرة للانبعاثات نتيجة لتكاليف الموارد. عند استخدام نظام المراقبة المستمرة للانبعاثات، يمكن تقدير الانبعاثات اعتمادًا على مجموع انبعاثات أكسيد النيتروز التي يتم تحديدها وفقًا لتركيب أكسيد النيتروز للانبعاثات التي تمت مراقبتها لكل فترة زمنية مسجلة للمراقبة.

اختيار معامل الانبعاثات

أسلوب المستوى 1

من *الممارسة السليمة* استخدام معامل الانبعاث الافتراضي الوارد في الجدول 3-5 وافتراض عدم وجود تخفيف لانبعاثات أكسيد النيتروز.

أسلوب المستوى 2

في حالة عدم توافر معاملات مستوى المصنع، فإنه من *الممارسة السليمة* استخدام المعاملات الافتراضية. يستخدم أسلوب المستوى 2 المعامل الافتراضي. غالبًا ما تمثل هذه القيم الافتراضية نقطة الوسط أو قيمًا متوسطة لمجموعات البيانات (كما حددها خبير التحليل). ومن غير المعروف إلى أي مدى يمثلون معدل انبعاث لمصنع معين. ويعتبر ذلك حقيقيًا لاسيما فيما يتعلق بإنتاج الكبرولاكتام حيث تعتمد القيمة على مصانع حمض النيتريك ذات الضغط العالي. يجب استخدام المعامل الافتراضي الوارد في الجدول 3-5 فقط في الحالات التي لا تتوافر بها قياسات خاصة بالمصنع.

أسلوب المستوى 3

توفر قياسات المصنع البيانات الأكثر صرامة لحساب صافي الانبعاثات (أي معاملات توليد وتدمير أكسيد النيتروز). يمكن من الناحية العملية مراقبة انبعاثات أكسيد النيتروز الناجمة عن إنتاج الكبرولاكتام وذلك لأن هذه مصادر نقطية ويوجد عدد نهائي من مصانع الإنتاج. بالنظر إلى التقنية المتوافرة حاليًا، فإن أجهزة جمع العينات ومراقبة معدلات الانبعاث لا تُحد من دقة القياسات الكلية. وعادة ما يكون عدد مرات وتوقيت جمع العينات كافيًا لتفادي الأخطاء المنهجية ولتحقيق المستوى المطلوب من الدقة.

وكقاعدة عامة، فمن *الممارسة السليمة* القيام بجمع العينات والتحليل عند قيام المصنع بأي تغييرات جوهرية في المصنع قد تؤدي إلى التأثير على معدل توليد أكسيد النيتروز، ويجب القيام بتحليلات وجمع العينات بدرجة كافية للتأكد من ثبات ظروف التشغيل. بالإضافة إلى ذلك، يجب توجيه الإرشادات سنويًا إلى القائمين على تشغيل المصنع لتحديد تقنيات التدمير المستخدمة والتأكد من استخدامها، وذلك لأن التقنيات تتغير مع مرور الوقت. ويتطلب القياس الدقيق لمعدل الانبعاثات وكفاءة التخفيف قياس كل من تيار الخروج والتيار غير الخاضع للسيطرة. عند توافر بيانات القياس في تيار الخروج، فإنه من *الممارسة السليمة* أن تعتمد معدلات الانبعاثات على هذه البيانات. في هذه الحالة، يجب توفير التقديرات المتوافرة لكفاءة التخفيف لغرض المعلومات فقط ولا يتم استخدامها لحساب الانبعاثات.

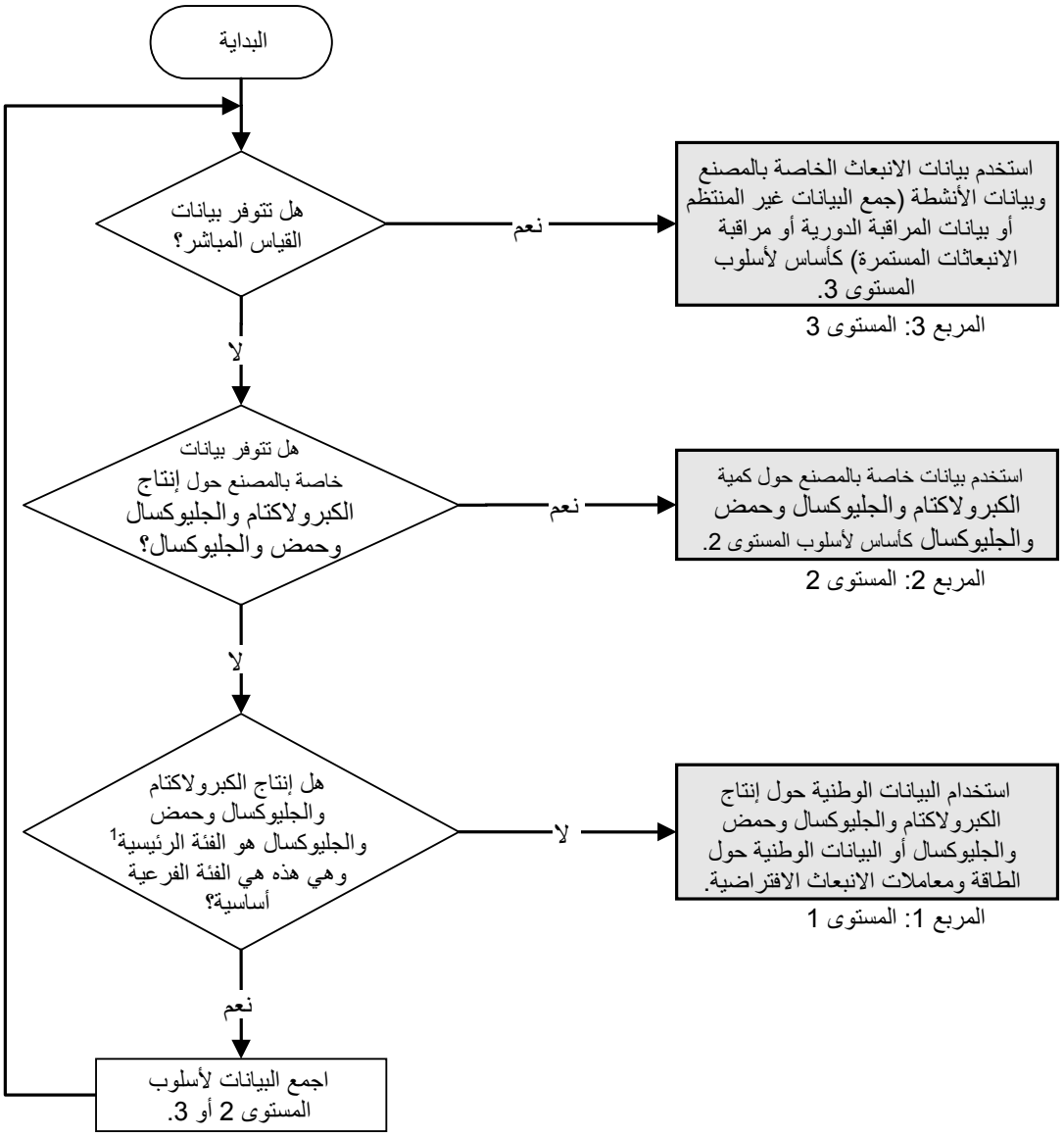
الجدول 3-5
المعامل الافتراضي لإنتاج الكبرولاكتام

عملية الإنتاج	معامل انبعاث أكسيد النيتروز كجم أكسيد نيتروز/طن كبرولاكتام	عدم التيقن
راسخت	9.0[أ]	±40%

[أ] اعتمادًا على مصانع الضغط العالي لإنتاج حمض النيتريك.

المصدر: المعاملات الافتراضية لإنتاج حمض النيتريك. (انظر الجدول 3-3 في هذا الفصل).

الشكل 3-4 شجرة القرارات لتقييم انبعاثات أكسيد النيتروز من إنتاج حمض الكبرولاكتام أو الجليوكسال أو حمض الجليوكسال



ملاحظة:

1. انظر المجلد 1، الفصل 4، اختيار المنهجيات وتعريف الفئات الرئيسية (مع ملاحظة القسم 4-1-2 حول المصادر المحدودة)، للاطلاع على مناقشة الفئات الرئيسية واستخدام شجر القرارات.

اختيار بيانات الأنشطة

من *الممارسة السليمة* تسجيل تفاصيل بيانات إنتاج تتيح استخدام أسلوب المستوى 2 أو 3.

أسلوب المستوى 1

يتطلب أسلوب المستوى 1 البيانات الخاصة بالإنتاج الوطني للكبروالاكتام. في حالة عدم توافر بيانات أنشطة على المستوى الوطني، يمكن استخدام المعلومات الخاصة بسعة الإنتاج. من *الممارسة السليمة* مضاعفة قدرة الإنتاج الكلية الوطنية في معامل استخدام القدرة يبلغ ±20 في المائة (أي يتراوح بين 60100- في المائة).

أسلوب المستوى 2

يتطلب أسلوب المستوى 2 بيانات إنتاج على مستوى المصنع مقسمة حسب عمر المصنع. في حالة توافر معلومات إضافية حول نوع التقنية وتقنية التخفيف، فمن *الممارسة السليمة* جمع هذه المعلومات وتقسيم بيانات الإنتاج وفقًا للمعلومات التي تم الحصول عليها. وبذلك، يكون من *الممارسة السليمة* جمع بيانات الأنشطة (الإنتاج) على مستوى من التفاصيل متناسق مع مستوى بيانات التوليد والتدمير. عند استخدام معاملات انبعاث على مستوى المصنع، فمن *الممارسة السليمة* جمع بيانات إنتاج على مستوى المصنع. بيانات الإنتاج على مستوى المصنع الافتراضية دقيقة بدرجة ±2 في المائة نتيجة للقيمة الاقتصادية لامتلاك بيانات دقيقة.

أسلوب المستوى 3

يتطلب أسلوب المستوى 3 بيانات إنتاج على مستوى المصنع تم تقسيمها حسب نوع تقنية التخفيف عندما يتم تحديد تقديرات الانبعاثات باستخدام بيانات من جمع العينات الدوري أو العشوائي للانبعاثات. من *الممارسة السليمة* جمع بيانات الأنشطة (الإنتاج) على مستوى من التفاصيل متناسق مع مستوى بيانات التوليد والتدمير. على الرغم من عدم استخدام بيانات الإنتاج عند تقدير الانبعاثات عندما يعتمد التقدير على المراقبة المستمرة للانبعاثات، يجب جمع هذه البيانات والإبلاغ عنها لضمان أن التغيرات التي تؤثر على الانبعاثات يمكن مراقبتها مع مرور الوقت. بيانات الإنتاج على مستوى المصنع الافتراضية دقيقة بدرجة ±2 في المائة نتيجة للقيمة الاقتصادية لامتلاك بيانات دقيقة.

الاستيفاء

تتطلب التغطية الكاملة دراسة كل المصانع والانبعاثات الناجمة عن غازات الاحتباس الحراري المباشرة. بالإضافة إلى أكسيد النيتروز، ربما تكون هناك انبعاثات غير محترقة من ثاني أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين والمركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية وثاني أكسيد الكربون. لتضمين انبعاثات غازات الاحتباس الحراري غير المباشرة (أكاسيد النيتروجين وثاني أكسيد الكبريت والمركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية)، ارجع إلى الخطوط التوجيهية في الفصل 7 من المجلد 1: التوجيهات العامة والإبلاغ. يتطلب الأمر توافر معلومات على مستوى المصنع حتى يمكن تقدير الانبعاثات. يمكن تحديد قيم افتراضية مع مرور الوقت حيث يصبح المزيد من المعلومات متوافرًا.

عادة ما سيكون هناك عدد قليل من مصانع الكبروالاكتام في البلد، ويُقترح حساب الانبعاثات من البيانات الخاصة بالمصنع.

إعداد متسلسلة زمنية متسقة

يجب إعادة حساب انبعاثات أكسيد النيتروز لكل السنوات عند تغير أساليب الحساب (أي في حالة تغيير القائم على الحصر من استخدام القيم الافتراضية إلى القيم الفعلية المحددة على مستوى المصنع). في حالة عدم توافر بيانات خاصة بالمصنع لكل السنوات للمتسلسلة الزمنية، سيكون من الضروري التفكير في كيفية استخدام قياسات المصنع الحالية لإعادة حساب انبعاثات السنوات السابقة. قد يكون من الممكن تطبيق معاملات الانبعاث الحالية لمصنع معين والخاصة ببيانات الإنتاج من سنوات سابقة، بشرط عدم تغيير عمليات المصنع بشكل جوهري. تقتضي الضرورة إعادة الحساب هذه للتأكد من أن أي تغيرات تطرأ على أنظمة الانبعاث حقيقية وليست تغييرات بشرية في الإجراءات. من *الممارسة السليمة* إعادة حساب المتسلسلة الزمنية وفقًا للخطوط التوجيهية الواردة في المجلد 1 في الفصل 5.

3-5-2-2 تقدير أوجه عدم التيقن

حالات عدم التيقن في معامل الانبعاثات

تعتبر حالات عدم التيقن للقيمة الافتراضية الواردة في الجدول 3-5 عبارة عن تقدير يعتمد على القيم الافتراضية لمصانع حمض النيتريك. عمومًا، فإن درجات عدم التيقن لمعاملات الانبعاث الافتراضية للمواد الغازية تكون أعلى وذلك لأن قيم الكتلة للمواد الغازية تتأثر بالتغييرات التي تطرأ على درجة الحرارة والضغط، ويمكن فقدان الغازات بصورة أسهل خلال تسريبات العملية. تتسم القيم الافتراضية لإنتاج الكبروالاكتام بدرجة عالية من عدم التيقن نتيجة للمعلومات المحدودة المتوافرة. ومن *الممارسة السليمة* الحصول على تقييمات عدم التيقن على مستوى المصنع، والتي ينبغي أن تكون أقل من قيم عدم التيقن المرتبطة بالقيم الافتراضية.

حالات عدم التيقن في بيانات الأنشطة

في حين يتم الحصول على بيانات الأنشطة من المصانع، يمكن الحصول على تقديرات عدم التيقن من المنتجين. وعادة ما لا تشتمل البيانات التي يتم الحصول عليها من الوكالات الإحصائية الوطنية على تقديرات عدم التيقن. ومن *الممارسة السليمة استشارة* الوكالات الإحصائية الوطنية للحصول على المعلومات الخاصة بأخطاء جمع العينات. في الحالات التي تقوم فيها الوكالات الإحصائية الوطنية بتجميع البيانات من مجموعة منشآت إنتاج حمض النيتريك، فمن غير المتوقع أن حالات عدم التيقن في الإحصائيات الوطنية تختلف عن حالات عدم التيقن التي يتم تحديدها من مشاورات مستوى المصنع. عندما لا تتوافر قيم عدم التيقن من مصادر أخرى، يمكن استخدام القيمة الافتراضية ±2.

3-2-5-3 ضمان الجودة / مراقبة الجودة والإبلاغ والتوثيق

ضمان الجودة / مراقبة الجودة

من *الممارسة السليمة* إجراء فحوصات مراقبة الجودة كما ورد في المجلد 1 في الفصل 6. في حالة استخدام أساليب مستوى أعلى لتحديد الانبعاثات، ينبغي اتباع إجراءات ضمان جودة والقيام بفحوصات مراقبة جودة أكثر اتساعًا. يوصى بأن يستخدم القائمون على الحصر إجراءات ضمان الجودة / مراقبة جودة لمستوى أعلى للفئات الرئيسية كما هو محدد في المجلد 1 والفصل 4.

مقارنة تقديرات الانبعاثات باستخدام مقاربات مختلفة

في حالة حساب الانبعاثات باستخدام بيانات من مصانع مفردة للكبرولاكتام (المقترب التصاعدي)، يجب أن يقارن القائمون على الحصر تقديرات الانبعاثات التي تم حسابها باستخدام بيانات الإنتاج الوطنية (المقترب التنازلي). وعليهم أن يسجلوا النتائج وأن يفحصوا أي تفاوتات لا يمكن تفسيرها.

وبما أن فئات مصدر أكسيد النيتروز الصناعية تعتبر صغيرة بدرجة نسبية مقارنة بالمصادر البشرية والطبيعية الأخرى، فمن غير المجدي مقارنة الانبعاثات باستخدام اتجاهات تم قياسها في تركيزات أكسيد النيتروز الجوية.

بيانات مستوى المصنع

يجب أن يعمل القائمون على الحصر على أرشفة معلومات كافية تتيح مراجعة مستقلة للمتسلسلات الزمنية للانبعاثات التي تبدأ في السنة الأساسية، ولشرح الاتجاهات في الانبعاثات عند إجراء مقارنات تاريخية. ويعتبر ذلك بالغ الأهمية في الحالات التي تقتضي فيها الضرورة إعادة الحسابات، عندما يتحول القائم على الحصر من استخدام قيم افتراضية إلى قيم فعلية تم تحديدها على مستوى المصنع.

مراجعة قياسات الانبعاثات المباشرة

في حالة توافر قياسات أكسيد النيتروز على مستوى المصنع، يجب أن يتأكد القائمون على الحصر من استخدام أساليب قياسية ومعترف بها دوليًا. إذا أخفقت ممارسات القياس بالوفاء بهذا القياس، فيجب على القائمين على الحصر تقييم استخدام بيانات الانبعاث هذه. علاوة على ذلك، يجب عليهم أن يفكروا في تقديرات عدم التيقن في ضوء نتائج ضمان الجودة / مراقبة الجودة.

يجب أن يقارن القائمون على الحصر بين المعاملات التي تعتمد على المصنع والقيم الافتراضية للهيئة للتأكد من أن المعاملات الخاصة بالمصنع معقولة. كما يجب عليهم أن يوضحوا وأن يوثقوا أي اختلافات بين المعاملات الخاصة بالمصنع والمعاملات الافتراضية، لاسيما أي اختلافات في خصائص المصنع يمكن أن تؤدي إلى هذه الاختلافات.

الإبلاغ والتوثيق

من *الممارسة السليمة* توثيق وأرشفة كل المعلومات المطلوبة لإنشاء تقديرات وطنية لحصر الانبعاثات كما ورد في المجلد 1 في القسم 6-11.

فيما يلي بعض الأمثلة على وثائق وتقارير معينة تخص فئة هذا المصدر:

- وصف الأسلوب المستخدم؛
- عدد مصانع الكبرولاكتام؛
- معاملات الانبعاث؛
- بيانات الإنتاج؛
- سعة الإنتاج؛
- عدد المصانع التي تستخدم تقنية التخفيف؛
- نوع تقنية التخفيف، وكفاءة التدمير، والاستخدام؛
- أي افتراضات أخرى.

يجب أن يوفر مشغلو المصنع هذه المعلومات للقائم على الحصر لتسجيلها وأرشفة هذه المعلومات في الموقع. يجب أن يقوم مشغلو المصنع بتسجيل وأرشفة مرات القياس وسجلات أجهزة المعايرة حيث يتم القيام بقياسات مصنع فعلية.

في حالة وجود جهة أو جهتين للإنتاج في البلد، وهي الحالة الغالبة لجهات إنتاج الكبرولاكتام، يمكن أن تعتبر بيانات الأنشطة سرية. في هذه الحالة يجب أن يحدد المشغلون والقائم على الحصر مستوى التجميع الذي يمكن على أساسه الإبلاغ عن المعلومات وفي نفس الوقت الحفاظ على السرية. يجب أرشفة المعلومات التفصيلية، ويشتمل ذلك على سجلات الأجهزة، على مستوى المصنع.

ومن غير العملي أن يشتمل تقرير الحصر الوطني على كافة الوثائق. ومع ذلك، ينبغي أن يشتمل الحصر على ملخصات للأساليب المستخدمة ومراجع لبيانات المصدر، وبذلك تكون الانبعاثات التي تم الإبلاغ عنها شفافة ويمكن تتبع خطوات حسابها.

3-5-3 إنتاج الجليوكسال وحمض الجليوكسال

يتم إنتاج الجليوكسال (الإيثانيديال) ($C_2H_2O_2$) من أكسدة الأسيتالدهيد (الإيثانال) (C_2H_4O) مع حمض نيتريك مركز (HNO_3). كما يمكن إنتاج الجليوكسال من الأكسدة الوسيطة لجليكول الإيثيلين (الإيثانيديول) (CH_2OHCH_2OH). وكذلك يتم استخدام الجليوكسال كعامل ترابط مختلط لأسيتات الفينيل/الراتينجات الأكريلية ومادة مطهرة وعامل تصليب الجيلاتين وعامل لإنهاء المنسوجات (قطن الضغط المستمر وأقمشة الريون) ومادة مقاومة للترطيب دهانات الورق) (أشفورد، 1994، ص454).

يتم إنتاج حمض الجليوكسال من خلال أكسيد حمض النيتريك للجليوكسال. ويتم استخدام حمض الجليوكسال لإنتاج العطور الصناعية والمواد الكيميائية الزراعية والمواد الوسيطة الدوائية (بابوسياكوس، 2005، ص1).

فيما يلي معادلة التفاعل الأساسي لإنتاج الجليوكسال من الأسيتالدهيد:

$$2C_2H_4O \text{ (الأسيتالدهيد)} + 2HNO_3 \rightarrow 2C_2H_2O_2 \text{ (الجليوكسال)} + N_2O + H_2O$$

تشير علاقة الرياضيات الكيميائية إلى أن التفاعل الكامل سيؤدي إلى 0.543 طن من أكسيد النيتروز لكل طن جليوكسال. وفي ظل الظروف التجارية، تكون حصيلة أكسيد النيتروز لطن الجليوكسال 0.52 طن تقريبًا (بابوسياكوس، 2005؛ ص1).

إنتاج حمض الجليوكسال عبارة عن عملية تعتمد على دفعات حيث يتم اختزال أكسيد النيتريك وأكسيد النيتروز حيث يتم استرداد أكسيد النيتريك إلى حمض النيتريك خلال العملية. ينتج أكسيد النيتروز في عملية الإنتاج عبر التفاعل الثانوي حيث يتم تحويل الجليوكسال إلى حمض أوكساليك $(COOH)_2$.

يوضح الجدول 3-6 المعاملات الافتراضية لإنتاج الجليوكسال وحمض الجليوكسال. يمكن تقدير الانبعاثات باستخدام نفس المقترب الوارد من قبل مع الكبرولاكتام. لاستخدام هذه معاملات التدمير الافتراضية، يجب أن يتحقق القائمون على الحصر من تركيب تقنية التخفيف في مختلف المصانع وأنه يتم تشغيلها على مدار العام.

الجدول 3-6
المعاملات الافتراضية لإنتاج الجليوكسال وحمض الجليوكسال

المنتج	معامل توليد أكسيد النيتروز (طن أكسيد نيتروز/طن)	معدل تدمير أكسيد النيتروز (%)	معامل انبعاث أكسيد النيتروز (طن أكسيد نيتروز/طن)	عدم التيقن (%)
الجليوكسال	0.52	80	0.10	±10
حمض الجليوكسال	0.10	80	0.02	±10
المصدر: بابوسياكوس (2005)				

6-3 إنتاج الكربيد

1-6-3 مقدمة

ترتبط انبعاثات غاز الاحتباس الحراري بإنتاج كربيد السليكون (SiC) وكربيد الكلسيوم (CaC_2). حيث يمكن أن يؤدي إنتاج الكربيد إلى انبعاث ثاني أكسيد الكربون (CO_2) والميثان (CH_4) وأحادي أكسيد الكربون (CO) وثاني أكسيد الكبريت (SO_2). وكربيد السليكون من المواد الكاشطة الصناعية الهامة. ويتم إنتاجه من كوارتز أو رمال السليكا وفحم البترول. يُستخدم كربيد الكالسيوم لإنتاج الأسيتيلين وصناعة السيانواميد (استخدام تاريخًا أقل) وكمخفض في أفران الصلب القوسية الكهربائية. ويتم إنتاجه من مادتين خام يحتويان على كربون: كربونات الكالسيوم (الحجر الجيري) وفحم الكوك.

ويؤدي استخدام مواد كيميائية تحتوي على كربون في عمليات الإنتاج إلى انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وأحادي أكسيد الكربون. وقد ينجم عن وجود مركبات متطايرة تحتوي على الهيدروجين والكبريت (S) في فحم الكوك إلى تكوين وانبعاث الميثان وثاني أكسيد الكربون في الجو.

2-6-3 موضوعات منهجية

انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والميثان من إنتاج كربيد السليكون

يتم إنتاج كربيد السليكون من كوارتز أو رمال السليكا وفحم البترول، والمستخدم كأحد مصادر الكربون، وفقًا للتفاعلات (أوستين، 1984، ص262):

$$SiO_2 + 2C \rightarrow Si + 2CO$$
$$Si + C \rightarrow SiC$$

فيما يلي الصيغة التي تصف التفاعل الكلي لكنها لا تستخدم في نسب الرياضيات الكيميائية المشار إليها:

$$SiO_2 + 3C \rightarrow SiC + 2CO \ (+ O_2 \rightarrow 2CO_2)$$

خلال عملية الإنتاج، يتم مزج الكربون ورمال السليكا في نسبة كتلية تقريبية تبلغ 1:3. يتم إدماج بعض الكربون، حوالي 35 في المائة، في المنتج ويتحول الباقي إلى ثاني أكسيد الكربون يحتوي على نسبة زائدة من الأكسجين ويتم إطلاقه في الجو من خلال منتج ثانوي ينجم عن العملية.

ربما يحتوي فحم البترول الموجود في هذه العملية على مركبات متطايرة، التي ستؤدي إلى تكوين الميثان. وربما يهرب بعض الميثان إلى الجو، لاسيما أثناء عملية بدء التشغيل.

انبعاث ثاني أكسيد الكربون من إنتاج كربيد الكالسيوم

يتم إنتاج كربيد الكالسيوم (CaC_2) من خلال تسخين كربونات الكالسيوم (الحجر الجيري) وتقليل الجير (CaO) باستخدام الكربون، مثل فحم البترول. وتؤدي كلتا الخطوتان إلى انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. وسيحتوي المنتج على حوالي 67 في المائة من الكربون الناجم عن فحم البترول.

التفاعلات الأساسية هي:

$$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$$
$$CaO + 3C \rightarrow CaC_2 + CO \ (+ \tfrac{1}{2} O_2 \rightarrow CO_2)$$

سيتم استخدام غاز أحادي أكسيد الكربون كمصدر للطاقة في معظم المصانع.

المربع 3-4

ازدواجية الحساب

لتفادي ازدواجية الحساب، يجب حساب انبعاث ثاني أكسيد الكربون الناجم عن احتراق أحادي أكسيد الكربون الناتج عن عملية إنتاج كربيد الكالسيوم في قطاع العمليات الصناعية واستخدامات المنتجات، ولا ينبغي تضمينه في قطاع الطاقة. يجب خصم فحم البترول المستخدم في عملية الإنتاج في قطاع الطاقة على أنه استخدام غير مولد للطاقة لفحم البترول.

ويعتبر إنتاج الأسيتيلين (C_2H_2) هو أهم استخدامات كربيد الكالسيوم، ويحدث ذلك بتفاعل كربيد الكالسيوم مع الماء. كما أن الاستخدام الأساسي للأسيتيلين هو في تطبيقات اللحام. كما يُستخدم الأسيتيلين في التركيب الكيميائي لإنتاج الأسيتالدهيد وحمض الأسيتيك والأسيتيك اللامائي وكمادة أولية في تصنيع "الأسيتيلين الأسود"، وهو أحد أشكال الكربون الأسود. في كثير من الأحيان لا يتم إنتاج الأسيتيلين في نفس مصنع إنتاج كربيد الكالسيوم وينبغي أخذ ذلك في الاعتبار عند استخدام أسلوب من مستوى أعلى لتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من استخدام كربيد الكالسيوم.

يؤدي استخدام الأسيتيلين في المركبات الكيميائية وإنتاج الأسيتيلين الأسود إلى إنتاج الكربون الذي تحتويه المنتجات مما يؤدي إلى تقليل الانبعاثات الكلية لثاني أكسيد الكربون والمرتبطة باستخدام كربيد الكالسيوم. وربما يتم إنتاج الأسيتيلين من الأكسدة الجزئية للغاز الطبيعي بالإضافة إلى كربيد الكالسيوم. ويشرح القسم 3-9 في هذا المجلد المقترب الخاص باعتبار الأسيتيلين في هذه الاستخدامات.

التفاعل التالي يوجز إنتاج واستخدام الأسيتيلين في تطبيقات اللحام:

$$CaC_2 + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + C_2H_2 \ (+ 2.5O_2 \rightarrow 2CO_2 + H_2O)$$

عند استخدام الأسيتيلين في تطبيقات اللحام، يمكن أن تنجم الانبعاثات من كمية كربيد الكالسيوم المستخدمة في إنتاج هذا الأسيتيلين على افتراض أن الأسيتيلين سيُستخدم بعد فترة قصيرة نسبيًا من الإنتاج.

المربع 3-5
تحديد انبعاثات إنتاج الجير

يمكن إنتاج الجير من داخل المصنع أو من مصنع غير مصنع إنتاج الكربيد. في كلا الحالتين، ينبغي الإبلاغ عن الانبعاثات الناجمة عن خطوة الجير على إنها انبعاثات من إنتاج الجير (القسم 2-3 من هذا المجلد) ويجب الإبلاغ عن الانبعاثات الناجمة عن تفاعل الجير فقط مع فحم البترول واستخدام المنتج لإنتاج الأسيتيلين من تطبيقات اللحام على أنها انبعاثات كربيد الكالسيوم.

3-2-6-1 اختيار الأسلوب

تم تصنيف الأساليب وفقًا لمدى بيانات مستوى المصنع المتوافرة. يعتمد أسلوب المستوى 1 على القيم الافتراضية والإحصائيات الوطنية. في حين يعتمد أسلوب المستوى 2 على بيانات مستوى المصنع الخاصة بإنتاج واستخدام كربيد الكالسيوم في إنتاج الأسيتيلين لتطبيقات اللحام. ويعتمد أسلوب المستوى 3 على بيانات مستوى المصنع الخاصة بإدخال فحم البترول (يشتمل ذلك على معامل محتوى الكربون ومعامل أكسدة الكربون، في حالة توافره؛ بدلاً من ذلك يمكن استخدام القيم الخاصة بقطاع الطاقة)، واستخدام كربيد الكالسيوم في إنتاج الأسيتيلين لتطبيقات اللحام، ومعاملات الانبعاث على مستوى المصنع إذا كانت مرتبطة.

يعتمد المستويان 2 و3 على بيانات أنشطة مستوى المصنع. ويعتمد اختيار أسلوب تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والميثان على الظروف الوطنية كما وردت في الشكل 3-5.

انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والميثان من إنتاج الكربيد

أسلوب المستوى 1

يمكن تقدير الانبعاثات الناجمة عن إنتاج الكربيد من بيانات الأنشطة (AD) الخاصة باستهلاك فحم البترول أو إنتاج الكربيد وكربيد الكالسيوم المستخدم في إنتاج الأسيتيلين المستخدم في تطبيقات اللحام ومعاملات الانبعاث الافتراضية. عند استخدام بيانات الأنشطة الخاصة باستهلاك فحم البترول، يمكن الحصول على معامل محتوى الكربون ومعامل أكسدة الكربون من المجلد 2، الفصل 1 وينبغي مضاعفة النتيجة مع 12/44 لتحويل الكربون إلى ثاني أكسيد الكربون. فيما يلي المعادلة الأساسية لتقدير الانبعاثات:

المعادلة 3-11
الانبعاثات الناجمة عن إنتاج الكربيد

$$E_{CO2} = AD \bullet EF$$

حيث:

E_{CO2} = انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، طن

AD = بيانات الأنشطة الخاصة باستهلاك فحم البترول أو إنتاج الكربيد، أطنان المواد الخام المستخدمة أو أطنان الكربيد المنتج

EF = معامل انبعاث ثاني أكسيد الكربون. يوجد خياران كما يلي:
عند استخدام إنتاج الكربيد، يجب أن يكون معامل انبعاث ثاني أكسيد الكربون متوسط انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لوحدة إخراج إنتاج الكربيد، أطنان ثاني أكسيد الكربون/طن إنتاج الكربيد.
عند استخدام استهلاك فحم البترول على أنه بيانات الأنشطة، يجب أن يكون معامل انبعاث ثاني أكسيد الكربون هو معامل محتوى أكسيد الكربون مضاعفًا بواسطة معامل أكسدة الكربون مضاعفًا بواسطة 12/44 وضبطه لحساب الكربون الموجود في المنتج/ أطنان ثاني أكسيد الكربون/طن مادة مستخدمة

معامل الضبط لكربيد السليكون = 0.35 ⇐ معامل الانبعاث = 0.65 • معامل محتوى الكربون • معامل أكسدة الكربون • 12/44؛

معامل الضبط لكربيد الكالسيوم = 0.67 ⇐ معامل الانبعاث = 0.33 • معامل محتوى الكربون • معامل أكسدة الكربون • 12/44.

يمكن أيضًا استخدام المعادلة 3-11 لتقدير انبعاثات الميثان، حيث يكون معامل انبعاث ثاني أكسيد الكربون هو معامل الانبعاث الملائم للميثان.

يجب أن يحتوي تقدير الانبعاثات الناجمة عن كربيد الكالسيوم على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التي ترجع بطريقة غير مباشرة إلى كربيد الكالسيوم المستخدم في إنتاج الأسيتيلين. يمكن استخدام المعادلة 3-11 بحيث تكون بيانات الأنشطة هي كمية كربيد الكالسيوم المستخدمة ومعامل انبعاث ثاني أكسيد الكربون هو معامل الانبعاث المرتبط بهذا الاستخدام. وبموجب أسلوب المستوى 1، يكون من *الممارسة السليمة* افتراض أن كل كمية كربيد الكالسيوم المستخدمة في إنتاج الأسيتيلين ينجم عنها انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

أسلوب المستوى 2

يستخدم أسلوب المستوى 2 بيانات المصنع الخاصة بإنتاج الكربيد وكمية الكربون الموجودة في المنتج. بالنسبة لكربيد الكالسيوم، ينبغي توافر البيانات الخاصة باستخدام كربيد الكالسيوم في إنتاج الأسيتيلين المستخدم في تطبيقات اللحام. يمكن تقدير الانبعاثات الناجمة عن الإنتاج والاستخدام عبر المعادلة 3-11 باستخدام معاملات الانبعاث الافتراضية. عند إنتاج الأسيتيلين من كربيد الكالسيوم من موقع آخر، وكانت كمية كربيد الكالسيوم المستخدمة لهذا الغرض غير معروفة، فمن *الممارسة السليمة* توثيق تلك الحقيقة.

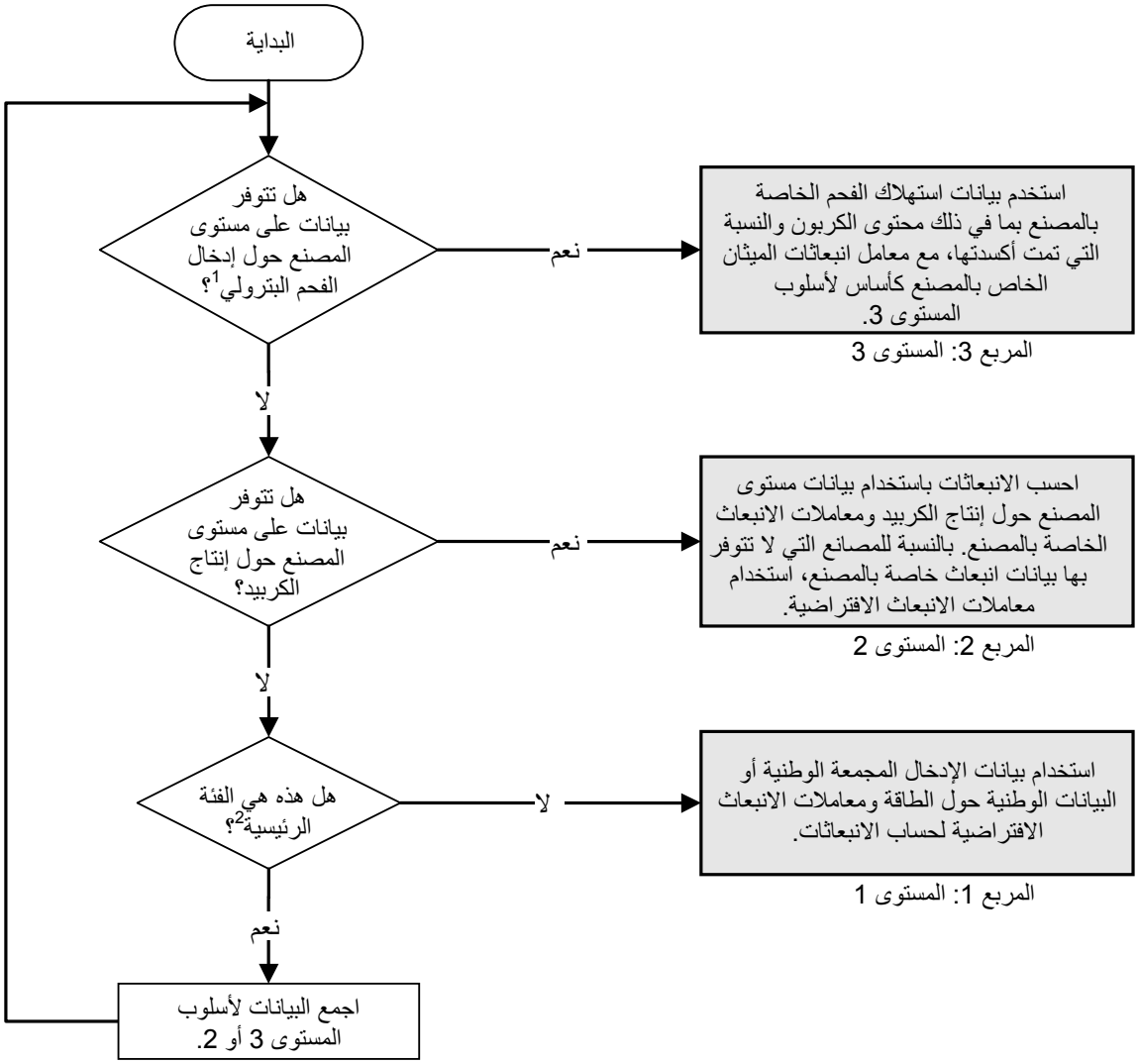
أسلوب المستوى 3

يتطلب أسلوب المستوى 3 معلومات المصنع الخاصة بإدخال فحم البترول مع معامل محتوى الكربون ومعامل أكسدة الكربون إذا كانا متوافرين، يمكن استخدام القيم الخاصة بقطاع الطاقة في البلد لمعامل محتوى الكربون ومعامل أكسدة الكربون. كما ينبغي توافر بيانات المصنع الخاصة بكمية الكربون الموجود في المنتج.

في حالة كربيد الكالسيوم، يجب توافر البيانات الخاصة باستخدام كربيد الكالسيوم لإنتاج الأسيتيلين المستخدم في تطبيقات اللحام، بالإضافة إلى ضرورة توافر معاملات الانبعاث الخاصة بمستوى المصنع. عند إنتاج الأسيتيلين من كربيد الكالسيوم من موقع آخر، وكانت كمية كربيد الكالسيوم المستخدمة لهذا الغرض غير معروفة، فمن *الممارسة السليمة* توثيق تلك الحقيقة. بالإضافة إلى ذلك، يجب تجميع معاملات انبعاث المصنع الخاصة بالميثان. يمكن استخدام المعادلة 3-11 لتقدير انبعاثات كل مصنع وإجمالي الانبعاثات الوطنية هو مجموع تلك التقديرات.

لا يتم استخدام بيانات الإنتاج في الحساب، لكن يجب تجميعها لأغراض كتابة التقارير. في حالة عدم تقسيم بيانات إنتاج الأسيتيلين حسب الاستخدام، يوصى بأن يحسب القائمون على الحصر، باستخدام أسلوب المستوى 3، أي انبعاثات في النقطة التي تظهر فيها؛ على سبيل المثال، يجب حساب الانبعاثات الناجمة عن استخدام الأسيتيلين في تطبيقات اللحام في نقطة استخدام الأسيتيلين باستخدام معامل الانبعاث الخاصة بالبلد. يجب اتباع مقاربات للاستخدامات الأخرى للأسيتيلين.

الشكل 3-5 شجرة القرارات لتقييم انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والميثان من إنتاج الكربيد



1. "بيانات حول إدخال الفحم البترولي" تعني بيانات استهلاك المواد الأولية.

2. انظر المجلد 1، الفصل 4، اختيار المنهجيات وتعريف الفئات الرئيسية (مع ملاحظة القسم 4-1-2 حول المصادر المحدودة)، للاطلاع على مناقشة الفئات الرئيسية واستخدام شجر القرارات.

3-6-2-2 اختيار معامل الانبعاثات

أسلوب المستوى 1

يستخدم أسلوب المستوى 1 القيم الافتراضية لمعامل محتوى الكربون ومعامل أكسدة الكربون والكربون الموجود في المنتج حيث يتم استخدام فحم البترول في التقدير. بدلاً من ذلك، عند استخدام إنتاج الكربيد، يستخدم الأسلوب معاملات الانبعاث الافتراضية الواردة في الجدولين 3-7 و3-8 إذا كانت مرتبطة. في كلتا الحالتين، يتم استخدام المعامل الافتراضي لكربيد الكالسيوم.

أسلوب المستوى 2

كما هو الحال مع أسلوب المستوى 1، يستخدم أسلوب المستوى 2 قيم معامل الانبعاث الافتراضية باستثناء كمية الكربون الموجودة في المنتج، حيث يتطلب الأمر بيانات المصنع.

أسلوب المستوى 3

يستخدم أسلوب المستوى 3 كافة بيانات مستوى المصنع لكل المتغيرات باستثناء معامل محتوى الكربون ومعامل أكسدة الكربون الخاصة بفحم البترول حيث يتم استخدام القيم الخاصة بقطاع الطاقة في البلد. يشتمل ذلك على معاملات الانبعاث على مستوى المصنع للجير في حالة إنتاجه داخليًا ومعاملات الانبعاث على مستوى المصنع لكربيد الكالسيوم المستخدمة لإنتاج الأسيتيلين في تطبيقات اللحام.

انبعاث ثاني أكسيد الكربون من إنتاج كربيد السليكون

يتطلب الأمر المزيد من الكربون في عملية إنتاج كربيد السليكون أكثر من المحسوب من تفاعل الرياضيات الكيميائية. تتم أكسدة الكربون الفائض خلال العملية، ويُترك جزء ضئيل في شكل رماد (رانيس، 1991). وتبلغ القيم الافتراضية النموذجية للمصانع النرويجية لمحتوى الكربون في الفحم 97 في المائة وللكربون الموجود في المنتج 35 في المائة. يشتمل ذلك على معامل انبعاث نموذجي لحوالي 2.3 طن ثاني أكسيد الكربون/طن فحم بترول مستخدم (الهيئة، 1997) أو 2.62 طن ثاني أكسيد الكربون/طن كربيد منتج.

انبعاث الميثان من إنتاج كربيد السليكون

تشير قياسات المصانع النرويجية إلى معامل انبعاث يبلغ 10.2 كجم ميثان/طن فحم بترول أو 11.6 كجم ميثان/طن كربيد منتج (الهيئة، 1997).

الجدول 3-7
المعاملات الافتراضية لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون والميثان من إنتاج كربيد السليكون

العملية	معامل الانبعاث (طن ثاني أكسيد الكربون/طن المادة الخام المستخدمة)	معامل الانبعاث (طن ميثان/طن المادة الخادم المستخدمة)	معامل الانبعاث (طن ثاني أكسيد الكربون/طن الكربيد المنتج)	معامل الانبعاث (طن ميثان/طن الكربيد المنتج)
إنتاج كربيد السليكون	2.30	10.2	2.62	11.6

المصدر: لقوائم الوطنية المراجعة لحصر انبعاثات غازات الاحتباس الحراري للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ لعام 1996، المجلد 3، الصفحة 2.21 (الهيئة، 1997)

انبعاث ثاني أكسيد الكربون من إنتاج كربيد الكالسيوم

يمكن تحديد معاملات الانبعاث من استخدام المواد الخام (فحم البترول) ومن إنتاج الكربيد باستخدام مقترب رصيد الكتلة. ويحتوي الحجر الجيري المستخدم في تصنيع الكربيد على حوال 98 في المائة من كربونات الكالسيوم ويتم حسابه في مكان آخر. يجب توافر 750 كجم من الحجر الجيري (أو 950 كجم من الجير) و640 كجم من فحم البترول و20 كجم من إلكترود الكربون لإنتاج 1 طن من الكربيد.

يشتمل الجدول 3-8 على معاملات الانبعاث الافتراضية لتقدير الانبعاثات.

الجدول 3-8
معاملات الانبعاث لانبعاث ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن استخدام وإنتاج كربيد الكالسيوم

العملية	معامل الانبعاث الافتراضي (طن ثاني أكسيد الكربون/طن المادة الخام المستخدمة)	معامل الانبعاث الافتراضي (طن ثاني أكسيد الكربون/طن الكربيد المنتج)
استخدام فحم البترول	1.70	1.090
استخدام المنتج	غير مرتبط	1.100

المصدر: القوائم الوطنية المراجعة لحصر انبعاثات غازات الاحتباس الحراري للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ لعام 1996، المجلد 3، الصفحة 2.21 (الهيئة، 1997)

معامل الانبعاث النظري المحسوب من تفاعل الرياضيات الكيميائية أقل بالنسبة لخطوة فحم البترول من المعامل الوارد في الجدول. تتم أكسدة الكربون الفائض أثناء العملية وتم حساب معاملات الانبعاث المقترحة من الاستخدام الفعلي للمواد الخام في مصنع نرويجي. يتم حساب معامل انبعاث الأسيتيلين من محتوى الكربون الفعلي (غير المحسوب من الرياضيات الكيميائية) للكربيد.

يمكن تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون باستخدام الغاز عند إنتاج الديسيانوديامايد من الكربيد (أولسن، 1991).

3-2-6-3 اختيار بيانات الأنشطة

أسلوب المستوى 1

يتطلب أسلوب المستوى 1 البيانات الخاصة بفحم البترول المستخدم في إنتاج الكربيد أو الإنتاج الوطني للكربيد. ويمكن الحصول على هذه البيانات من الإحصائيات الوطنية أو من المنظمات الصناعية والتجارية التي تمثل جهات إنتاج الكربيد وفحم البترول.

أسلوب المستوى 2

تشتمل بيانات الأنشطة المطلوبة لأسلوب المستوى 2 على بيانات على مستوى المصنع الخاصة بالكربيد المُنتج وكمية كربيد الكالسيوم المستخدمة في إنتاج الأسيتيلين لتطبيقات اللحام.

أسلوب المستوى 3

يستخدم أسلوب المستوى 3 بيانات الأنشطة على مستوى المصنع لكل المتغيرات، ويشتمل ذلك على إدخال فحم البترول وكربيد الكالسيوم المستخدم في إنتاج الأسيتيلين لتطبيقات اللحام.

يتطلب أسلوب المستوى 2 جمع بيانات الأنشطة من الشركات والمصانع الفردية. في المستوى 1 يجب استخدام بيانات الأنشطة التي تقدمها الإحصائيات الوطنية أو المنظمات الصناعية والتجارية المرتبطة بإنتاج فحم البترول والكربيد. ومع ذلك، ففي حالة توافر بيانات كافية خاصة بالمصنع أو الشركة، يمكن استخدامها لتقدير الانبعاثات.

4-2-6-3 الاستيفاء

عامة تكون مصانع الكربيد معروفة في البلد التي توجد بها. لذا فربما تتوافر بيانات إنتاج الكربيد في قواعد بيانات الإحصائيات الوطنية أو يمكن جمعها، حتى في حالة عدم نشر هذه البيانات في الإحصائيات الوطنية. ويمكن الحصول على بيانات استهلاك فحم البترول مباشرة من مصانع إنتاج الكربيد أو من الجهات التي تقوم بإنتاج أو المتاجرة في الفحم. وتتسم تقديرات الانبعاثات وبيانات الأنشطة بالتعقيد نظرًا لحقيقة أن الأسيتيلين المنتج من كربيد الكالسيوم ليس من الضروري إنتاجه في نفس مصنع إنتاج كربيد الكالسيوم . وينبغي وضع ذلك في الاعتبار عند استخدام أساليب مستوى أعلى، مع حساب الانبعاثات الناجمة عن استخدام كربيد الكالسيوم في النقطة التي تحدث عندها الانبعاثات؛ على سبيل المثال، في حالة استخدام الأسيتيلين في تطبيقات اللحام، عند إنتاج الأسيتيلين في موقع مختلف عن موقع إنتاج كربيد الكالسيوم، يجب حساب الانبعاثات في نقطة إنتاج الأسيتيلين على افتراض أنه سيتم استخدامه بعد فترة قصيرة من الإنتاج.

يفترض استخدام أساليب المستويين 2 و3 التقدير التصاعدي (المصنع تلو الآخر) للانبعاثات وجمع بيانات على مستوى المصنع. في البلدان التي تُبلغ فيها مجموعة فرعية فقط من المصانع بيانات أسلوب المستوى 3 أو في البلدان التي يجري فيها انتقال من المستوى 2 إلى المستوى 3، ربما لا يمكن الإبلاغ عن الانبعاثات باستخدام المستوى 3 لكل المنشآت خلال المرحلة الانتقالية. في حالة عدم توافر بيانات أسلوب المستوى 3 لكل المصانع، يمكن استخدام المستوى 2 لكل المصانع المتبقية. وكذا في حالة إبلاغ مجموعة فرعية من المصانع عن بيانات المستوى 2 أو في حالة الانتقال من المستوى 1 إلى المستوى 2، ربما يمكن تحديد نصيب الإنتاج الممثل بواسطة المصانع غير المبلغة واستخدام هذه المعلومات لتحديد الانبعاثات المتبقية باستخدام المستوى 1 لتحديد الاستيفاء خلال المرحلة الانتقالية.

5-2-6-3 إعداد متسلسلة زمنية متسقة

من *الممارسة السليمة* تقدير الانبعاثات الناجمة عن إنتاج الكربيد باستخدام نفس الأسلوب في كل عام في المتسلسلة الزمنية. في حالة عدم توافر بيانات لدعم الأسلوب الصارم لكل الأعوام في المتسلسلة الزمنية، فمن *الممارسة السليمة* إعادة حساب هذه الثغرات وفقًا للخطوط التوجيهية الموجودة في المجلد 2، الفصل 5.

3-6-3 تقدير أوجه عدم التيقن

1-3-6-3 حالات عدم التيقن في معامل الانبعاثات

عامة، فإن المعاملات الافتراضية لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون تتسم بعدم التيقن بشكل نسبي وذلك نظرًا لأن عمليات إنتاج الكربيد على مستوى الصناعة تختلف عن رياضيات الكيمياء للتفاعلات الكيميائية النظرية. ويرجع عدم التيقن في معاملات انبعاث الميثان إلى التغييرات المحتملة في المركبات المتطايرة التي تحتوي على الهيدروجين في المادة الخام (فحم البترول) المستخدمة بواسطة جهات تصنيع مختلفة ونظرًا للتغيرات المحتملة في باراميترات عملية الإنتاج. عندما لا تتوافر قيم عدم التيقن من مصادر أخرى، يمكن استخدام القيمة الافتراضية 10±.

ومن *الممارسة السليمة* الحصول على تقييمات عدم التيقن على مستوى المصنع، والتي ينبغي أن تكون أقل من قيم عدم التيقن المرتبطة بالقيم الافتراضية.

2-3-6-3 حالات عدم التيقن في بيانات الأنشطة

في حين يتم الحصول على بيانات الأنشطة من المصانع مباشرة، يمكن الحصول على تقديرات عدم التيقن من المنتجين. سيشتمل ذلك على تقديرات عدم التيقن لفحم البترول والحجر الجيري وبيانات إنتاج الكربيد. وعادة ما لا تشتمل البيانات التي يتم الحصول عليها من الوكالات الإحصائية الوطنية أو المنظمات التجارية والصناعية على تقديرات عدم التيقن. ومن *الممارسة السليمة* استشارات الوكالات الإحصائية الوطنية للحصول على المعلومات الخاصة بأخطاء جمع العينات. في الحالات التي تقوم فيها الوكالات الإحصائية الوطنية بتجميع بيانات إنتاج الكربيد من منشآت الإنتاج، فمن غير المتوقع أن حالات عدم التيقن في الإحصائيات الوطنية تختلف عن حالات عدم التيقن التي يتم تحديدها من المشاورات التي تتم على مستوى المصنع. عندما لا تتوافر قيم عدم التيقن من مصادر أخرى، يمكن استخدام القيمة الافتراضية 5±.

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

1-4-6-3 ضمان الجودة / مراقبة الجودة

من *الممارسة السليمة* إجراء فحوصات مراقبة الجودة كما وردت في المجلد 1، الفصل 6 وأن يقوم خبير بمراجعة تقديرات الانبعاثات. وكذا يمكن تطبيق فحوصات إضافية لمراقبة الجودة وإجراءات ضمان الجودة، لا سيما في حالة استخدام أساليب مستوى أعلى لتحديد الانبعاثات الناجمة عن فئة المصدر هذه. يوصى بأن يستخدم القائمون على الحصر إجراءات ضمان الجودة / مراقبة جودة لمستوى أعلى للفئات الرئيسية كما هو محدد في المجلد 1 و الفصل 4.

بالإضافة إلى الخطوط التوجيهية الواردة في المجلد 1، فيما يلي إجراءات معينة ذات صلة بفئة المصدر هذه.

مقارنة تقديرات الانبعاث باستخدام مقاربات مختلفة

في حالة استخدام أسلوب المستوى 2 (خاص بمصنع)، يجب أن يقارن القائمون على الحصر تقدير الانبعاث بالتقديرات التي تم حسابها باستخدام بيانات الأنشطة على المستوى الوطني (المستوى 1). كما يوصى بأن يقارن القائمون على الحصر تقديرات الانبعاث المحسوبة باستخدام تعديلات مختلفة لنفس الأساليب.

يمكن تسجيل مثل هذه المقارنات للتوثيق الداخلي، ويشتمل ذلك على تفسير أي اختلافات.

مراجعة معاملات الانبعاث

يجب أن يقارن القائمون على الحصر معاملات الانبعاث الوطنية المقسمة مع معاملات الانبعاث الافتراضية التي تقدمها الهيئة من أجل تحديد ما إذا كان المعامل الوطني معقولاً بالنسبة للمعامل الافتراضي للهيئة. يجب استخدام نفس الإجراء (أي المقارنة مع المعامل الافتراضي للهيئة) مع معاملات الانبعاث الخاصة بالمصنع. يجب تفسير الاختلافات التي توجد بين المعاملات الوطنية والمعاملات الخاصة بالمصنع والمعاملات الافتراضية وتوثيقها، لاسيما إذا كانت تمثل ظروفًا مختلفة.

عمليات فحص البيانات لكل مصنع

بالنسبة للبيانات الخاصة بالمصنع، يجب أن يراجع القائمون على الحصر أي اختلافات بين المصانع لمعرفة ما إذا كانت تعكس أي اختلافات أو أساليب قياس مختلفة أو ناتجة عن أي اختلافات حقيقية في المواد الخام أو الظروف التشغيلية أو التقنية المستخدمة.

يجب أن يضمن القائمون على الحصر أن بيانات الأنشطة ومعاملات الانبعاث قد تم وضعها وفقًا لأساليب القياس المعتمدة والمعترف بها دوليًا. في حالة تجميع أي قياسات انبعاث لمصانع فردية، يجب أن يتأكد القائمون على الحصر من القيام بالقياسات وفقًا للمعايير الدولية أو الوطنية المعترف بها. إذا أخفقت ممارسات القياس بالالتزام بهذه المعايير، فيجب تقييم استخدام معاملات الانبعاث وبيانات الأنشطة هذه بعناية، وإعادة دراسة تقديرات عدم التيقن والمؤهلات الموثقة.

مراجعة الخبراء

يوصى بأن يعمل القائمون على الحصر على تضمين أي منظمات تجارية وصناعية مرتبطة بإنتاج الكربيد وفحم البترول في عملية المراجعة. يجب أن تبدأ هذه العملية في مرحلة مبكرة من الحصر لتوفير إدخال لوضع ومراجعة الأساليب والحصول على البيانات.

يمكن أن تكون مراجعات الأطراف الأخرى مفيدة لفئة المصدر هذه، لاسيما فيما يتعلق بالجمع المبدئي للبيانات ونسخها وحسابها وتوثيقها.

2-4-6-3 الإبلاغ والتوثيق

من *الممارسة السليمة* توثيق وأرشفة كل المعلومات المطلوبة لإنشاء تقديرات وطنية لحصر الانبعاثات كما ورد في المجلد 1 في القسم 6-11. كما يجب توثيق وأرشفة إعادة حسابات الانبعاثات للسنوات السابقة.

7-3 إنتاج ثاني أكسيد التيتانيوم

1-7-3 مقدمة

أكسيد التيتانيوم (TiO_2) من بين أكثر الأصباغ البيضاء انتشاراً. والاستخدام الرئيسي له في صناعة الدهانات ويدخل بعد ذلك في الورق، والبلاستيك، والمطاط، والسيراميك، والأنسجة، وتغطية الأرضيات، وحبر الطباعة، واستخدامات أخرى متفرقة (أوستن، 1984؛ لونهيام وموران، 1975). بالنظر إلى أن إنتاج ثاني أكسيد التيتانيوم يصل إلى 4 مليون طن والاستخدام الجوهري للكلوريد، لابد وأن تمثل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون أهمية بالغة، ويجب أن يأخذها القائمون على حصر الغازات الاحتباس الحراري في الاعتبار. في الوقت الذي ازداد فيه الإنتاج العالمي الذي يعتمد على الكلوريد بما يقرب من ثماني مرات منذ عام 1970، ظل معدل إنتاج الكبريت ثابتًا نسبيًا (كيرك-أوثمر، 1999؛ ص1017). لاحظ أنه أثناء المناقشة الحالية ستتم الإشارة إلى منتجات ثاني أكسيد التيتانيوم بشكل عام باسم ثاني أكسيد التيتانيوم إلا إذا كانت هناك حاجة إلى التفريق بين المنتجات. تنطبق المناقشة على خبث التيتانيوم والروتيل الصناعي (يحتوي على <90 في المائة ثاني أكسيد التيتانيوم) وثاني أكسيد تيتانيوم الروتيل.

2-7-3 موضوعات منهجية

يتم إنتاج ثاني أكسيد التيتانيوم في شكل ثاني أكسيد تيتانيوم الأناتاز وثاني أكسيد تيتانيوم الروتيل. تختلف أشكال ثاني أكسيد التيتانيوم فيما يتعلق بتركيب الكريستالين ونقاء المنتج النهائي. ربما يتم إنتاج ثاني أكسيد تيتانيوم الأناتاز بهضم الإلمينيت (أساسًا تيتينات الحديدوز ($FeO.TiO_2$)) مع حمض الكبريتيك أو عملية الكبريت أو من خبث التيتانيوم. فيما يلي معادلات التفاعل الأساسية لهضم الحمض (لونهيام وموران، 1975، ص814):

$$FeTiO_3 + 2H_2SO_4 \rightarrow FeSO_4 + TiO.SO_4 + 2H_2O$$
$$TiO.SO_4 + 2H_2O \rightarrow TiO_2.H_2O + H_2SO_4$$
$$TiO_2.H_2O + heat \rightarrow TiO_2 + H_2O$$

ولا تؤدي عملية معالجة الكبريت إلى انبعاث كميات ذات أهمية من غازات الاحتباس الحراري.

توجد ثلاث عمليات يتم استخدامها في إنتاج ثاني أكسيد التيتانيوم تؤدي إلى انبعاثات غازات الاحتباس الحراري: إنتاج خبث التيتانيوم في الأفران الكهربائية وإنتاج الروتيل الصناعي باستخدام عملية بيخر وإنتاج ثاني أكسيد تيتانيوم الروتيل من خلال الكلوريد.

يتم إنتاج خبث التيتانيوم المستخدم في إنتاج ثاني أكسيد تيتانيوم الأناتاز من تنقية الأفران الكهربائية للإلمينيت. في حين أن خبث التيتانيوم المستخدم في خطوة تقليل الحمض غير مطلوب لأن تنقية الأفران الكهربية تختزل الحديد الموجود كشوائب في الإلمينيت. ربما يتم إنتاج ثاني أكسيد تيتانيوم الروتيل بالمعالجة الإضافية لثاني أكسيد تيتانيوم الأناتاز. تنشأ انبعاثات المعالجة من مادة الاختزال المستخدمة في العملية.يمكن أن يؤدي إنتاج الروتيل الصناعي إلى انبعاثات ثاني أكسيد الكربون حيث يتم استخدام عملية بيخر . تعمل هذه العملية على اختزال أكسيد الحديد الموجود في الإلمينيت إلى حديد معدني ثم تقوم بإعادة أكسدته إلى أكسيد الحديد، وخلال ذلك يتم فصل ثاني أكسيد التيتانيوم كروتيل صناعي تتراوح نسبة نقائه بين 91 في المائة إلى 93 في المائة (تشيمليتنك، 1997). يتم استخدام الفحم الأسود كمادة اختزال وينبغي التعامل مع انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة على أنها انبعاثات عمليات صناعية. والطريقة الأساسية لإنتاج ثاني أكسيد تيتانيوم الروتيل هي الكلوريد. يتم إنتاج ثاني أكسيد تيتانيوم الروتيل عبر الكلورة الكربونية الحرارية لخام الروتيل أو الروتيل الصناعي لإنتاج رباعي كلوريد التيتانيوم ($TiCl_4$) وتتبخر أكسدة رباعي كلوريد التيتانيوم إلى ثاني أكسيد التيتانيوم وفقًا للتفاعلات التالية (كيرك-أوثمر، 1999؛ ص 17-20):

$$2TiO_2 + 4Cl_2 + 3C \rightarrow 2TiCl_4 + 2CO + CO_2$$
$$TiCl_4 + O_2 \rightarrow TiO_2 + 2Cl_2$$

اعتمادًا على الرياضيات الكيميائية وعلى افتراض التحويل الكامل لإدخال الكربون إلى ثاني أكسيد الكربون عبر التحويل الإضافي لأحادي أكسيد الكربون في الهواء الزائد، لا يمكن أن يقل معامل انبعاث ثاني أكسيد الكربون عن 0.826 طن من ثاني أكسيد الكربون لطن ثاني أكسيد التيتانيوم (حسب 1.5 مول من ثاني أكسيد الكربون لكل مول من ثاني أكسيد التيتانيوم).

1-2-7-3 اختيار الأسلوب

المقترب العام لحساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج ثاني أكسيد التيتانيوم واحدة بغض النظر عن المنتج، وذلك لأن الانبعاثات تعتمد على كمية عامل الاختزال أو الإدخال الكربوني الحراري. ويعتمد اختيار أسلوب *الممارسة السليمة* على الظروف الوطنية كما هو موضح في شجرة القرارات، الشكل 3-6. وتحدث انبعاثات العملية لثاني أكسيد الكربون عند إنتاج ثاني أكسيد التيتانيوم بشكل أساسي نتيجة لأكسدة كربون الأنود في عملية إنتاج خبث التيتانيوم وأكسدة الفحم في عملية إنتاج الروتيل الصناعي باستخدام عملية بيخر وأكسدة فحم البترول في عملية اختزال ثاني أكسيد تيتانيوم الروتيل عبر الكلوريد.

تم تصنيف الأساليب وفقًا لمدى بيانات مستوى المصنع المتوافرة.

أسلوب المستوى 1

يستخدم أسلوب المستوى 1 معامل الانبعاث الافتراضي لوحدة الإخراج مضاعفًا في بيانات الأنشطة التي يتم الحصول عليها من الإحصائيات الوطنية. فيما يلي المعادلة الأساسية لتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون:

المعادلة 3-12
انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن خبث التيتانيوم والروتيل الصناعي وثاني أكسيد تيتانيوم الروتيل—المستوى 1

$$E_{CO2} = \sum_i \left(AD_i \bullet EF_i \right)$$

حيث:

E_{CO2} = انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، طن

AD_i = إنتاج خبث التيتانيوم والروتيل الصناعي وثاني أكسيد تيتانيوم الروتيل (المنتج *i*)، طن

EF_i = انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لوحدة إنتاج خبث التيتانيوم أو الروتيل الصناعي أو ثاني أكسيد تيتانيوم الروتيل (المنتج *i*)، طن ثاني أكسيد الكربون/طن منتج

أسلوب المستوى 2

يمكن حساب الانبعاثات من استهلاك عامل الاختزال لكربون الإلكترود (خبث التيتانيوم) والفحم (الروتيل الصناعي) في عملية بيخر، والإدخال الكربوني الحراري (فحم البترول) لثاني أكسيد تيتانيوم الروتيل من عملية الكلوريد. يستخدم أسلوب المستوى 2 بيانات مستوى المصنع الخاصة بكميات عامل الاختزال والإدخال الكربوحراري لتحديد الانبعاثات كما يلي:

المعادلة 3-13
انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن خبث التيتانيوم والروتيل الصناعي وثاني أكسيد تيتانيوم الروتيل—المستوى 2

$$E_{CO2} = \sum_i \left(AD_i \bullet CCF_i \bullet COF_i \bullet 44/12 \right)$$

حيث:

E_{CO2} = انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، كجم

AD_i = كمية عامل الاختزال أو الإدخال الكربوحراري *i*، جيغا جول

CCF_i = معامل محتوى الكربون لعامل الاختزال أو الإدخال الكربوني الحراري *i*، كجم ك/جيغا جول

COF_i = معامل أكسدة الكربون لعامل الاختزال أو الإدخال الكربوني الحراري *i*، التكسير

لتحقيق أقصى درجات الدقة، من *الممارسة السليمة* استخدام المعادلة 3-13 على مستوى المصنع مع كافة البيانات التي تم الحصول عليها من مشغلي المصانع.

في حالة عدم توافر معلومات على مستوى المصنع، فمن *الممارسة السليمة* توفير المعاملات الافتراضية لانبعاث ثاني أكسيد الكربون الافتراضي للروتيل الصناعي وثاني أكسيد تيتانيوم الروتيل كما وردت في الجدول 3-9. لا يتوافر معامل افتراضي لخبث التيتانيوم نظرًا لوجود عدد صغير من المصانع.

المربع 3-6
ازدواجية الحساب

لتفادي حدوث ازدواجية في الحساب، يجب طرح كميات إلكترود الكربون والفحم المستخدم كعامل اختزال وفحم البترول المستخدم في عملية الكلوريد من الكمية التي تم الإبلاغ عنها ضمن الاستخدامات المولدة للطاقة والاستخدامات غير المولدة للطاقة في **قطاع الطاقة**.

3-2-7-2 اختيار معامل الانبعاثات

أسلوب المستوى 1

في حالة عدم توافر معلومات مستوى المصنع، فإنه من *الممارسة السليمة* استخدام المعاملات الافتراضية. غالبًا ما تمثل هذه القيم الافتراضية نقطة الوسط أو قيمًا متوسطة لمجموعات البيانات (كما حددها خبير التحليل). ومن غير المعروف إلى أي مدى يمثلون معدل انبعاث لمصنع معين. يوضح الجدول 3-9 المعاملات الافتراضية حسب المنتج، ويجب استخدامها فقط في الحالات التي لا تتوافر بها بيانات خاصة بالمصنع. تعتمد المعاملات الافتراضية على تقديرات عامل الاختزال والإدخال الكربوني الحراري لوحدة الإخراج على افتراض التحويل الكامل لمحتوى الكربون إلى ثاني أكسيد الكربون.

أسلوب المستوى 2

توفر بيانات مستوى المصنع بيانات أشد صرامة لحساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج ثاني أكسيد التيتانيوم. بالنسبة للمستوى 3، يعتبر محتوى الكربون لعامل الاختزال والإدخالات الكربونية الحرارية مع نسبة الكربون الذي تمت أكسدته هي المتغيرات الأساسية للانبعاث لتحديد كمية ثاني أكسيد الكربون المنبعث.

الجدول 3-9
المعاملات الافتراضية لإنتاج ثاني أكسيد التيتانيوم (طن ثاني أكسيد الكربون لطن المنتج)

المنتج	معامل الانبعاث ودرجة عدم التيقن (طن ثاني أكسيد الكربون/طن المنتج)
خبث التيتانيوم[1]	غير متوافر
الروتيل الصناعي[2]	1.43 (± 10%)
ثاني أكسيد الروتيل (الكلوريد)[3]	1.34 (± 15%)

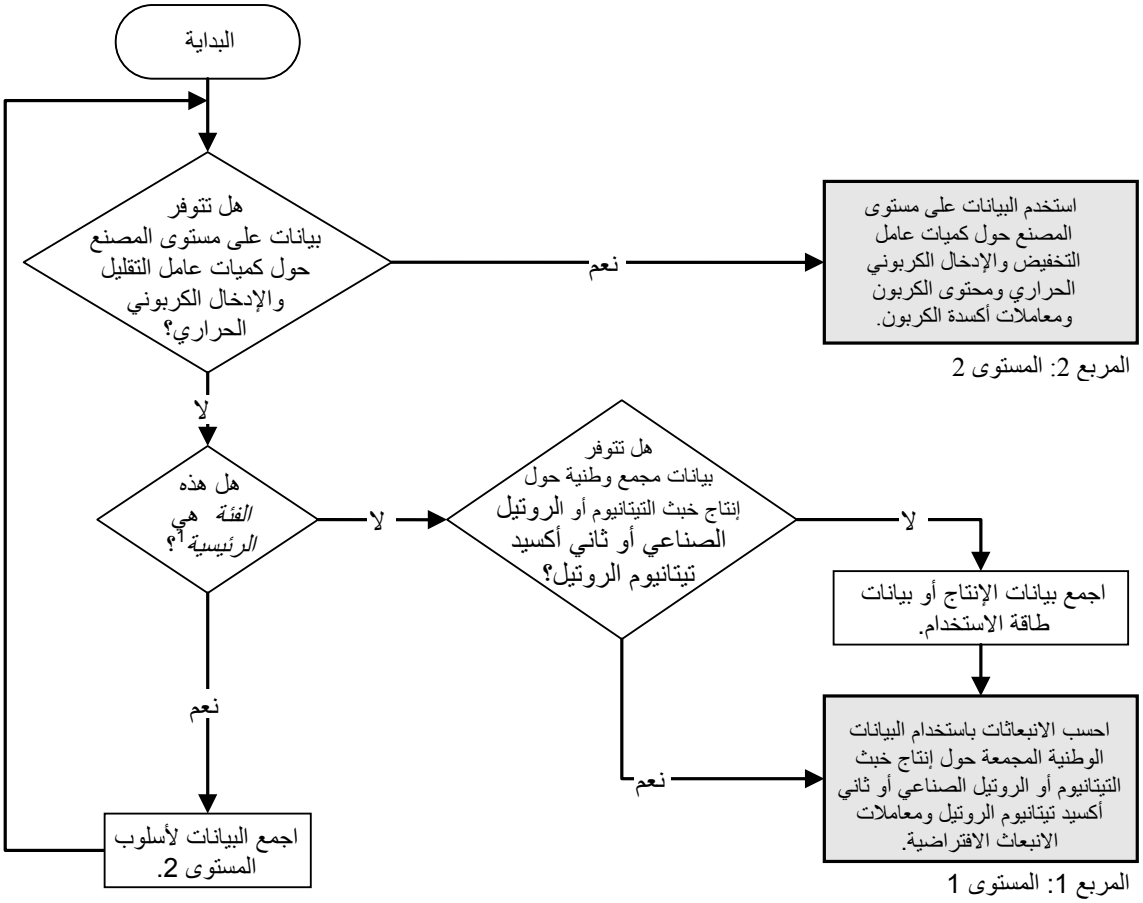
المصدر:

[1] لا يتوافر معامل انبعاث افتراضي نظرًا لوجود مصنعين فقط، ريتشاردز باي في جنوب إفريقيا وألارد لاك في كندا، وتتسم البيانات بالسرية. من *الممارسة السليمة* بالنسبة للبلدان المعنية تضمين التقديرات الخاصة بالمصنع للانبعاثات في عمليات الحصر الوطنية لغازات الاحتباس الحراري.

[2] محدد بواسطة البيانات التي توفرها مصادر إلوك.

[3] مقتبس من المكتب الأوروبي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة (2004أ؛ ص99).

الشكل 3-6 **شجرة القرارات لتقييم انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من إنتاج ثاني أكسيد التيتانيوم**



ملاحظة:

1. انظر المجلد 1، الفصل 4، اختيار المنهجيات وتعريف الفئات الرئيسية (مع ملاحظة القسم 4-1-2 حول المصادر المحدودة)، للاطلاع على مناقشة الفئات الرئيسية واستخدام شجر القرارات.

3-2-7-3 اختيار بيانات الأنشطة

من *الممارسة السليمة* تسجيل تفاصيل بيانات الأنشطة بشكل تفصيلي يتيح استخدام أسلوب المستوى 2. عند استخدام هذه الأساليب من الضروري التمييز بوضوح بين المنتجات لتفادي مضاعفة معامل الانبعاث غير الصحيح في بيانات الأنشطة.

أسلوب المستوى 1

يتطلب أسلوب المستوى 1 بيانات حول الإنتاج الوطني لخبث التيتانيوم والروتيل الصناعي وثاني أكسيد تيتانيوم الروتيل. في حالة عدم توافر بيانات أنشطة على المستوى الوطني، يمكن استخدام المعلومات الخاصة بسعة الإنتاج مع الانبعاثات المقدرة باستخدام معامل الانبعاث الافتراضي. من *الممارسة السليمة* مضاعفة قدرة الإنتاج الكلية الوطنية في معامل استخدام القدرة يبلغ ±10 في المائة (أي يتراوح بين 70-90 في المائة).

أسلوب المستوى 2

بيانات أنشطة مستوى المصنع المطلوبة لأسلوب المستوى 2 هي إجمالي استخدام عامل الاختزال والاستهلاك الكلي لإلكترود الكربون وإجمالي الإدخال الكربوني الحراري. من *الممارسة السليمة* أيضًا جمع بيانات حول الإنتاج الكلي لخبث التيتانيوم والإنتاج الكلي للروتيل الصناعي والإنتاج الكلي لثاني أكسيد تيتانيوم الروتيل. يتيح جمع بيانات الإنتاج إجراء مقارنات للإدخالات حسب وحدة الإدخالات بمرور الوقت وتوفر الأساس الصحيح لضمان اتساق المتسلسلة الزمنية. عند استخدام معاملات انبعاث على مستوى المصنع، فمن *الممارسة السليمة* جمع بيانات إنتاج على مستوى المصنع. من المفترض أن بيانات أنشطة مستوى المصنع النموذجية دقيقة بدرجة ±2 في المائة نتيجة للقيمة الاقتصادية لامتلاك بيانات دقيقة. في حالة عدم توافر بيانات مستوى المصنع، يمكن استخدام بيانات الإنتاج المسجلة على المستوى الوطني.

4-2-7-3 الاستيفاء

تتطلب التغطية الكاملة لإنتاج ثاني أكسيد التيتانيوم حساب كافة الانبعاثات من كافة المصادر ويشتمل ذلك على خبث التيتانيوم والروتيل الصناعي وثاني أكسيد تيتانيوم الروتيل. وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون هي الانبعاثات الرئيسية للعملية. لتضمين انبعاثات أكاسيد النيتروجين وأحادي الكربون وثاني أكسيد الكبريت من فئة هذا المصدر، ارجع إلى الخطوط التوجيهية في الفصل 7 من المجلد 1: التوجيهات العامة والإبلاغ.

5-2-7-3 إعداد متسلسلة زمنية متسقة

يجب إعادة حساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لكل السنوات عند تغير أساليب الحساب (أي في حالة تغيير القائم على الحصر من استخدام القيم الافتراضية إلى القيم الفعلية المحددة على مستوى المصنع). في حالة عدم توافر بيانات خاصة بمصنع معين، يشتمل ذلك على بيانات إنتاج مصنع معين، لكل السنوات في المتسلسلة الزمنية، سيكون من الضروري التفكير في كيفية الاستعانة ببيانات المصنع الحالية لإعادة حساب انبعاثات السنوات السابقة. قد يكون من الممكن تطبيق معاملات الانبعاث الحالية لمصنع معين والخاصة ببيانات الإنتاج من سنوات سابقة، بشرط عدم تغيير عمليات المصنع بشكل جوهري. تقتضي الضرورة إعادة الحساب للتأكد من أن أي تغيرات تطرأ على أنظمة الانبعاث حقيقية وليست تغييرات بشرية في الإجراءات. من *الممارسة السليمة* إعادة حساب المتسلسلة الزمنية وفقًا للخطوط التوجيهية الواردة في المجلد 1 في الفصل 5.

3-7-3 تقدير أوجه عدم التيقن

1-3-7-3 حالات عدم التيقن في معامل الانبعاثات

درجات عدم التيقن للقيم الافتراضية هي تقديرات تعتمد على آراء الخبراء. ومن *الممارسة السليمة* الحصول على تقييمات عدم التيقن على مستوى المصنع، والتي ينبغي أن تكون أقل من قيم عدم التيقن المرتبطة بالقيم الافتراضية.

2-3-7-3 حالات عدم التيقن في بيانات الأنشطة

في حين يتم الحصول على بيانات الأنشطة من المصانع، يمكن الحصول على تقديرات عدم التيقن من المنتجين. سيشتمل ذلك على تقديرات عدم التيقن لاستخدام عامل الاختزال والإدخالات الكربونية الحرارية وبيانات الأنشطة. وعادة ما لا تشتمل البيانات التي يتم الحصول عليها من الوكالات الإحصائية الوطنية على تقديرات عدم التيقن. ومن *الممارسة السليمة استشارة* الوكالات الإحصائية الوطنية للحصول على المعلومات الخاصة بأخطاء جمع العينات. في الحالات التي تقوم فيها الوكالات الإحصائية الوطنية بتجميع البيانات من مجموعة منشآت إنتاج ثاني أكسيد التيتانيوم، فمن غير المتوقع أن حالات عدم التيقن في الإحصائيات الوطنية تختلف عن حالات عدم التيقن التي يتم تحديدها من مشاورات مستوى المصنع. عندما لا تتوافر قيم عدم التيقن من مصادر أخرى، يمكن استخدام القيمة الافتراضية ±5.

4-7-3 ضمان الجودة / مراقبة الجودة والإبلاغ والتوثيق

1-4-7-3 ضمان الجودة / مراقبة الجودة

من *الممارسة السليمة* إجراء فحوصات مراقبة الجودة كما ورد في المجلد 1 في الفصل 6. في حالة استخدام أساليب مستوى أعلى لتحديد الانبعاثات، ينبغي اتباع إجراءات ضمان جودة والقيام بفحوصات مراقبة جودة أكثر اتساعًا. يوصى بأن يستخدم القائمون على الحصر إجراءات ضمان الجودة / مراقبة جودة لمستوى أعلى للفئات الرئيسية كما هو محدد في المجلد 1 والفصل 4.

مقارنة معاملات الانبعاث

أيضًا ينبغي على القائمين على الحصر التأكد مما إذا كانت معاملات الانبعاث المقدرة في نطاق معاملات الانبعاث الافتراضية لأسلوب المستوى 1، والتأكد كذلك من اتساق معاملات الانبعاث مع القيمة المحددة وفقًا لتحليل كيمياء العملية. على سبيل المثال، لا يجب أن يكون معدل توليد ثاني أكسيد الكربون لثاني أكسيد الروتيل من عملية الكلوريد أقل من 0.826 طن من ثاني أكسيد الكربون لطن ثاني أكسيد تيتانيوم الروتيل المنتج. إذا كانت معاملات الانبعاث خارج النطاقات المقدرة، فمن *الممارسة السليمة* تقييم وتسجيل الحالات الخاصة بكل مصنع والتي تكون السبب وراء الاختلافات.

في حالة تجميع قياسات الانبعاث لمصانع فردية، يجب أن يتأكد القائمون على الحصر من القيام بالقياسات وفقًا للمعايير الدولية أو الوطنية المعترف بها. يجب أن تشتمل خطة مراقبة الجودة على إجراءات مراقبة الجودة المستخدمة في الموقع وأن تتم الإحالة إليها مباشرة في خطة مراقبة الجودة. إذا كانت ممارسات القياس غير متسقة مع معايير مراقبة الجودة، يجب أن يفكر القائم على الحصر في استخدام هذه البيانات.

2-4-7-3 الإبلاغ والتوثيق

من *الممارسة السليمة* توثيق وأرشفة كل المعلومات المطلوبة لإنشاء تقديرات وطنية لحصر الانبعاثات كما ورد في المجلد 1 في القسم 6-11. ومن غير العملي أن يشتمل تقرير الحصر الوطني على كافة الوثائق. ومع ذلك، ينبغي أن يشتمل الحصر على ملخصات للأساليب المستخدمة ومراجع لبيانات المصدر، وبذلك تكون الانبعاثات التي تم الإبلاغ عنها شفافة ويمكن تتبع خطوات حسابها.

عمليات فحص البيانات لكل مصنع

البيانات الخاصة بكل مصنع التالية مطلوبة للمراجعة الكافية لتقديرات الانبعاثات:

- بيانات الأنشطة التي تشتمل على استهلاك كربون الإلكترود (خبث التيتانيوم) واستخدام عامل اختزال الفحم (الروتيل الصناعي) والإدخال الكربوني الحراري (ثاني أكسيد تيتانيوم الروتيل) وإنتاج خبث التيتانيوم وإنتاج الروتيل الصناعي وإنتاج ثاني أكسيد تيتانيوم الروتيل؛
- بيانات معامل الانبعاث بما في ذلك محتوى الكربون لعامل الاختزال (إلكترود الكربون والفحم) والإدخال الكربوني الحراري (فحم البترول) والنسبة المؤكسدة في العملية؛
- أسلوب التقدير والحسابات؛
- قائمة افتراضات؛
- توثيق أي نتيجة قياس وأسلوب قياس خاص بالمصنع.

عامة ما يعتبر الكثير من بيانات الإنتاج والعملية ملكية خاصة بالمشغلين، لاسيما إذا كان هناك عدد قليل للمصانع في البلد. من *الممارسة السليمة* استخدام الأساليب الفنية الملائمة، ويشتمل ذلك على تجميع البيانات، وذلك للتأكد من حماية البيانات السرية.

8-3 إنتاج رماد الصودا

1-8-3 مقدمة

رماد الصودا (كربونات الصوديوم، Na_2CO_3) عبارة عن مواد صلبة بلورية بيضاء تستخدم كمادة أولية في عدد كبير من الصناعات من بينها تصنيع الزجاج والصابون والمنظفات والعجينة وإنتاج الورق ومعالجة المياه. ينبعث ثاني أكسيد الكربون نتيجة لاستخدام رماد الصودا وتعتبر هذه الانبعاثات أحد مصادر انبعاثات ثاني أكسيد الكربون ضمن الصناعة التي تستخدم فيها وذلك كما ورد في المجلد 3، الفصل 2. كما ينبعث ثاني أكسيد الكربون خلال الإنتاج وتعتمد الكمية التي تنبعث على العملية الصناعية المستخدمة لتصنيع رماد الصودا.

وتختلف انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج رماد الصودا اختلافًا كبيرًا فيما يتعلق بعملية التصنيع. قد يتم استخدام أربع عمليات مختلفة تجارياً لإنتاج رماد الصودا. ثلاثة من هذه العمليات، التميؤ الأحادي وكربنة أحادية نصفية (ترونا) والكربنة المباشرة، تتم الإشارة إليها كعمليات طبيعية. أما الرابعة، طريقة "صولفي"، فهي تصنف كعملية اصطناعية. وتستخدم كربونات الكالسيون (الحجر الجيري) كمصدر لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون في عملية "صولفي". وقد ورد في المجلد 3، الفصل 2 استخدامات أخرى للحجر الجيري والكربونات الأخرى.

2-8-3 إنتاج رماد الصودا الطبيعي

يتم إنتاج 25 في المائة من الإنتاج العالمي من مترسبات الصوديوم التي تحمل الكربونات، والتي يُشار إليها باسم العمليات الطبيعية. خلال عملية الإنتاج، يتم تكلس الترونا (المادة الرئيسية التي يُصنع منها رماد الصودا) في فرن دوار ويتم تحويلها كيميائيًا إلى رماد صودا خام. ويتم إنتاج ثاني أكسيد الكربون والماء كمنتجات ثانوية من هذه العملية. يمكن تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون استنادًا إلى التفاعلات الكيميائية التالية:

$$2Na_2CO_3.NaHCO_3.2H_2O \text{ (الترونا)} \rightarrow 3Na_2CO_3 \text{ (رماد الصودا)} + 5H_2O + CO_2$$

1-2-8-3 موضوعات منهجية

اختيار الأسلوب

يعتمد اختيار أسلوب *الممارسة السليمة* على الظروف الوطنية. ويمكن تقدير الانبعاثات باستخدام المقترب الذي يعتمد على الإخراج (الانبعاثات لوحدة الإخراج) أو المقترب الذي يعتمد على الإدخال (الانبعاثات لوحدة الإدخال). ومع ذلك فمن *الممارسة السليمة* استخدام المقترب الذي يعتمد على الإدخال حيث تتوافر البيانات.

تم تصنيف الأساليب وفقًا لمدى بيانات مستوى المصنع المتوافرة. ويعتمد أسلوب المستوى 1 على القيم الافتراضية والإحصائيات الوطنية، ويعتمد أسلوب المستوى 2 على إدخال مستوى المصنع الكامل أو بيانات الإخراج ومعاملات الانبعاث الخاصة بالمصنع. في حالة وجود مراقبة وقياسات مباشرة لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون يعتبر ذلك مكافئًا لأسلوب المستوى 3.

أسلوب المستوى 1

تؤدي عملية إنتاج رماد الصودا الطبيعي إلى انبعاث ثاني أكسيد الكربون من خلال التحلل الحراري (التكليس) للترونا ($Na_2CO_3.NaHCO_3.2H_2O$) لإنتاج رماد الصودا. وفقًا للتفاعل الحراري السابق، فإن 10.27 أطنان من الترونا ينجم عنها 1 طن من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. ومن هذا المنطلق فبالنسبة لإنتاج رماد الصودا الطبيعي باستخدام الترونا، يمكن حساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من إدخال الترونا أو إخراج رماد الصودا الطبيعي عبر الصيغة التالية:

المعادلة 3-14
انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من إنتاج رماد الصودا الطبيعي – المستوى 1

$$E_{CO2} = AD \bullet EF$$

حيث:

E_{CO2} = انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، طن

AD = كمية الترونا المستخدمة أو رماد الصودا المنتج، أطنان الترونا المستخدمة أو أطنان رماد الصودا الطبيعي المُنتج

EF = معامل الانبعاث لوحدة إدخال الترونا أو إخراج رماد الصودا الطبيعي، أطنان ثاني أكسيد الكربون/طن الترونا أو أطنان ثاني أكسيد الكربون/طن رماد الصودا الطبيعي المُنتج: EF_{Trona} = 0.097 طن ثاني أكسيد الكربون/طن ترونا، $EF_{Soda\ Ash}$ = 0.138 طن ثاني أكسيد الكربون/أطنان رماد الصودا الطبيعي المُنتج.

من *الممارسة السليمة* تقييم الإحصائيات الوطنية المتوافرة للاستيفاء. يعتمد اختيار أساليب *الممارسة السليمة* على الظروف الوطنية، كما ورد في الشكل 3-7: شجرة قرار تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من إنتاج رماد الصودا الطبيعي. في حالة عدم توافر بيانات حول نقاء إدخال الترونا، فمن *الممارسة السليمة* افتراض أنه 90 في المائة وضبط معامل الانبعاث الوارد في الجدول 3-14.

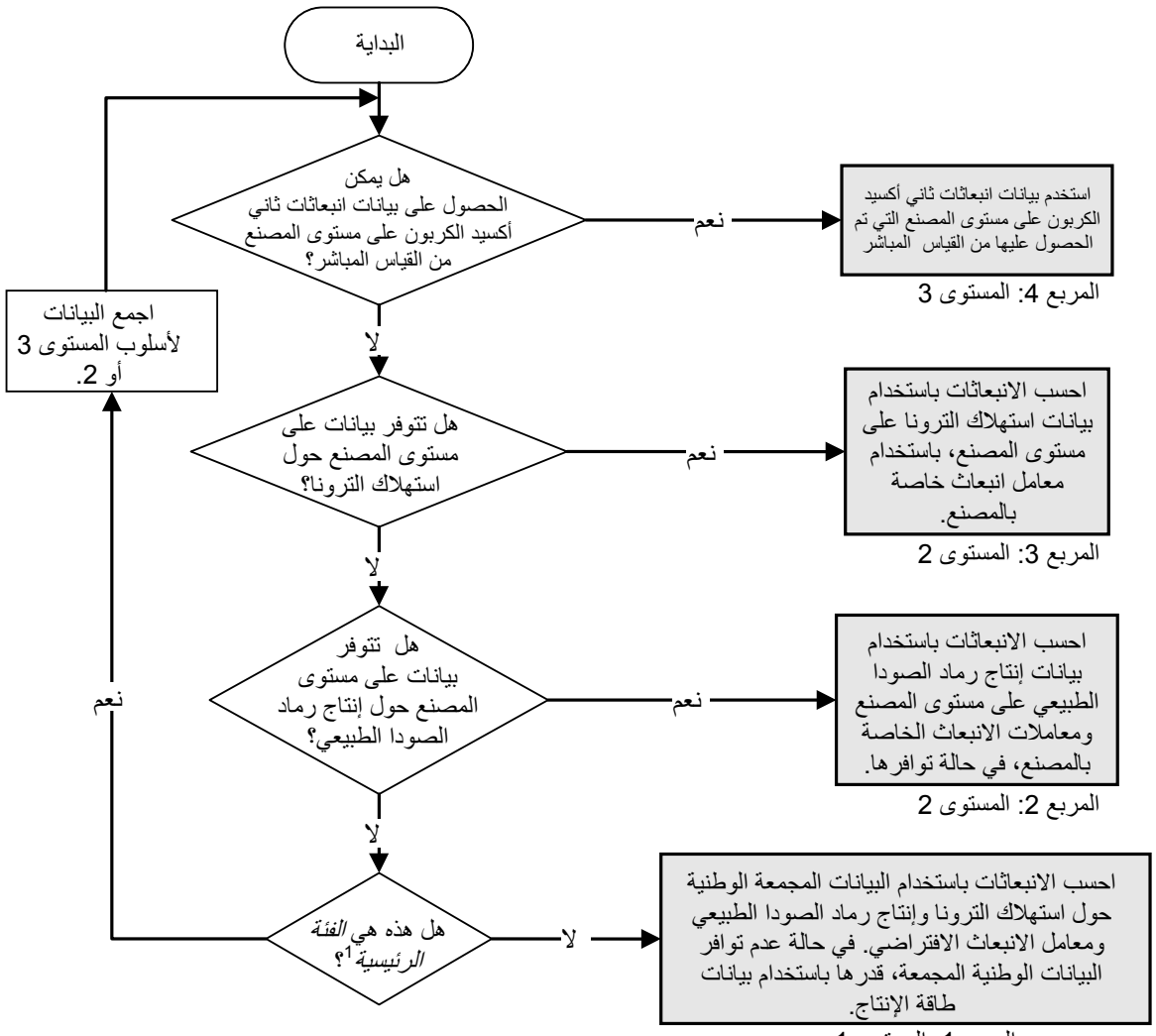
أسلوب المستوى 2

لاستخدام أسلوب المستوى 2، من الضروري جمع بيانات كاملة حول استهلاك الترونا أو إنتاج رماد الصودا الطبيعي لكل مصنع داخل البلد، فضلاً عن معاملات الانبعاث الخاصة بالمصنع لإدخال الترونا أو إخراج رماد الصودا. يمكن حساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لكل مصنع باستخدام أي من المتغيرات في المعادلة 3-14. بالنسبة للمصانع التي لا تتوافر لها معاملات انبعاث خاصة بها، يمكن استخدام معامل الانبعاث الافتراضي المتوفر في المعادلة 3-14. وإجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون هي مجموع الانبعاثات الناجمة عن كافة المصانع.

أسلوب المستوى 3

يستخدم أسلوب المستوى 3 بيانات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون على مستوى المصنع التي تم الحصول عليها من القياس المباشر. وإجمالي الانبعاثات هو مجموع الانبعاثات الناجمة عن كافة المصانع.

الشكل 3-7 شجرة قرار تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من إنتاج رماد الصودا الطبيعي



ملاحظة:

1. انظر المجلد 1، الفصل 4، اختيار المنهجيات وتعريف الفئات الرئيسية (مع ملاحظة القسم 4-1-2 حول المصادر المحدودة)، للاطلاع على مناقشة الفئات الرئيسية واستخدام شجر القرارات.

اختيار معاملات الانبعاث

أسلوب المستوى 1

يستخدم أسلوب المستوى 1 معاملات الانبعاثات الافتراضية الواردة في المعادلة 3-14. ويتم تحديد معاملات الانبعاث الافتراضية بحساب النسبة الرياضية الكيميائية بين رماد الصودا المنتج وكربونات الصوديوم النصفية النقية التي تم الحصول عليها من التروناـ. وتعتمد على عملية الإنتاج الطبيعية الرئيسية المستخدمة في الوقت الحاضر، حيث يتم إنتاج رماد الصودا بواسطة تكليس كربونات الصوديوم النصفية النقية.

أسلوب المستوى 2

يتطلب أسلوب المستوى 2 الحصول على معاملات انبعاث على مستوى المصنع لوحدة إدخال التروناـ أو لوحدة إخراج رماد الصودا الطبيعي. يجب أن تعكس معاملات الانبعاث على مستوى المصنع النقاوة التكسيرية لإدخال التروناـ وإخراج رماد الصودا الطبيعي، ومن *الممارسة السليمة* ضمان وضعها في الاعتبار عند تحديد معاملات الانبعاث على مستوى المصنع.

اختيار بيانات الأنشطة

من *الممارسة السليمة* تسجيل تفاصيل بيانات الأنشطة بشكل تفصيلي يتيح استخدام أسلوب المستوى 2. عند استخدام هذه الأساليب من الضروري التمييز بوضوح بين المنتجات لتفادي مضاعفة معامل الانبعاث غير الصحيح في بيانات الأنشطة.

أسلوب المستوى 1

يتطلب أسلوب المستوى 2 بيانات حول الاستهلاك الوطني للتروناـ أو الإنتاج الوطني لرماد الصودا الطبيعي. في حالة عدم توافر بيانات أنشطة على المستوى الوطني، يمكن استخدام المعلومات الخاصة بسعة الإنتاج مع الانبعاثات المقدرة باستخدام معامل الانبعاث الافتراضي. من *الممارسة السليمة* مضاعفة قدرة الإنتاج الكلية الوطنية في معامل استخدام القدرة يبلغ ±10 في المائة (أي يتراوح بين 70-90 في المائة).

أسلوب المستوى 2

يجب جمع بيانات الأنشطة على مستوى المصنع حتى يمكن استخدام أسلوب المستوى 2. أهم المعلومات هي المتعلقة بكمية التروناـ المستخدمة في إنتاج رماد الصودا وكمية رماد الصودا الطبيعي المنتج في كل مصنع. على الرغم من عدم استخدام رماد الصودا في الحساب، إذا تم تحديد الانبعاثات من إدخال التروناـ، فمن *الممارسة السليمة* جمع هذه البيانات والإبلاغ عنها حتي يمكن مقارنة إدخالات وحدة الإخراج مع مرور الزمن وتوفير أساس صحيح لضمان تناسق المتسلسلة الزمنية.

الاستيفاء

يعتبر استيفاء بيانات الأنشطة (مثل، استخدام التروناـ) من أهم عناصر *الممارسة السليمة*. لذا فمن *الممارسة السليمة* تقييم الإحصائيات الوطنية المتوافرة للاستيفاء. في حالة عدم توافر بيانات على مستوى المصنع، فمن *الممارسة السليمة* جمع هذه البيانات وفحص النتيجة مع البيانات المتوافرة على المستوى الوطني. تتيح هذه الممارسة تقييم ما إذا كان قد انبعث أي من المنتجات لرماد الصودا، ويضمن دراسة كافة عمليات الإنتاج داخل البلد. في حالة عدم توافر بيانات على مستوى المصنع، فمن *الممارسة السليمة* استخدام بيانات سعة الإنتاج بالإضافة إلى الإحصائيات الوطنية لتقدير الانبعاثات لأغراض الاستيفاء.

وضع متسلسلة زمنية

من *الممارسة السليمة* تقدير الانبعاثات الناجمة عن رماد الصودا باستخدام نفس الأسلوب في كل عام في المتسلسلة الزمنية. في حالة عدم توافر بيانات لدعم أسلوب أكثر صرامة لكل الأعوام في المتسلسلة الزمنية، فمن *الممارسة السليمة* إعادة حساب هذه الثغرات وفقًا للخطوط التوجيهية الموجودة في المجلد 2، الفصل 5.

3-2-8-2 تقدير أوجه عدم التيقن

حالات عدم التيقن في معامل الانبعاثات

نسبة الرياضيات الكيميائية هي الرقم المؤكد وافتراض نقاء الإدخال أو الإخراج بنسبة 100 في المائة، ويمكن التغاضي عن عدم التيقن من معامل الانبعاث الافتراضي. ومع ذلك فالمعاملات الافتراضية لا تأخذ في الاعتبار النقاوة التكسيرية لإدخال التروناـ أو إخراج رماد الصودا، ومن المتوقع في كلتا الحالتين أن يكون هناك إفراط متناسق في تقدير الانبعاثات. كما ورد من قبل، في حالة عدم توافر بيانات حول نقاء إدخال التروناـ، فمن *الممارسة السليمة* افتراض أنه 90 في المائة وضبط معامل الانبعاث الوارد في الجدول 3-14. من *الممارسة السليمة* وضع تقديرات عدم تيقن استنادًا إلى بيانات مستوى المصنع.

أوجه عدم التيقن لبيانات الأنشطة

في حين يتم الحصول على بيانات الأنشطة من المصانع، يمكن الحصول على تقديرات عدم التيقن من المنتجين. ويشتمل ذلك على تقديرات عدم التيقن للتروناـ المستخدمة ورماد الصودا الطبيعي المستخدم. وعادة ما لا تشتمل البيانات التي يتم الحصول عليها من الوكالات الإحصائية الوطنية على تقديرات عدم التيقن. ومن *الممارسة السليمة* استشارات الوكالات الإحصائية الوطنية للحصول على المعلومات الخاصة بأخطاء جمع العينات. في الحالات التي تقوم فيها الوكالات الإحصائية الوطنية بتجميع البيانات من مجموعة منشآت إنتاج رماد الصودا، فمن غير المتوقع أن حالات عدم التيقن في الإحصائيات الوطنية تختلف عن حالات عدم التيقن التي يتم تحديدها من مشاورات مستوى المصنع. عندما لا تتوافر قيم عدم التيقن من مصادر أخرى، يمكن استخدام القيمة الافتراضية ±5.

3-2-8-3 ضمان الجودة / مراقبة الجودة والإبلاغ والتوثيق

ضمان الجودة / مراقبة الجودة

من *الممارسة السليمة* إجراء فحوصات مراقبة الجودة كما وردت في المجلد 1، الفصل 6 وأن يقوم خبير بمراجعة تقديرات الانبعاثات. وكذا يمكن تطبيق فحوصات إضافية لمراقبة الجودة كما وردت في المجلد 1 وإجراءات ضمان الجودة، لا سيما في حالة استخدام أساليب مستوى أعلى لتحديد الانبعاثات الناجمة عن فئة المصدر هذه. يوصى بأن يستخدم القائمون على الحصر إجراءات ضمان الجودة / مراقبة جودة لمستوى أعلى للفئات الرئيسية كما هو محدد في المجلد 1 و الفصل 4.

مقارنة تقديرات الانبعاثات باستخدام مقاربات مختلفة

في حالة استخدام المقترب التصاعدي، يجب أن يقارن القائمون على الحصر تقديرات الانبعاثات بالتقدير المحسوب باستخدام المقترب التنازلي. يمكن تسجيل مثل هذه المقارنات للتوثيق الداخلي، ويشتمل ذلك على تفسير أي اختلافات.

الإبلاغ والتوثيق

من *الممارسة السليمة* توثيق وأرشفة كل المعلومات المطلوبة لإنشاء تقديرات وطنية لحصر الانبعاثات كما ورد في المجلد 1 في القسم 6-11. ومن غير العملي أن يشتمل تقرير الحصر الوطني على كافة الوثائق. ومع ذلك، يجب أن يشتمل الحصر على ملخصات للأساليب المستخدمة ومراجع للبيانات، وكافة المعلومات المطلوبة لإعادة التقدير.

بالإضافة إلى الانبعاثات، فمن *الممارسة السليمة* الإبلاغ عن بيانات الأنشطة المستخدمة في الحساب (استخدام الترونا) ومعاملات الانبعاث المناظرة مع كافة الافتراضات المستخدمة في التحديد.

للحفاظ على متسلسلة زمنية للانبعاثات متناسقة داخليًا، ففي أي مرة يحدث تغيير للأساليب الوطنية، فمن *الممارسة السليمة* إعادة حساب المتسلسلة الزمنية بأكملها. إذا كان ينبغي الحفاظ على السرية لأي نوع من عمليات الإنتاج، يمكن جمع التقديرات وفقًا للحد الأدنى الممكن لضمان السرية.

بالإضافة إلى ذلك، ينبغي أن يعمل القائمون على الحصر على توثيق إجراءات ضمان الجودة / مراقبة الجودة.

3-8-3 إنتاج رماد صودا صولفي

يتم إنتاج حوالي 75 في المائة من الإنتاج العالمي من رماد الصودا من الصودا الصناعية المصنوعة من كلوريد الصوديوم. في عملية صولفي، يكون المحلول الملحي لكلوريد الصوديوم والحجر الجيري والفحم التعديني والأمونيا هي المواد الخام المستخدمة في سلسلة التفاعلات التي تؤدي إلى إنتاج رماد الصودا. ومع ذلك تتم إعادة تدوير الأمونيا ويتم فقد كمية صغيرة فقط. يمكن وصف سلسلة تفاعلات عملية صولفي فيما يلي:

$$CaCO_3 + heat \rightarrow CaO + CO_2$$

$$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$$

$$2NaCl + 2H_2O + 2NH_3 + 2CO_2 \rightarrow 2NaHCO_3 + 2NH_4Cl$$

$$2NaHCO_3 + heat \rightarrow Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O$$

$$Ca(OH)_2 + 2NH_4Cl \rightarrow CaCl_2 + 2NH_3 + 2H_2O$$

يمكن إيجاز التفاعل الكلي في المعادلة التالية:

$$CaCO_3 + 2NaCl \rightarrow Na_2CO_3 + CaCl_2$$

من سلسلة التفاعلات المذكورة عالية، يتم توليد ثاني أكسيد الكربون في عمليتي انحلال حراري. ويتم احتجاز ثاني أكسيد الكربون المولد وضغطه وتوجيهه إلى أبراج ترسيب عملية صولفي للاستهلاك في مزيج من المحلول الملحي (NaCl المائي) والأمونيا. وعلى الرغم من أنه يتم إنتاج ثاني أكسيد الكربون على أنه منتج ثانوي، تتم استعادة ثاني أكسيد الكربون وإعادة تدويره للاستخدام في مرحلة الكربنة وفي النظرية تكون العملية محايدة، أي أن توليد ثاني أكسيد الكربون يساوي الامتصاص.

في الممارسة، ينبعث ثاني أكسيد الكربون في الجو خلال العملية بواسطة عملية صولفي وذلك لأن ثاني أكسيد الكربون يتم إنتاجه بصورة تزيد عما هو مطلوب وفقًا للرياضيات الكيميائية. وينجم فائض ثاني أكسيد الكربون عن تكليس الحجر الجيري مع الفحم التعديني. ويتم جمع الحجر الجيري مع الفحم فيما يقرب من 7 في المائة من الحجر الجيري حسب الوزن.

يجب أن يعتمد تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من مصنع مفرد لرماد الصودا على التوازن الكلي لثاني أكسيد الكربون حول العملية الكيميائية بأكملها. ولأغراض الحصر، ربما يتم استخدام نسخة مبسطة من التوازن على افتراض أن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون تنجم عن الأكسدة الرياضية الكيميائية لكربون الفحم. وتعتبر عملية صولفي لإنتاج رماد صودا الأمونيا أحد أنشطة صناعة المواد الكيميائية، وينبغي الإبلاغ عن الانبعاثات ضمن قطاع العمليات الصناعية واستخدامات المنتجات (الهيئة).

المربع 3-7
ازدواجية الحساب

لتفادي ازدواجية الحساب، يجب حساب انبعاث ثاني أكسيد الكربون الناجم عن عملية إنتاج رماد الصودا في **قطاع العمليات الصناعية واستخدامات المنتجات**، ولا ينبغي تضمينه في **قطاع الطاقة**. يجب خصم الفحم المستخدم في عملية الإنتاج من **قطاع الطاقة** على أنه استخدام للفحم غير مولد للطاقة.

3-8-3-1 ضمان الجودة / مراقبة الجودة والإبلاغ والتوثيق

يعني تخصيص الانبعاثات الناجمة عن استخدام الفحم التعديني في عملية صولفي إلى **قطاع الطاقة** أن منهجية تقدير هذه الانبعاثات غير متوفرة في **قطاع العمليات الصناعية واستخدامات المنتجات.** ومع ذلك ينبغي تجميع وترتيب البيانات الخاصة بإنتاج رماد الصودا من عملية صولفي لضمان أن كل البيانات الخاصة بإنتاج رماد الصودا بواسطة العملية متوافرة للتسجيل والإبلاغ والأرشفة والتسوية مع الإحصائيات الوطنية الخاصة باستخدام رماد الصودا.

ضمان الجودة / مراقبة الجودة

من *الممارسة السليمة* إجراء عمليات فحص مراقبة الجودة كما ورد في المجلد 1، الفصل 6. وربما تنطبق أيضًا عمليات فحص إضافية لمراقبة الجودة كما ورد في المجلد 1 وإجراءات ضمان الجودة. يوصى بأن يستخدم القائمون على الحصر إجراءات ضمان الجودة / مراقبة جودة لمستوى أعلى للفئات الرئيسية كما هو محدد في المجلد 1 و الفصل 4.

الإبلاغ والتوثيق

من *الممارسة السليمة* توثيق وأرشفة كل المعلومات المطلوبة لإنشاء تقديرات وطنية لحصر الانبعاثات كما ورد في المجلد 1 في القسم 6-11. ومن غير العملي أن يشتمل تقرير الحصر الوطني على كافة الوثائق. ومع ذلك، يجب أن يشتمل الحصر على ملخصات للأساليب المستخدمة ومراجع للبيانات، وكافة المعلومات المطلوبة لإعادة التقدير.

3-9 إنتاج المواد البتروكيميائية والكربون الأسود

3-9-1 مقدمة

تستعين صناعة المواد البتروكيميائية بأنواع الوقود الحفري (مثل الغاز الطبيعي) أو منتجات تكرير البترول (مثل النفط) كمواد أولية. ويوفر هذا لقسم الخطوط التوجيهية الخاصة بتقدير الانبعاثات الناجمة عن إنتاج الميثانول والإيثيلين والبروبيلين[2] وثاني كلوريد الإيثيلين وأكسيد الإيثيلين والأكريلونيتريل. وقد تم تناول هذه المواد الكيميائية بالتفصيل نظرًا لحجم إنتاجها العالمي وانبعاثات الغازات الاحتباس الحراري المرتبطة بها عالية بدرجة نسبية. ومع ذلك فالمواد الكيميائية الواردة ليس الغرض منها تمثيل كافة المواد الكيميائية المستخدمة في صناعة المواد البتروكيميائية . يوجد عدد كبير من العمليات البتروكيميائية التي ينجم عنها انبعاث كميات صغيرة من غازات الاحتباس الحراري والتي لم يتم توفير خطوط توجيهية خاصة بها (مثل إنتاج الاستيرين). علاوة على ذلك، يوفر هذا القسم الخطوط التوجيهية الخاصة بالكربون الأسود. ولا يعتبر الكربون الأسود من المواد البتروكيميائية، ومع ذلك فإن عمليات إنتاج الكربون الأسود تستخدم المواد الأولية البتروكيميائية. وتتسم الانبعاثات الناجمة عن إنتاج الكربون الأسود بأنها أصغر من الانبعاثات الناتجة عن العمليات البتروكيميائية، لكنها تعتبر ذات أهمية بالغة في بلدان معينة.

يشتمل الملحق أ في القسم 3-9 على أمثلة للمواد الأولية لسلسلة إنتاج الميثانول والإيثيلين والبروبيلين وثاني كلوريد الإيثيلين وأكسيد الإيثيلين والأكريلونيتريل والكربون الأسود.

التخصيص والإبلاغ

في صناعة المواد البتروكيميائية والكربون الأسود يتم استخدام الأنواع الأساسية للوقود الحفري (الغاز الطبيعي والبترول والفحم) لأغراض غير التزود بالوقود في إنتاج المواد البتروكيميائية والكربون الأسود. وقد يتضمن استخدام هذه الأنواع الأساسية للوقود الحفري احتراق جزء من محتوى الهيدروكربون لزيادة الحرارة وإنتاج أنواع الوقود الثانوية (مثل الغازات المطلقة).

يجب تخصيص انبعاثات الاحتراق الناجمة عن أنواع الوقود التي تم الحصول عليها من المواد الأولية إلى فئة المصدر في قطاع العمليات الصناعية واستخدامات المنتجات. ومع ذلك، في حالة عدم استخدام أنواع الوقود ضمن فئة المصدر لكن تم نقلها خارج عملية الاحتراق في مكان آخر (مثل أغراض الاحتراق بالحي)، يجب الإبلاغ عن الانبعاثات في فئة مصدر قطاع الطاقة الملائم. وقد تم تضمين الصناعات في فئة المصدر الصناعات الكيميائية (2ب2 – 2ب10)، انظر الشكل 1-1، فئات العمليات الصناعية واستخدامات المنتجات في الفصل 1 من هذا المجلد. وقد ورد في الفصلين 1 و5 من هذا المجلد مناقشة إضافية للاستخدامات غير المولدة للطاقة لأنواع الوقود.

لاحظ أن إحصائيات الطاقة الوطنية قد تتضمن الاحتراق الكلي لأنواع الوقود الحفري (يشتمل ذلك على الغاز الطبيعي والبترول والفحم) وأنواع الوقود الثانوية (مثل العمليات الصناعية المولدة للغازات المطلقة) لإنتاج الطاقة. من المهم التحقق مما إذا كانت الإحصائيات الوطنية تشتمل على أنواع الوقود المستخدمة في صناعات المواد البتروكيميائية. إذا كانت هذه هي الحالة، فيجب طرح الانبعاثات الناجمة عن عمليات المواد البتروكيميائية من انبعاثات قطاع الطاقة المحسوبة لتجنب ازدواجية الحساب. ويرتبط ذلك بوجه خاص بالإيثيلين والميثانول، حيث ربما يتم الإبلاغ عن استهلاك المادة الأولية للوقود الأساسي (مثل الغاز الطبيعي أو الإيثان أو البروبان) في إحصائيات الطاقة الوطنية.

وعند الحاجة إلى تثبيت واستخدام تقنية لاحتجاز ثاني أكسيد الكربون في أحد المصانع، فمن *الممارسة السليمة* خصم كمية ثاني أكسيد الكربون المحتجز في حساب انبعاثات مستوى أعلى. الافتراضي الأساسي هو أنه لا يوجد احتجاز لثاني أكسيد الكربون وتخزينه. أي منهجية تقوم باحتجاز ثاني أكسيد الكربون يجب أن تأخذ في اعتبارها أن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التي تم احتجازها في المعالجة يمكن أن تكون مشتعلة ومتعلقة بالمعالجة. ينبغي على مجمعي تقارير الحصر في الحالات التي تقتضي الإبلاغ عن انبعاثات الاحتراق وانبعاثات للعمليات الصناعية على نحو منفصل التأكد من عدم تكرار نفس الكميات من ثاني أكسيد الكربون. وفي مثل هذه الحالات، يفضل الإبلاغ عن إجمالي كمية ثاني أكسيد الكربون المحتجز ضمن فئات مصدر احتراق الطاقة والعمليات الصناعية واستخدامات المنتجات الخاصة بما يتناسب مع كميات ثاني أكسيد الكربون المولد في فئات المصدر هذه. لمزيد من المعلومات حول احتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه، يرجى الرجوع إلى المجلد 3، القسم 1-2-2، ولمزيد من التفاصيل حول الاحتجاز والتخزين، يرجى الرجوع إلى المجلد 2، القسم 2-3-4.

ربما تستخدم عمليات المواد البتروكيميائية ثاني أكسيد الكربون الذي تم احتجازه في مكان آخر كمادة أولية، وربما يتم احتجاز ثاني أكسيد الكربون من عمليات المواد البتروكيميائية. وربما يؤدي ذلك إلى ظهور مشكلات ازدواجية الحساب. على سبيل المثال، ربما تستخدم بعض مصانع الميثانول المنتج الثانوي لثاني أكسيد الكربون الذي تم احتجازه من عمليات صناعية أخرى كمادة أولية لإنتاج الميثانول. ولتفادي ازدواجية الحساب، لا يجب الإبلاغ عن ثاني أكسيد الكربون المحتجز على أنه انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من عملية تم احتجاز ثاني أكسيد الكربون فيها.

[2] لاحظ أنه لا توجد منهجية حصر منفصلة للبروبلين. ومن المفترض أن البروبلين منتج مشترك لإنتاج الإيثيلين.

الميثانول

على مستوى العالم يتم إنتاج معظم الميثانول عبر تحسين بخار الغاز الطبيعي. ويؤدي تحسين البخار والتفاعل بالإزاحة إلى إنتاج "غاز صناعي" يتكون من ثاني أكسيد الكربون وأحادي أكسيد الكربون والهيدروجين. وينتج عن عملية تحويل الغاز الطبيعي إلى إنتاج الميثانول والمنتج الثانوي ثاني أكسيد الكربون وأحادي أكسيد الكربون والهيدروجين من الغاز الصناعي. يوجد العديد من العمليات البديلة لإنتاج الميثانول من الغاز الطبيعي أو المواد الأولية الأخرى. ويشتمل ذلك على عملية التحسين التقليدية وعملية التحسين المجمع وعملية الأكسدة الجزئية. يشتمل الملحق بقسم 3-9 (الملحق 3-9أ) على مثال لشكل تدفق عملية تحول المادة الأولية إلى منتج لإنتاج الميثانول. ويشتمل المربع 3-8 أدناه أوصاف عملية لإنتاج الميثانول.

المربع 3-8
أوصاف عملية الميثانول

عملية التحسين التلقائية

تشتمل عملية التحسين التلقائية لإنتاج الميثانول على تحسين البخار (التي قد تتضمن وحدة تحسين مفردة أو وحدة تحسين أساسية ووحدة تحسين ثانوية) وتخليق الميثانول. فيما يلي المعادلات الكلية لعملية التحسين التلقائية:

تحسين البخار	التفاعل بالإزاحة	إنتاج الميثانول
$CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3\ H_2$	$CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$	$CO + 2\ H_2 \rightarrow CH_3OH$
$C_nH_m + nH_2O \rightarrow nCO + (m/2 + n)\ H_2$		$CO_2 + 3\ H_2 \rightarrow CH_3OH + H_2O$

التحسين/التفاعل بالإزاحة	إنتاج الميثانول
$2\ CH_4 + 3\ H_2O \rightarrow CO + CO_2 + 7\ H_2$	$CO + CO_2 + 7\ H_2 \rightarrow 2\ CH_3OH + 2\ H_2 + H_2O$

وتتم استعادة فائض الهيدروجين من هذه العملية غاز تطهير عملية الميثانول الذي يحتوي على الميثان والمركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية وإحراقها لاستعادة الطاقة، ويتم ذلك عامة في عملية إنتاج الميثانول، لإنتاج بخار العملية و/أو الكهرباء للعملية. ربما تستخدم عملية التحسين التقليدية ثاني أكسيد الكربون المحتجز من عمليات صناعية أخرى على أنه مادة أولية تكميلية لعملية إنتاج الميثانول.

عملية التحسين المجمع

تجمع عملية التحسين المجمع بين عملية تحسين البخار التقليدية وعملية الأكسدة الجزئية الوسيطة. فيما يلي المعادلات الكيميائية للأكسدة الجزئية:

تفاعل تحسين غاز الميثانول	تفاعل أكسدة المادة الأولية
$CH_4 + ½\ O_2 \rightarrow CO + 2\ H_2 \rightarrow CH_3OH$	$CH_4 + O_2 \rightarrow CO_2 + 2\ H_2$

تقوم عملية التحسين المجمع بإنتاج الغاز الصناعي الذي يحتوي على نسبة أكثر توازنًا من الهيدروجين إلى أحادي أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون، وذلك أكثر من عملية التحسين التقليدية، ولا تؤدي إلى إنتاج بخار غاز الهيدروجين لاستعادة الطاقة. تقوم عملية التحسين المجمع بإنتاج غاز تطهير يحتوي على الميثان والذي يتم إحراقه لاسترداد الطاقة ضمن عملية الميثانول.

عمليات الإنتاج الأخرى

يمكن إنتاج الميثانول عبر الأكسدة الجزئية للبترول أو الفحم أو المواد الأولية البتروكيميائية أو عبر تحويل الفحم إلى غاز صناعي، ومع ذلك فهذه المواد الأولية والعمليات تمثل كمية صغير من إنتاج الميثانول على مستوى العالم.

الإيثيلين

يتم إنتاج معظم الإيثيلين على مستوى العالم بواسطة عملية التكسير بالبخار للمواد الأولية البتروكيميائية. وقد يتم إنتاج الإيثيلين من خلال التكسير بالبخار للمواد الأولية البتروكيميائية في أحد مصانع المواد البتروكيميائية، كما قد يتم إنتاجه بواسطة التكسير وعمليات أخرى يتم القيام بها في معامل تكرير البترول. بالإضافة إلى ذلك ينتج عن التكسير بالبخار لإنتاج الإيثيلين منتجات ثانوية تشتمل على البروبيلين والبوتادين. يشتمل المربع 3-9 التالي على وصف لعملية التكسير بالبخار لإنتاج الإيثيلين.

المربع 3-9
وصف عملية الإيثيلين

التكسير بالبخار

فيما يلي المعادلة الكيميائية الأساسية لإنتاج الإيثيلين:

نزع هيدروجين الإيثان لإنتاج الإيثيلين
$C_2H_6 \rightarrow C_2H_4 + H_2$

ويختلف نوع ومزيج المواد الأولية المستخدم في التكسير بالبخار لإنتاج الإيثيلين حسب المنطقة، ويشتمل على الإيثان والبروبان والبوتان والنفط وغاز البترول ومواد أولية بتروكيميائية أخرى. في الولايات المتحدة، يتم إنتاج معظم الإيثيلين عبر التكسير بالبخار للإيثان، لكن في أوروبا وكوريا واليابان يتم إنتاج معظم الإيثيلين عبر التكسير بالبخار للنفط.

كما ينتج عن التكسير بالبخار للمواد الأولية البتروكيميائية لإنتاج الإيثيلين منتجات بتروكيميائية أخرى عالية القيمة (قابلة للبيع)، ويشتمل ذلك على البروبيلين والبوتادين والمركبات العطرية. ويتم إنتاج معظم البروبيلين على مستوى العالم كمنتج ثانوي للإيثيلين إما من خلال وحدات التكسير بالبخار أو من خلال وحدات التكسير الوسيط للسوائل في معامل تكرير البترول. وتعتبر وحدات التكسير بالبخار التي تستخم النفط أكبر مصدر للبروبيلين. يوجد العديد من تقنيات العمليات الأخرى المستخدمة لإنتاج البروبيلين، ويشتمل ذلك على نزع الهيدروجين الوسيط للبروبان. لاحظ أن أساليب تقدير الانبعاثات في هذا القسم تنطبق فقط على إنتاج الإيثيلين والبروبيلين في وحدات التكسير بالبخار ولا تنطبق على تقنيات العمليات الأخرى المستخدمة لإنتاج الإيثيلين أو البروبيلين. كما ينتج عن عملية التكسير بالبخار المنتجات الثانوية الهيدروجين الميثان وهيدروكربونات C4+ التي عامة ما يتم إحراقها لاسترداد الطاقة من خلال العملية.

(هوديك، 2005: الشكل 1 في ص 3 ، ص4)

ثاني كلوريد الإيثيلين وكلوريد الفينيل أحادي الوحدة

يتم إنتاج معظم ثاني كلوريد الإيثيلين (1،2 ثنائي كلور الإيثيلين) من خلال الكلورة الأكسيدية أو الكلورة المباشرة للإيثيلين أو بالجمع بين العمليتين (يُشار إليها باسم "العملية المتوازنة"). يشتمل الملحق بقسم 3-9 (الملحق 3-9أ) على مثال لشكل تدفق عملية تحول المادة الأولية إلى منتج لإنتاج ثاني كلوريد الإيثيلين. يشتمل المربع 3-10 على أوصاف عملية إنتاج ثاني كلوريد الإيثيلين وكلوريد الفينيل أحادي الوحدة. لاحظ أن المركب الكيمائي "ثاني كلوريد الإيثيلين" يُشار إليه باسم 1،2 ثنائي كلور الإيثيلين. كما يُشار إلى المركب الكيميائي "ثنائي كلور الإيثيلين" باسم 1،2 ثنائي كلور الإيثيلين، كمركب مختلف.

المربع 3-10
أوصاف عملية ثاني كلوريد الإيثيلين وكلوريد الفينيل أحادي الوحدة

عمليتا الكلورة الأكسيدية أو الكلورة المباشرة للإيثيلين

تشتمل عملية الكلورة المباشرة على تفاعل مرحلة الغاز للإيثيلين مع الكلور لإنتاج ثاني كلوريد الإيثيلين. وتشتمل عملية الكلورة الأكسيدية تفاعل مرحلة الغاز مع حمض الهيدروكلوريك والأكسجين لإنتاج الماء ثاني كلوريد الإيثيلين. ثم يتم تكسير ثاني كلوريد الإيثيلين لإنتاج كلوريد الفينيل أحادي الوحدة وحمض الهيدروكلوريك. ينتج عن عملية الكلورة الأكسيدية غاز منطلق يحتوي على المنتج الثانوي ثاني أكسيد الكربون ينتج عن الأكسدة المباشرة للمادة الأولية للإيثيلين.

فيما يلي المعادلات الكيميائية الأساسية لعمليتي الكلورة المباشرة والكلورة الأكسيدية.

ثاني كلوريد الإيثيلين>كلوريد الفينيل	تفاعل الكلورة الأكسيدية	الكلورة المباشرة
$2\ C_2H_4Cl_2 \rightarrow 2\ CH_2CHCl + 2\ HCl$	$C_2H_4 + ½\ O_2 + 2\ HCl \rightarrow C_2H_4Cl_2 + H_2O$ $[C_2H_4 + 3\ O_2 \rightarrow 2\ CO_2 + 2\ H_2O]$	$C_2H_4 + Cl_2 \rightarrow C_2H_4Cl_2$

المربع 3-10 (تابع)
أوصاف عملية ثاني كلوريد الإيثيلين وكلوريد الفينيل أحادي الوحدة

العملية المتوازنة

يحدث فائض من كلوريد الهيدروجين نتيجة للجمع بين عملية الكلورة المباشرة لإنتاج ثاني كلوريد الإيثيلين وعملية تكسير ثاني كلوريد الإيثيلين لإنتاج ثاني كلوريد الفينيل أحادي الوحدة. وتوفر عملية الكلورة الأكسيدية حوضًا لكلوريد الهيدروجين. لذلك ربما تُشغل منشآت إنتاج ثاني كلوريد الإيثيلين/ كلوريد الفينيل أحادي الوحدة "عملية متوازنة" يتم خلالها الجمع بين عملية الكلورة المباشرة وعملية الكلورة الأكسيدية. ينتج عن "العملية المتوازنة" غاز تهوية يحتوي على المنتج الثانوي ثاني أكسيد الكربون ينتج عن الأكسدة المباشرة للمادة الأولية للإيثيلين.

فيما يلي المعادلة الكيميائية الأساسية لـ"العملية المتوازنة" لإنتاج كلوريد الفينيل أحادي الوحدة من الإيثيلين:

تفاعل أكسدة المادة الأولية	تفاعل ثاني كلوريد الإيثيلين-كلوريد الفينيل أحادي الوحدة
$[C_2H_4 + 3\ O_2 \rightarrow 2\ CO_2 + 2\ H_2O]$	$2\ C_2H_4 + Cl_2 + ½\ O_2 \rightarrow 2\ CH_2CHCl + H_2O$

ولا تتسم عملية الكلورة المباشرة وعملية الكلورة الأكسيدية لإنتاج ثاني كلوريد الإيثيلين بكفاءة 100 في المائة في استخدام المادة الأولية للإيثيلين. ولا يتم تحويل 3 في المائة من المادة الأولية للإيثيلين إلى ثاني كلوريد الإيثيلين لكن يتم تحويلها إلى ثاني أكسيد الكربون (من خلال الأكسدة المباشرة في عملية الكلورة الأكسيدية) أو إلى هيدروكربونات مكلورة أخرى (خلال عملية الكلورة المباشرة أو الكلورة الأكسيدية). وعامة يتم التعامل مع الغاز المنطلق الناجم عن العملية ويحتوي على هيدروكربونات مكلورة أخرى قبل تفريغه إلى الجو. كما يتم تحويل الهيدروكربونات المكلورة إلى ثاني أكسيد الكربون في عملية ترميد حراري أو عملية ترميم وسيطة. تسترد معظم مصانع ثاني كلوريد الإيثيلين/كلوريد الفينيل أحادي الوحدة الطاقة من الغازات المنطلقة الناجمة عن الترميد والغازات المنطلقة الناجمة عن العملية.

أكسيد الإيثيلين

يتم تصنيع أكسيد الإيثيلين من خلال تفاعل الإيثيلين مع الأكسجين من خلال وسيط. وتتم إزالة المنتج الثانوي ثاني أكسيد الكربون الناجم عن الأكسدة المباشرة للمادة الأولية للإيثيلين من خلال نظام التهوية بالعملية باستخدام محلول كربونات معاد تدويره، وقد تتم تهوية ثاني أكسيد الكربون الذي تم استرداده إلى الجو أو استعادته لاستخدامه مرة أخرى (مثل إنتاج الأغذية) يمكن توريد الأكسجين إلى العملية من خلال الهواء أو من خلال الأكسجين النقي المفصول من الهواء. يشتمل الملحق بقسم 3-9 (الملحق 3-9أ) على مثال لشكل تدفق عملية تحول المادة الأولية إلى منتج لإنتاج أكسيد الإيثيلين. يشتمل المربع 3-11 التالي على وصف عملية لإنتاج أكسيد الإيثيلين.

المربع 3-11
وصف عملية أكسيد الإيثيلين

فيما يلي المعادلات الكيميائية الأساسية لإنتاج أكسيد الإيثيلين من الإيثيلين وإنتاج جليكول أحادي الإيثيلين:

إنتاج جليكول أحادي الإيثيلين	تفاعل أكسدة المادة الأولية	تفاعل أكسيد الإيثيلين
$C_2H_4O + H_2O \rightarrow HO\text{-}\ C_2H_4\ \text{-}\ OH$	$C_2H_4 + 3\ O_2 \rightarrow 2\ CO_2 + 2\ H_2O$	$C_2H_4 + ½\ O_2 \rightarrow C_2H_4O$

تحدد نسبة تفاعل أكسيد الإيثيلين وتفاعل المنتج الثانوي اختيار عملية أكسيد الإيثيلين، وذلك فيما يتعلق بأطنان الإيثيلين المستهلكة في طن أكسيد الإيثيلين المُنتج. ويتسم التفاعل المجمع لتفاعل أكسيد الإيثيلين وتفاعل المنتج الثانوي ثاني أكسيد الكربون بأنه باعث للحرارة، حيث يقوم بتوليد حرارة يتم استردادها لإنتاج البخار للعملية. كما ينجم عن عملية أكسيد الإيثيلين منتجات ثانوية (مثل الإيثان) للغاز المطلق وسائل آخر يمكن حرقها لاسترداد الطاقة خلال العملية. وتعتمد كمية ثاني أكسيد الكربون والمنتجات الثانوية الأخرى الناجمة عن العملية وكمية البخار الناجمة عن العملية على اختيار العملية.

ويُستخدم أكسيد الإيثيلين كمادة أولية في تصنيع الجليكولات وإيثرات الجليكول والمواد الكحولية والأمينات. يتم استخدام نحو 70 في المائة من الإنتاج العالمي لأكسيد الإيثيلين في تصنيع الجليكولات، ويشتمل ذلك على جليكول أحادي الإيثيلين.

الأكريلونيتريل

يتم إنتاج أكثر من 90 في المائة من الأكريلونيتريل (سيانيد الفينيل) عن طريق التأكسد الأموني المباشر للبروبيلين مع الأمونيا والأكسجين من خلال وسيط. تتم الإشارة إلى ذلك باسم عملية "إس أو إتش آي أو"، على اسم ستنادرد أويل كومباني أوف أوهايو (إس أو إتش آي أو). كما يتم تصنيع الأكريلونيتريل من خلال التأكسد الأموني المباشر للبروبيلين أو مباشرة من تفاعل البروبيلين مع بيروكسيد الهيدروجين. وقد أعلنت شركة بريتش بيتروليوم وجهات تصنيع أخرى مؤخرًا عن طرح العملية المباشرة للبيروكسيد - البروبان. (وزارة الطاقة (DOE)، 2000) ومع ذلك، فلم تكن بيانات العملية متوافرة لإنتاج الأكريلونيتريل من المواد الأولية للبروبان. ولذلك لا توجد تقنية متوفرة لتقدير الانبعاثات لهذه العملية. يشتمل الملحق بقسم 3-9 (الملحق 3-9أ) على مثال شكل لتدفق عملية تحول المادة الأولية إلى منتج لإنتاج الأكريلونيتريل من البروبان. ويشتمل المربع 3-12 أدناه على أوصاف عملية إنتاج الأكريلونيتريل.

المربع 3-12
وصف عملية الأكريلونيتريل

عملية إس أو إتش أي أو

تشتمل عملية إس أو إتش آي أو على تفاعل قاعدي مسيل للبروبيلين والأمونيات والأكسجين عبر وسيط. والوسيط عبارة عن أكسيديات معدنية ثقيلة (يشتمل ذلك على البزموث والموليبدنوم). تقوم هذه العملية بإنتاج الأكريلونيتريل كمنتج أساسي والأسيتونيتريل (سيانيد الميثيل) وسيانيد الهيدروجين (HCN) كمنتجات ثانوية. وتعتمد حصيلة المنتج الثانوي الأكريلونيتريل من العملية جزئيًا على نوع العامل الوسيط المستخدم في تكوين العملية. كما تنتج عملية التأكسد الأموني المنتج الثانوي ثاني أكسيد الكربون وأحادي أكسيد الكربون والماء من الأكسدة المباشرة للمادة الأولية للبروبين وتنتج هيدروكربونات أخرى من التفاعلات الجانبية في عملية التأكسد الأموني.

يتم فصل الأسيتونيتريل وسيانيد الهيدروجين من الأكريلونيتريل، ويمكن استخدام سيانيد الهيدروجين في تصنيع منتجات أخرى في الموقع أو بيعه كمنتج. ويمكن حرق سيانيد الهيدروجين غير المستخدم أو غير المباع لاسترداد الطاقة أو إشعاله. كما يمكن استرداد الأسيتونيتريل لبيعه كمنتج، لكن في العادة يتم إحراق الأسيتونيتريل لاسترداد الطاقة أو إشعاله. كما يمكن إحراق الغاز المنطلق الناجم عن تهوية عامل الامتصاص الذي يحتوي على ثاني أكسيد الكربون وأحادي أكسيد الكربون والنيتروجين والماء والبروبيلين غير المعالج والهيدروكربونات الأخرى أو معالجتها في وحدات أكسدة محفزة أو حرارية، مع أو بدون استرداد الطاقة.

ويمكن أيضًا إحراق السوائل ذات البقايا الثقيلة الناجمة عن عملية فصل امتصاص الأكريلونيتريل - الأسيتونيتريل – سيانيد الهيدروجين لاسترداد الطاقة أو لإعادة تدويرها. بالإضافة إلى ذلك يتم إطلاق الأكريلونيتريل والهيدروكربونات الأخرى غير الميثانية من العديد من مصادر التهوية بالعملية، ويشتمل ذلك على صهاريج التخزين. ويمكن إشعار تهويات العملية المتعددة تلك أو إحتجازها أو إحراقها لاسترداد الطاقة.

فيما يلي المعادلات الكيميائية الأساسية لإنتاج الأكريلونيتريل عبر التأكسد الأموني:

تفاعل سيانيد الهيدروجين $CH_2=CHCH_3 + 3\ O_2 + 3\ NH_3 \rightarrow 3\ HCN + 6\ H_2O$	تفاعل الأكريلونيتريل $CH_2=CHCH_3 + 1.5\ O_2 + NH_3 \rightarrow CH_2=CHCN + 3\ H_2O$
أكسدة المادة الأولية $C_3H_6 + 4.5\ O_2 \rightarrow 3\ CO_2 + 3\ H_2O$ $C_3H_6 + 3\ O_2 \rightarrow 3\ CO + 3\ H_2O$	تفاعل الأسيتونيتريل $CH_2=CHCH_3 + 1.5\ O_2 + 1.5\ NH_3 \rightarrow 1.5\ CH_3CN + 3\ H_2O$

ولا تتسم عملية التأكسد للبروبيلين إلى الأكريلونيتريل بكفاءة تصل إلى 100 في المائة في استخدام المادة الأولية للبروبيلين. ويتم تحويل 70 في المائة من المادة الأولية للبروبيلين إلى الأكريلونيتريل. ويتم تحويل ما يصل إلى 70 في المائة من المادة الأولية للبروبيلين إلى المادة الأولية الأكريلونيتريل أو المنتجين الثانويين الأسيتونيتريل أو سيانيد الهيدروجين. ويتم تحويل ما يتبقى من المادة الأولية للبروبيلين مباشرة إلى ثاني أكسيد الكربون بواسطة الأكسدة المباشرة للمادة الأولية في عملية التأكسد الأموني أو تحويلها إلى هيدروكربونات أخرى عبر التفاعلات الجانبية في عملية التأكسد الأموني.

الكربون الأسود

يتم إنتاج معظم الكربون الأسود على مستوى العالم من المواد الأولية التي تعتمد على البترول أو الفحم، وذلك باستخدام عملية "غبار الفرن". ويشتمل المربع 3-13 أدناه على أوصاف عملية إنتاج الكربون الأسود.

وعملية الفرن الأسود عبارة عن عملية احتراق جزئي حيث يتم إحراق جزء من المادة الأولية للكربون الأسود لتوفير الطاقة للعملية. ويمكن إنتاج الكربون الأسود أيضًا باستخدام عمليات أكسدة جزئية للمواد الأولية التي تعتمد على الفحم أو البترول، ويشتمل ذلك على عملية "القناة السوداء" و"السخام"، أو يمكن إنتاجه مباشرة بواسطة الأكسدة الجزئية للغاز الطبيعي أو الزيوت العطرية ("عملية القناة السوداء") كما يمكن إنتاج الكربون الأسود من خلال التكسير الحراري للمواد الأولية التي تحتوي على الأسيتيلين ("عملية أسود الأسيتيلين") أو بواسطة التكسير الحراري لهيدروكربونات أخرى (عملية الكربون الأسود الحراري"). يمكن إنتاج ما يقرب من 95 في المائة من الإنتاج العالمي من الكربون الأسود بواسطة عملية غبار الفرن؛ ويتم إنتاج نسبة ألـ 5 في المائة الباقية بواسطة عمليات أخرى.

يتم استخدام ما يقرب من 90 في المائة من الإنتاج العالمي للكربون الأسود في صناعة الإطارات والمطاط (والذي يُشار إليه باسم "المطاط الأسود") ويتم استخدام النسبة الباقية في تطبيقات الأصباغ (مثل الأحبار) والتطبيقات الأخرى (مثل البطاريات الكربونية ذات الخلايا الجافة). كما يمكن إنتاج

المربع 3-13
أوصاف عملية إنتاج الكربون الأسود

عملية غبار الفرن

يتم خلال عملية غبار الفرن إنتاج الكربون الأسود من "المادة الأولية للكربون الأسود" (ويشار إليها أيضًا باسم "زيت الكربون الأسود") وهو عبارة عن زيت عطري ثقيل يمكن اشتقاقه كمنتج ثانوي من عملية تكرير البترول أو عملية إنتاج الفحم التعديني. بالنسبة للمادة الأولية المشتقة من البترول أو الفحم، المادة الأولية، يتم حقن "المادة الأولية الأساسية" في فرن مسخن بواسطة "مادة أولية ثانوية" (عامة ما تكون الزيت أو الغاز الطبيعي). وتتم أكسدة المادة الأولية للغاز الطبيعي وجزء من المادة الأولية للكربون الأسود لتوفير الحرارة لعملية الإنتاج والتي تعمل على التحلل الحراري للمادة الأولية للكربون الأسود المتبقي إلى كربون أسود. ويحتوي غاز التهوية الناجم عن عملية غبار الفرن على ثاني أكسيد الكربون وأحادي أكسيد الكربون ومركبات الكبريت والميثان والمركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية. عامة يتم إحراق جزء من البنزين المنصرف لاسترداد الطاقة لتسخين مجففات منتج الكربون الأسود السفلية. وربما يتم إحراق الغاز الزيلي المتبقي لاسترداد الطاقة أو إشعاله أو تهويته بلا مراقبة إلى الجو.

عملية الكربون الأسود الحراري

يتم إنتاج الكربون الأسود في عملية الكربون الأسود الحراري بواسطة التحلل الحراري للهيدروكربونات الغازية أو زيوت البترول المترززة مع عدم وجود الهواء في فرني الإنتاج. يتم إدخال المادة الأولية للكربون الأسود في فرن سابق التسخين يتم تسخينه بواسطة مادة أولية ثانوية، عادة الغاز الطبيعي، أو بواسطة الغاز المنطلق من عملية إنتاج الغاز الأسود. يتم تسخين أحد الفرنين بواسطة المادة الأولية الثانوية في حين يستقبل الفرن الآخر المادة الأولية للكربون الأسود. وتكون حصيلة هذه العملية 45 في المائة تقريبًا من الإدخال الكلي للكربون في العملية (أو 40 في المائة من إجمالي المادة الأولية للكربون الأسود المستخدمة) ويصل استخدام الطاقة إلى 280 ملي جول/كجم تقريبًا من الكربون الأسود المنتج.

عملية أسود الأسيتيلين

يتم إنتاج الكربون الأسود من الأسيتيلين أو الهيدروكربونات الخفيفة التي تحمل الأسيتيلين بواسطة إدخال المادة الأولية في مفاعل سابق التسخين حيث يتحلل الأسيتيلين إلى كربون أسود في عملية طاردة للحرارة. يبلغ حجم إجمالي الإنتاج العالمي لأسود الأسيتيلين نحو 40000 طن متري في السنة. ويصل حجم حصيلة الكربون الأسود عن هذه العملية إلى نحو 95-99 في المائة من الناتج النظري. وتبلغ نسبة الكربون في أسود الأسيتيلين 99.7 في المائة تقريبًا.

عمليات الإنتاج الأخرى

تشتمل عملية قناة الكربون الأسود على الأكسدة الجزئية للمادة الأولية للكربون الأسود المتبخرة والتي تم إحراقها في فرن مع غاز حامل (والذي يمكن أن يكون غاز فرن فحم أو هيدروجين أو ميثان). وقد تكون حصيلة الكربون الأسود لهذه العملية 60 في المائة من إدخال الكربون الكلي من الكربون الأسود المستخدم في صناعة المطاط أو 10-30 في المائة من الإدخال الكلي للكربون من الكربون الأسود المستخدم في صناعة الأصباغ.

وتشتمل عملية السخام على الإحراق المفتوح للمادة الأولية للكربون الأسود في حاويات مسطحة. ولا تتوافر معلومات حول حصيلة المادة الأولية أو استهلاك الطاقة لعملية السخام. ولا تمثل هذه العملية نسبة كبيرة من الإنتاج العالمي للكربون الأسود.

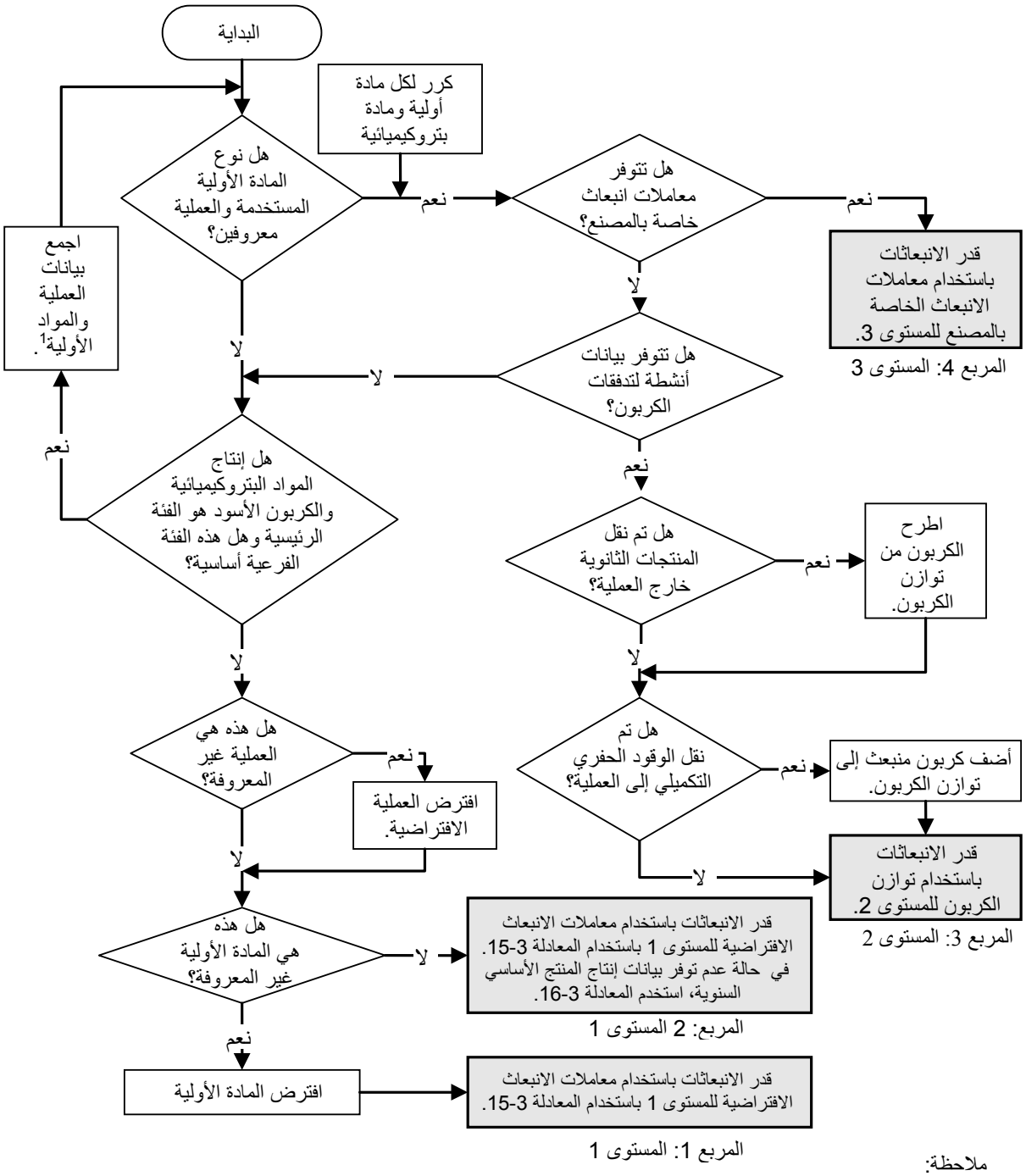
(كيرك أوثمر، 1992)

2-9-3 موضوعات منهجية

1-2-9-3 اختيار الأسلوب

تختلف الانبعاثات الناجمة عن إنتاج الكربون الأسود والمواد البتروكيميائية حسب العملية والمادة الأولية المستخدمة. ولذلك ينبغي تكرار اختيار الأسلوب لكل منتج وعملية ومادة أولية مستخدمة. وتوجد ثلاث مستويات منهجية يعتمد اختيارها على توافر البيانات. كما يعتمد اختيار الأسلوب على الظروف الوطنية وموضح بأشجار القرار الموضحة في الشكل 3-8 و3-9.

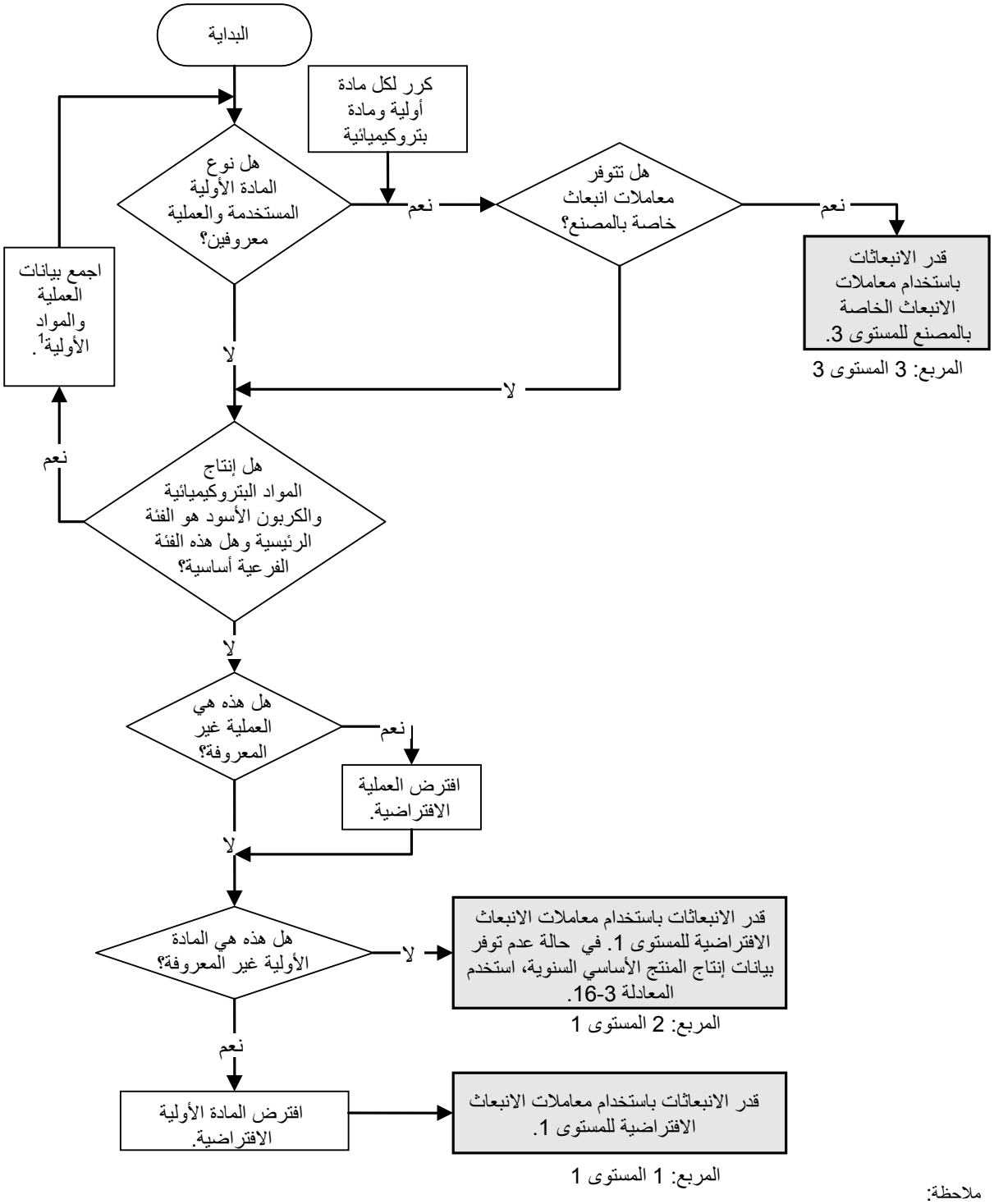
الشكل 3-8 شجرة القرارات لتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن صناعة المواد البتروكيميائية والكربون الأسود



ملاحظة:

1. انظر المجلد 1، الفصل 4، اختيار المنهجيات وتعريف الفئات الرئيسية (مع ملاحظة القسم 4-1-2 حول المصادر المحدودة)، للاطلاع على مناقشة الفئات الرئيسية واستخدام شجر القرارات.

الشكل 3-9 شجرة القرارات لتقدير انبعاثات الميثان الناجمة عن صناعة المواد البتروكيميائية والكربون الأسود



ملاحظة:

1. انظر المجلد 1، الفصل 4، اختيار المنهجيات وتعريف الفئات الرئيسية (مع ملاحظة القسم 4-1-2 حول المصادر المحدودة)، للاطلاع على مناقشة الفئات الرئيسية واستخدام شجر القرارات.

2. لاحظ عدم وجود أسلوب للمستوى 2 لتقدير انبعاثات الميثان. أسلوب المستوى 2 هو أسلوب إجمالي توازن كتلة كربون المادة الأولية المستخدم في تقدير إجمالي انبعاثات الكربون، لكنه لا يطبق على تقدير انبعاثات الميثان.

يمكن استخدام منهج المستوى 3 لتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والميثان على مستوى المصنع. ويعتمد أسلوب المستوى 3 على توافر بيانات خاصة بالمصنع لعملية المواد البتروكيميائية. ومنهج المستوى 3 عبارة عن مقترب توازن كتلة يُستخدم لتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لكن لا يمكن استخدامه لتقدير انبعاثات الميثان. عند استخدام منهج المستوى 2، يتم تضمين تدفقات الكربون للمواد الأولية الأساسية والثانوية في حساب توازن الكتلة. وقد تتضمن تدفقات الكربون لأنواع الوقود الأساسية بالعملية على احتراق جزء من محتوى الهيدروكربون لزيادة الحرارة وإنتاج

ثاني أكسيد الكربون

يوضح الشكل 3-8 شجرة القرارات الخاصة باختيار أسلوب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. ويوضح هذا القسم المستوى 1 و2 و3.

أسلوب المستوى 1 لمعامل الانبعاث الذي يعتمد على المنتج

يتم استخدام منهج معامل الانبعاث للمستوى 1 لتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن عمليات المواد الكيميائية في الحالات التي لا تتوافر بها بيانات خاصة بالمصنع أو بيانات أنشطة لتدفقات الكربون لعمليات المواد الكيميائية. ولا يتطلب منهج معامل انبعاث المستوى 1 بيانات أنشطة خاصة باستهلاك كل مادة أولية تحتوي على كربون في عملية إنتاج المواد البتروكيميائية. ويتطلب فقط بيانات الأنشطة الخاصة بالمنتج الذي يتم إنتاجه. ولا يأخذ منهج المستوى 1 في الاعتبار محتوى الكربون لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون أو المركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية التي ربما يتم توليدها بواسطة عمليات المواد البتروكيميائية. المعادلات الواردة في هذا القسم والخاصة بعمليات إنتاج المواد البتروكيميائية يمكن تطبيقها على إنتاج الكربون الأسود.

يقوم أسلوب المستوى 1 بحساب الانبعاثات الناجمة عن العمليات البتروكيميائية على أساس بيانات الأنشطة لكل مادة بتروكيميائية ومعامل الانبعاث الخاص بالعملية لكل مادة بتروكيميائية، وذلك كما هو موضح في المعادلة 3-15 الخاصة بإنتاج كل منتج أساسي للمواد البتروكيميائية (مثل الميثانول والإيثيلين وثاني أكسيد الإيثيلين وأكسيد الإيثيلين والأكريلونيتريل) والكربون الأسود.

المعادلة 3-15
حساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في المستوى 1

$$ECO2_i = PP_i \bullet EF_i \bullet GAF / 100$$

حيث:

$ECO2_i$ = انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج المادة البتروكيميائية *i*، *طن*

PP_i = الإنتاج السنوي للمادة البتروكيميائية *i*، *طن*

EF_i = معامل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج المادة البتروكيميائية *i*/طن ثاني أكسيد الكربون/طن للمادة التي تم إنتاجها

GAF = معامل الضبط الجغرافي (لمعاملات انبعاث ثاني أكسيد الكربون للمستوى 1 والخاصة بإنتاج الإيثيلين، انظر الجدول 3-15)، في المائة

تم تحديد معاملات انبعاث ثاني أكسيد الكربون للمستوى 1 لإنتاج الإيثيلين (تمت مناقشتها في النقطة 3-9-2-2) استنادًا إلى البيانات الخاصة بوحدات تكسير بخار الإيثيلين المستخدمة في أوروبا الغربية. يتم استخدام معاملات الضبط الجغرافي على معامل انبعاث المستوى 1 لمعرفة مدى التنوع الجغرافي في كفاءة تشغيل وحدة تكسير البخار. وتنطبق معاملات الضبط الجغرافي فقط على إنتاج الإيثيلين.

في حالة عدم توافر بيانات الأنشطة الخاصة بالإنتاج السنوي للمنتج الأساسي، يمكن تقدير إنتاج المنتج الأساسي عبر استهلاك المادة الأولية كما هو الحال في المعادلة 3-16:

المعادلة 3-16
حساب تقدير إنتاج المنتج الأساسي

$$PP_i = \sum_k \left(FA_{i,k} \bullet SPP_{i,k} \right)$$

حيث:

PP_i = الإنتاج السنوي للمادة البتروكيميائية *i*، *طن*

$FA_{i,k}$ = الاستهلاك السنوي للمادة الأولية *k* المستهلكة لإنتاج المادة البتروكيميائية (i)، طن

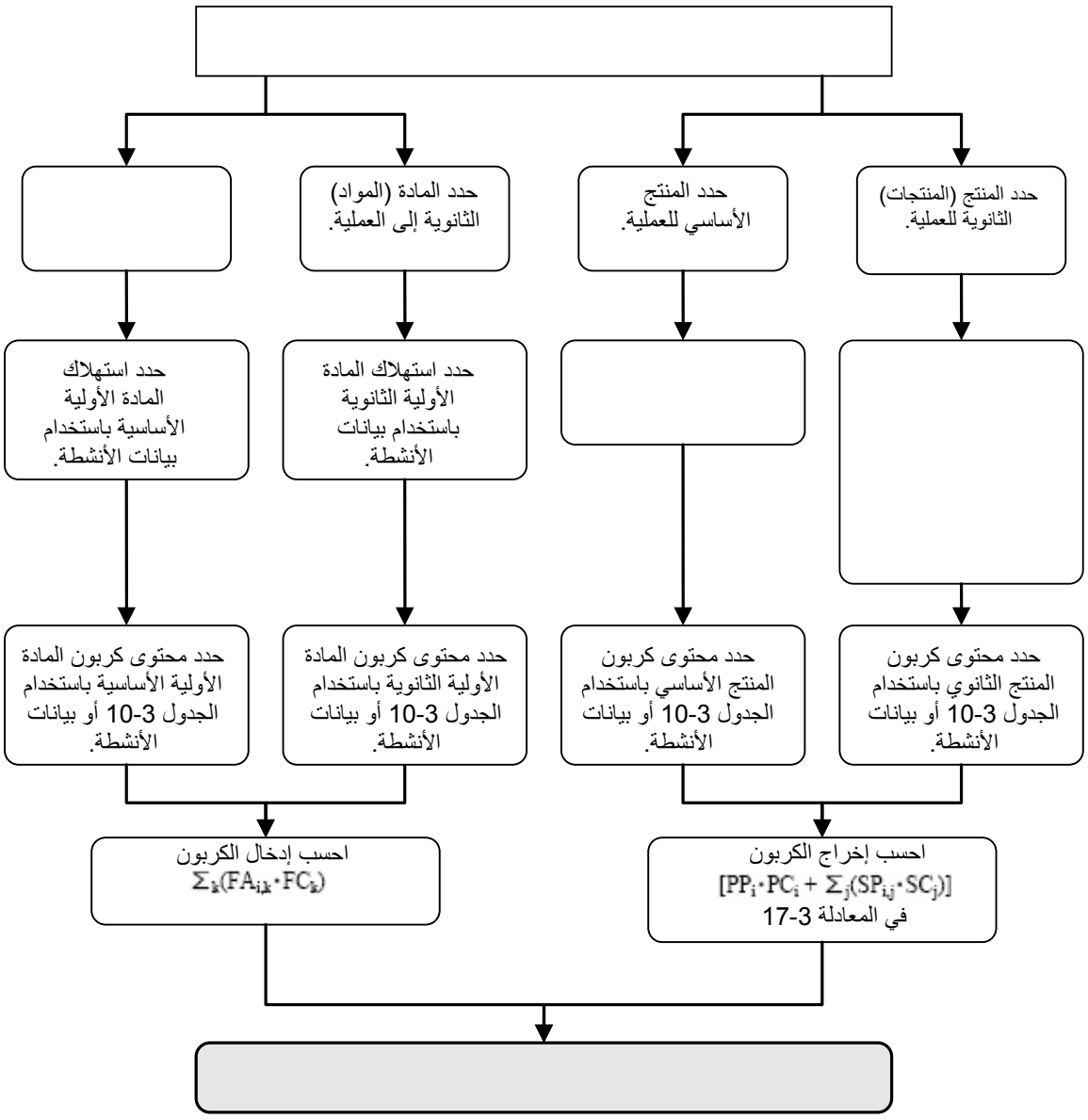
$SPP_{i,k}$ = معامل إنتاج لمنتج أساسي معين للمادة البتروكيميائية *i*، والمادة الأولية *k*، طن المنتج الثانوي/طن المادة الأولية المستهلكة

يمكن استخدام المعادلة 3-15 أو المعادلتين 3-15 و3-16 بشكل منفصل لكل مادة من المواد الأولية المعروفة لكل عملية مادة بتروكيميائية. تقدير انبعاثات المستوى 1 الواردة في المربع 1 للشكل 3-8 تستخدم المعادلة 3-15، في حين أن تقدير انبعاثات المستوى 1 الواردة في المربع 2 للشكل 3-8 تستخدم المعادلة 3-15 أو المعادلتين 3-15 و3-16. يمكن استخدام المعادلة 3-15 فقط في الحالات التي تتوافر بها بيانات حول الإنتاج السنوي للمنتج الأساسي لعملية المادة البتروكيميائية. في الحالات التي لا تتوافر بها بيانات خاصة بالإنتاج السنوي للمنتج الأساسي لكن تتوافر بيانات استهلاك المادة الأولية لعملية المادة البتروكيميائية، يمكن استخدام المعادلة 3-16 لتقدير الإنتاج السنوي للمنتجات الأساسية، ثم يتم تطبيق الإنتاج السنوي للمنتج الأساسي المقدر باستخدام المعادلة 3-16 في المعادلة 3-15 لتقدير الانبعاثات.

أسلوب التوازن الإجمالي لكربون المادة الأولية في المستوى 2

أسلوب المستوى 2 عبارة عن مقترب لقياس توازن الكربون في مادة معينة ولمادة أولية معينة. ينطبق هذا المقترب على الحالات التي تتوافر فيها بيانات أنشطة خاصة باستهلاك المادة الأولية وإنتاج المنتج الثانوي والأساسي والتخلص منهما. يتطلب الأمر الحصول على بيانات الأنشطة الخاصة بكل تدفقات الكربون لتنفيذ منهج المستوى 2. يشتمل أحد ملاحق القسم 3-9 على أمثلة لمخططات تدفق العملية التي توضح تدفقات المنتج والمادة الأولية لعمليات إنتاج الميثانول وثاني أكسيد الإيثيلين وأكسيد الإيثيلين والأكريلونيتريل والكربون الأسود. وتوضح مصفوفة المنتج-المادة الأولية عدد المواد الأولية المحتملة والمنتجات المستخدمة لإنتاج الإيثيلين من عملية تكسير البخار في مثل هذه العملية أفضل من مخطط تدفق العملية. يشتمل الجدول 3-25 في القسم 3-9-2-3 على مصفوفة مادة أولية - منتج لإنتاج الإيثيلين. يوضح الشكل 3-10 مخطط تدفق لأسلوب المستوى 2.

الشكل 3-10 مخطط تدفق توازن كتلة الكربون في المستوى 2



يقوم أسلوب المستوى 2 بحساب الفرق بين إجمالي كمية الكربون الداخل في عملية الإنتاج كمادة أولية أساسية وثانوية، وكمية الكربون الخارجة من عملية الإنتاج كمنتج للمواد البتروكيميائية. ويتم حساب الفرق في محتوى الكربون للمواد الأولية الأساسية والثانوية ومحتوى كربون المنتجات الثانوية والأساسية الناتجة عن العملية والمستردة منها على أنه ثاني أكسيد الكربون. تعتمد منهجية توازن الكتلة للمستوى 2 على افتراض أن كل الكربون المدخل للعملية يتم تحويله إما إلى منتجات ثانوية وأساسية أو إلى ثاني أكسيد الكربون. وهذا يعني أن أي إدخال كربون بالعملية تم تحويله إلى ثاني أكسيد الكربون أو الميثان أو المركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية من المفترض أن يكون انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لأغراض حساب توازن الكتلة.

معادلة 3-17 هي معادلة توازن الكتلة الكلية لمنهجية المستوى 2.

المعادلة 3-17
معادلة توازن الكتلة الكلي للمستوى 2

$$ECO2_i = \left\{ \sum_k \left(FA_{i,k} \bullet FC_k \right) - \left[PP_i \bullet PC_i + \sum_j \left(SP_{i,j} \bullet SC_j \right) \right] \right\} \bullet 44/12$$

حيث:

$ECO2_i$ = انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج المادة البتروكيميائية *i*، *طن*

$FA_{i,k}$ = الاستهلاك السنوي للمادة الأولية *k* لإنتاج المادة البتروكيميائية *i*، طن

FC_k = محتوى الكربون للمادة الأولية *k*، طن كربون/طن مادة أولية

PP_i = الإنتاج السنوي للمادة البتروكيميائية الأساسية *i*، *طن*

PC_i = محتوى الكربون للمادة البتروكيميائية الأساسية *i*، طن كربون/طن منتج

$SP_{i,j}$ = الكمية السنوية للمنتج الثانوي *j* الناتج عن عملية إنتاج المادة البتروكيميائية *i*، طن [قيمة $SP_{i,j}$ هي صفر لعمليات الميثانول وثاني كلوريد الإيثيلين وأكسيد الإيثيلين والكربون الأسود لأنه لا توجد منتجات ثانوية ناتجة عن هذه العمليات. بالنسبة لإنتاج الإيثيلين والأكريلونيتريل، انظر معادلتي إنتاج المنتج الثانوي 3-18 و3-19 فيما يلي لحساب قيم $SP_{i,j}$]. SC_j = محتوى الكربون للمنتج الثانوي *j*، طن كربون/طن منتج

بالنسبة لإنتاج الإيثيلين والأكريلونيتريل ينتج عن العملية منتجات أساسية ومنتجات ثانوية. في حالة عدم توافر بيانات الأنشطة الخاصة بكمية المنتجات الثانوية الناجمة عن هذه العمليات، يمكن تقدير كمية المنتجات الثانوية الناتجة بتطبيق القيم الافتراضية على استهلاك المادة الأولية الأساسية، كما ورد في المعادلتين 3-18 و3-19.

المعادلة 3-18
تقدير إنتاج المنتج الثانوي من إنتاج المنتج الأساسي [الإيثيلين]

$$SP_{Ethylene,j} = \sum_k \left(FA_{Ethylene,k} \bullet SSP_{j,k} \right)$$

حيث:

$SP_{Ethylene,j}$ = الإنتاج السنوي للمنتج الثانوي *j* من إنتاج الإيثيلين، طن

$FA_{Ethylene\ k}$ = الاستهلاك الثانوي للمادة الأولية *k* المستهلك لإنتاج الإيثيلين، طن

$SSP_{j,k}$ = معامل إنتاج منتج ثانوي معين للمنتج الثانوي *i*، والمادة الأولية *k*، طن المنتج الثانوي/طن المادة الأولية المستهلكة

المعادلة 3-19
تقدير إنتاج المنتج الثانوي من إنتاج المنتج الأساسي [الأكريلونيتريل]

$$SP_{Acrylonitrile,j} = \sum_k \left(FP_{Acrylonitrile,k} \bullet SSP_{j,k} \right)$$

حيث:

$SP_{Acrylonitrile,j}$ = الإنتاج السنوي للمنتج الثانوي *j* من إنتاج الأكريلونيتريل، طن

$FP_{Acrylonitrile,k}$ = الإنتاج السنوي للأكريلونيتريل من المادة الأولية *k*، طن

$SSP_{j,k}$ = معامل إنتاج منتج ثانوي معين للمنتج الثانوي *i*، والمادة الأولية *k*، طن المنتج الثانوي/طن للأكريلونيتريل المستهلك

ملاحظة: من المتوقع أنه في معظم الحالات يتم استخدام مادة أولية واحدة (بروبيلين) لإنتاج الأكريلونيتريل.

محتويات كربون المادة الأولية والمنتج

ورد في الجدول 3-10 محتويات الكربون للمواد الأولية والمنتجات لعمليات إنتاج المواد البتروكيميائية، في وحدات طن الكربون لطن المادة الأولية أو المنتج. ويتم حساب محتويات الكربون في المواد النقية (مثل الميثان) من الصيغ الكيميائية. ويتم تقدير محتويات الكربون للمواد الأولية والمنتجات الأخرى (مثل المادة الأولية للكربون الأسود والكربون الأسود) من مصادر الأدبيات. يوجد في الجدول 1-3 في الفصل 1 من المجلد 2 محتويات الكربون التمثيلية لأنواع الوقود الحفري (مثل الغاز الطبيعي والنفط). ومع ذلك تختلف محتويات كربون الطاقة بالنسبة لأنواع الوقود الحفري حسب الدولة والمنطقة ويتم الحصول عليها بأفضل طريقة من إحصائيات الطاقة أو مواصفات منتجات الوقود الحفري أو المعايير الوطنية.

التقدير المباشر للانبعاثات الخاصة بالمصنع في المستوى 3

أكثر أساليب *الممارسة السليمة* صرامة هي استخدام البيانات الخاصة بالمصنع لحساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن عملية إنتاج المادة البتروكيميائية. لاستخدام أسلوب المستوى 3، يتطلب الأمر الحصول على بيانات خاصة بالمصنع و/أو قياسات خاصة بالمصنع. تشتمل الانبعاثات الناجمة عن عملية إنتاج المادة البتروكيميائية على ثاني أكسيد الكربون الناجم عن الوقود أو المنتجات الثانوية للعملية التي تم إحراقها لتوفير الحرارة أو الطاقة الحرارية لعملية الإنتاج، وثاني أكسيد الكربون المنبعث من منافذ تهوية العملية، وثاني أكسيد الكربون المنبعث من الغازات المتخلفة المشتعلة. ويتم حساب هذه الانبعاثات باستخدام المعادلات من المعادلة 3-20 إلى 3-22.

يتم استخدام المعادلة 3-20 لحساب إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن عملية إنتاج المادة البتروكيميائية.

المعادلة 3-20
معادلة حساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في المستوى 3

$$ECO2_i = E_{Combustion,i} + E_{Process\,Vent,i} + E_{Flare,i}$$

حيث:

$ECO2_i$ = انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج المادة البتروكيميائية *i*، طن

$E_{Combustion,I}$ = ثاني أكسيد الكربون المنبعث عن الوقود أو المنتجات الثانوية للعملية المحترقة لتوفير الحرارة أو الطاقة الحرارية لعملية إنتاج المادة البتروكيميائية *i*، طن

$E_{Process\ Vent,I}$ = ثاني أكسيد الكربون المنبعث من منافذ تهوية العملية خلال إنتاج المادة البتروكيميائية *i*، طن

$E_{Flare,I}$ = ثاني أكسيد الكربون المنبعث من غازات التخلف المشتعلة الناجمة عن إنتاج المادة البتروكيميائية *i*، طن

يتم تحديد $E_{combustion}$ و E_{flare} من خلال المعادلتين 3-21 و3-22 حيث ينبغي استخدام بيانات القيمة الحرارية الصافية الوطنية أو الخاصة بالمصنع. أيضًا يتم تحديد معامل الانبعاث بواسطة محتوى الكربون للوقود ومعامل أكسدة الاحتراق ونتيجة التحويل الثابتة (12/44) الناجمة عن تحويل الكربون إلى ثاني أكسيد الكربون. إذا كان معامل الانبعاث غير معروف، يمكن استخدام قيمة افتراضية من الجدول 1-4 في الفصل 1 من المجلد 2: الطاقة. القيم الحرارية الصافية موجودة في الجدول 1-2 في الفصل 1 من المجلد 2: الطاقة. محتويات الكربون موجودة في الجدول 1-3 في الفصل 1 من المجلد 2: الطاقة. بالنسبة لتهوية العملية، يجب أن يعمل القائمون على الحصر على قياس/تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون مباشرة وبذلك لا يتم توفير معادلة إضافية.

المعادلة 3-21
حساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون للمستوى 3 الخاصة باحتراق الوقود

$$E_{Combustion,i} = \sum_k \left(FA_{i,k} \bullet NCV_k \bullet EF_k \right)$$

حيث:

$FA_{i,k}$ = كمية الوقود *k* المستهلكة لإنتاج المادة البتروكيميائية *i*، طن

NCV_k = القيمة الحرارية الصافية للوقود *k*، تيرا جول/طن
(ملاحظة: في الجدول 1-2 في الفصل 1، المجلد 2، تم التعبير عن القيم الحرارية الصافية في التيرا جول/كجم)

EF_k = معامل انبعاث ثاني أكسيد الكربون للوقود *k*، طن ثاني أكسيد كربون/تيرا جول
(ملاحظة: في الجدول 1-4 في الفصل 1، المجلد 2، تم التعبير عن معاملات انبعاث ثاني أكسيد الكربون في التيرا جول/كجم)

المعادلة 3-22
حساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون للمستوى 3 الخاصة بالغاز المشتعل

$$E_{Flare,i} = \sum_k \left(FG_{i,k} \bullet NCV_k \bullet EF_k \right)$$

حيث:

$FG_{i,k}$ = كمية الغاز *k* المشتعلة خلال إنتاج المادة البتروكيميائية *i*، طن

NCV_k = القيمة الحرارية الصافية للغاز المشتعل *k*، تيرا جول/طن

(ملاحظة: في الجدول 1-2 في الفصل 1، المجلد 2، تم التعبير عن القيم الحرارية الصافية في التيرا جول/كجم)

EF_k = معامل انبعاث ثاني أكسيد الكربون للغاز المشتعل *k*، طن ثاني أكسيد كربون/تيرا جول
(ملاحظة: في الجدول 1-4 في الفصل 1، المجلد 2، تم التعبير عن معاملات انبعاث ثاني أكسيد الكربون في التيرا جول/كجم)

الجدول 3-10
محتوى كربون معين للمنتجات والمواد الأولية للمواد البتروكيميائية

المادة	الكربون (طن الكربون في طن المادة الأولية أو المنتج)
الأسيتونيتريل	0.5852
الأكريلونيترايل	0.6664
البوتادين	0.888
الكربون الأسود	0.970
المادة الأولية للكربون الأسود	0.900
الإيثان	0.856
الإيثيلين	0.856
ثاني كلوريد الإيثيلين	0.245
جليكول الإيثيلين	0.387
أكسيد الإيثيلين	0.545
سيانيد الهيدروجين	0.4444
الميثانول	0.375
ميثان	0.749
البروبان	0.817
البروبيلين	0.8563
كلوريد الفينيل أحادي الوحدة	0.384

ملاحظة: تتغير قيم محتوى الكربون للغاز الطبيعي والنفط حسب المنطقة والبلد. القيم الحرارية الصافية (NCV) للغاز الطبيعي والنفط وأنواع الوقود الأساسية الأخرى المستخدمة كمواد أولية للمواد البتروكيميائية موجودة في الجدول 1-2 في الفصل 2 بالمجلد 2: الطاقة. محتويات الكربون بالمادة الأولية موجودة في الجدول 1-3 في الفصل 1 من المجلد 2: الطاقة.

الميثان

يوضح الشكل 3-9 شجرة القرارات الخاصة باختيار أسلوب انبعاثات الميثان. ويوضح هذا القسم المستوى 1 و3 لانبعاثات الميثان. لا يوجد أسلوب مستوى 2 لحساب انبعاثات الميثان.

أسلوب المستوى 1 لمعامل الانبعاث الذي يعتمد على المنتج

يمكن أن تكون الانبعاثات الناجمة عن عمليات المواد البتروكيميائية انبعاثات غير ثابتة و/أو انبعاثات ناجمة عن تهوية العملية. تنجم الانبعاثات غير الثابتة من الشفات والصمامات ومعدات العملية الأخرى. تشتمل انبعاثات مصادر تهوية العملية على الاحتراق غير الكامل لغاز التخلف في أنظمة استرداد الطاقة وغاز الاشتعال. يمكن حساب انبعاثات الميثان المقدرة حسب أسلوب المستوى 1 باستخدام المعادلة 3-23 لانبعاثات الميثان غير الثابتة والمعادلة 3-24 لانبعاثات تهوية العملية والمعادلة 3-25 لإجمالي انبعاثات الميثان. في حالة عدم توفر بيانات خاصة بالإنتاج السنوي للمنتج الأساسي لكن تتوافر بيانات استهلاك المادة الأولية لعملية المادة البتروكيميائية، يمكن استخدام المعادلة 3-16 لتقدير الإنتاج السنوي للمنتجات الأساسية، ثم يتم تطبيق الإنتاج السنوي للمنتج الأساسي المقدر باستخدام المعادلة 3-16 في المعادلتين 3-23 و 3-24 لتقدير الانبعاثات.

المعادلة 3-23
حساب الانبعاثات غير الثابتة للميثان في المستوى 1

$$ECH4_{Fugitive,i} = PP_i \bullet EFf_i$$

المعادلة 3-24
حساب انبعاثات تهوية عملية الميثان في المستوى 1

$$ECH4_{Process\ Vent,i} = PP_i \bullet EFp_i$$

المعادلة 3-25
حساب إجمالي انبعاثات الميثان في المستوى 1

$$ECH4_{Total,i} = ECH4_{Fugitive,i} + ECH4_{Process\ Vent,i}$$

حيث:

$ECH4_{Total,I}$ = إجمالي انبعاثات الميثان الناجمة عن إنتاج المادة البتروكيميائية *i*، كجم

$ECH4_{Fugitive,i}$ = إجمالي الانبعاثات غير الثابتة للميثان الناجمة عن إنتاج المادة البتروكيميائية *i*، كجم

$ECH4_{Process\ Vent,i}$ = انبعاثات تهوية العملية الخاصة بالميثان الناجمة عن إنتاج المادة البتروكيميائية *i*، كجم

PP_i = الإنتاج السنوي للمادة البتروكيميائية *i*، *طن*

EFf_i = معامل الانبعاثات غير الثابتة للميثان للمادة البتروكيميائية *i*، كجم ميثان/طن منتج

EFp_i = معامل انبعاثات تهوية عملية الميثان للمادة البتروكيميائية *i*، كجم ميثان/طن منتج

أسلوب التوازن الإجمالي لكربون المادة الأولية في المستوى 2

لا ينطبق أسلوب توازن كتلة كربون المادة الأولية لتقدير انبعاثات المادة الأولية للميثان. أسلوب توازن كتلة إجمالي الكربون يقدر انبعاثات إجمالي الكربون من العملية، لكنه لا يوفر مباشرة تقديرًا لكمية انبعاثات إجمالي الكربون المنبعث في شكل ثاني أكسيد الكربون أو الميثان أو أحادي أكسيد الكربون أو مركب عضوي غير متطاير ميثاني.

التقدير المباشر للانبعاثات الخاصة بالمصنع في المستوى 3

يعتمد أسلوب المستوى 3 على القياسات المستمرة أو الدورية الخاصة بالمصنع. تشتمل الانبعاثات الناجمة عن عملية إنتاج المادة البتروكيميائية على الميثان الناجم عن الوقود أو المنتجات الثانوية للعملية التي تم إحراقها لتوفير الحرارة أو الطاقة الحرارية لعملية الإنتاج، والميثان المنبعث من منافذ تهوية العملية، والميثان المنبعث من الغازات المتخلفة المشتعلة. في حالة انبعاث الميثان مباشرة إلى الجو، سيهيمن ذلك على الانبعاثات. كما يمكن إشعال انبعاثات الميثان الناجمة عن تهوية العملية في جهاز لاسترداد الطاقة أو الغاز المشتعل. قياس التركيز الجوي للمركبات العضوية المتطايرة الموجودة مباشرة فوق المصنع أو في العمود هي بيانات الأنشطة المفضلة لتقدير انبعاثات الميثان غير الثابتة، ومع ذلك فقد لا تتوافر مثل هذه البيانات. وتكون القياسات الجوية عمومًا عالية التكلفة وعادة ما لا تكون قياسات مستمرة ولكن عبارة عن برنامج دوري أو متميز للحصول على البيانات التي سيتم استخدامها كأساس لتحديد معاملات الانبعاث الخاصة بالمصنع. سيتم بعد ذلك ربط نتائج برامج القياس هذه بمعلمات عمليات أخرى بالمصنع حتى يمكن تقدير الانبعاثات بين فترات القياس.

كما يمكن استخدام القياسات المباشرة للمركبات العضوية المتطايرة وتركيزات الميثان في تيارات غاز العادم بالمصنع والقياس المباشر لانبعاثات المركبات العضوية المتطايرة غير الثابتة والميثان الناجمة عن الصمامات والتركيبات والمعدات المرتبطة باستخدام برنامج اكتشاف تسرب شامل للحصول على بيانات أنشطة خاصة بالمصنع لتحديد تقديرات المستوى 2 الخاصة بانبعاثات الميثان. ومع ذلك ينبغي أن يوفر برنامج اكتشاف التسرب الخاص بالمصنع بيانات خاصة بانبعاثات الميثان غير الثابتة لكل معدات المصنع التي ينبعث منها ميثان. وبالمثل فبيانات القياس الخاصة بالمصنع للمداخن أو منافذ التهوية يجب أن تغطي الجزء الأكبر لمصادر انبعاثات ميثان التهوية والمدخنة في المصنع وذلك من أجل توفير أساس لحساب انبعاث المستوى 3.

يمكن تقدير انبعاثات الميثان من مداخن ومنافذ تهوية العملية بالقياس المباشر لتركيز الميثان لغاز العادم أو تقديرها كمكون للتركيز الكلي للمركبات العضوية المتطايرة التي تم قياسها في غاز العادم. يمكن قياس الانبعاثات غير الثابتة للميثان من معدات المصنع (مثل الصمامات والتركيبات) عبر استخدام بيانات اكتشاف التسريب الخاصة بالمصنع وحصر معدات المصنع، وذلك بشرط أن يكون برنامج اكتشاف التسريب الخاص بالمصنع وحصر معدات المصنع شاملاً، بحيث يوفر البرنامج بيانات انبعاثات الميثان غير الثابتة لكل معدات المصنع التي ينبعث عنها ميثان. وبالمثل فبيانات القياس الخاصة بالمصنع للمداخن أو منافذ التهوية يجب أن تغطي الجزء الأكبر لمصادر انبعاثات ميثان التهوية والمدخنة في المصنع وذلك من أجل توفير أساس لحساب انبعاث المستوى 3.

بالإضافة إلى ذلك يمكن أن يعتمد قياس الانبعاثات غير الثابتة على تركيز الميثان في الجو الموجود مباشرة فوق المصنع أو العمود في اتجاه الريح. تقوم بيانات القياس الجوية هذه عامة بقياس الانبعاثات الناجمة عن المصنع بالكامل ولا تفصل بين المصادر المختلفة. فضلاً عن تركيز الميثان يجب قياس مكان العمود وسرعة الرياح. توضح المعادلة 3-26 الانبعاثات.

المعادلة 3-26
حساب انبعاثات الميثان المعتمدة على بيانات القياس الجوية في المستوى 3

$$CH4_{Emissions} = \int_t \left[\left(C_{total\ VOCs} \bullet CH_4\ fraction - CH_4 background\ level\right) \bullet WS \bullet PA\right]$$

حيث:

$CH4_{Emissions}$ = انبعاثات الميثان الكلية للمصنع، ميكروجرام/ث

$C_{total\ VOCs}$ = تركيز المركبات العضوية المتطايرة في المصنع، ميكروجرام/م3

CH_4 fraction = تكسير التركيز الكلي للمركب العضوي المتطاير وهو تكسير الميثان

CH_4 backgroundlevel = تركيز الميثان المحيط في موضع الخلفية، ميكروجرام/م3

WS = سرعة الرياح بالمصنع، م/ث

PA = منطقة العمود، م2

ملاحظة: $\int_t$ تعني الكمية التي يجب جمعها مع مرور الوقت.

لاحظ أن منهجية المستوى 3 لا توجه القائمين على الفحص إلى إجراء قياسات جوية أو أي أنواع معينة أخرى من القياسات المباشرة لتقدير انبعاثات الميثان في موقع معين. من المتوقع أن بيانات استكشاف التسريب لمصنع معين وبيانات انبعاثات تهوية ومدخنة مصنع معين ستكون متوافرة بصورة أكبر من بيانات القياسات الجوية. ومع ذلك ففي حالة توافر بيانات القياسات الجوية يمكن استخدام البيانات لتحديد تقديرات المستوى الثالث لانبعاثات الميثان أو للتحقق من الانبعاثات الأخرى. يمكن أن تقدم بيانات القياسات الجوية تقديرًا أكثر دقة لانبعاثات الميثان في العملية أكثر من بيانات استكشاف التسريب وبيانات انبعاثات التهوية والمدخنة. سيستخدم المصنع إما أ) المعادلة 3-26 أو ب) المعادلات 3-27 و3-28 و3-29 لتقدير انبعاثات الميثان. من المفترض أن تتم مراقبة انبعاثات التهوية سواء بطريقة منفصلة أو باستمرار. سيختلف أسلوب الحساب اعتمادًا على نوع البيانات ولذلك لم يتم توفير معادلة منفصلة لحساب الانبعاثات الناجمة عن تهوية العملية.

يتم استخدام المعادلة 3-27 لحساب الانبعاثات الكلية للميثان الناجمة عن عملية إنتاج المادة البتروكيميائية المعتمدة على بيانات استكشاف تسرب خاصة بالمصنع وبيانات انبعاثات التهوية والمدخنة الخاصة بالمصنع.

المعادلة 3-27
معادلة حساب انبعاثات الميثان في المستوى 3

$$ECH4_i = E_{Combustion,i} + E_{Process\ Vent,i} + E_{Flare,i}$$

حيث:

$ECH4_i$ = إجمالي انبعاثات الميثان الناجمة عن إنتاج المادة البتروكيميائية ***i***، كجم

$E_{Combustion,i}$ = انبعاثات الميثان الناجمة عن الوقود أو المنتجات الثانوية للعملية المحترقة لتوفير الحرارة أو الطاقة الحرارية لعملية إنتاج المادة البتروكيميائية ***i***، كجم

$E_{Process\ Vent,i}$ = انبعاثات الميثان الناجمة عن منافذ تهوية العملية خلال إنتاج المادة البتروكيميائية ***i***، كجم

$E_{Flare,i}$ = انبعاثات الميثان الناجمة من غازات التخلف المشتعلة الناجمة عن إنتاج المادة البتروكيميائية ***i***، كجم

يتم تحديد $E_{combustion}$ و E_{flare} من خلال المعادلتين 3-28 و3-29 حيث ينبغي استخدام بيانات القيمة الحرارية الصافية الوطنية أو الخاصة بالمصنع.

المعادلة 3-28
حساب انبعاثات الميثان للمستوى 3 الخاصة باحتراق الوقود

$$E_{Combustion,i} = \sum_k \left(FA_{i,k} \bullet NCV_k \bullet EF_k \right)$$

حيث:

$FA_{i,k}$ = كمية الوقود ***k*** المستهلكة لإنتاج المادة البتروكيميائية ***i***، طن

NCV_k = القيمة الحرارية الصافية للوقود ***k***، تيرا جول/طن
(ملاحظة: في الجدول 1-2 في الفصل 1، المجلد 2، تم التعبير عن القيم الحرارية الصافية في التيرا جول/كجم)

EF_k = معامل انبعاثات الميثان لنوع الوقود ***k***، كجم/تيرا جول

المعادلة 3-29
حساب انبعاثات الميثان للمستوى 3 الخاصة بالغاز المشتعل

$$E_{Flare,i} = \sum_k \left(FG_{i,k} \bullet NCV_k \bullet EF_k \right)$$

حيث:

$FG_{i,k}$ = كمية الغاز ***k*** المشتعلة خلال إنتاج المادة البتروكيميائية ***i***، طن

NCV_k = القيمة الحرارية الصافية للغاز المشتعل ***k***، تيرا جول/طن
(ملاحظة: في الجدول 1-2 في الفصل 1، المجلد 2، تم التعبير عن القيم الحرارية الصافية في التيرا جول/كجم)

EF_k = معامل انبعاثات الميثان للغاز المشتعل ***k***، كجم/تيرا جول

3-2-9-2 اختيار معامل الانبعاثات

يشتمل هذا القسم على مناقشة لاختيار معاملات الانبعاث لأسلوب المستوى 1. يعتمد أسلوب المستوى 2 على مبادئ توازن الكتلة ويعتمد أسلوب المستوى 3 على بيانات خاصة بالمصنع، لذلك لا يوجد معاملات انبعاث افتراضية يمكن استخدامها مع أساليب المستوى 2 و3.

الجدول 3-11
العملية والمواد الأولية الافتراضية للمستوى 1 لإنتاج المادة البتروكيميائية

عملية المادة البتروكيميائية	المادة الأولية الافتراضية	العملية الافتراضية
الميثانول	الغاز الطبيعي	تحسين البخار التقليدي دون وحدة التحسين الأولية
الإيثيلين	أمريكا الشمالية وأمريكا الجنوبية وأستراليا - الإيثان قارات أخرى - النفط	التكسير بالبخار التكسير بالبخار
ثاني كلوريد الإيثيلين/كلوريد الفينيل أحادي الوحدة	الإيثيلين	عملية متوازنة لإنتاج ثاني كلوريد الإيثيلين مع صنع متكامل لإنتاج كلوريد الفينيل أحادي الوحدة
أكسيد الإيثيلين	الإيثيلين	أكسدة وسيطة وعملية هواء، مع معالجة حرارية
الأكريلونيترايل	البروبيلين	التأكسد الأموني المباشر مع إحراق منتجات ثانوية لاسترداد الطاقة أو الغاز المشتعل
الكربون الأسود	المادة الأولية للكربون الأسود والغاز الطبيعي	عملية غبار الفرن مع المعالجة الحرارية

المستوى 1

يوجد أدناه معاملات انبعاث المستوى 1 لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون وانبعاثات الميثان لمنتجات المواد البتروكيميائية. لا تشتمل معاملات انبعاث المستوى 1 لثاني أكسيد الكربون على الكربون المنبعث في شكل أحادي أكسيد الكربون والميثان والمركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية. تم توفير معاملات انبعاث للمستوى 1 منفصلة لتحديد انبعاثات الميثان الناجمة عن عمليات المواد البتروكيميائية. لم يتم توفير معاملات انبعاث للمستوى 1 خاصة بانبعاثات أحادي أكسيد الكربون والمركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية.

يتيح أسلوب المستوى 1 تحديد المادة الأولية "الافتراضية" والعملية "الافتراضية" في الحالات التي لا تتوافر بها بيانات أنشطة لتحديد المادة الأولية أو العملية المستخدمة في إنتاج المادة البتروكيميائية. يوفر الجدول 3-11 المواد الأولية الافتراضية والعمليات الافتراضية لكل عملية إنتاج مادة بتروكيميائية. في حالة عدم توافر بيانات أنشطة تخص مواد أولية وعمليات معينة مستخدمة في البلد لإنتاج المادة الأولية، يتم استخدام العملية الافتراضية والمادة الأولية الافتراضية المحددتين في الجدول 3-11 ومعاملات انبعاث المستوى 1 المعرفة في الجداول التالية في هذا القسم لتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن عملية إنتاج المادة البتروكيميائية. يمكن استخدام معاملات انبعاث خاصة بالبلد بدلاً من معاملات الانبعاث الافتراضية في حالة توافر معاملات خاصة بالبلد.

الميثانول

انبعاثات ثاني أكسيد الكربون

يمكن تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الميثانول من عمليات تحسين البخار والأكسدة الجزئية باستخدام معاملات انبعاثات المادة الأولية للعملية الافتراضية أو معاملات الانبعاث الخاصة بالعملية أو الخاصة بالمادة الأولية الواردة في الجدول 3-12 على بيانات الأنشطة لإنتاج الميثانول وتهيئة العملية والمادة الأولية للعملية. تعتمد معاملات الانبعاث الافتراضية على متوسط بيانات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الخاصة بالمصنع التي تم الإبلاغ عنها لأربعة مصانع ميثانول باستخدام عملية تحسين البخار التقليدية دون وحدة التحسين الأولية وباستخدام المادة الأولية للغاز الطبيعي. تم الإبلاغ عن بيانات الانبعاث المستخدمة في تحديد معامل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الافتراضي لمصانع عملية الميثانول الافتراضية في نيوزيلندا وتشيلي وكندا وهولندا. تشتمل معاملات الانبعاث الواردة في الجدول على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن المادة الأولية للعملية ومعاملات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن المادة الأولية التي تم إحراقها خلال عملية تحسين البخار. يلخص الجدول 3-13 إجمالي استهلاك المادة الأولية، في وحدات جيغا جول/طن الميثانول، للعديد من تهيئات عملية إنتاج الميثانول والمواد الأولية الواردة في الجدول 3-12.

يمكن أن تشتمل عملية التحسين التقليدية على وحدة تحسين مفردة أو وحدة تحسين أولية ووحدة تحسين ثانوية. وتختلف معاملات الانبعاث اعتمادًا على عدد وحدات التحسين. شركة "لورجي" هي إحدى شركات توفير تقنية عملية الميثانول وقد نشرت معاملات انبعاث للعديد من تقنيات عملية التحسين التقليدية، انظر الجدول 3-12. وتكون سعة إنتاج مصانع الميثانول الكبيرة عامة أكبر من 5000 طن في اليوم من الميثانول. يجب استخدام معاملات الانبعاث لتقنيات عملية "لوريجي" التقليدية فقط إذا كانت تقنية العملية معروفة. وإلا فسينبغي استخدام معامل انبعاث عملية تحسين البخار التقليدية دون استخدم وحدة التحسين الأولية أو معامل انبعاث عملية تحسين البخار التقليدية باستخدام وحدة التحسين الأولية.

يمكن دمج عملية تحسين البخار التقليدية لإنتاج الميثانول مع عملية إنتاج الأمونيا. يجب استخدام معامل الانبعاث لعملية إنتاج الأمونيا والميثانول المدمجة فقط إذا كانت تقنية العملية معروفة.

الجدول 3-12
معاملات انبعاث ثاني أكسيد الكربون لإنتاج الميثانول

	طن ثاني أكسيد الكربون/طن الميثانول المنتج				
تهيئة العملية **المادة الأولية**	**الغاز الطبيعي**	**الغاز الطبيعي + ثاني أكسيد الكربون**	**الزيت**	**الفحم**	**فحم الليجنيت**
تحسين البخار التقليدي، بدون استخدام وحدة التحسين الأولية (أ) (المادة الأولية الافتراضية للغاز الطبيعي والعملية الافتراضية)	0.67				
تحسين البخار التقليدي، باستخدام وحدة التحسين الأولية (ب)	0.497				
تحسين البخار التقليدي، عملية "لورجي" الافتراضية (ج1)	0.385	0.267			
تحسين البخار التقليدي، عملية "لورجي" منخفضة الضغط (ج2)	0.267				
تحسين البخار المجمع، عملية "لورجي" المجمعة (ج3)	0.396				
تحسين البخار التقليدي، عملية "لورجي" الكبيرة للميثانول (ج4)	0.310				
عملية الأكسدة الجزئية (د)			1.376	5.285	5.020
تحسين البخار التقليدي مع عملية إنتاج الأمونيا المدمجة	1.02				

عملية المادة الأولية لثاني أكسيد الكربون+الغاز الطبيعي اعتمادًا على 0.2-0.3 طن للمادة الأولية لثاني أكسيد الكربون لطن الميثانول

يتم حساب المعاملات الافتراضية في هذا الجدول من قيم استهلاك المادة الأولية الواردة في الجدول 3-13 اعتمادًا على قيم تسخين ومحتويات كربون المادة الأولية:

الغاز الطبيعي: 56 كجم ثاني أكسيد الكربون/جيغا جول 48 جيغا جول/طن

الزيت: 74 كجم ثاني أكسيد الكربون/جيغا جول 42.7 جيغا جول/طن

الفحم: 93 كجم ثاني أكسيد الكربون/جيغا جول 27.3 جيغا جول/طن

فحم الليجنيت: 111 كجم ثاني أكسيد الكربون/جيغا جول

يوجد في الجدول 3-27 قيم عدم التيقن لهذا الجدول.

المصادر: (أ) ستيكر، أ، وبولك، ك، 1995، ميثانكس، 2003: (ب) هيندرإنك، 1996: (ج1-ج4) لورجي، 2004أ؛ لورجي، 2004ب، لورجي، 2004ج: (د) FgH-ISI، 1999

الجدول 3-13
معاملات استهلاك المادة الأولية لإنتاج الميثانول

	جيغا جول لإدخال المادة الأولية/طن ميثانول تم إنتاجه				
تهيئة العملية المادة الأولية	الغـــــاز الطبيعي	الغاز الطبيعي + ثاني أكسيد الكربون	الزيت	الفحم	فحـــــم الليجنيت
تحسين البخار التقليدي، دون استخدام وحدة التحسين الأولية (أ) (المادة الأولية الافتراضية للغاز الطبيعي والعملية الافتراضية)	36.5				
تحسين البخار التقليدي، باستخدام وحدة التحسين الأولية (ب)	33.4	29.3			
تحسين البخار التقليدي، عملية "لورجي" الافتراضية (ج1)	31.4				
تحسين البخار التقليدي، عملية "لورجي" منخفضة الضغط (ج2)	29.3				
تحسين البخار المجمع، عملية "لورجي" المجمعة (ج3)	31.6				
تحسين البخار الافتراضي، عملية "لورجي" الكبيرة للميثانول (ج4)	30.1				
عملية الأكسدة الجزئية (د)			37.15	71.6	57.6
عملية المادة الأولية لثاني أكسيد الكربون+الغاز الطبيعي اعتمادًا على 0.2-0.3 طن للمادة الأولية لثاني أكسيد الكربون لطن الميثانول					

المصادر: (أ) ستيكر، أ، وبولك، ك، 1995، ميثانكس، 2003: (ب) هيندرإنك، 1996: (ج1-ج4) لورجي، 2004أ؛ لورجي، 2004ب، لورجي، 2004ج: (د) FgH-ISI، 1999
يوجد في الجدول 3-27 قيم عدم التيقن لهذا الجدول.

انبعاثات الميثان

أبلغت "ميثانكس" عن انبعاثات الميثان الناجمة عن مصنعين كنديين لإنتاج الميثانول في خطة عمل تغيير المناخ لعام 1996 (ميثانكس، 1996). وقد أبلغت "ميثانكس" أن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الميثانول قد تنشأ عن وحدات التحسين ومرجل الحزمة ووحدات تقطير الميثانول وصهاريج تخزين الميثانول الخام. وانبعاثات الميثان الناجمة عن المصانع مسؤولة ما يقرب من 0.5 في المائة إلى 1 في المائة من إجمالي انبعاثات غازات الاحتباس الحراري الناجمة عن المصانع، لكن تم الإبلاغ عن أنها تختلف حسب مستوى الصيانة والتحكم التشغيلي في معدات المصانع. وكان متوسطة معامل الانبعاث الذي تم الإبلاغ عنه خلال سنتين من التقارير هو 2.3 كجم من انبعاثات الميثان لكل طن ميثانول تم إنتاجه. تم الإبلاغ عن أن انبعاثات الميثان الناجمة عن مصنع "ميثانكس" الثاني لإنتاج الميثانول قد وصلت إلى 0.15 كجم لكل طن ميثان مستخدم في إنتاج الميثانول. يجب استخدام أعلى قيمة من القيمتين اللتين تم الإبلاغ عنهما، 2.3 كجم ميثان لكل طن من إنتاج الميثانول، على أنه معامل انبعاث الميثان الافتراضي لإنتاج الميثانول. تم الإبلاغ عن انبعاثات ميثان منخفضة وصلت إلى 0.1 كجم/طن لمصنع الميثانول في تجيلدبيرجودن، النرويج (هيئة مكافحة التلوث النرويجية) (SFT)، 2003أ).

الإيثيلين

انبعاثات ثاني أكسيد الكربون

يمكن تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن التكسير بالبخار لإنتاج الإيثيلين باستخدام معاملات الانبعاث الخاصة بالمادة الأولية في الجدول 3-14 وبيانات الأنشطة لكمية الإيثيلين الذي تم إنتاجه من عمليات التكسير بالبخار. يشتمل الجدول 3-14 على معاملات انبعاث افتراضية منفصلة لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن استهلاك المادة الأولية ومن استهلاك الطاقة التكميلي في عملية التكسير بالبخار. ومع ذلك يجب الإبلاغ عن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن استهلاك المادة الأولية واستهلاك الطاقة التكميلي على أنها انبعاثات ناجمة عن العمليات الصناعية بموجب اتفاقية الإبلاغ التي تمت مناقشتها سابقًا. ويتم تحديد معاملات الانبعاث الافتراضية من البيانات الخاصة بالمصنع لوحدات التكسير بالبخار التي تعمل في أوروبا الغربية. يمكن ضبط معاملات الانبعاث باستخدام معاملات الضبط الجغرافية الافتراضية الواردة في الجدول 3-15 حتى توضع في الاعتبارات اختلافات كفاءة الطاقة لوحدات التكسير بالبخار بين العديد من الدول والمناطق. لاحظ أنه وكما ورد في الجدول 3-11، فإن الإيثان هو المادة الأولية الافتراضية لوحدات التكسير بالبخار العاملة في أمريكا الشمالية وأمريكا الجنوبية وأستراليا، وأن النفط هو المادة الأولية الافتراضية لوحدات التكسير بالبخار العاملة في القارات الأخرى.

لا يشتمل معاملا الانبعاث الافتراضيان هذان على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن اشتعال الغاز. تصل الانبعاثات الناجمة عن اشتعال الغاز إلى حوالي 7 في المائة من إجمالي الانبعاثات الناجمة عن أحد المصانع جيدة الصيانة في النرويج. من المفترض أن عمليات التكسير بالبخار التي تستخدم المواد الأولية مثل البوتان والنفط والبروبان تكون محايدة من ناحية الطاقة، ولا تتطلب استخدام وقود تكميلي، ولذلك يُفترض عدم وجود انبعاثات لثاني أكسيد الكربون مرتبطة باستهلاك الوقود التكميلي لهذه المواد الأولية.

الجدول 3-14
معاملات انبعاث ثاني أكسيد الكربون للمستوى 1 الخاصة بإنتاج الإيثيلين عبر التكسير بالبخار

	طن ثاني أكسيد الكربون/طن الإيثيلين المنتج					
المادة الأولية	النفط	زيت الغاز	الإيثان	البروبان	البوتان	أخرى
الإيثيلين (استخدم المادة الأولية للطاقة وإجمالي العملية)	1.73	2.29	0.95	1.04	1.07	1.73
- استخدام المادة الأولية للعملية	1.73	2.17	0.76	1.04	1.07	1.73
- استخدام الوقود التكميلي (المادة الأولية للطاقة)	0	0.12	0.19	0	0	0

المصدر: نيليس، و، باتل، م ودي فيير، م، 2003، الجدول 2-3، الصفحة 26
يعرف الجدول 3-11 المواد الأولية الافتراضية لإنتاج الإيثيلين. لا تشتمل معاملات الانبعاث على استخدام الوقود التكميلي في الغازات المشتعلة.
من المفترض أن المواد الأولية الأخرى لها نفس حصيلة المنتج كما هو الحال مع المادة الأولية النفط.
يوجد في الجدول 3-27 قيم عدم التيقن لهذا الجدول.

يمكن استخدام معاملات الانبعاث الواردة في الجدول 3-14 في حالة توافر بيانات الأنشطة فقط لكمية الإيثيلين التي تم إنتاجها من خلال عملية التكسير بالبخار. وعملية التكسير بالبخار عبارة عن عملية متعددة المنتجات تؤدي إلى إنتاج الإيثيلين والبروبيلين والبوتادين والمواد العطرية والعديد من المواد الكيميائية عالية القيمة. يوجد افتراض ثابت لخليط خاص بالمنتج في معاملات الانبعاث الافتراضية في الجدول 3-14. تم تعريف خليط المنتج الافتراضي لكل معامل انبعاث في الجدول 3-14 في مصفوفة منتج-المادة الأولية للتكسير بالبخار في القسم 3-9-2-3. تُعرف مصفوفة المنتج/المادة الأولية القيم الافتراضية لإنتاج الإيثيلين والبروبيلين والمنتجات الهيدروكربونية الأخرى الناتجة عن عملية التكسير بالبخار في وحدات الكيلو جرام لكل منتج تم إنتاجه لكل طن من المادة الأولية. لتحديد معاملات الانبعاث للتكسير بالبخار الواردة في الجدول 3-14، تم تقسيم انبعاثات العملية الخاصة بثاني أكسيد الكربون لوحدة التكسير بالبخار بواسطة إخراج الإيثيلين فقط. بكلمات أخرى تم اختيار الإيثيلين على أنه مرجع تقدير إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن عملية التكسير بالبخار ككل. لذلك تؤدي مضاعفة معاملات الانبعاث الواردة في الجدول 3-14 بإنتاج الإيثيلين إلى إجمال انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة ليس فقط عن إنتاج الإيثيلين، لكن أيضًا عن إنتاج البروبيلين والبوتادين والمواد العطرية والمواد الكيميائية الأخرى التي يتم إنتاجها عبر عملية التكسير بالبخار. توفر معاملات الانبعاث الافتراضية الواردة في الجدول 3-14 إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن عملية التكسير بالبخار، ليس فقط انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة بإنتاج الإيثيلين من عملية التكسير بالبخار.

الجدول 3-15
معاملات الضبط الجغرافي الافتراضية لمعاملات انبعاث ثاني أكسيد الكربون للمستوى 1 الخاصة بإنتاج الإيثيلين بالتكسير بالبخار

المنطقة الجغرافية	معامل الضبط	ملاحظات
أوروبا الغربية	%100	القيم الواردة في الجدول 3-14 تعتمد على بيانات وحدات التكسير بالبخار في أوروبا الغربية
أوروبا الشرقية	%110	باستثناء روسيا
اليابان وكوريا	%90	
آسيا وإفريقيا وروسيا	%130	تشمل آسيا بخلاف اليابان وكوريا
أمريكا الشمالية وأمريكا الجنوبية وأستراليا	%110	

المصدر: تعتمد معاملات الضبط على بيانات توفرها روجر ماثيوز في مراسلات شخصية إلى السيد مارتن باتيل، مايو/آيار 2002.
يوجد في الجدول 3-27 قيم عدم التيقن لهذا الجدول.

انبعاثات الميثان

يتم تقدير المعاملات الافتراضية لانبعاثات الميثان غير الثابتة للتكسير بالبخار للإيثان والنفط لإنتاج الإيثيلين من معاملات الانبعاثات الكلية للمركبات العضوية المتطايرة وبيانات مخطط أنواع المركبات العضوية المتطايرة من دليل توجيهات الحصر الأساسي لانبعاثات الهواء/البرنامج الأوروبي للمراقبة والتقييم (EMEP/CORINAIR) حول حصر الانبعاثات (وكالة البيئة الأوروبية (EEA)، 2005). من المقدر أن الانبعاثات الكلية للمركبات العضوية المتطايرة الناجمة عن التكسير بالبخار تبلغ 5 كجم/طن إيثيلين منتج اعتمادًا على المنشور الأوروبي، وفيه من المفترض أن المادة الأولية هي النفط، ويُقدر أنها 10 كجم مركب عضوي متطاير/طن إيثيلين منتج اعتمادًا على المنشور الأمريكي، وفيه من المفترض أن المادة الأولية هي الإيثان. من معاملات إجمالي انبعاث المركبات العضوية المتطايرة، من المقدر أن الانبعاثات الكلية للميثان الناجمة عن التكسير بالبخار للنفط من مخطط أنواع المركبات العضوية المتطايرة تبلغ 3 كجم/طن إيثيلين منتج، في المقام الأول من فقدان التسريب، ومن المقدر أن إجمالي انبعاثات الميثان الناجمة عن تكسير الإيثان من ملف الأنواع تبلغ ضعف الانبعاثات الناجمة عن تكسير النفط (6 كجم/طن إيثيلين منتج)؛ ومع ذلك فهذه المعاملات غير يقينية حيث إن معاملات انبعاثات المركبات العضوية المتطايرة الكلية التي تبلغ 5 كجم مركبات عضوية متطايرة/طن إيثيلين للمادة الأولية النفط و10 كجم مركبات عضوية متطايرة/طن إيثيلين للمادة الأولية الإيثيلين يعتمد كل منها على منشور مختلف. من المفترض أن انبعاثات الميثان الناجمة عن التكسير بالبخار للمواد الأولية غير النفط والإيثان هي نفسها المقدرة من بيانات الحصر الأساسي لانبعاثات الهواء/البرنامج الأوروبي للمراقبة والتقييم للتكسير بالبخار للنفط.

تُظهر البيانات المنشورة تنوعًا كبيرًا في معاملات انبعاث الميثان التي تم الإبلاغ عنها لإنتاج الإيثيلين. تشير المخططات الإيكولوجية للاتحاد الأوروبي لمصنعي البلاستيك الخاصة بصناعة البلاستيك الأوروبية لمعامل انبعاث الميثان الخاص بإنتاج الإيثيلين بأنه 2.9 كجم/ ميثان/طن ميثان منتج، وذلك كما ورد في مخططات رابطة مصنعي البلاستيك في أوروبا (APME) الإيكولوجية الخاصة بإنتاج الأوليفينات (بويستيد، 2003أ). معامل انبعاث الميثان لعمليات وحدة التكسير بالبخار للإيثيلين يعتمد على بيانات تحليل دورة الحياة تخص 15 وحدة أوروبية للتكسير بالبخار. وتم تقدير الانبعاثات المنخفضة إلى 0.14 كجم ميثان/طن إيثيلين على أساس القياس المباشر في أحد مصانع الإيثيلين النرويجية (هيئة مكافحة التلوث النرويجية، 2003ب) والمنخفضة إلى 0.03 كجم ميثان/طن إيثان اعتمادًا على بيانات الشركة التي تم الإبلاغ عنها في المنهجية الأسترالية لتقدير انبعاثات الغازات الاحتباس الحراري والبالوعات، 2003 (المكتب الأسترالي للغازات الاحتباس الحراري (AGO)، 2005). وقد أبلغت شركات أوروبية وأسترالية أخرى تشغل وحدات التكسير بالبخار عن انبعاثات ميثان خاصة بالمصنع بترتيب 10 في المائة من القيم التي تم الإبلاغ عنها في الجدول 3-16 (DSM، 2002؛ كوينس، 2003؛ كوينس، 2005). لذا ينبغي عدم استخدام معاملات الانبعاث الواردة في الجدول 3-16 لتقدير انبعاثات الميثان الناجمة عن مصانع إيثيلين وحدات التكسير بالبخار التي تتوافر لها بيانات خاصة بالمصنع. في هذه الحالة ينبغي استخدام البيانات الخاصة بالمصنع وأسلوب المستوى 3. يوضح الجدول 3-16 المعاملات الافتراضية لانبعاث الميثان للعديد من المواد الأولية للعملية. لاحظ أن الجدول 3-11 يحدد المواد الأولية الافتراضية لإنتاج الإيثيلين.

الجدول 3-16
معاملات انبعاث الميثان الافتراضية لإنتاج الإيثيلين

المادة الأولية	كجم ميثان/طن إيثيلين منتج
الإيثان	6
النفط	3
كل المواد الأولية الأخرى	3

المصدر: EEA ، 2005 (دليل توجيهات الحصر الأساسي لانبعاثات الهواء/البرنامج الأوروبي للمراقبة والتقييم حول حصر الانبعاث)
يوجد في الجدول 3-27 قيم عدم التيقن لهذا الجدول.

ثاني كلوريد الإيثيلين وكلوريد الفينيل أحادي الوحدة

انبعاثات ثاني أكسيد الكربون

ورد في الجدول 3-17 معاملات الانبعاث الخاصة بعمليات إنتاج ثاني كلوريد الإيثيلين وكلوريد الفينيل أحادي الوحدة، ويشتمل ذلك على عملية الكلورة المباشرة والكلورة الأكسيدية والعملية المتوازنة. تم تحديد معاملات انبعاث ثاني أكسيد الكربون من بيانات متوسط انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الخاصة بالمصنع للمصانع الأوروبية الواردة في المستند المرجعي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة المعنية بأفضل التقنيات المتوافرة في صناعة المواد الكيميائية العضوية التي تستخدم كميات كبيرة (المكتب الأوروبي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة، فبراير/كانون الثاني 2003، والمشار إليه في هذه القسم باسم "المستند المرجعي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة المعنية بأفضل التقنيات المتوافرة في صناعة المواد الكيميائية العضوية التي تستخدم كميات كبيرة"). لاحظ أنه وكما ورد في الجدول 3-11، فالعملية الافتراضية هي العملية المتوازنة لإنتاج ثاني كلوريد الإيثيلين مع مصنع إنتاج الفينيل أحادي الوحدة المتكامل. يشتمل معامل إجمالي انبعاث ثاني أكسيد الكربون لكل عملية على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون غير المحترق الناجمة عن تهوية عملية ثاني كلوريد الإيثيلين وانبعاثات ثاني أكسيد كربون الاحتراق الناجم عن مصادر الاحتراق بمصنع ثاني كلوريد الإيثيلين. تشتمل معاملات انبعاثات مصدر احتراق المصنع على احتراق كل من الوقود المساعد والغاز المتخلف للعملية في معمل الترميد الحراري للغاز المتخلف عن العملية. لا يشتمل معامل الانبعاثات الخاص بالاحتراق على الانبعاثات الناجمة عن الغازات المشتعلة. تعتمد معاملات الانبعاث الخاصة بالاحتراق الواردة في الجدول 3-17 على بيانات مصانع عملية الكلورة الأكسيدية، لكن من المفترض استخدام معاملات الانبعاث في مصانع العملية المتوازنة والكلورة المباشرة. يوضح الجدول 3-18 معاملات استهلاك المادة الأولية لعمليات إنتاج كلوريد الفينيل أحادي الوحدة وثاني كلوريد الإيثيلين. تشير المخططات الأيكولوجية للبلاستيك الأوروبي (بوتستيد، 2005) الخاصة بإنتاج ثاني كلوريد الإيثيلين إلى استخدام الإيثيلين لحوالي 0.306 طن إيثيلين لكل طن ثاني كلوريد إيثيلين يتم إنتاجه، اعتمادًا على ثمانية مصانع أوروبية.

لابد من ملاحظة أن معاملات انبعاث ثاني أكسيد الكربون الواردة في الجدول 3-17 في وحدات أطنان ثاني أكسيد الكربون لكل طن ثاني كلوريد إيثيلين منتج وفي وحدات أطنان ثاني أكسيد الكربون لكل طن كلوريد الفينيل أحادي الوحدة منتجة ليست جامعة. ينطبق كلا معاملي انبعاث ثاني أكسيد الكربون على عملية إنتاج ثاني كلوريد الإيثيلين/كلوريد الفينيل أحادي الوحدة المتكاملة، بالرغم من ذلك فمعامل أطنان ثاني أكسيد الكربون لكل طن ثاني كلوريد إيثيلين تعتمد على بيانات أنشطة ثاني كلوريد الإيثيلين في حين أن معامل أطنان ثاني أكسيد الكربون لكل طن كلوريد الفينيل أحادي الوحدة تعتمد على بيانات أنشطة إنتاج كلوريد الفينيل أحادي الوحدة. سيعتمد معامل انبعاث ثاني أكسيد الكربون الذي سيتم استخدامه على توافر بيانات الأنشطة الخاصة بإنتاج ثاني كلوريد الإيثيلين أو بيانات أنشطة إنتاج كلوريد الفينيل أحادي الوحدة. وبالمثل فإن معاملات استهلاك المادة الأولية الواردة في الجدول 3-18 في وحدات أطنان الإيثيلين المستهلك لكل طن ثاني كلوريد الإيثيلين المنتج وفي وحدات أطنان الإيثيلين المنتج لكل طن كلوريد الفينيل أحادي الوحدة منتج ليست جامعة. سيعتمد معامل استهلاك المادة الأولية الذي سيتم استخدامه على توافر بيانات الأنشطة الخاصة بإنتاج ثاني كلوريد الإيثيلين أو بيانات أنشطة إنتاج كلوريد الفينيل أحادي الوحدة.

الجدول 3-17
معاملات انبعاث ثاني أكسيد الكربون للمستوى 1 في عملية ثاني كلوريد الإيثيلين/كلوريد الفينيل أحادي الوحدة

تهيئة العملية	طن ثاني أكسيد الكربون/طن ثاني كلوريد الإيثيلين المنتج	طن ثاني أكسيد الكربون/طن كلوريد الفينيل أحادي الوحدة المنتج
عملية الكلورة المباشرة		
تهوية عملية عدم الاحتراق	انبعاثات يمكن إهمالها	انبعاثات يمكن إهمالها
انبعاثات الاحتراق	0.191	0.286
معامل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الكلية	0.191	0286
عملية المعالجة بالكلور والأكسجين		
تهوية عملية عدم الاحتراق	0.0113	0.0166
انبعاثات الاحتراق	0.191	0.286
معامل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الكلية	0.202	0.302
العملية المتوازنة[العملية الافتراضية]		
تهوية عملية عدم الاحتراق	0.0057	0.0083
انبعاثات الاحتراق	0.191	0.286
معامل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الكلية	0.196	0.294

وردت قيم انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج ثاني كلوريد الإيثيلين/كلوريد الفينيل أحادي الوحدة من العديد من المصانع الأوروبية في الجدولين 12-6 و12-7 من المستند المرجعي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة المعني بأفضل التقنيات المتوافرة في صناعة المواد الكيميائية العضوية التي تستخدم كميات كبيرة (المكتب الأوروبي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة، 2003) تم تحديد متوسط لهذه القيم لحساب معاملات انبعاث ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج ثاني كلوريد الإيثيلين/كلوريد الفينيل أحادي الوحدة. يوجد في مصنع واحد فقط لإنتاج ثاني كلوريد الإيثيلين جهاز للتحكم في ثاني أكسيد الكربون وقد أبلغ عن عدم وجود أي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون ناجمة عن العملية غير مدرجة في متوسط معامل الانبعاث.

المصدر: المكتب الأوروبي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة (المستند المرجعي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة المعني بأفضل التقنيات المتوافرة في صناعة المواد الكيميائية العضوية التي تستخدم كميات كبيرة، بيانات الجدولين 12-6 و12-7)

يوجد في الجدول 3-27 قيم عدم التيقن لهذا الجدول.

الجدول 3-18
معاملات استهلاك المادة الأولية للمستوى 1 في عملية ثاني كلوريد الإيثيلين/كلوريد الفينيل أحادي الوحدة

تهيئة العملية	طن إيثلين/طن ثاني كلوريد إيثيلين منتج	طن إيثلين/طن فينيل الكلوريد أحادي الوحدة منتج
عملية الكلورة المباشرة	0.290	--
عملية المعالجة بالكلور والأكسجين	0.302	--
العملية المتوازنة	0.296	0.47

المصدر: المكتب الأوروبي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة، 2003 (المستند المرجعي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة المعني بأفضل التقنيات المتوافرة في صناعة المواد الكيميائية العضوية التي تستخدم كميات كبيرة، القسم 12-3-1، الجدول 299-300، القسم 12-1، الجدول 12-3، الصفحة 293).

يوجد في الجدول 3-27 قيم عدم التيقن لهذا الجدول.

انبعاثات الميثان

يشير "مخطط أنواع" الحصر الأساسي لانبعاثات الهواء/البرنامج الأوروبي للمراقبة والتقييم الخاص بالعملية المتوازنة لثاني كلوريد الإيثيلين وكلوريد الفينيل أحادي الوحدة إلى عدم وجود انبعاثات ميثان من العملية غير انبعاثات الميثان الناجمة عن مصادر الاحتراق. يشير مخطط أنواع الحصر الأساسي لانبعاثات الهواء/البرنامج الأوروبي للمراقبة والتقييم إلى أن انبعاثات المركبات العضوية المتطايرة من فقدان التسريب والتخزين والمناولة لا تشتمل على الميثان. كما أشار الحصر الأساسي لانبعاثات الهواء/البرنامج الأوروبي للمراقبة أن 2 في المائة من إجمالي انبعاثات المركبات العضوية المتطايرة من العملية المتوازنة ناجمة عن مصادر الاحتراق وأن الميثان يمثل 1.2 في المائة من إجمالي انبعاثات المركبات العضوية المتطايرة. لذلك يمكن افتراض أنه يمكن تجاهل انبعاثات الميثان لمصادر غير الاحتراق الناجمة عن إنتاج ثاني كلوريد الإيثيلين/كلوريد الفينيل أحادي الوحدة.

يمكن تقدير انبعاثات الميثان الناجمة عن احتراق الوقود التكميلي للغاز الطبيعي في عملية إنتاج ثاني كلوريد الإيثيلين/كلوريد الفينيل أحادي الوحدة من خلال بيانات الأنشطة الخاصة باستهلاك الوقود التكميلي للغاز الطبيعي ومعامل انبعاث الميثان لاستهلاك الغاز الطبيعي. من المقدر أن استهلاك الغاز الطبيعي لإنتاج ثاني كلوريد الإيثيلين/كلوريد الفينيل أحادي الوحدة المتكامل يبلغ 110.1 ن م3 غاز طبيعي/طن مركبات عضوية منتجة لمصنع إنتاج ثاني كلوريد الإيثيلين/كلوريد الفينيل أحادي الوحدة متكامل في هولندا، و126.4 ن م3 غاز طبيعي/طن مركبات عضوية منتجة لمصنع إنتاج ثاني كلوريد الإيثيلين/كلوريد الفينيل أحادي الوحدة متكامل في ألمانيا. ويبلغ متوسط هاتين القيمتين 118.3 ن م3 غاز طبيعي/طن كلوريد الفينيل أحادي الوحدة. يعتمد معامل انبعاث الميثان لعملية إنتاج ثاني كلوريد الإيثيلين/كلوريد الفينيل أحادي الوحدة المتكاملة على معامل انبعاث

الجدول 3-19 المعامل الافتراضي لانبعاث الميثان للمستوى 1 الخاص بعملية كلوريد الفينيل/وثاني كلوريد الإيثيلين	
تهيئة العملية	**كجم ميثان/طن منتج المركب العضوي المتطاير الذي تم إنتاجه**
مصنع إنتاج ثاني كلوريد الإيثيلين/كلوريد الفينيل أحادي الوحدة متكامل	0.0226
المصادر: المكتب الأوروبي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة، 203 (المستند المرجعي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة المعني بأفضل التقنيات المتوافرة في صناعة المواد الكيميائية العضوية التي تستخدم كميات كبيرة، القسم 12-3-1، الجدول 12-4، الصفحة 300)؛ تحليل الطاقة والبيئة (EEA)، 2005 (دليل توجيهات الحصر الأساسي لانبعاثات الهواء/البرنامج الأوروبي للمراقبة والتقييم حول حصر الانبعاثات، عمليات صناعات المواد الكيميائية العضوية (إنتاج الجملة) 1، 2- ثنائي كلور الإيثيلين وكلوريد الفينيل (العملية المتوازنة)، الأنشطة 0040505، 15 فبراير/كانون الثاني 1996، القسم 3-4، الصفحة ب455-3، والجدول 9-2، ب455-5).	

أكسيد الإيثيلين

انبعاثات ثاني أكسيد الكربون

يمكن تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج أكسيد الإيثيلين باستخدام معاملات الانبعاث اعتمادًا على بيانات الأنشطة الخاصة بإنتاج أكسيد الإيثيلين وبيانات الأنشطة الخاصة بتهيئة العملية وانتقائية الوسيط. يوضح الجدول 3-20 معاملات انبعاث منفصلة لثاني أكسيد الكربون وذلك لتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من هواء العملية وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون من عملية الأكسجين لاختيار نطاق انتقائية الوسيط. يتم تقدير معاملات الانبعاث الافتراضية لعملية الهواء وعملية الأكسجين من بيانات انتقائية الوسيط الخاصة بالعملية والتي يوفرها المستند المرجعي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة المعني بأفضل التقنيات المتوافرة في صناعة المواد الكيميائية العضوية التي تستخدم كميات كبيرة. يتطلب الأمر توافر بيانات معينة تخص نوع العملية وانتقائية الوسيط بالعملية من أجل تحديد معاملات الانبعاث من الجدول 3-20. يتم تحديد معاملات الانبعاث من انتقائية الوسيط باستخدام مبادئ الرياضيات الكيميائية، وتعتمد على افتراض أن انبعاثات الميثان والمركبات العضوية المتطايرة غير العضوية من العملية لا يمكن تجاهلها، وأن كل الكربون الموجود في المادة الأولية للإيثيلين يتم تحويله إما إلى منتج أكسيد إيثيلين أو انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. لا تشتمل معاملات الانبعاثات الموجودة في الجدول 3-20 على الانبعاثات الناجمة عن اشتعال الغازات.

كما هو موضح في الجدول 3-20، فإن معامل الانبعاث الافتراضي لعملية الهواء يعتمد على أن انتقائية الوسيط الافتراضي للعملية يبلغ 70 في المائة، ويعتمد معامل الانبعاث الافتراضي لعملية الأكسجين على أن انتقائية الوسيط الافتراضي للعملية تبلغ 75 في المائة. في حالة عدم توافر بيانات أنشطة لتهيئة العملية أو انتقائية الوسيط، تكون تهيئة العملية الافتراضية هي عملية الهواء وانتقائية الوسيط الافتراضي تبلغ 70 في المائة. في حالة توافر بيانات أنشطة تحدد العملية المستخدمة كعملية الأكسجين، لكن لا توجد بيانات أنشطة لانتقائية الوسيط لعملية الأكسجين، يجب استخدام معامل الانبعاث لانتقائية الوسيط الافتراضي تبلغ 75% لعملية الأكسجين الوارد في الجدول 3-20.

الجدول 3-20 معاملات انبعاث ثاني أكسيد الكربون واستهلاك المادة الأولية لإنتاج أكسيد الإيثيلين			
تهيئة العملية	**انتقائية الوسيط**	**استهلاك المادة الأولية (طن إيثيلين/طن أكسيد إيثيلين)**	**معامل الانبعاث (طن ثاني أكسيد الكربون /طن أكسيد إيثيلين)**
العملية الهواء [العملية الافتراضية]	الافتراضي (70)	0.90	0.863
	75	0.85	0.663
	80	0.80	0.5
عملية الأكسجين	الافتراضي (75)	0.85	0.663
	80	0.80	0.5
	85	0.75	0.35
المصدر: المكتب الأوروبي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة، 2003 (المستند المرجعي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة المعني بأفضل التقنيات المتوافرة في صناعة المواد الكيميائية العضوية التي تستخدم كميات كبيرة، القسم 9-2-1، الصفحة 224، القسم 9-3-1-1، الصفحة 231، الشكل 9-6)			

انبعاثات الميثان

أشار المستند المرجعي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة المعني بأفضل التقنيات المتوافرة في صناعة المواد الكيميائية العضوية التي تستخدم كميات كبيرة لإنتاج أكسيد الإيثيلين معاملات انبعاث للإيثيلين (في وحدات كيلو جرام ميثان لطن أكسيد الإيثيلين المنتج) لتهوية عملية أكسيد الإيثيلين وبخار غاز عادم عملية تنقية أكسيد الإيثيلين ومصادر الانبعاثات غير الثابتة. تم شرح معاملات انبعاث الميثان في المستند المرجعي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة المعني بأفضل التقنيات المتوافرة في صناعة المواد الكيميائية العضوية التي تستخدم كميات كبيرة لمنافذ تهوية إزالة ثاني أكسيد الكربون الخاصة بالمصانع الأوروبية لأكسيد الإيثيلين قبل المعالجة وبعدها. كما تم الإبلاغ عن انبعاثات الميثان لمصنعي أكسيد الإيثيلين في هولندا. كما تم وضع معاملات انبعاث الميثان لإنتاج أكسيد الإيثيلين بتحديد متوسط هذه البيانات. يمكن تقدير انبعاثات الميثان باستخدام معاملات الانبعاثات الواردة في الجدول 3-21 على بيانات الأنشطة لإنتاج أكسيد الإيثيلين. يفترض معامل انبعاث الميثان الافتراضي لإنتاج أكسيد الإيثيلين عدم وجود عملية معالجة حرارية.

الجدول 3-21
معاملات انبعاث الميثان بالمستوى 1 الخاصة بإنتاج أكسيد الإيثيلين

تهيئة العملية	كجم ميثان/طن أكسيد الإيثيلين المنتج
بلا معالجة حرارية [المعامل الافتراضي]	1.79
معالجة حرارية	0.79

المصدر: المكتب الأوروبي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة، 2003 (المستند المرجعي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة المعني بأفضل التقنيات المتوافرة في صناعة المواد الكيميائية العضوية التي تستخدم كميات كبيرة، الجدول 9-6، الصفحة 233؛ الجدول 9-8، الصفحة 236؛ الجدول 9-9، الصفحة 236).

الأكريلونيترايل

انبعاثات ثاني أكسيد الكربون

يمكن حساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لتهوية العملية الناجمة عن عملية إنتاج الأكريلونيترايل بالتأكسد الأموني المباشر للبروبيلين من بيانات أنشطة إنتاج الأكريلونيتريل باستخدام معاملات الانبعاث المتوافرة في الجدول 3-22.

الجدول 3-22
معاملات انبعاث ثاني أكسيد الكربون لإنتاج الأكريلونيتريل

تهيئة العملية التأكسد الأموني للبروبيلين	طن ثاني أكسيد الكربون/طن الأكريلونيتريل المنتج
إحراق المنتجات الثانوية لاسترداد الطاقة/إشعالها (الافتراضي)	1.00
إحراق الأكريلونيتريل لاسترداد الطاقة/إشعالها	0.83
استرداد الأكريلونيتريل وسيانيد الأكسجين كمنتج	0.79

المصدر: المكتب الأوروبي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة، 2003 (المستند المرجعي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة المعني بأفضل التقنيات المتوافرة في صناعة المواد الكيميائية العضوية التي تستخدم كميات كبيرة، القسم 11-3-1-1، الجدول 11-2، الصفحة 274 والقسم 11-3-1-2، الصفحة 275)

تعتمد معاملات الانبعاث الواردة في الجدول 3-22 على معامل استهلاك متوسط (الافتراضي) للمادة الأولية للبروبيلين يبلغ 1.09 طن مادة أولية بروبيلين لكل طن الأكريلونيتريل منتج، ويكافئ معامل حصيلة منتج أساسي يبلغ 70 في المائة تقريبًا. يعتمد معامل انبعاث ثاني أكسيد الكربون الافتراضي على تحويل المادة الأولية للبروبيلين إلى المنتج الثانوي الأسيتونيتريل بمعدل 18.5 كيلو جرام لكل طن أكريلونيتريل منتج، وتحويل البروبيلين للمنتج الثانوي سيانيد الهيدروجين بمعدل 105 كيلو جرامات لكل طن أكريلونيتريل منتج، كما يعتمد على بيانات حصيلة الأكريلونيتريل الخاصة بالعملية وبيانات استهلاك المادة الأولية للعملية التي تم الإبلاغ عنها في المستند المرجعي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة المعني بأفضل التقنيات المتوافرة في صناعة المواد الكيميائية العضوية التي تستخدم كميات كبيرة (المكتب الأوروبي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة، 2003).
لاحظ أنه بالرغم من أنه يمكن تهيئة عملية إنتاج الأكريلونيتريل وتشغيلها لإنتاج كمية أكبر أو أقل من المنتجات الثانوية. يعتمد معامل انبعاث ثاني أكسيد الكربون الافتراضي على افتراض أن المنتجات الثانوية (الأسيتونيتريل وسيانيد الهيدروجين) لعملية إنتاج الأكريلونيتريل والمنتجات الثانوية للهيدروكربون في منفذ تهوية وحدة الامتصاص الرئيسية يتم إحراقها إما لاسترداد الطاقة أو إشعالها إلى ثاني أكسيد الكربون، ولا يتم استردادها كمنتجات أو انبعاثها في الجو دون معالجة احتراق. لا تشتمل معاملات انبعاث ثاني أكسيد الكربون على أي انبعاثات لثاني أكسيد الكربون من أي احتراق للوقود مساعدة (مثل الغاز الطبيعي) لأنظمة الاشتعال أو استرداد طاقة الغاز المتخلف عن العملية.

في حالة عدم توافر بيانات أنشطة توضح ما إذا كانت المنتجات الثانوية يتم استردادها للبيع، فإن الفرض الافتراضي هو أن المنتجات الثانوية يتم إحراقها لاسترداد الطاقة أو تحويلها إلى ثاني أكسيد الكربون، يكون المعامل الافتراضي لحصيلة عملية المنتج الأساسي يبلغ 70 في المائة.

بالنسبة لتهيئة العملية حيث يتم استرداد المنتجات الثانوية (الأسيتونيتريل وسيانيد الهيدروجين) لبيع ولا يتم إشعالها وتحويلها لثاني أكسيد الكربون أو إحراقها لاسترداد الطاقة، يكون المعامل الكلي لحصيلة العملية للمنتجات الثانوية والمنتجات الأساسية هو 85 في المائة.

في حالة عدم توافر بيانات أنشطة تخص استهلاك المادة الأولية للبروبيلين، يمكن تقدير استهلاك المادة الأولية للبروبيلين من بيانات أنشطة إنتاج الأكريلونيتريل باستخدام المعامل الافتراضي لاستهلاك المادة الأولية 1.09 طن للمادة الأولية للبروبيلين المستهلكة لكل طن أكريلونيتريل منتج.

انبعاثات الميثان

ورد في ملخص بيانات تحليل دورة الحياة الذي يخص الأكريلونيتريل معامل انبعاث ميثان لإنتاج الأكريلونيتريل يبلغ 0.18 كجم ميثان/طن أكريلونيتريل منتج، وذلك كما ورد في تقرير تحليل دورة الحياة للاتحاد الأوروبي لمصنع البلاستيك (بويستيد، 1999). يعتمد معامل انبعاث الميثان لعمليات إنتاج الأكريلونيتريل على بيانات تحليل دورة الحياة لمصانع الأكريلونيتريل الأوروبية في ألمانيا والمملكة المتحدة والتي تم جمعها بين عامي 1990 و1996. يمكن تقدير انبعاثات الميثان الناجمة عن إنتاج الأكريلونيتريل باستخدام معامل الانبعاث الافتراضي هذا مع بيانات إنتاج الأكريلونيتريل.

الكربون الأسود

انبعاثات ثاني أكسيد الكربون

يمكن تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الكربون الأسود باستخدام معاملات الانبعاث الخاصة بالعملية والمادة الأولية مع بيانات الأنشطة الخاصة بإنتاج الكربون الأسود. معاملات انبعاث منفصلة وردت في الجدول 3-23 تخص عملية غبار الفرن وعملية الكربون الأسود الحراري وعملية أسود الأسيتيلين والمواد الأولية المرتبطة بهم، كما وردت معاملات انبعاث منفصلة تخص المواد الأولية الأساسية والمواد الأولية الثانوية. تعتمد معاملات الانبعاث على افتراض أن انبعاثات العملية معرضة لعملية معالجة حرارية.

وردت مجموعة من القيم الخاصة بالمادة الأولية الثانوية والأساسية للكربون الأسود في الجدول 4-11 خاصة بمسودة المستند المرجعي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة المعني بأفضل التقنيات المتوافرة في صناعة المواد الكيميائية العضوية الصلبة التي تستخدم كميات كبيرة والصناعات الأخرى (المكتب الأوروبي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة، يونيو/حزيران 2005، المشار إليه في هذا الفصل باسم مسودة المستند المرجعي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة المعني بأفضل التقنيات المتوافرة في صناعة المواد الكيميائية العضوية التي تستخدم كميات كبيرة). تعتمد معاملات انبعاث ثاني أكسيد الكربون الواردة في الجدول 3-23 على متوسط مجموعة قيم. يتم تحويل استهلاك المادة الأولية الأساسية والثانوية إلى استهلاك كربون باستخدام متوسط قيم محتوى كربون المادة الأولية للكربون الأسود. يتم حساب معاملات انبعاث ثاني أكسيد الكربون من إدخال الكربون للعملية (المواد الأولية والثانوية) وإخراج الكربون (الكربون الأسود)، باستخدام متوسط قيمة محتوى كربون الكربون الأسود.

الجدول 3-23
معاملات انبعاث ثاني أكسيد الكربون للمستوى 1 الخاصة بإنتاج الكربون الأسود

تهيئة العملية	طن ثاني أكسيد الكربون/طن الكربون الأسود المنتج		
	المادة الأولية الأساسية	المادة الأولية الثانوية	إجمالي المواد الأولية
عملية غبار الفرن (العملية الافتراضية)	1.96	0.66	2.62
عملية الكربون الأسود الحراري	4.59	0.66	5.25
عملية أسود الأسيتيلين	0.12	0.66	0.78
المصدر: المكتب الأوروبي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة، 2005 (مسودة المستند المرجعي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة المعني بأفضل التقنيات المتوافرة في صناعة المواد الكيميائية العضوية التي تستخدم كميات كبيرة، بيانات الجدول 4-11)			

انبعاثات الميثان

يوضح الجدول 3-24 انبعاثات الميثان لعملية إنتاج الكربون الأسود. ذكرت مسودة المستند المرجعي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة المعني بأفضل التقنيات المتوافرة في صناعة المواد الكيميائية العضوية التي تستخدم كميات كبيرة خاصة بالكربون الأسود محتوى الميثان للغاز المنصرف غير المحترق من عملية إنتاج الكربون الأسود والمعدل المقدر لتوليد الغاز المنصرف من عملية إنتاج الكربون الأسود. اعتمادًا على وجود 10000 ن م3 غاز منصرف لطن كربون أسود منتج ومتوسط تركيز ميثان يبلغ 0.425 في المائة حسب الحجم، فإن معاملات انبعاث الميثان غير الخاضعة للتحكم يبلغ 28.7 كجم ميثان/طن كربون أسود ومنتج. تم الإبلاغ في مسودة المستند المرجعي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة المعني بأفضل التقنيات المتوافرة في صناعة المواد الكيميائية العضوية التي تستخدم كميات كبيرة عن أن كفاءة وهج الاحتراق لأنظمة الوهج في عملية الكربون الأسود يبلغ 99.8 في المائة من أحادي أكسيد الكربون وأنه من المفترض وجود نفس الكفاءة مع الميثان. معامل انبعاث الميثان لعملية إنتاج الكربون الأسود بعد استخدام التحكم في الاحتراق يبلغ 0.06 كجم ميثان/طن كربون أسود منتج. تم الإبلاغ عن معامل انبعاث الميثان الكلي 0.11 كجم ميثان/طن كربون أسود، اعتمادًا على بيانات الشركة، في المنهجية الأسترالية لتقدير انبعاثات الغازات الاحتباس الحراري والبالوعات، 2003 (AGO، 2005). كما أبلغت ثلاثة مصانع إنتاج كربون أسود في ألمانيا عن معامل انبعاث عام للميثان يبلغ 0.03 كجم ميثان/طن كربون أسود منتج، اعتمادًا على بيانات القياس بعد احتراق الغاز المتخلف باستخدام أفضل تقنية متوافرة (تثيرميخ ناخبيرنيج ألس ستاند در تيخنيك).

الجدول 3-24
معاملات انبعاث الميثان للمستوى 1 الخاصة بإنتاج الكربون الأسود

تهيئة العملية	طن ميثان/طن الكربون الأسود المنتج (الغاز المنصرف لعملية الكربون الأسود)
بلا معالجة حرارية	28.7
معالجة حرارية (العملية الافتراضية)	0.06
المصدر: المكتب الأوروبي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة، 2005 (مسودة المستند المرجعي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة المعني بأفضل التقنيات المتوافرة في صناعة المواد الكيميائية العضوية التي تستخدم كميات كبيرة، الجدول 4-8، الصفحة 209؛ الجدول 4-10، الصفحة 213؛ القسم 4-3-2-3، الصفحة 210).	

المستوى 2

تعتمد منهجية المستوى 2 على حسابات توازن الكتلة ولذلك لا توجد معاملات انبعاث مرتبطة بالمنهجية.

المستوى 3

بالنسبة لأسلوب المستوى 3، يمكن تقدير انبعاثات خاصة بالمصنع باستخدام المعادلات من 3-20 وحتى 3-22 لتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، واستخدام إما المعادلة 3-26 أو المعادلات من 3-27 وحتى 3-29 لتقدير انبعاثات الميثان. ربما تكون معاملات الانبعاث مرتبطة بالإنتاج السنوي لتقدير الانبعاثات بين القياسات عندما لا تكون مستمرة.

3-2-9-3 اختيار بيانات الأنشطة

ورد في الفصل 2 من المجلد 1 الجوانب العامة لجمع البيانات للحصول على بيانات الأنشطة. وعند استخدام أسلوب المستوى 3 يجب الحصول على بيانات أنشطة خاصة بالمصنع من مصانع الإنتاج. ستتيح القياسات المباشرة للتدفق الإجمالي إلى وحدات التكسير بالبخار ونظام الوهج مع تحليل محتوى كربون الغاز أدق أساس لتقدير الانبعاثات.

يمكن استخدام توازن طاقة و/أو توازن كربون خاص بالمصنع لتحديد عوامل الانبعاث الخاصة بالمصنع. ويجعل تنوع تدفقات الكربون والطاقة عبر حدود المصنع هذه البيانات مكثفة، ومع ذلك فهذا المقترب لا يزال أقل مقتربات الموارد كثافة. في حين يكون من الصعب الحصول على بيانات استهلاك المادة الأولية، إلا أن بيانات المبيعات والإحصائيات الوطنية قد توفر كميات إنتاج تقريبية للمواد الكيميائية.

الميثانول

يمكن حساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الميثانول من استهلاك مادة أولية معينة (مثل الغاز الطبيعي) وبيانات أنشطة إنتاج منتج (الميثانول) وحسابات توازن كتلة الكربون.

الإيثيلين

يمكن حساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الميثانول من استهلاك مادة أولية معينة وبيانات أنشطة إنتاج منتج وحسابات توازن كتلة الكربون. لتوفير توازن كتلة كامل لعملية إنتاج الإيثيلين وتنفيذ منهجية المستوى 2 لإنتاج الإيثيلين، يجب تحديد كل المواد الأولية وإنتاج المنتجات الأساسية والثانوية للعملية والتخلص منها باستخدام بيانات الأنشطة. في الحالات التي تتوافر بها بيانات أنشطة تخص إنتاج الإيثيلين، لكنها غير متوافرة لإنتاج المنتجات الثانوية من عملية التكسير بالبخار، يمكن تقدير إنتاج المنتجات الثانوية باستخدام المعاملات الافتراضية الواردة في الجدول 3-25 والمعادلة 3-18. ومع ذلك فاستخدم هذه المعاملات الافتراضية يعتبر أسلوبًا أقل دقة من استخدام بيانات أنشطة معينة لكل المنتجات الأساسية والثانوية، وسيزيد من درجة عدم التيقن من التقدير، وذلك لأن أداء وحدات التكسير بالبخار ربما يختلف اعتمادًا على الظروف الخاصة بالموقع. على سبيل المثال، فالبيانات الخاصة بالموقع التي تم الإبلاغ عنها لوحدات التكسير بالبخار العاملة في ألمانيا تشير إلى أن فقدان الهيدروكربون في ظل ظروف التشغيل العادية في ترتيب 8.5 كجم لكل طن من المادة الأولية للهيدروكربون (بي أيه إس إف، 2006)، بحيث أن القيمة الافتراضية لفقدان الهيدروكربون كما يوضح الجدول 3-25 هي 5 كجم لكل طن من المادة الأولية للهيدروكربون. في حالة عدم توافر بيانات أنشطة كل المنتجات الثانوية، يمكن استخدام أسلوب المستوى 1 بدلاً من أسلوب المستوى 2.

يمكن استرداد المنتجات الثانوية التي تم إنتاجها بواسطة عملية التكسير بالبخار وتحويلها إلى مصنع مواد بتروكيميائية أو معمل تكرير بترول لإعادة استخدام المواد وإعادة تدويرها في عملية التكسير بالبخار كمادة أولية أو إحراقها لاسترداد الطاقة. تتم إعادة تدوير المنتجات الثانوية لـ C4+ كمادة أولية أو استعادتها لإعادة استخدام المواد (بي أيه إس إف، 2006). ورد في المربع 1-1 في الفصل 1 من هذا المجلد تخصيص انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن احتراق المواد الثانوية لاسترداد الطاقة. في حالة عدم توافر بيانات أنشطة للتخلص من المنتجات الثانوية لـ C4+، فالافتراض الافتراضي هو أن المنتجات الثانوية لـ C4+ يتم استردادها وتحويلها إلى عملية أخرى لإعادة استخدام المواد. في حالة عدم توافر بيانات تخص التخلص من الميثان الذي تم إنتاجه خلال عملية التكسير بالبخار، فإن الافتراض الافتراضي هو أنه يتم إحراق الميثان لاسترداد الطاقة خلال عملية التكسير بالبخار والذي بدوره يؤدي إلى انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من العملية.

يمكن أن تحصل وحدات التكسير بالبخار في صناعة المواد البتروكيميائية على المادة الأولية البتروكيميائية لعملية إنتاج الإيثيلين مباشرة من معمل تكرير بترول قريب. وحسب المادة الأولية وظروف تشغيل العملية، يمكن أن تولد وحدات التكسير بالبخار "تدفقات رجعية" للمنتجات الثانوية للهيدروكربون والتي يتم إعادتها إلى معمل التكرير القريب للمزيد من المعالجة. أي انبعاثات لثاني أكسيد الكربون ناجمة عن معالجة التدفقات الرجعية في معامل تكرير البترول لا تكون مضمنة في معاملات انبعاث ثاني أكسيد الكربون لعملية إنتاج الإيثيلين في وحدة التكسير بالبخار، لكن يتم أخذها في الاعتبار في تحليل المادة الأولية وتدفق الكربون للعملية.

الجدول 3-25
مصفوفة منتج-المادة الأولية للتكسير بالبخار في إنتاج الإيثيلين

	كجم منتج/طن مادة أولية					
المنتج / المادة الأولية	النفط	زيت الغاز	الإيثان	البروبان	البوتان	أخرى
المواد الكيميائية عالية القيمة	645	569	842	638	635	645
الإيثيلين	324	250	803	465	441	324
البروبيلين	168	144	16	125	151	168
البوتادين	50	50	23	48	44	50
المواد العطرية	104	124	0	0	0	104
منتجات درجة الوقود والتدفقات الرجعية	355	431	157	362	365	355
الهيدروجين	11	8	60	15	14	11
الميثان	139	114	61	267	204	139
الإيثان والبروبان بعد التكسير	0	0	0	0	0	0
مواد C4 أخرى	62	40	6	12	33	62
C6/C5	40	21	26	63	108	40
C7+ غير عطرية	12	21	0	0	0	12
430> مئوية	52	26	0	0	0	52
430< مئوية	34	196	0	0	0	34
الفاقد	5	5	5	5	5	5
الإجمالي	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000

المصدر: نيليس، م؛ باتل، م؛ ودي فيير، م، معهد كوبرنيكس، أبريل/نيسان 2003، الجدول 2-2، الصفحة 24

ثاني كلوريد الإيثيلين وكلوريد الفينيل أحادي الوحدة

يمكن حساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج ثاني كلوريد الإيثيلين وكلوريد الفينيل أحادي الوحدة من استهلاك مادة أولية معينة (الإيثيلين) وبيانات أنشطة إنتاج المنتج (ثاني كلوريد الإيثيلين) وحسابات توازن كتلة الكربون.

أكسيد الإيثيلين

يمكن حساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج أكسيد الميثانول من استهلاك مادة أولية معينة (الميثانول) وبيانات أنشطة إنتاج منتج (أكسيد الميثانول) وحسابات توازن كتلة الكربون.

الأكريلونيترايل

في حالة عدم توافر بيانات أنشطة تخص إنتاج المنتجات الثانوية (الأسيتونيتريل وسيانيد الهيدروجين)، يمكن استخدام القيم الافتراضية الواردة في الجدول 3-26 والمعادلة 3-19 على بيانات أنشطة إنتاج المنتج الأساسي لتقدير إنتاج المنتج الثانوي.

الجدول 3-26
معاملات إنتاج المنتج الثانوي لعملية إنتاج الأكريلونيتريل

المنتج الثانوي	كجم منتج ثانوي/طن أكريلونيترل منتج
الأسيتونيتريل	18.5
سيانيد الهيدروجين	105

ملاحظة: تعتمد معاملات إنتاج المنتج الثانوي الوارد في هذا الجدول على إنتاج الأكريلونيتريل من المادة الأولية للبروبيلين. في حالة استخدام مواد أولية غير البروبيلين، لا تنطبق هذه المعاملات. يجب تحديد معاملات خاصة بالعملية لاستخدام مقترب توازن كتلة المستوى 2 على إنتاج الأكريلونيتريل من مواد أولية أخرى غير البروبيلين.

المصدر: المكتب الأوروبي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة، المستند المرجعي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة المعني بأفضل التقنيات المتوافرة في صناعة المواد الكيميائية العضوية التي تستخدم كميات كبيرة، القسم 11-3-4، الصفحة 27)

في حالة عدم توافر بيانات أنشطة تخص استرداد منتج الأسيتونيتريل، يمكن افتراض أنه لا يتم استرداده كمنتج وإحراقة لاسترداد الطاقة إلى ثاني أكسيد الكربون. في حالة عدم توافر بيانات أنشطة تخص المعالجة الحرارية لغاز تهوية وحدة الامتصاص الرئيسية للأسيتونيتريل، يمكن افتراض أن غاز التهوية تتم معالجته حراريًا وإحراقه إلى ثاني أكسيد الكربون وتم إطلاقه إلى الهواء وهو خاضع للتحكم.

الكربون الأسود

يمكن حساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الكربون الأسود من استهلاك مادة أولية معينة (مثل المادة الأولية للغاز الطبيعي) والمادة الأولية الثانوية (مثل الغاز الطبيعي) وبيانات أنشطة إنتاج منتج (الكربون الأسود) وحسابات توازن كتلة الكربون.

4-2-9-3 الاستيفاء

عند تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن عمليات المواد البتروكيميائية والكربون الأسود، توجد مخاطرة لازدواج الحساب أو الحذف في قطاع الطاقة أو عند الهيئة. وتقلل مصانع المواد البتروكيميائية والكربون الأسود المنتجات الثانوية الميثانية وغير الميثانية التي ربما يتم إحراقها لاسترداد الطاقة ويمكن الإبلاغ عن استرداد الطاقة هذا في إحصائيات الطاقة الوطنية ضمن أنواع وقود "أخرى" أو بعد التصنيفات المشابهة. في حالة ما إذا كانت انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إحراق وقود "آخر" تشتمل على غازات منطلقة من عمليات صناعية يتم إحراقها لاسترداد الطاقة، سيتطلب الأمر بعض التعديلات على إحصائيات الطاقة أو على حسابات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لإنتاج المواد البتروكيميائية لتجنب ازدواج حساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

الميثانول

ربما يكون إنتاج من الميثانول من مصادر حيوية (متجددة). ربما يتم إدماج هذا الميثانول الحيوي في الإحصائيات الوطنية لإنتاج الميثانول، والتي يمكن أن ينتج عنها زيادة في تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من الوقود الحفري (مثل الغاز الطبيعي) الذي تم الحصول عليه من الميثانول، إلا إذا تم إجراء تعديلات على بيانات أنشطة إنتاج الميثانول.

الإيثيلين

ربما يكون هناك إنتاج للإيثيلين من عمليات تكرير البترول أو من عمليات المواد البتروكيميائية بخلاف وحدات تكسير البخار. يمكن إدماج هذا النوع من الإيثيلين في الإحصائيات الوطنية لإنتاج الإيثيلين، الأمر الذي يمكن أن ينتج عنه زيادة في تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن الإيثيلين المنتج من وحدة التكسير بالبخار إلا في حالة إجراء التعديلات على بيانات أنشطة إنتاج الإيثيلين.

ثاني كلوريد الإيثيلين وكلوريد الفينيل أحادي الوحدة

ثاني كلوريد الإيثيلين عبارة عن منتج بتروكيماوي وسيط يُستخدم في تصنيع كلوريد الفينيل أحادي الوحدة ومنتجات أخرى. ربما لا تكون بيانات الأنشطة الخاصة بإنتاج ثاني كلوريد الإيثيلين كاملة لأن ثاني كلوريد الإيثيلين ربما يتم تحويله مباشرة إلى كلوريد الفينيل أحادي الوحدة في مصنع ثاني كلوريد الإيثيلين/كلوريد الفينيل أحادي الوحدة متكامل. لذا فقد تكون الحالة أن بيانات أنشطة إنتاج كلوريد الفينيل أحادي الوحدة أكثر استيفاءً من ناحية تغطية الصناعة من بيانات أنشطة إنتاج ثاني كلوريد الإيثيلين. ومع ذلك، فاستخدام بيانات أنشطة كلوريد الفينيل أحادي الوحدة كبديل لبيانات أنشطة إنتاج ثاني كلوريد الإيثيلين لها جوانب تتعلق بالاستيفاء، وذلك لأنه لا يتم استخدام كل ثاني كلوريد الإيثيلين لتصنيع كلوريد الفينيل أحادي الوحدة. لذلك فقد يتطلب الأمر إجراء تعديلات على بيانات الأنشطة الخاصة بكلوريد الفينيل أحادي الوحدة لحساب استخدام ثاني كلوريد الإيثيلين في إنتاج منتجات أخرى. واعتمادًا على بيانات أوروبا وأمريكا الشمالية، فإن استخدام ثاني كلوريد الفينيل لمنتجات غير كلوريد الفينيل أحادي الوحدة يمكن أن يصل إلى 5 في المائة من إجمالي إنتاج ثاني كلوريد الإيثيلين.

أكسيد الإيثيلين

أكسيد الإيثيلين عبارة عن منتج بتروكيماوي وسيط يُستخدم في تصنيع جليكولات الإيثيلين ومنتجات أخرى. ربما لا تكون بيانات الأنشطة الخاصة بإنتاج أكسيد الإيثيلين كاملة لأن أكسيد الإيثيلين ربما يتم تحويله مباشرة إلى جليكول الإيثيلين في مصنع ثاني كلوريد الإيثيلين/كلوريد الفينيل أحادي الوحدة متكامل. كما يمكن تحويل أكسيد الإيثيلن إلى منتجات أخرى (مثل الأمينات والإيثرات وما إلى ذلك) في المصانع المتكاملة. وبما أن 70 في المائة فقط من إنتاج أكسيد الإيثيلين على مستوى العالم يتم استخدامه لتصنيع جليكولات الإيثيلين، فإن بيانات أنشطة الإنتاج الخاصة بمنتجات كيميائية أخرى لأكسيد الإيثيلين قد تكون أكثر استيفاءً لتغطية الصناعة من بيانات أنشطة إنتاج أكسيد الإيثيلين.

الكربون الأسود

ربما تكون هناك بعض الكميات الصغيرة من إنتاج الكربون الأسود من المصادر الحيوية (المتجددة) مثل فحم الحيوانات وفحم العظام. ربما تشتمل بيانات الإحصائيات الوطنية للكربون الأسود على إنتاج الكربون الأسود الحيوي هذا، الأمر الذي يمكن أن يؤدي إلى زيادة في تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجم عن الوقود الحفري المشتق من الكربون الأسود. كما قد يكون هناك إنتاج للكربون الأسود في داخل الحدود الطبيعية لمعامل تكرير البترول وليس داخل صناعة المواد الكيميائية. من المتوقع أن يتم إدماج الكربون الأسود المنتج في معامل تكرير البترول في الإحصائيات الوطنية لإنتاج الكربون الأسود، ولذلك يجب الإبلاغ عن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الكربون الأسود في صناعة المواد البتروكيميائية على أنها انبعاثات عمليات صناعية.

ربما تكون هناك ثغرات في الاستيفاء فيما يتعلق ببيانات أنشطة استهلاك المواد الأولية للكربون الأسود. كما قد لا تتوافر بيانات الأنشطة الخاصة بالمادة الأولية للكربون الأسود المشتق من منتجات قطران الفحم أو الغازات المتخلفة أو الأسيتيلين، الأمر الذي قد يؤدي إلى نقص في تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الكربون الأسود في حالة استخدام مقترب توازن الكربون في مستوى أعلى.

5-2-9-3 إعداد متسلسلة زمنية متسقة

يجب تقدير الانبعاثات الناجمة عن إنتاج الكربون الأسود والمواد البتروكيميائية باستخدام نفس المستوى ونوع بيانات الأنشطة لكل السنوات. تكوين متسلسلة زمنية للانبعاثات الناجمة عن إنتاج الكربون الأسود والمواد البتروكيميائية باستخدام بيانات أنشطة قياس معينة يمكن أن يوفر أدق الانبعاثات الحالية. ومع ذلك فبيانات الأنشطة الخاصة بالانبعاثات غير الثابتة والوهج من المحتمل ألا تكون متوافرة للسنوات السابقة. في حالة عدم حدوث تحديثات للتقنية، فإن حساب معامل انبعاث محدد بمصنع اعتمادًا على بيانات قياس حديثة مرتبطة بإنتاج المواد البتروكيميائية يمكن أن يؤدي إلى نتائج معقولة. عادة ما يتم إدماج إنتاج المواد البتروكيميائية في مجموعة صناعية مما ينتج عنه أكثر من مادة كيميائية واحدة أو تبادل الطاقة أو تدفقات كيميائية مع مصانع صناعية قريبة، ويمكن إنتاج الكربون الأسود في معامل تكرير البترول. عند تكوين متسلسلة زمنية اعتمادًا على استهلاك

3-9-3 تقدير أوجه عدم التيقن

يناقش هذا الفصل تقديرات عدم التيقن لكل معامل انبعاث وبيانات الأنشطة المستخدمة مع كل عملية. ويلخص الجدول 3-27 نطاقات عدم التيقن لمعاملات الانبعاث وبيانات الأنشطة الواردة في الجداول بالأقسام السابقة.

الميثانول

يرتبط جزء كبير من عدم التيقن في تقديرات الانبعاث لإنتاج الميثانول بالصعوبة التي تكتنف تحديد بيانات الأنشطة ويشتمل ذلك على كمية الميثانول الذي يتم إنتاجه وكمية الغاز الطبيعي، بالنسبة لمنهجيات المستويات الأعلى، والمواد الأولية الأخرى المستهلكة على أساس سنوي. يمكن الإبلاغ عن استهلاك الغاز الطبيعي والمواد الأولية الأخرى فقط على أساس سنوي في إحصائيات الطاقة الوطنية، دون أي اختصار لاستهلاك إنتاج الميثانول. في حالة عدم توافر بيانات أنشطة الغاز الطبيعي، عندئذٍ يمكن استخدام مقترب معامل انبعاث بدلاً من مقترب توازن كربون في مستوىً أعلى. في حالة عدم توافر بيانات أنشطة لاستهلاك مواد أولية أخرى لإنتاج الميثانول، يمكن افتراض أن كل الإنتاج الوطني للميثانول يكون من المادة الأولية للغاز الطبيعي. ومع ذلك فقد ينتج عن هذا الافتراض بعض من عدم التيقن. علاوة على ذلك، قد لا تتوافر بيانات أنشطة تخص الاستهلاك السنوي للمادة الأولية لأكسيد الكربون في مصانع إنتاج الميثانول التي تستخدم ثاني أكسيد الكربون كمادة أولية إضافية في عملية الإنتاج.

الإيثيلين

يرتبط عدم التيقن في بيانات الأنشطة لإنتاج الإيثيلين بالصعوبة التي تكتنف تحديد أنواع وكميات وخصائص المواد الأولية لعملية التكسير بالبخار (مثل الإيثان والنفط) وأنواع وكميات وخصائص المنتجات الناتجة عن العملية (مثل الإيثيلين والبروبيلين). يمكن الإبلاغ عن استهلاك المادة الأولية وإنتاج المنتج على أساس سنوي في إحصائيات الطاقة الوطنية وإحصائيات السلع، دون أي اختصار لاستهلاك المادة الأولية لإنتاج الإيثيلين أو إنتاج المنتج من عملية إنتاج الإيثيلين بالتكسير بالبخار. وتعتمد القدرة على إجراء حساب لتوازن الكربون لإنتاج الإيثيلين على توافر كل من بيانات الأنشطة الخاصة باستهلاك مواد أولية معينة وإنتاج منتجات معينة من عملية التكسير بالبخار. في حالة توافر بيانات الأنشطة الخاصة بإنتاج الإيثيلين السنوي الوطني، يمكن استخدام المادة الأولية الافتراضية للبلد/المنطقة واستخدام معامل الانبعاث الافتراضي. في هذه الحالة يمكن استخدام تحليل المواد الأولية باستخدام جدول الحصيلة الافتراضية للمادة الأولية الافتراضية. ومع ذلك وبالنظر إلى التنوع الكبير الموجود في معاملات الانبعاث ومعاملات الحصيلة بين المواد الأولية، فإن عدم توافر بيانات استهلاك مادة أولية معينة يمكن أن يؤدي إلى حالة من عدم التيقن حول حسابات الانبعاثات وتحليل المواد الأولية. في حالة توافر بيانات أنشطة لاستهلاك مادة أولية معينة، يمكن إجراء تقدير منفصل للانبعاثات وتحليل للمواد الأولية لكل مادة أولية، وقد يؤدي ذلك إلى تقليل نسبة عدم التيقن. ومع ذلك، فمن الناحية المثالية ستكون بيانات الأنشطة متوافرة لاستهلاك المادة الأولية المعينة وإنتاج المنتج المعين، الأمر الذي يتيح إجراء حساب لتوازن الكربون في مستوى أعلى.

ويرتبط مصدر آخر لعدم التيقن بالصعوبة التي تكتنف تحديد تفاصيل أخرى لتهيئة عملية إنتاج الإيثيلين بتكسير البخار، ويشتمل ذلك على التدفقات الرجعية للمنتجات من عملية التكسير بالبخار من مصنع المواد البتروكيميائية إلى معمل تكرير بترول [من المحتمل أن يكون قريبًا] وتدفقات المنتجات الثانوية لاسترداد الطاقة أو التوهج. يمكن أن يؤدي عدم توافر بيانات أنشطة للتدفقات الرجعية لمعمل التكرير إلى عدم تيقن في تحليل المواد الأولية.

ثاني كلوريد الإيثيلين وكلوريد الفينيل أحادي الوحدة

تشتمل مصادر عدم التيقن من ثاني كلوريد الإيثيلين على الصعوبة في تحديد العملية المعينة المستخدمة في إنتاج ثاني كلوريد الإيثيلين وفي تحديد بيانات الأنشطة لاستهلاك المادة الأولية للإيثيلين في عملية الإنتاج. في حالة توافر بيانات أنشطة تخص إنتاج ثاني كلوريد الإيثيلين فقط، يمكن إجراء حساب الانبعاث باستخدام معامل حصيلة منتج العملية الافتراضية [المتوازنة] ومعامل الانبعاث الافتراضي للعملية. ومع ذلك فبالنظر إلى تنوع معاملات الانبعاث ومعاملات حصيلة عملية المعالجة بالكلور والأكسجين وعملية الأكسدة المباشرة والعملية المتوازنة، فإن عدم توافر بيانات تخص استهلاك مادة أولية معينة للإيثيلين بواسطة العملية يمكن أن يؤدي إلى ارتفاع حالة عدم التيقن في حسابات الانبعاث.

أكسيد الإيثيلين

أحد المصادر الرئيسية لعدم التيقن من إنتاج أكسيد الإيثيلين هو الصعوبة التي تكتنف تحديد بيانات الأنشطة الخاصة باستهلاك المادة الأولية للإيثيلين عند إنتاج أكسيد الإيثيلين. في حالة عدم توافر بيانات أنشطة استهلاك الإيثيلين، عندئذٍ فقط يمكن استخدام مقترب معامل انبعاث بدلاً من مقترب توازن كربون في مستوىً أعلى. في حالة توافر بيانات الأنشطة الخاصة بالإنتاج السنوي الوطني لأكسيد الإيثيلين، يمكن استخدام حصيلة المنتج الافتراضي واستخدام معامل الانبعاث الافتراضي. في هذه الحالة يتم إجراء تحليل المواد الأولية باستخدام معامل حصيلة المنتج الافتراضي. ومع ذلك فبالنظر إلى مجموعة عوامل حصيلة المنتج التي تم الإبلاغ عنها لعملية أكسيد الإيثيلين، فإن عدم توافر بيانات استهلاك خاصة بمادة أولية معينة للإيثيلين يمكن أن يؤدي إلى ارتفاع درجة عدم التيقن في حسابات الانبعاثات.

الأكريلونيتريل

تشتمل مصادر عدم التيقن لإنتاج الأكريلونيتريل على صعوبة تحديد تهيئة العملية المعينة لإنتاج الأكريلونيتريل، عند تحديد بيانات أنشطة استهلاك المادة الأولية للبروبيلين في عملية الإنتاج، وفي تحديد بيانات الأنشطة لإنتاج الأكريلونيتريل والأسيتونيتريل في العملية. في حالة توافر بيانات أنشطة تخص إنتاج الأكريلونيتريل فقط، يمكن إجراء حساب الانبعاث باستخدام تهيئة العملية الافتراضية (على افتراض عدم استرداد الأسيتونيتريل) ومعامل الانبعاث الافتراضي للعملية. ومع ذلك فإن افتراض عدم استرداد الأسيتونيتريل من العملية يؤدي إلى ارتفاع عدم التيقن في حسابات الانبعاث والمواد الأولية وربما يؤدي إلى زيادة في تقدير الانبعاثات وتقليل تقدير تدفق المواد الأولية من عملية الأسيتونيتريل. يجب أن تسمح بيانات أنشطة الإنتاج الوطني للأكريلونيترل والأسيتونيتريل من عملية إنتاج الأكريلونيتريل باستخدام معامل الانبعاث الخاص بالعملية للنسبة المئوية لإنتاج الأكريلونيتريل التي يتم استرداد الأسيتونيتريل منها. ومع ذلك فمن الناحية المثالية تسمح بيانات الأنشطة الخاصة باستهلاك البروبيلين وبيانات

الكربون الأسود

ويرتبط عدم التيقن في بيانات الأنشطة الخاصة بإنتاج الكربون الأسود بالصعوبة التي تكتنف تحديد أنواع وكميات وخصائص المواد الأولية الأساسية والثانوية لعملية الكربون الأسود، وصعوبة تحديد نوع العملية المستخدمة في إنتاج الكربون الأسود وخصائص منتج الكربون الأسود الناجم عن العملية. يمكن الإبلاغ عن استهلاك المادة الأولية الأساسية والثانوية وإنتاج الكربون الأسود فقط على أساس سنوي في إحصائيات الطاقة الوطنية وإحصائيات السلع، دون أي اختصار لاستهلاك المادة الأولية من إنتاج الكربون الأسود لكل عملية من عمليات إنتاج الكربون الأسود. يتم إنتاج معظم الإنتاج العالمي للكربون الأسود من خلال عملية غبار الفرن، لذلك ففي حالة عدم توافر بيانات أنشطة استهلاك المادة الأولية بواسطة العملية، يمكن افتراض أن الإنتاج الكلي للكربون الأسود يكون من عملية غبار الفرن دون ارتفاع حالة عدم التيقن.

أيضًا في حالة توافر بيانات أنشطة لاستهلاك المادة الأولية للكربون الأسود، يمكن الإبلاغ عن البيانات في تعبيرات عامة مثل "المادة الأولية للكربون الأسود" دون الإشارة إلى ما إذا كانت المادة الأولية تعتمد على البترول في معامل تكرير البترول أو مادة أولية تعتمد على قطران الفحم ناتجة عن إنتاج فحم التعدين. كما قد لا تتوافر بيانات أنشطة تخص مواد أولية أساسية أخرى للكربون الأسود (مثل الأسيتيلين). بالإضافة إلى ذلك قد تتوافر بيانات أنشطة خاصة لاستهلاك الغاز الطبيعي كمادة أولية ثانوية للكربون الأسود، ومع ذلك فقد لا تتوافر بيانات أنشطة للمواد الأولية الثانوية الأخرى التي يمكن استخدامها في إنتاج الكربون الأسود (مثل غاز فرن الفحم). قد يؤدي عدم توافر بيانات استهلاك مواد أولية ثانوية وأساسية إلى عدم التيقن من تحليل المواد الأولية.

تعتمد القدرة على إجراء حساب لتوازن الكربون لإنتاج الكربون الأسود على توافر بيانات أنشطة للاستهلاك وخصائص المواد الأولية الأساسية والثانوية. في حالة توافر بيانات الأنشطة الخاصة بالإنتاج السنوي الوطني فقط للكربون الأسود، يمكن استخدام خصائص المادة الأولية الافتراضية وحصيلة المنتج واستخدام معامل الانبعاث الافتراضي. على الرغم من ذلك، فبالنظر إلى تنوع خصائص وأصل المواد الأولية، فإن عدم توافر بيانات الأنشطة الخاصة بتركيب واستهلاك مادة أولية معينة يمكن أن يؤدي إلى زيادة حالة عدم التيقن من حسابات الانبعاثات وحسابات المواد الأولية. في حالة توافر بيانات أنشطة تخص استهلاك وخصائص مادة أولية معينة وبيانات أنشطة إنتاج الكربون الأسود المرتبطة، يمكن إجراء تحليل منفصل للمواد الأولية وتوازن الكربون لكل مادة أولية وعملية باستخدام أسلوب مستوى أعلى، الأمر الذي يؤدي إلى تقليل حالة عدم التيقن.

نطاقات عدم التيقن

ورد في الجدول 3-27 نطاقات عدم التيقن لمعاملات انبعاث المستوى 1 وبيانات أنشطة المستوى 2 وبيانات أنشطة المستوى 3 لكل عملية. ويحدد الجدول لكل معامل أو بيانات أنشطة مصدر البيانات أو رأي الخبير المستخدم في إعداد تقدير عدم التيقن. تم استنباط رأي الخبير بواسطة تقييم مجموعة من البيانات المتوافرة. في العديد من الحالات، تتوافر بيانات خاصة بالمصنع للعديد من المصانع؛ وتكون نطاقات عدم التيقن الكبيرة نسبيًا ناتجة عن القلة النسبية للبيانات المتوافرة والتنوع المتوقع لتهيئات العملية وكفاءة استخدام المادة الأولية بين مصانع المواد البتروكيميائية والكربون الأسود.

الجدول 3-27
نطاقات عدم التيقن لمعاملات الانبعاث وبيانات الأنشطة

الأسلوب	المرجع	المعامل	نطاق عدم التيقن	المصدر
المستوى 3		القياس المباشر لاستهلاك الوقود مع عينات لتركيب الغاز لكل المواد	- 5 إلى +5%	رأي خبراء بواسطة المؤلفين الرئيسيين لقسم 3-9، على أساس مناقشات الصناعة الوطنية التي تمت في يناير 2005.
المستوى 1	الجدول 3-12	معاملات انبعاث ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الميثانول	-30% إلى +30%	رأي خبراء بواسطة المؤلفين الرئيسيين لقسم 3-9.
المستوى 1	الجدول 3-13	معاملات استهلاك المادة الأولية لإنتاج الميثانول.	-30% إلى +30%	رأي خبراء بواسطة المؤلفين الرئيسيين لقسم 3-9.
المستوى 1		معامل انبعاث الميثانول لإنتاج الميثانول	-80% إلى +30%	رأي خبراء بواسطة المؤلفين الرئيسيين لقسم 3-9، على أساس بيانات مصنع ميثانكس.
المستوى 1	الجدول 3-14	معاملات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الإيثيلين.	-30% إلى +30%	المستند المرجعي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة المعني بأفضل التقنيات المتوافرة في صناعة المواد الكيميائية العضوية التي تستخدم كميات كبيرة، الشكل 7-10.
المستوى 1	الجدول 3-15	معاملات الضبط الجغرافي لمعاملات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الإيثيلين.	-10% إلى +10%	رأي خبراء بواسطة المؤلفين الرئيسيين لقسم 3-9.
المستوى 1	الجدول 3-16	معاملات انبعاث الميثانول لإنتاج الإيثيلين	-10% إلى +10%	رأي خبراء بواسطة المؤلفين الرئيسيين لقسم 3-9.
المستوى 1	الجدول 3-17	معاملات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن تهوية عملية إنتاج ثاني كلوريد الإيثيلين/كلوريد الفينيل	-20% إلى +10%	المستند المرجعي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة المعني بأفضل التقنيات المتوافرة في صناعة المواد الكيميائية العضوية التي تستخدم كميات كبيرة، الجدولان 12-6 و12-7

الجدول 3.27 (تابع)
نطاقات عدم التيقن لمعاملات الانبعاث وبيانات الأنشطة

الأسلوب	المرجع	المعامل	نطاق عدم التيقن	المصدر
المستوى 1	الجدول 3-17	معاملات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن عملية إنتاج ثاني كلوريد الإيثيلين/كلوريد الفينيل	-50% إلى +20%	المستند المرجعي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة المعني بأفضل التقنيات المتوافرة في صناعة المواد الكيميائية العضوية التي تستخدم كميات كبيرة، الجدولان 12-6 و12-7
المستوى 1	الجدول 3-18	معاملات استهلاك المادة الأولية لعملية ثاني كلوريد الإيثيلين/فينيل الكلوريد أحادي الوحدة	-2% إلى +2%	المستند المرجعي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة المعني بأفضل التقنيات المتوافرة في صناعة المواد الكيميائية العضوية التي تستخدم كميات كبيرة، القسم 12-3-1، الصفحة 300
المستوى 1	الجدول 3-19	معاملات انبعاثات الميثان لعملية ثاني كلوريد الإيثيلين/فينيل الكلوريد أحادي الوحدة	-10% إلى +10%	المستند المرجعي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة المعني بأفضل التقنيات المتوافرة في صناعة المواد الكيميائية العضوية التي تستخدم كميات كبيرة، القسم 12-3-1، الجدول 12-4، الصفحة 300
المستوى 1	الجدول 3-20	معاملات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون واستهلاك المادة الأولية لإنتاج أكسيد الإيثيلين	-10% إلى +10%	رأي خبراء بواسطة المؤلفين الرئيسيين لقسم 3-9.
المستوى 1	الجدول 3-21	معاملات انبعاثات الميثان الناجمة عن عملية أكسيد الإيثيلين	-60% إلى +60%	المستند المرجعي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة المعني بأفضل التقنيات المتوافرة في صناعة المواد الكيميائية العضوية التي تستخدم كميات كبيرة، الجدول 9-6، الصفحة 233؛ الجدول 9-8، الصفحة 236؛ الجدول 9-9، الصفحة 236.
المستوى 1	الجدول 3-22	معاملات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الأكريلونيتريل.	-60% إلى +60%	المستند المرجعي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة المعني بأفضل التقنيات المتوافرة في صناعة المواد الكيميائية العضوية التي تستخدم كميات كبيرة، القسم 11-3-1-1، الجدول 11-2، الصفحة 274.
المستوى 1		معاملات انبعاثات الميثان الناجمة عن إنتاج الأكريلونيتريل.	-10% إلى +10%	بويستيد، 2003ب (المخططات الإيكولوجية للمنهجية الأوروبية لصناعة البلاستيك I. بويستيد، تقرير من إعداد الاتحاد الأوروبي لمصنعي البلاستيك، يوليو/آذار 2003، الصفحة 40)
المستوى 1	الجدول 3-23	معاملات انبعاث ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الكربون الأسود	-15% إلى +15%	مسود المستند المرجعي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة المعني بأفضل التقنيات المتوافرة في صناعة المواد الكيميائية العضوية التي تستخدم كميات كبيرة، الجدول 4-11، الصفحة 214
المستوى 1	الجدول 3-24	معاملات انبعاث الميثان الناجمة عن إنتاج الكربون الأسود	-85% إلى +85%	مسود المستند المرجعي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة المعني بأفضل التقنيات المتوافرة في صناعة المواد الكيميائية العضوية التي تستخدم كميات كبيرة، الجدول 4-8، الصفحة 209
المستوى 2	الجدول 3-25	مصفوفة المادة الأولية-المنتج لعملية التكسير بالبخار للإيثيلين	-10% إلى + 10%	رأي خبراء بواسطة المؤلفين الرئيسيين لقسم 3-9.
المستوى 2	الجدول3-26	معاملات إنتاج المنتج الثانوي لعملية إنتاج الأكريلونيتريل	-20% إلى +20%	رأي خبراء بواسطة المؤلفين الرئيسيين لقسم 3-9.

4-9-3 تقييم الجودة / مراقبة الجودة والإبلاغ والتوثيق

1-4-9-3 تقييم الجودة / مراقبة الجودة

يشتمل ضمان الجودة /مراقبة الجودة لمعاملات الانبعاث وبيانات الأنشطة على أساليب لتحسين الجودة أو فهم أكبر لعدم التيقن من تقديرات الانبعاثات. من *الممارسة السليمة* إجراء فحوصات مراقبة الجودة لأسلوب المستوى 1 كما ورد في المجلد 1، الفصل 6. في حالة استخدام أساليب المستوى 2 و3 لتحديد الانبعاثات، ينبغي اتباع إجراءات ضمان جودة والقيام بفحوصات مراقبة جودة أكثر اتساعًا. يوصى بأن يقوم القائمون على الحصر باستخدام إجراءات ضمان الجودة / مراقبة جودة لمستوى أعلى *للفئات الرئيسية* كما هي محددة في المجلد 1، الفصل 4.

تقييم بيانات أنشطة أساليب المستوى 1 و2

تعتمد أساليب المستوى 1 و2 على استخدام بيانات الأنشطة الخاصة بإنتاج الكربون الأسود والمواد البتروكيميائية و/أو بيانات الأنشطة الخاصة باستهلاك المادة الأولية. من المتوقع ألا تتغير بيانات الأنشطة هذه أكثر من +/-10 في المائة من سنة إلى أخرى، مما يُحد من إجراء تغييرات جذرية على الإخراج الاقتصادي الكلي للبلد وبناء قدرات جديدة لإنتاج المواد البتروكيميائية أو معاملات أخرى مشابهة. في حالة تغير بيانات الأنشطة هذه أكثر من +/-10 في المائة من سنة إلى أخرى، فمن *الممارسة السليمة* تقييم وتوثيق الظروف الخاصة بالبلد المسؤولة عن الاختلافات.

تقييم معاملات انبعاث أسلوب المستوى 1

يجب أن يعمل القائمون على الحصر الذين يحددون معاملات الانبعاث الخاصة بالبلد لإنتاج الكربون الأسود والمواد البتروكيميائية ويستخدمون أسلوب المستوى 1 على تقييم ما إذا كانت معاملات الانبعاث المقدرة في نطاق معاملات الانبعاث الافتراضية ومعاملات الانبعاث الخاصة بالعملية الواردة في أسلوب المستوى 1 في هذه الخطوط التوجيهية. إذا كانت معاملات الانبعاث خارج نطاق المعاملات الواردة في هذه الخطوط التوجيهية، يجب التحقق من الأسباب التي تكمن وراء ذلك (مثل اختلاف تهيئة العملية عن تلك الخاصة بمعاملات الانبعاث الواردة في هذه الخطوط التوجيهية؛ المادة الأولية مادة مميزة لم تتم دراستها في هذه الخطوط التوجيهية). كما يجب أن يضمن القائمون على البحث أن معاملات الانبعاث الخاصة بالبلد متناسقة مع القيم المشتقة من تحليل كيمياء العملية. على سبيل المثال، بالنسبة لإنتاج الميثانول من الغاز الطبيعي، يجب أن يكون محتوى كربون ثاني أكسيد الكربون المنتج، كما هو مقدر باستخدام معامل الانبعاث، مساويًا تقريبًا للاختلاف بين محتوى الكربون للمادة الأولية للغاز الطبيعي ومحتوى الكربون لمنتج الميثانول. إذا كانت معاملات الانبعاث خارج النطاقات المقدرة، فمن *الممارسة السليمة* تقييم وتسجيل الحالات الخاصة بكل مصنع والتي تكون السبب وراء الاختلافات. كما أنه من *الممارسة السليمة* أو يجب على القائمين بالحصر باستخدام معاملات انبعاث أسلوب المستوى 1 الواردة في هذه الخطوط التوجيهية إجراء فحوصات مراقبة الجودة لتقييم ما إذا كانت خصائص بيانات معامل الانبعاث تتوافق مع خصائص عمليات إنتاج الكربون الأسود والمواد البتروكيميائية في العملية التي يتم فيها استخدام معامل الانبعاث.

تقييم حسابات توازن الكتلة لأسلوب المستوى 2

يعتمد استخدام أسلوب توازن الكتلة للمستوى 2 على تعريف وتحديد خصائص تدفقات العملية. بالنسبة لأسلوب المستوى 2، فإن الإخفاق في التعرف على كل تدفقات العملية التي تحتوي على الكربون أو عدم تحديد خصائص معدلات التدفق أو محتويات الكربون لتدفقات العملية هذه يمكن أن يؤدي إلى انحراف كبير لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون المقدرة الناجمة عن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الفعلية. عامة تعتمد جودة نتائج حساب توازن الكتلة للمستوى 2 على جودة بيانات الأنشطة أكثر من نتائج حساب المستوى 1 لأنه من الناحية العامة يتطلب الأمر تطبيق عدد كبير من بيانات الأنشطة على أسلوب المستوى 2 أكثر من أسلوب المستوى 1. لذا فمن *الممارسة السليمة* تقييم وتوثيق جودة كل بيانات أنشطة يتم استخدامها على أسلوب المستوى 2 واستيفاء بيانات الأنشطة قبل استخدام أسلوب المستوى 2. إذا كان الأمر يتعلق بعدم كفاية جودة أو استيفاء البيانات لاستخدام أسلوب المستوى 2، فيجب استخدام أسلوب المستوى 1.

تقييم بيانات أسلوب المستوى 3 الخاصة بالمصنع

يعتمد أسلوب المستوى 3 على استخدام بيانات الانبعاثات الخاصة بالمصنع. ومن *الممارسة السليمة* أن يعمل القائمون على الحصر على مراجعة تقديرات الانبعاثات الخاصة بالمصنع المستخدمة في الحصر. يشتمل ذلك على تقييم ما إذا كانت البيانات الخاصة بالمصنع تمثل انبعاثات المصنع، وفي حالة استخدام بيانات خاصة بالمصنع لمصنع معين على الحصر الوطني، وذلك لتحديد ما إذا كانت البيانات الخاصة بالمصنع تمثل عمليات إنتاج الكربون الأسود والمواد البتروكيميائية في البلد ككل. ستشتمل البيانات الخاصة بالمصنع على تقييم ما يلي:

- توثيق منهجية القياس الخاصة بالمصنع؛
- توثيق نتائج القياس الخاصة بالمصنع؛
- حسابات وأسلوب تقدير الانبعاثات؛
- منتج (منتجات) والمادة الأولية (المواد الأولية) للعملية
- بيانات الأنشطة المستخدمة في حسابات الانبعاثات؛
- توثيق تهيئة وتقنية العملية
- قائمة افتراضات؛

إذا كانت العملية الخاصة بالمصنع التي تم الحصول على بيانات المصنع من أجلها لا تعتبر ممثلة للمصانع الأخرى الموجودة في البلد التي تنتج نفس المادة البتروكيميائية (مثل، إذا كانت المادة الأولية تختلف أو تهيئة العملية تختلف)، عندئذٍ يجب عدم استخدم البيانات الخاصة بالمصنع على إجمالي الحصر لكن يجب استخدام بيانات الأنشطة الخاصة بهذا المصنع فقط. في حالة تجميع قياسات الانبعاث لمصانع فردية، يجب أن يقوم القائمون على الحصر بالتأكد من القيام بالقياسات وفقًا للمعايير الدولية أو الوطنية المعترف بها واستخدام أساليب مراقبة الجودة على قياسات الانبعاثات. يجب أن تشتمل خطة مراقبة الجودة على إجراءات مراقبة الجودة المستخدمة في المصنع وأن تتم الإحالة إليها مباشرة في خطة مراقبة الجودة. في حالة ما إذا كانت ممارسات القياس غير متناسقة مع معايير مراقبة الجودة أو إذا ما كانت إجراءات ونتائج القياس لا يمكن توثيقها بشكل كافٍ، يجب أن يعمل القائم على الحصر على دراسة استخدام بيانات خاصة بالمصنع.

3-9-4-2 الإبلاغ والتوثيق

يتم إحالة انبعاثات الإحراق الناجمة عن إحراق الغازات المنطلقة المولدة في عمليات إنتاج المواد البتروكيميائية إلى فئة مصدر قطاع الهيئة الذي ينتجهم، ويتم الإبلاغ عنها على أنها انبعاثات عمليات صناعية. ومع ذلك ففي حالة إحراق أي جزء من الغازات المنطلقة التي ولدتها فئة مصدر قطاع الهيئة ضمن فئة مصدر قطاع مختلف بالهيئة، يتم الإبلاغ عن هذه الانبعاثات على أنها انبعاثات إحراق وقود وليست انبعاثات ناجمة عن عمليات صناعية. ويعني ذلك أنه في حالة حدوث انبعاثات إحراق ضمن فئة مصدر قطاع بالهيئة تنتج عنها غازات منطلقة، يتم الإبلاغ عن هذه الانبعاثات على أنها انبعاثات عمليات صناعية تتم إحالتها إلى فئة مصدر قطاع الهيئة هذه. ومع ذلك ففي حالة تحويل الغازات المنطلقة خارج العملية إلى فئة مصدر قطاع آخر بالهيئة أو فئة مصدر في قطاع الطاقة، يتم الإبلاغ عن الانبعاثات الناجمة عن إحراق الغازات المنطلقة على أنها انبعاثات إحراق غاز ضمن فئة المصدر. عند حساب الانبعاثات الكلية الناجمة عن إحراق الغازات المنطلقة، فيجب تحديد الكمية التي تم تحويلها إلى والإبلاغ عنها في قطاع الطاقة والكمية التي تم تحويلها والإبلاغ عنها في فئة مصدر قطاع مختلف بالطاقة في حسابات فئة مصدر قطاع الهيئة وحسابات فئة مصدر قطاع الطاقة. في حالة تحديد معامل انبعاث خاص ببلد معين، يجب توفير البيانات التي تفيد في كيفية تحديد معامل الانبعاث وكيفية استخدامها في حساب معامل الانبعاث، ويشتمل ذلك على الإبلاغ عن تهيئة عملية الإنتاج التي يعتمد عليها الحساب ومعامل الانبعاث.

الميثانول

إن أمكن يجب الإبلاغ عن كمية الميثانول المنتج وكمية المادة الأولية للغاز الطبيعي المستهلكة في إنتاج الميثانول وكمية المادة الأولية الإضافية لثاني أكسيد الكربون المستهلكة في إنتاج الميثانول. في حالة استخدام معامل انبعاث افتراضي، يجب الإشارة إلى ذلك في وثائق الإبلاغ، ويجب الإبلاغ عن تهيئة عملية إنتاج الميثانول إذا لم يتم استخدام تهيئة العملية الافتراضية.

الإيثيلين

إن أمكن يجب الإبلاغ عن كمية كل مادة أولية مستهلكة في إنتاج الإيثيلين وكميات الإيثيلين وكل منتج أساسي آخر منتج وتم استرداده كمنتج. في حالة استخدام معامل انبعاث افتراضي، يجب الإشارة إلى ذلك في وثائق الإبلاغ، ويجب الإبلاغ عن المادة الأولية (المواد الأولية) وتهيئة عملية إنتاج الإيثيلين إذا لم يتم استخدام تهيئة العملية الافتراضية والمادة الأولية الافتراضية للبلد/المنطقة.

ثاني كلوريد الإيثيلين

إن أمكن يجب الإبلاغ عن كمية ثاني كلوريد الإيثيلين التي تم إنتاجها والمادة الأولية للإيثيلين المستهلكة في إنتاج ثاني كلوريد الإيثيلين. في حالة استخدام معامل انبعاث افتراضي، يجب الإشارة إلى ذلك في وثائق الإبلاغ، ويجب الإبلاغ عن تهيئة عملية إنتاج ثاني كلوريد الإيثيلين إذا لم يتم استخدام تهيئة العملية الافتراضية.

أكسيد الإيثيلين

إن أمكن يجب الإبلاغ عن كمية أكسيد الإيثيلين التي تم إنتاجها والمادة الأولية للإيثيلين المستهلكة في إنتاج أكسيد الإيثيلين. في حالة استخدام معامل انبعاث افتراضي، يجب الإشارة إلى ذلك في وثائق الإبلاغ، ويجب الإبلاغ عن تهيئة عملية إنتاج أكسيد الإيثيلين إذا لم يتم استخدام تهيئة العملية الافتراضية.

الأكريلونيتريل

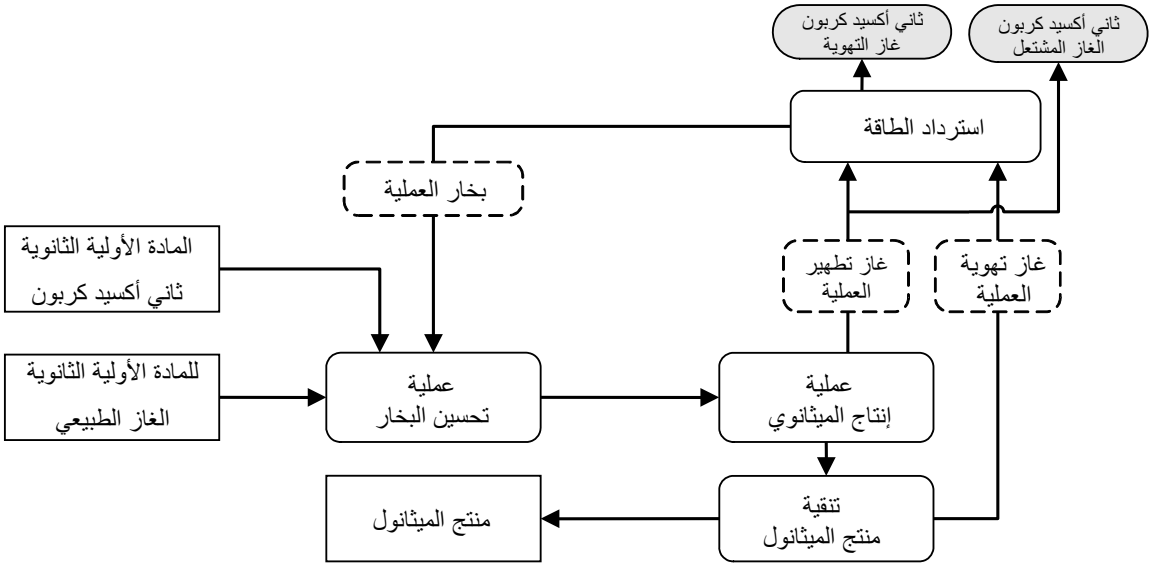
إن أمكن يجب الإبلاغ عن كمية المادة الأولية للبروبيلين المستهلكة في إنتاج الأكريلونيتريل وكميات الأكريلونيتريل والأسيتونيترال وسيانيد الهيدروجين التي تم إنتاجها واستردادها كمنتج. في حالة استخدام معامل انبعاث افتراضي، يجب الإشارة إلى ذلك في وثائق الإبلاغ، ويجب الإبلاغ عن تهيئة عملية إنتاج الأكريلونيتريل إذا لم يتم استخدام تهيئة العملية الافتراضية.

الكربون الأسود

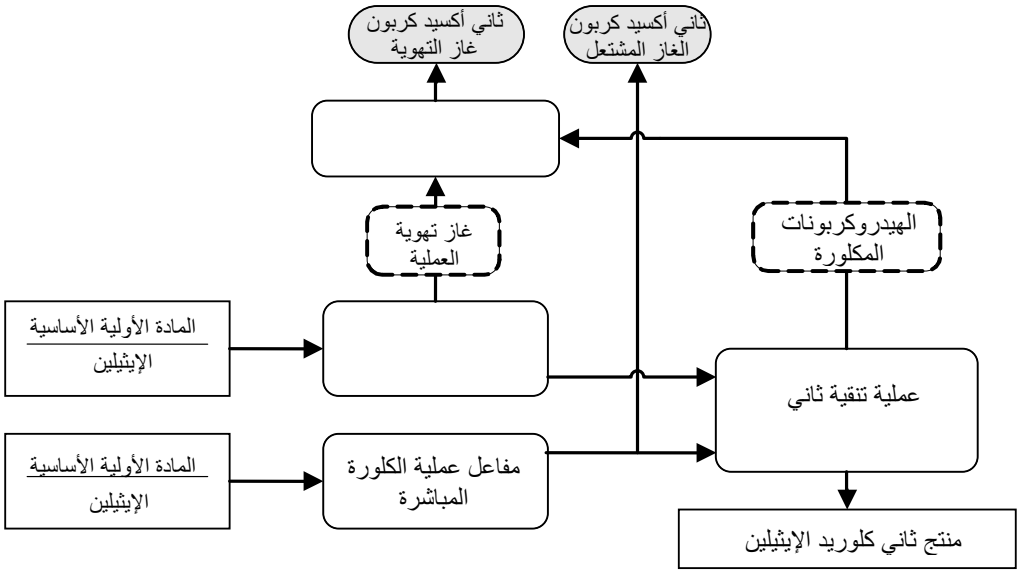
إن أمكن يجب الإبلاغ عن كمية الكربون الأسود التي تم إنتاجها وكميات وخصائص (محتوى الكربون) لكل مادة أولية وثانوية مستهلكة في إنتاج الكربون الأسود. في حالة استخدام معامل انبعاث افتراضي، يجب الإشارة إلى ذلك في وثائق الإبلاغ، ويجب الإبلاغ عن تهيئة عملية إنتاج الكربون الأسود إذا لم يتم استخدام تهيئة العملية الافتراضية.

الملحق 3-9 أ مخططات تدفق المنتج-المادة الأولية

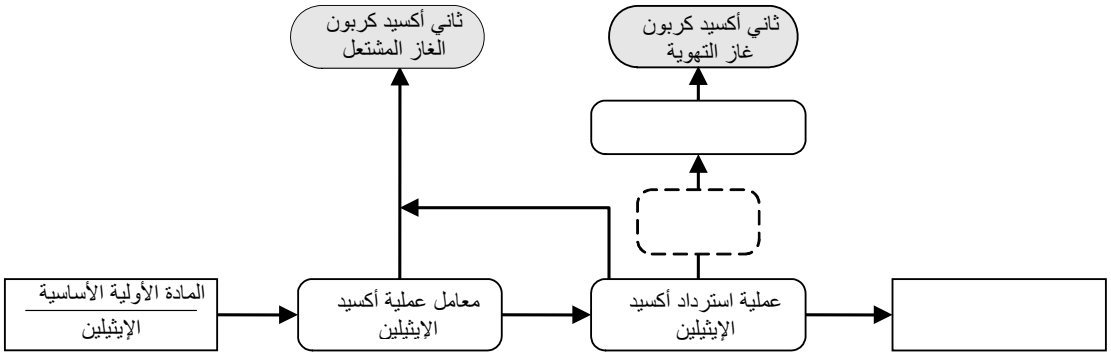
الشكل 3-11 مخطط تدفق المنتج-المادة الأولية لإنتاج الميثانول



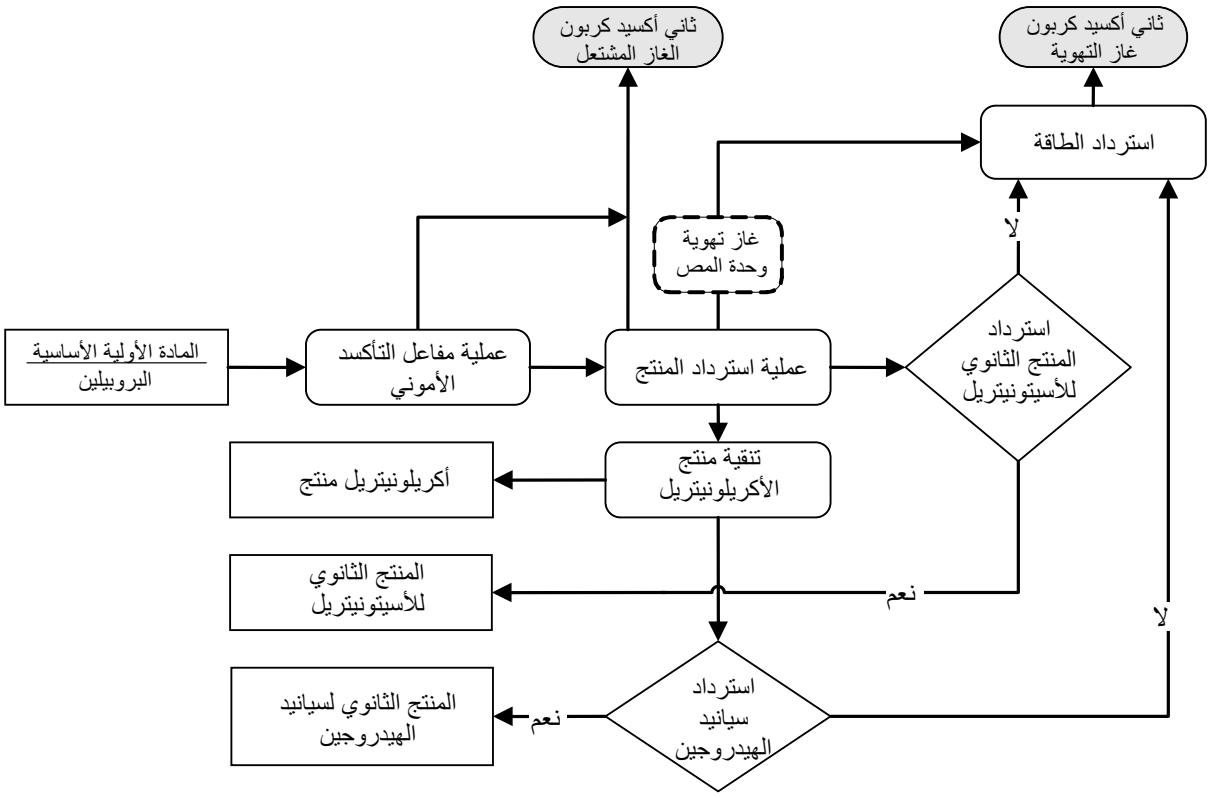
الشكل 3-12 مخطط تدفق المنتج-المادة الأولية لإنتاج ثاني كلوريد الإيثيلين



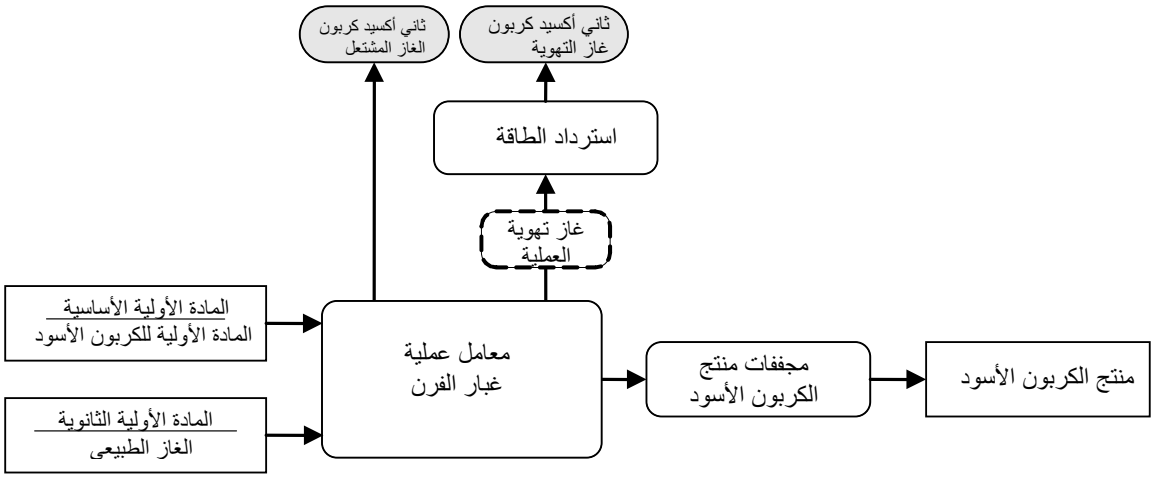
الشكل 3-13 مخطط تدفق المنتج-المادة الأولية لإنتاج أكسيد الإيثيلين



الشكل 3-14 مخطط تدفق المنتج-المادة الأولية لإنتاج الأكريلونيتريل



الشكل 3-15 مخطط تدفق المنتج-المادة الأولية لإنتاج الكربون الأسود



10-3 إنتاج المواد الكيميائية الفلورية

1-10-3 انبعاث HFC-23 من إنتاج HCFC-22

1-1-10-3 مقدمة

يتم توليد ثلاثي فلور الميثان (HFC-23 أو CHF_3)، كمنتج ثانوي خلال تصنيع كلورو ثنائي فلورو الميثان (HCFC-22 أو $CHClF_2$).[3] لا تتم إزالة مواد مثل HFC-23 (ومركبات HFC وPFC وSF_6 الأخرى) تمامًا عبر عملية التنظيف المائية (الحمضية أو المحايدة أو القلوية) ويتم إطلاقها في الجو. من المقدر أن مركبات HFC-23 التي تم إطلاقها من مصانع إنتاج HCFC-22 كانت على الأكثر 4 في المائة من إنتاج HCFC-22 (الولايات المتحدة، وكالة حماية البيئة، 2001)، وذلك في غياب تدابير التخفيف. يوجد عدد قليل من مصانع إنتاج HCFC-22 على مستوى العالم، وبذلك يقل عدد نقاط مصادر انبعاثات HFC-23. في حين أن المنهجية الواردة هنا تنطبق على انبعاثات المنتجات الثانوية لأي غازات احتباس الحراري فلورية، فقد تم وضعها خصيصًا لمركبات HFC-23. ويتناول القسم 3-10-2 منهجية الانبعاثات الناجمة عن المنتجات الثانوية الفلورية عامة و"الانبعاثات غير الثابتة".

2-1-10-3 موضوعات منهجية

اختيار الأسلوب

توجد مقاربتان واسعتان للقياس لتقدير انبعاثات HFC-23 الناجمة عن مصانع HCFC-22. وقد ورد شرح لهاتين المقاربتين في أدبيات الهيئة (2000) وإدارة البيئة والأغذية والشؤون الريفية (DEFRA) (2002أ و2002ب) واللجنة الأوروبية الفنية للفلوروكربونات (EFCTC) (2003) والأمم المتحدة وقد تمت ترجمتها إلى منهجيات المستوى 2 و3 أدناه. والانبعاثات الوطنية التي تمت باستخدام أي من هذه المنهجيات هو مجموع الانبعاثات الناجمة عن المنشآت الفردية. يمكن استخدام منهجية المستوى 1 (الافتراضي) مع المصانع الفردية أو، في حالة تواجد تخفيف بالتدمير، على الإخراج الوطني لمركبات HCFC-22. إن دراسة انبعاثات HFC-23 ليست عملية آلية لكنها تتطلب معلومات حول معالجات العملية المسؤولة عن إنتاج وانبعاث HFC-23، وذلك حتى يمكن استخدام أفضل منهجية ومعاملات. لذلك، فمن *الممارسة السليمة*، إلى الحد الممكن، الاتصال بمديري المصانع للحصول على البيانات الضرورية.

يعتبر أسلوب المستوى 1 بسيطًا إلى حد ما، ويشتمل على تطبيق معامل الانبعاثات الافتراضية على كمية HCFC-22 التي تم إنتاجها. يمكن استخدام هذا الأسلوب على مستوى المصنع أو على المستوى الوطني. وتناسب منهجيات المستوى 2 و3 الحسابات التي تتم على مستوى المصنع، وذلك لأنها تعتمد فقط على البيانات المتوافرة من المصانع. في الحالات التي تتوافر بها بيانات للمستوى 3 لبعض المصانع، يمكن استخدام أساليب المستوى 1 أو المستوى 2 على الجزء المتبقي لضمان استكمال التغطية.

من *الممارسة السليمة* تقدير الانبعاثات الوطنية بجمع البارامترات التي تم قياسها من كافة مصانع HCFC-22 في البلد. وتعتبر قياسات انبعاث المصانع التي تم الحصول عليها من خلال المستوى 3 هي القياسات الأكثر دقة، ويتبعها قياسات المستوى 2 وذلك حسب كفاءة المصنع. يعتبر القياس المباشر أكثر دقة بدرجة أكبر من المستوى 1 وذلك لأنه يعكس الظروف الخاصة بكل منشأة تصنيع. في معظم الحالات، يجب توفير البيانات الضرورية لإعداد تقديرات المستوى 3 وذلك لأن المنشآت التي تتبع ممارسات عمل سليمة تقوم دوريًا أو بشكل منتظم بجمع عينات التهوية الأخيرة للعملية أو ضمن العملية نفسها كجزء من العمليات الروتينية. يجب استخدام أسلوب المستوى 1 (الافتراضي) فقط في الحالات التي لا تتوافر بها بيانات خاصة بالمصنع ولا تعتبر هذه الفئة الفرعية فئة فرعية هامة ضمن *الفئة الرئيسية*. (انظر القسم 4-2 من المجلد 1). ستحتاج المصانع الحديثة التي تستخدم تحسين العملية إلى الاحتفاظ ببيانات توليد HFC-23 دقيقة كجزء من عملية التحسين، ولذلك يجب أن تكون البيانات الخاصة بالمصنع متوافرة في معظم المصانع في معظم الحالات.

سيعتمد اختيار أسلوب *الممارسة السليمة* على الظروف الوطنية. توضح شجرة القرارات في الشكل 3-16 *الممارسة السليمة* في تكييف الأساليب الواردة في هذه *الخطوط التوجيهية* على الظروف الخاصة بالبلد.

تشتمل إجراءات تخفيف الانبعاثات على تدمير HFC-23 في منشأة منفصلة، وفي هذه الحالة تحدث الانبعاثات فقط عندما لا تكون منشأة التدمير في وضع التشغيل. توفر أساليب المنهج تقديرات كمية HFC-23 التي تم إنتاجها ويعتمد مقدار الإنتاج الذي ينبعث في نهاية الأمر على طول المدة التي لا تعمل خلالها منشأة التدمير. بالنسبة للمنشآت التي تستخدم تقنيات تخفيف مثل تدمير HFC-23، يجب أن يتم فحص كفاءة التخفيف بشكل روتيني. من *الممارسة السليمة* طرح انبعاثات HFC-23 التي تم تخفيفها من التقديرات الوطنية حيث تم التحقق من التخفيف بواسطة سجلات العملية في كل مصنع.

[3] يتم استخدام HCFC-22 كمادة تبريد في العديد من التطبيقات المختلفة، وكمركب مزيج في نفخ الرغوة، وكمادة أولية كيميائية لتصنيع البوليمرات الصناعية.

المستوى 1

في منهجية المستوى 1، يتم استخدم معامل افتراضي لتقدير الإنتاج (والانبعاثات المحتملة) لمركبات HFC-23 من إجمالي إنتاج HCFC-22 من كل منشأة (للاستخدامات المشتتة المحتملة، كما تم الإبلاغ عنها بموجب بروتوكول مونتريال، واستخدامات المواد الأولية، التي يتم الإبلاغ عنها بشكل منفصل إلى سكرتارية الأوزون). انظر المعادلة 3-30.

المعادلة 3-30
حساب المستوى 1 لانبعاثات HFC-23 الناجمة عن HCFC-22 (المنتج) باستخدام المعامل الافتراضي

$$E_{HFC-23} = EF_{default} \bullet P_{HCFC-22}$$

حيث:

E_{HFC-23} = انبعاثات المنتج الثانوي HFC-23 الناجمة عن إنتاج HCFC-22، كجم

$EF_{default}$ = معامل انبعاث HFC-23 الافتراضي، كجم HFC-23/كجم HCFC-22

$P_{HCFC-22}$ = إجمالي إنتاج HCFC-22، كجم

تناسب هذه المنهجية الحالات التي لا تتوافر بها قياسات خاصة بالمصنع، وفي هذه الحالة تكون الحالة الافتراضية هي أن كل إنتاج HFC-23 المقدر يتم إطلاقه إلى الجو.

المستوى 2

في منهجية الأسلوب 2، يتم تحديد معامل انبعاث HFC-23 من سجلات كفاءة العملية ويتم استخدامه في الحساب كما هو موضح في المعادلة 3-31. هذا المقترب لتوازن المادة وتعتمد على حساب الفرق بين الإنتاج المتوقع لمركب HCFC-22 والإنتاج الفعلي، ثم إرجاع هذا الفرق إلى فقدان مواد خام وفقد المنتج (HCFC-22) والتحويل إلى منتجات ثانوية، من بينها HFC-23. ستختلف هذه الباراميترات لكل مصنع ولذلك ينبغي تقييمها بشكل منفصل لكل منشأة تبلغ في البيانات الوطنية.

المعادلة 3-31
حساب المستوى 2 لانبعاثات HFC-23 الناجمة عن HCFC-22 (المنتج) باستخدام المعامل (المعاملات) من كفاءة العملية

$$E_{HFC-23} = EF_{calculated} \bullet P_{HCFC-22} \bullet F_{released}$$

حيث:

E_{HFC-23} = انبعاثات المنتج الثانوي HFC-23 الناجمة عن إنتاج HCFC-22، كجم

$EF_{default}$ = معامل انبعاث HFC-23 المحسوب، كجم HFC-23/كجم HCFC-22

$P_{HCFC-22}$ = إجمالي إنتاج HCFC-22، كجم

$F_{released}$ = تكسير السنة التي تم خلالها إطلاق هذا التيار إلى الجو دون معالجة، تكسير

يمكن حساب معامل الانبعاث من كل من كفاءة الكربون (المعادلة 3-32) وكفاءة الفلورين (المعادلة 3-33) ويجب أن تكون القيمة المستخدمة في المعادلة 3-31 هي متوسط القيمتين إلا إذا كانت هناك اعتبارات هامة (مثل انخفاض مقدار عدم التيقن لأي من تدابير الكفاءة) يمكن توثيقها بصورة كافية. تعتبر كفاءات التوازن السنوي للكربون والفلورين من سمات مصنع إنتاج HCFC-22 جيد الإدارة، وعادة ما تكون متوافرة لدى مشغل المصنع أو يمكن الحصول عليها من خلال فحص سجلات محاسبة العملية. وبالمثل يوجد نظام لمعالجة التهوية، كما يجب أن تحدد السجلات المدة الزمنية للتشغيل ومعالجة تيار التهوية من مصنع HCFC-22.

يشتمل إنتاج HCFC-22 على المواد التي تم استخدامها كمادة أولية كيميائية بالإضافة إلى المادة الأولية التي يتم بيعها لاستخدامات التشتيت المحتملة.

المعادلة 3-32
حساب معامل انبعاث HFC-23 من كفاءة توازن الكربون

$$EF_{carbon_balance} = \frac{(100 - CBE)}{100} \bullet F_{efficiency\ loss} \bullet FCC$$

حيث:

$EF_{carbon_balance}$= معامل انبعاث HFC-23 المحسوب من كفاءة توازن الكربون، كجم HFC-23/كجم HCFC-22

CBE = كفاءة توازن الكربون، في المائة

$F_{efficiency\ loss}$ = معامل تخصيص فقدان الكفاءة إلى HFC-23، تكسير

FCC = معامل محتوى الكربون هذا المكون (=0.81)، كجم HFC-23/كجم HCFC-22

و

المعادلة 3-33
حساب معامل انبعاث HFC-23 من كفاءة توازن الفلورين

$$EF_{fluorine_balance} = \frac{(100 - FBE)}{100} \bullet F_{efficiency\ loss} \bullet FFC$$

حيث:

$EF_{fluorine_balance}$ = معامل انبعاث HFC-23 المحسوب من كفاءة توازن الفلورين، كجم HFC-23/كجم HCFC-22

FBE = كفاءة توازن الفلورين، في المائة

$F_{efficiency\ loss}$ = معامل تخصيص فقدان الكفاءة إلى HFC-23، تكسير

FCC = معامل محتوى الفلورين لهذا المكون (=0.54)، كجم HFC-23/كجم HCFC-22

معامل تخصيص فقدان كفاءة HFC-23 معين لكل مصنع وفي حالة استخدام طريقة الحساب هذه، يجب تعيين المعامل بواسطة مشغل العملية. افتراضيًا، تكون القيمة 1؛ وترجع كل الفقد في الكفاءة إلى الإنتاج المشترك لمركبات HFC-23. في الممارسة، يكون ذلك هو فقدان الكفاءة الأكثر شيوعًا، وذلك لأنه أكبر من الفقد الذي يحدث للمواد الخام أو المنتجات.

يتم حساب معاملات محتويات الكربون والفلورين من المكونات الجزيئية لمركبات HFC-23 وHCFC-22، وتكون شائعة في كافة مصانع HCFC-22 على معدل 0.81 للكربون و0.54 للفلورين.

المستوى 3

من المحتمل أن تكون منهجيات المستوى 3 الأكثر دقة. توفر منهجيات المستوى 3 الواردة هنا نتائج مكافئة وسيتم تحديد اختيار من بينها عبر المعلومات المتوافرة من المنشآت الفردية. في كل حالة تكون الانبعاثات الوطنية هي مجموع الانبعاثات الخاصة بالمصنع، والتي يتم تحديد كل منها باستخدام أسلوب المستوى 3 لتقدير تركيب ومعدل تدفق تيارات الغاز التي تمت تهويتها إلى الجو (سواء تم ذلك مباشرة أو بشكل مستمر – كما هو الحال في المستوى 3أ – أو بالمراقبة المستمرة لبارامتر العملية المرتبط بالانبعاث – المستوى 3 ب – أو بمراقبة تركيز HFC-23 باستمرار في نطاق منتج المفاعل – المستوى 3 ج):

المعادلة 3-34
حساب المستوى 3أ لانبعاثات HFC-23 من تيارات العملية المفردة
(الأسلوب المباشر)

$$E_{HFC-23} = \sum_i \sum_j \int_t C_{ij} \bullet f_{ij} \quad [\int_t \text{ تعني أنه يجب جمع الكمية بمرور الوقت.}]$$

حيث:

E_{HFC-23} = إجمالي انبعاثات HFC-23: المجموع الذي يزيد عن كل مصانع ***i***، وعن كل تيارات ***j*** في كل مصنع لتدفقات الكتلة المنبعثة **f** والتركيزات **C** يتم تكامله بمرور الوقت ***t***. (انظر المعادلة 3-37 لحساب انبعاثات HFC-23 "الآنية" في تيار عملية مفردة).

أو عند استخدام منهجية بديلة:

المعادلة 3-35
حساب المستوى 3ب لانبعاثات HFC-23 من تيارات العملية المفردة
(الأسلوب البديل)

$$E_{HFC-23} = \sum_i \sum_j \int_t E_{ij} \quad [\int_t \text{ تعني أنه يجب جمع الكمية بمرور الوقت.}]$$

حيث:

E_{HFC-23} = إجمالي انبعاثات HFC-23: $\mathbf{E_{i,j}}$ هي الانبعاثات الناجمة من كل مصنع والتيار الذي يحدده كل أسلوب بديل. (انظر المعادلة 3-38 لحساب انبعاثات HFC-23 في كل تيار عملية مفردة).

أو عند استخدام تركيز HFC-23 ضمن تيار منتج المفاعل:

المعادلة 3-36
حساب المستوى 3أ لانبعاثات HFC-23 من تيارات العملية المفردة
(بمراقبة منتج المفاعل)

$$E_{HFC-23} = \sum_i \int_t C_i \bullet P_i \quad [\int_t \text{ تعني أنه يجب جمع الكمية بمرور الوقت.}]$$

حيث:

E_{HFC-23} = إجمالي انبعاثات HFC-23:**P_i** هو تدفق الكتلة لمنتج HCFC-22 من مفاعل المصنع في المصنع ***i*** و**C_i** هو تركيز HFC-23 بالنسبة إلى منتج HCFC-22 في المصنع ***i***. (انظر المعادلة 3-40 لحساب انبعاثات HFC-23 في منشأة فردية بواسطة قياسات العملية).

المستوى 3أ

يعتمد المستوى 3أ على القياس المتكرر أو المستمر للتركيز ومعدل التدفق من التهوية في المصنع الفردي. وذلك حتى تكون الكمية المنبعثة إلى الجو هي المنتج الرياضي لتركيز كتلة المكون في التيار، ومعدل تدفق إجمالي التيار (في وحدات متوافقة مع تركيز الكتلة) والمدة الزمنية التي حدث خلالها التدفق)

المعادلة 3-37
حساب المستوى 3أ لانبعاثات HFC-23 "الآنية" من تيار عملية مفردة
(الأسلوب المباشر)

$$E_{ij} = C_{ij} \bullet f_{ij} \bullet t$$

حيث:

E_{ij} = انبعاثات HFC-23 "الآنية" من تيار العملية ***j*** في المصنع ***i***، كجم

C_{ij} = تركيز HFC-23 في تيار الغاز الذي تتم تهويته بالفعل من تيار العملية ***j*** في المصنع ***i***، كجم HFC-23/كجم غاز

f_{ij} = تدفق الكتلة لتيار الغاز من تيار العملية ***j*** في المصنع ***I*** (عامة يتم قياسه بتحليل الحجم وتحويله إلى تدفق كتلة باستخدام أساليب هندسية قياسية للعملية)، كجم غاز/ساعة

t = المدة الزمنية التي تم خلالها قياس هذه البارامترات وظلت ثابتة، ساعات

في حالة استرداد أي من مركبات HFC-23 من تيار التهوية للاستخدام كمادة أولية كيميائية، ومن ثم تدميرها، يجب خصم هذه المواد من الانبعاثات؛ ويمكن هنا خصم المواد التي يتم استردادها للاستخدامات التي يمكن أن تنبعث منها، وذلك في حالة تضمين الانبعاثات في الكمية التي تم حسابها بالأساليب الواردة في الفصل 7. ليس من الضروري وجود مدة منفصلة لاسترداد المادة، وذلك لأن الانبعاثات يتم قياسها مباشرة في هذا المستوى، على خلاف المستويين 3ب و3ج.

ثم تكون كمية HFC-23 الكلية التي تم إطلاقها هي المجموع السنوي لهذه الإطلاقات الآنية التي تم قياسها. لا يجب أن يتضمن هذا الحساب الفترات التي يتم خلالها معالجة تيار التهوية في وحدة التدمير لإزالة HFC-23. إذا اقتضت الضرورة تقدير الكمية التي تم تدميرها في كل منشأة، يجب أن يقوم المشغل بحساب هذه الكميات اعتمادًا على الفرق بين وقت تشغيل المصنع ومدة الإطلاق (*t* أعلاه).

المستوى 3ب

في العديد من الحالات، لا تكون القياسات مستمرة، لكن تم الحصول عليها خلال مسح عملية مكثفة أو تجربة مصنع، وربما يتم استخدام نتائج تجربة المصنع لتوفير بديل لحساب الانبعاثات خلال التشغيل العادي للمصنع. في هذه الحالة، يكون معدل انبعاث المنتج الثانوي مرتبطًا ببارامتر قابل للقياس أكثر سهولة (أو دقة)، مثل معدل تدفق المادة الأولية. يجب أن تفي التجربة (التجارب) بالشروط التالية:

- يجب ألا يكون هناك تصميم أو تركيب أو تغييرات تشغيل ضخمة على العملية تؤثر على الحد الأقصى للمصنع لنقطة القياس، وبذلك يمكن أن تلغي العلاقات بين الانبعاثات والإنتاج. (أنظر أيضًا المربع 3-14)
- يجب تحديد العلاقة بين الانبعاثات ومعدل تشغيل المصنع خلال المحاولة (المحاولات)، مع تحديد درجة عدم التيقن الخاصة بها.

بالنسبة لكل الحالات تقريبًا يكون معدل تشغيل المصنع بديلاً مناسبًا وتعتمد كمية HFC-23 المنبعث على معدل التشغيل الحالي للمصنع والفترة الزمنية لإطلاق تدفق التهوية.

المعادلة 3-38
حساب المستوى 3ب لانبعاثات HFC-23 في تيار عملية مفردة
(الأسلوب البديل)

$$E_{ij} = S_{ij} \bullet F_{ij} \bullet POR_{ij} \bullet t - R_{ij}$$

حيث:

E_{ij}= انبعاث الكتلة لمركبات HFC-23 في تيار التهوية ***J*** في المصنع ***i***، كجم

S_{ij} = انبعاثات الكتلة القياسية لتيار تهوية HFC-23 ***j*** في المصنع ***i*** لكل "وحدة" كمية البديل، مثل معدل تشغيل العملية (الموضح في المعادلة 3-39 أدناه)، كجم/"وحدة"

F_{ij}= معامل بلا أبعاد لربط معدل انبعاث الكتلة القياسي الذي تم قياسه بمعدل الانبعاث في معدل تشغيل المصنع الفعلي. في العديد من الحالات، لا يكون الكسر الناتج مؤثرًا على معدل التشغيل وF_i هو الوحدة (أي معدل الانبعاث يكون متناسبًا مع معدل التشغيل). في حالات أخرى يكون معدل الانبعاث دالة أكثر تعقيدًا لمعدل التشغيل. في جميع الحالات يجب تحديد F_i خلال تجربة المصنع بقياس إنتاج HFC-23 في معدلات تشغيل مختلفة. في الحالات التي لا يمكن فيها تحديد دالة بسيطة تربط الانبعاثات إلى معدل التشغيل من الاختبار، لا يعتبر أسلوب البديل أسلوبًا ملائمًا ويُفضل القيام بالقياس المستمر.

POR_{ij}= هو معدل تشغيل العملية الحالي المستخدم مع تيار التهوية *j* في المصنع *i* المتوسط خلال الفترة الزمنية *t* في "الوحدة/الساعة". يجب أن تكون وحدات هذا البراميتر متناسقة بين تجربة المصنع التي تحدد معدل الانبعاث القياسي وتقدير الانبعاثات التشغيلية والحالية (الموضحة في المعادلة 3-39، أدناه).

t = المدة الكلية الإجمالية*للتهوية* للسنة أو المدة في حالة عدم تشغيل العملية لمدة مستمرة بالساعات. تصبح الانبعاثات السنوية مجموع كافة الفترات خلال السنة. لا يجب هنا حساب الفترات التي تم خلالها معالجة تيار التهوية في نظام التدمير.

$\mathbf{R}_{ij}$ = كمية HFC-23 المسترد لتيار التهوية *j* في المصنع *I* للاستخدام كمادة أولية كيميائية، ومن ثم تدميرها، كجم. يمكن هنا حساب المادة المستردة للاستخدام التي من المحتمل أن تنبعث منها وذلك ما إذا كانت الانبعاثات موجودة في الكمية التي تم حسابها بواسطة أساليب بدائل المواد المستنفدة للأوزون الواردة في الفصل 7 من هذا المجلد.

المعادلة 3-39
حساب المستوى 3ب للانبعاثات القياسية للأسلوب البديل

$$S_{T,ij} = C_{T,ij} \bullet f_{T,ij} / POR_{T,ij}$$

حيث (لكل T في الاختبار):

$\mathbf{S}_{ij}$ = انبعاث الكتلة القياسي لمركبات HFC-23 في تيار التهوية *j* في المصنع *i*، كجم/"وحدة" (في وحدات متوافقة مع المعاملات الواردة في المعادلة 3-38، انظر $POR_{T,ij}$ أدناه)

$\mathbf{C}_{T,ij}$= التركيز الكسري المتوسط للكتلة لمركبات HFC-23 في تيار التهوية *j* في المصنع *i* خلال التجربة، كجم/كجم

$f_{T,ij}$ = متوسط معدل تدفق الكتلة لتيار التهوية *j* في المصنع *i* خلال التجربة، كجم/ساعة

$POR_{T,ij}$ = كمية البديل (مثل معدل تشغيل العملية) في المصنع *i* خلال التجربة، "وحدة"/ساعة. تعتمد "الوحدة" على كمية البديل المحددة لتيار التهوية *j* للمصنع *i* (على سبيل المثال، كجم/ساعة أو م3/ساعة للمادة الأولية)

المستوى 3ج

من السهولة إلى حد ما مراقبة تركيز HFC-23 في أحد منتجات نظام التفاعل وذلك حسب كمية HFC-23. ويتيح ذلك أساسًا لتقدير كمية HFC-23 التي تم إطلاقها كمنتج رياضي للتركيز التي تمت مراقبته وتدفق كتلة مركبات HFC-23 التي تم إنتاجها. في حالة عدم وجود معالجة تهوية لتخفيف الانبعاثات، يعتبر ذلك الإجراء إجراءً سهلاً وبسيطًا. ومع ذلك ففي حالة وجود نظام تخفيف، يجب توضيح أنه يعالج كافة التيارات التي ربما يتم إطلاقها في الجو، ويشتمل ذلك على منافذ تهوية الغاز المباشرة وإخراج غازات التيارات المائية. ولاسيما أن غازات التيارات المائية ربما لا يتم تمريرها إلى منشأة التدمير. في حالة عدم معالجة كافة تيارات التهوية المحتملة، لا يمكن استخدام الأسلوب.

المعادلة 3-40
حساب المستوى 3ج لانبعاثات HFC-23 من منشأة فردية باستخدام قياسات العملية

$$E_i = C_i \bullet P_j \bullet t_F - R_i$$

حيث:

$\mathbf{E}_i$ = انبعاثات HFC-23 من منشأة فردية ***i***، كجم

$\mathbf{C}_i$ = تركيز HFC-23 في منتج المفاعل في المنشأة *i*، كجم HFC-23/كجم HCFC-22

$\mathbf{P}_i$= كتلة HCFC-22 التي تم إنتاجها في المنشأة *i* عند استخدام التركيز، كجم

$\mathbf{t}_F$ = كسر المدة التي تم خلالها تهوية HFC-23 بالفعل إلى الجو، بدلاً من تدميره، كسر

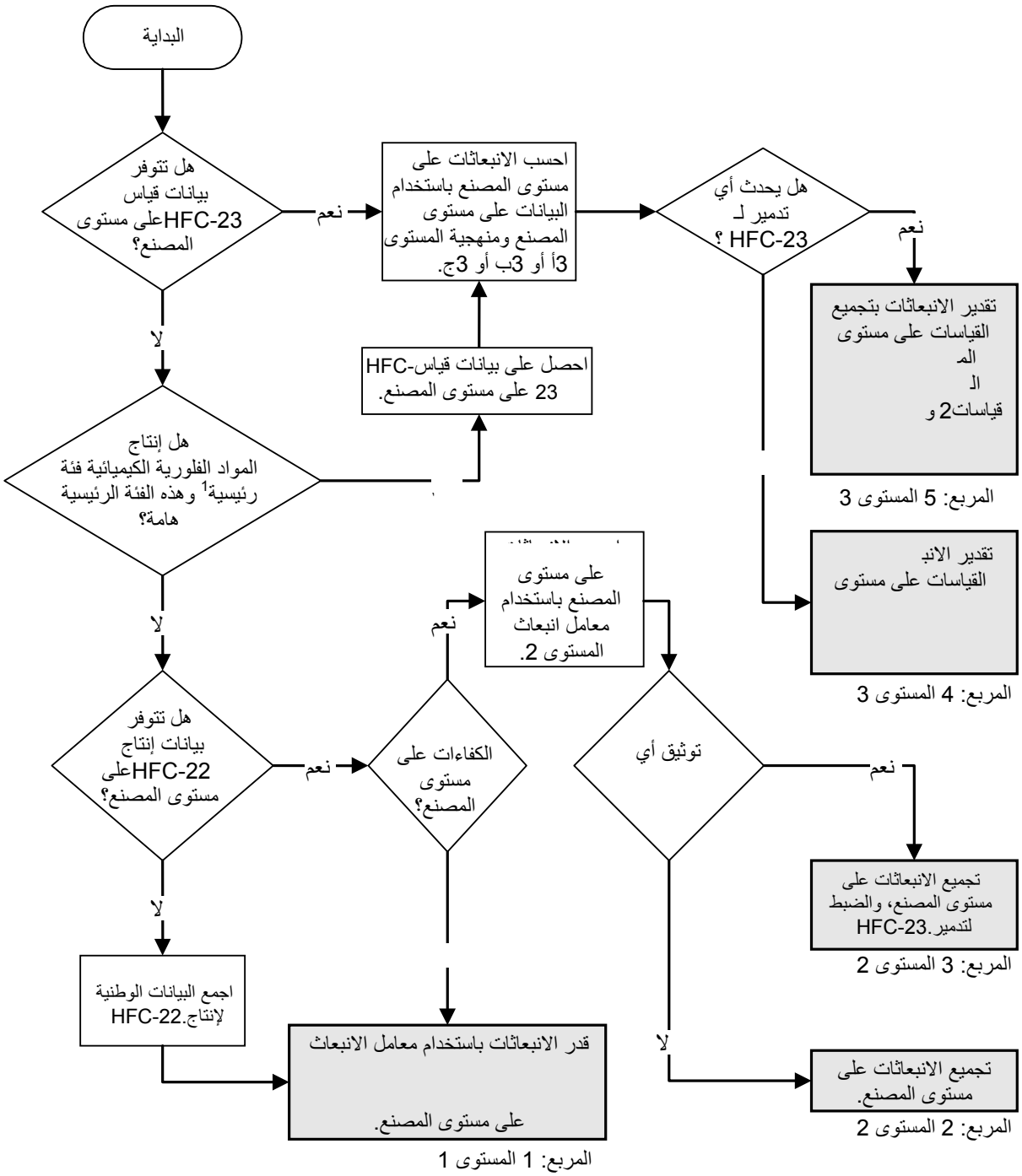
$\mathbf{R}_i$ = كمية HFC-23 المسترد من المنشأة *i* للاستخدام كمادة أولية كيميائية، ومن ثم تدميرها، كجم. يمكن هنا حساب المادة المستردة للاستخدامات التي من المحتمل أن تنبعث منها وذلك ما إذا كانت الانبعاثات موجودة في الكمية التي تم حسابها بواسطة الأساليب الواردة في الفصل 7 من هذا المجلد.

إجمالي كمية HFC-23 التي تم إطلاقها إلى الجو هي مجموع كميات فترات الإطلاق الفردية وأنظمة التفاعل الفردية.

يجب ألا تشتمل الكمية الكلية التي يتم تقديرها هنا مركبات HFC-23 التي تم استردادها للاستخدام كمادة أولية كيميائية.

بإيجاز يعتبر أسلوب المستوى 1 بسيطًا إلى حد ما، ويشتمل على تطبيق معامل الانبعاث الافتراضي على كمية HCFC-22 التي تم إنتاجها. يمكن استخدام هذا الأسلوب على مستوى المصنع أو على المستوى الوطني. وتناسب منهجيات المستوى 2 و3 الحسابات التي تتم على مستوى المصنع فقط. في الحالات التي تتوافر بها بيانات للمستوى 3 لبعض المصانع، يمكن استخدام أساليب المستوى 1 أو المستوى 2 على الجزء المتبقي لضمان استكمال التغطية. ويمكن حساب درجة عدم التيقن في الانبعاثات الوطنية باستخدام درجات عدم تيقن الإنتاج لمصادر مفردة وتقنيات الإحصاء القياسية. وبغض النظر عن الأسلوب، يجب طرح الانبعاثات التي تم تخفيفها من التقدير الكلي لكل مصنع لتحديد صافي الانبعاثات قبل إضافتها معًا إلى التقدير الوطني.

الشكل 3-16 شجرة القرارات لانبعاثات HFC-23 من إنتاج HCFC-22 (أو انبعاثات المنتج الثانوي الأخرى الناجمة من إنتاج المواد الكيميائية الفلورية)



ملاحظة:

1. انظر المجلد 1، الفصل 4، اختيار المنهجيات وتعريف الفئات الرئيسية (مع ملاحظة القسم 4-1-2 حول المصادر المحدودة)، للاطلاع على مناقشة الفئات الرئيسية واستخدام شجر القرارات.

من *الممارسة السليمة* استخدام أسلوب المستوى 3 إن أمكن. يعتبر القياس المباشر أكثر دقة بدرجة أكبر من المستوى 1 وذلك لأنه يعكس الظروف الخاصة بكل منشأة تصنيع. في معظم الحالات، يجب توفير البيانات الضرورية لإعداد تقديرات المستوى 3 وذلك لأن المنشآت التي تتبع ممارسات عمل سليمة تقوم دوريًا أو بشكل منتظم بجمع عينات التهوية الأخيرة للعملية أو ضمن العملية نفسها كجزء من العمليات الروتينية. بالنسبة للمنشآت التي تستخدم تقنيات تخفيف مثل تدمير HFC-23، يجب أن يتم فحص كفاءة التخفيف بشكل روتيني. يجب استخدام أسلوب المستوى 1 (الافتراضي) فقط في الحالات النادرة التي لا تتوافر بها بيانات خاصة بالمصنع ولا تعتبر هذه الفئة الفرعية فئة فرعية هامة ضمن *الفئة الرئيسية*. (انظر القسم 4-2 من المجلد 1).

اختيار معامل الانبعاثات

يوجد ضمن أسلوب المستوى 3 العديد من خيارات القياس المرتبطة بموقع وتكرار جمع العينات. عامة يمكن أن توفر طريقة القياس المباشر لمركبات HFC-23 أكبر درجات الدقة، لكن القياس المستمر والمتكرر للبارامترات في منطقة عملية الإنتاج نفسها يمكن أن يكون أكثر عملية ويمكن أن يكون مساويًا من حيث الدقة. في كلتا الحالتين، يجب أن يكون تكرار القياس عاليًا بدرجة كافية لتمثيل التنوع الذي تتسم به العملية (مثل طوال حياة العامل الوسيط). يمكن الاطلاع على ملخص بالموضوعات الخاصة بتكرار القياس في المربع 3-14، تكرار القياس بالمصنع. ويشرح المجلد 2، الفصل 2 نصائح عامة حول جمع العينات ودرجة تمثيلها.

في الحالات التي لا تتوافر بها قياسات خاصة بالمصنع أو جمع العينات وتم استخدام أساليب المستوى 1، يجب استخدام معامل الانبعاث الافتراضي، على افتراض عدم استخدام أساليب تخفيف. بالنسبة للمصانع التي تعمل من قبل عام 1995 يكون معامل الانبعاث الافتراضي 0.04 كجم HFC-23/كجم HCFC-22 (4 في المائة) (الهيئة، 1996؛ وكالة حماية البيئة بالولايات المتحدة، 2001). هذا هو المعامل الافتراضي الذي يجب استخدامه في حين عدم وجود قياسات ويصف إخراج HFC-23 من المصنع النموذجي لإنتاج HCFC-22 في ظل غياب نظام استرداد أو تدمير HFC-23. وتتناسق القيمة مع الملاحظات الجوية لتركيزات HFC-23 خلال الفترة بين 1978-1995 (أوراج *وآخرين*، 1999). وقد أظهرت تلك الملاحظات أن متوسط الانبعاثات على المستوى العالمي يعادل 2 في المائة من إجمالي كمية HCFC-22 التي تم إنتاجها في الوقت الذي كان يسترد فيه كميات كبيرة من HCFC-23 وتحويلها إلى هالون 1301 (ماكولوتش، 1992) وكان التخفيف ممارسة إجبارية في العديد من البلدان التي كانت تنتج كميات كبيرة.

يمكن عبر تحسين العملية تقليل الإنتاج ليكون بين 0.014 و0.03 كجم HFC-23/كجم HCFC-22 (1.4 إلى 3 في المائة) لكن ليس من الممكن الحد من تكوين HFC-23 بهذه الطريقة (الهيئة، 2000). بالإضافة إلى ذلك، يعتمد مقدار التقليل بدرجة كبيرة على تصميم العملية والبيئة الاقتصادية (يمكن أن تؤدي الإجراءات المتبعة لتقليل HFC-23 غالبًا إلى تقليل إخراج العملية). في العملية المحسنة، يتم قياس انبعاثات وإنتاج HFC-23، بدون تغيير؛ ولا يمكن تحسين تشغيل العملية دون مثل هذه القياسات ولذلك لا يوجد معنى للقيم الافتراضية في هذا السياق للمصنع المفرد. على الرغم من ذلك، فقد تقدم الفن التقني بتحسين المصانع الفردية ويجب إدماج هذا الفن في تصميم المصانع الحديثة، ويؤدي ذلك إلى اقتراح معامل انبعاث افتراضي يبلغ 0.03 كجم HFC-23/كجم HCFC-22 (3 في المائة). تتسم هذه القيم الافتراضية بدرجة كبيرة من عدم التيقن (في نطاق 50 في المائة). للحصول على تقييمات أكثر دقة، يجب تحديد الانبعاثات الفعلية بواسطة منهجية المستوى 2 أو 3، وعند الضرورة تخصصها للسنوات السابقة باستخدام الخطوط التوجيهية الواردة في الفصل 7 من هذا المجلد.

الجدول 3-28
معاملات الانبعاث الافتراضية لمركبات HFC-23

التقنية	معامل الانبعاث (كجم HFC-23/كجم HCFC-22 تم إنتاج)
المصانع القديمة والمحسنة (مثل من 1940 إلى 1995/1990)	0.04
مصانع ذات تصميم حديث، ليست محسنة بوجه خاص	0.03
متوسط الانبعاثات العالمية (1978-1995)[4]	0.02
للمقارنة:	
مصنع كبير محسن – يتطلب قياس HFC-23 *(المستوى 3)*	*لأسفل حتى 0.014*
مصنع مزود بقدرة فعالة على احتجاز وتدمير HFC-23 *(المستوى 3)*	*لأسفل حتى الصفر*

المربع 3-14
تكرار القياس بالمصنع

تعتمد دقة تقديرات HFC-23 السنوية على عدد العينات (تكرار جمع العينات) مع دقة قياس معدلات التدفق ومدى تمثيل قياسات التدفق المنفصلة لإجمالي الكمية التي تمت تهويتها. وبما أن عملية الإنتاج ليست ثابتة بشكل كامل، فكلما ازداد تنوع العملية، تطلب الأمر زيادة عدد مرات القياس بالمصنع. كقاعدة عامة ينبغي تكرار التحليل وجمع العينات عندما يقوم المصنع بإجراء تغييرات هامة على العملية. قبل اختيار عدد مرات جمع العينات، يجب أن يحدد المصنع هدفًا للدقة وأن يستخدم أدوات إحصائية لتحديد حجم العينة المطلوب لتحقيق الهدف. على سبيل المثال، تشير دراسة جهات تصنيع HCFC-22 إلى أن جمع العينات مرة واحدة في اليوم يكفي لتحقيق تقدير سنوي دقيق للغاية. عند الضرورة يجب مراجعة هدف الدقة هذا لكي يأخذ في الاعتبار الموارد المتاحة. (RTI، كادموس، *1998*)

[4] يتم حساب المتوسط العالمي من تغييرات التركيز الجوي لمركبات HFC-23. ولا يفصل بين انبعاثات المصانع، والتي تتراوح من لاشيء إلى أكثر من 4 في المائة من إنتاج HCFC-22.

اختيار بيانات الأنشطة

عند استخدام أسلوب المستوى 1، يجب الحصول على بيانات الإنتاج مباشرة من جهات التصنيع. يوجد العديد من الطرق التي تستطيع جهات التصنيع من خلالها تحديد مستويات الإنتاج، ويشتمل ذلك على أوزان الشحن والكتلة، باستخدام أجهزة قياس التدفق. يجب أن تشتمل هذه البيانات كل إنتاج HCFC-22 للسنة، سواء للبيع أو للاستخدام الداخلي كمادة أولية، ويجب أن يوضح المصنع كيف يتم تحديد معدل إنتاج HCFC-22. في بعض الظروف، يمكن أن تعتقد جهات التصنيع أن بيانات إنتاج المصنع تخضع لبند السرية. بالنسبة لبيانات الأنشطة على المستوى الوطني، ينص بروتوكول مونتريال بالفعل على ضرورة تقديم بيانات إنتاج HCFC-22.

الاستيفاء

لكن لابد أن تكون هناك إمكانية للحصول على بيانات جمع عينات كاملة وذلك لأنه لا يوجد سوى عدد صغير من مصانع HCFC-22 في كل بلد، ويعتبر ذلك ممارسة قياسية لكل مشغل مصنع لمراقبة كفاءة العملية ومن ذلك تتم مراقبة فاقد HFC-23، مما يؤدي إلى تبني منهج المستوى 2. عامة تكون كفاءات التدمير لأجهزة الأكسدة الحرارية المستخدمة لتخفيف HFC-23 عالية (>99 في المائة)، لكن من الضروري تحديد تركيب الغاز الخارج لضمان أنه قد وضع في الاعتبار انبعاثات الغازات الاحتباس الحراري الفلورية من هذه النقطة.

إعداد متسلسلة زمنية متسقة

يجب تقدير الانبعاثات الناجمة عن إنتاج HFC-23 وHCFC-22 باستخدام نفس الطريقة لكامل المتسلسلة الزمنية ومعاملات الانبعاث الملائمة. في حالة عدم توافر بيانات لأي من سنوات المتسلسلة الزمنية لأسلوب المستوى 3، يجب ملء هذه الثغرات وفقًا لخطوط التوجيهات الواردة في المجلد 1، الفصل 5.

3-1-10-3 تقدير أوجه عدم التيقن

المستوى 1

على خلاف المستويات الأخرى حيث تعتمد أوجه عدم التيقن على القياسات والإحصائيات، أوجه عدم التيقن في المستوى 1 يتم تقديرها وفقًا لآراء الخبراء ويمكن حساب خطأ بنسبة 50 في المائة تقريبًا للمستوى 1 اعتمادًا على معرفة التغييرات التي تطرأ على الانبعاثات الناجمة عن منشآت تصنيع مختلفة. يمكن أن يؤدي خطأ من هذا النوع إلى زيادة درجة عدم تيقن النشاط.

المستوى 2

يتم حساب عدم التيقن في نتيجة المستوى 2 بواسطة مجموع الجذر المربع لحالات عدم التيقن الفردية في كمية كتلة الإنتاج والكفاءات، على افتراض أن درجات عدم التيقن من الكربون والفلورين هي نفسها. عند اختلاف درجات عدم التيقن من كفاءة الكربون والفلورين بشكل كبير (بدرجة تكفي لإحداث فرق مادي للانبعاثات التي تم حسابها)، يجب استخدام القيمة ذات درجة عدم التيقن الأقل خلال الحساب.

وتكون درجة عدم التيقن في القيمة التي تم تحديدها وفقًا لأساليب المستوى 2 أكبر من المتوقعة من المستوى 3، ومع ذلك يمكن تحديدها. من الناحية النموذجية، فبالنسبة لمصنع ينتج حوالي 4 في المائة HFC-23، تكون كفاءة الكربون قريبة من 95 في المائة وكفاءة الفلورين 92 في المائة. إذا أمكن قياس هذه الكفاءات في نطاق 1 في المائة، يمكن أن يكون الخطأ في تقدير HFC-23 باستخدام المستوى 3 أقل من 20 في المائة. يتطلب تقدير الكفاءات إلى هذه الدرجة من الدقة استخدام إجراءات حساب صارمة، ووزن كافة المواد والمنتجات المعروضة للبيع داخل أو خارج المنشأة. ويضبط هذا النظام الدقة المتوقعة للأنشطة الكلية (للمستويين 1 و2)؛ مع حساب جيد وقياس الإنتاج بالوزن، لابد أن يكون من الممكن تقليل الخطأ في النشاط بحيث يكون أقل من 1 في المائة.

المستوى 3

بالنسبة لمركبات HFC-23، يعتبر أسلوب المستوى 3 أكثر دقة من قياسات المستوى 2 أو الأساليب الافتراضية للمستوى 1. يمكن أن يحقق جمع العينات الدوري على المستوى 3 درجة دقة تبلغ 1-2 في المائة على مستوى ثقة 95 في المائة في انبعاثات HFC-23 ويمكن أن تكون درجة عدم التيقن من نتيجة المستوى 3 (البديل) مشابهة. في كلتا الحالتين يمكن حساب درجة عدم التيقن إحصائيًا من درجات عدم تيقن بارامترات الإدخال ولأن هذه الأساليب لا تعتمد على أنشطة أو معاملات انبعاث، يصبح مفهوم عدم تيقن التقسيم الفرعي غير مصدق به.

يتم التعبير عن عدم التيقن من التقدير في شكل معامل تغيير (في المائة) وسيكون لكل من هذه التيارات درجة لعدم التيقن كنتيجة لدرجات عدم التيقن في التركيز الذي تم قياسه ومعدل التدفق وعدم التيقن في مدة التدفق. يمكن تحديد درجة عدم التيقن المجمعة بشكل تحليلي ويجب حسابها باستخدام المنهجية القياسية الواردة في الفصل 3 من المجلد 1.

4-1-10-3 ضمان الجودة / مراقبة الجودة والإبلاغ والتوثيق

ضمان الجودة / مراقبة الجودة

من *الممارسة السليمة* إجراء فحوصات مراقبة الجودة كما وردت في المجلد 1، الفصل 6 وأن يقوم خبير بمراجعة تقديرات الانبعاثات. وكذا يمكن تطبيق فحوصات إضافية لمراقبة الجودة كما وردت في المجلد 1، الفصل 6 وإجراءات ضمان الجودة، لا سيما في حالة استخدام أساليب مستوى أعلى لتحديد الانبعاثات الناجمة عن فئة المصدر هذه. يوصى بأن يقوم القائمون على الحصر باستخدام إجراءات ضمان الجودة / مراقبة جودة لمستوى أعلى *للفئات الرئيسية* كما هي محددة في المجلد 1، الفصل 4.

بالإضافة إلى الخطوط التوجيهية الواردة في المجلد 1، فيما يلي إجراءات معينة ذات صلة بفئة المصدر الفرعي هذه.

مقارنة تقديرات الانبعاثات باستخدام مقاربات مختلفة

يجب أن يقارن القائمون على الحصر بين تقديرات الانبعاثات التي تم الإبلاغ عنها والتقديرات التي تم تحديدها باستخدام المعامل الافتراضي للمستوى 1 وبيانات الإنتاج. في حالة توافر بيانات الإنتاج الوطني فقط، يجب أن يقارنوا بين انبعاثات المصنع المجمعة والتقدير الوطني الافتراضي. في حالة العثور على اختلافات كبيرة في المقارنة، ينبغي الإجابة على الأسئلة التالية:

1. هل توجد أي درجة من عدم الدقة مرتبطة بتقديرات المصنع الفردي (مثلاً ربما يكون هناك انفصال كبير يرجع إلى كمية انبعاثات غير معقولة)؟
2. هل تختلف معاملات الانبعاث الخاصة بالمصنع عن بعضها البعض؟
3. هل معدلات الإنتاج الخاصة بالمصنع متناسقة مع بيانات الإنتاج على المستوى الوطني المنشورة؟
4. هل يوجد أي تفسير للاختلافات الكبيرة، مثل تأثير الضوابط أو أسلوب الإبلاغ عن الإنتاج أو افتراضات ربما لم يتم توثيقها؟

فحص قياس الانبعاث المباشر

- يجب أن يتأكد القائمون على الحصر من استخدام أساليب قياسية معترف بها دوليًا مع حساب قياسات المصنع. إذا خالفت ممارسات القياس هذا المعيار، فيجب تقييم استخدام بيانات الانبعاث هذه بعناية. عند استخدام مقياس عالٍ للقياس وضمان الجودة / مراقبة الجودة في الموقع، من المحتمل أيضًا أن تتم مراجعة تقديرات الانبعاثات لأسفل.
- يجب تقييم عملية ضمان الجودة / مراقبة الجودة لتقييم ما إذا كان عدد العينات ومرات جمع العينات ملائمًا مع مراعاة التغيير الذي يطرأ على العملية نفسها.
- إن أمكن، يجب أن يفحص القائمون على الحصر كافة البيانات المحسوبة والتي تمت مقارنتها عبر مقارنتها مع أنظمة أخرى للقياس والحساب. على سبيل المثال، يمكن التحقق من قياس الانبعاثات داخل العملية نفسها دوريًا بقياس تيار التهوية. يجب أن يفحص القائمون على الحصر استخدام وكفاءة نظام التخفيف.
- من خلال مراجعة خارجية دولية لأساليب ونتائج قياس المصنع، من الممكن مقارنة معاملات الانبعاث المضمنة في المصانع وتفسير الاختلافات الرئيسية.

الإبلاغ والتوثيق

من *الممارسة السليمة* توثيق وأرشفة كل المعلومات المطلوبة لإنشاء تقديرات وطنية لحصر الانبعاثات كما ورد في المجلد 1 في القسم 6-11.

فيما يلي بعض الأمثلة على وثائق وتقارير معينة تخص فئة هذا المصدر:

- لتوفير تقرير شفاف بدرجة كاملة، يجب الإبلاغ عن الانبعاثات الناجمة عن إنتاج HFC-23 وHCFC-22 في شكل عنصر مستقل، بدلاً من إدماجها في انبعاثات الكربون الفلورية الهيدروجينية الأخرى.
- يجب أن يشتمل التوثيق على ما يلي:

(i.) وصف المنهجية

(ii.) عدد مصانع HCFC-22؛

(iii.) إنتاج HCFC-22 (في حالة وجود أكثر من جهة تصنيع)؛

(iv.) وجود تقنية تخفيف؛

(v.) أوصاف العملية، باراميترات التشغيل؛ و

(vi.) معاملات الانبعاث المرتبطة.

السرية

- يعني استخدام أساليب المستوى 2 و3 الإبلاغ عن انبعاثات HFC-23 الناجمة عن المصنع بصور منفصلة عن إنتاج HCFC-22. عند تقليل انبعاثات HFC-23 وإنتاج HCFC-22، لا يمكن اعتبار بيانات انبعاث HFC-23 ذات طبيعية سرية تجارية حيث لا تكشف عن مستويات إنتاج HCFC-22 دون معرفة تفصيلية وسرية لمنشأة التصنيع المفردة.
- يؤدي استخدام أسلوب المستوى 1 على إجمالي الإنتاج الوطني لمركبات HCFC-22 إلى إمكانية حساب ذلك من الانبعاثات المنشورة لمركبات HFC-23، وإذا كان هناك أقل من ثلاثة إجراءات، يجب اعتبار بيانات الإنتاج هذه معلومات تجارية سرية. في هذه الحالات يجب اتخاذ الإجراءات اللازمة لحماية السرية عبر تجميع كافة الانبعاثات الكربونية الهيدروجينية الفلورية على سبيل المثال. للحفاظ على الشفافية، في أي حالة يتم فيها التجميع، يجب أن يشتمل ذلك على مناقشة كمية لإنتاج HCFC-22.
- عند حساب الانبعاثات الوطنية على أنها مجموع المنشآت الفردية وتم حسابها باستخدام منهجيات مختلفة، فمن غير المحتمل إعادة حساب إنتاج HCFC-22 من هذه البيانات فقط ويجب ألا تكون هناك مشكلات تتعلق بالسرية.

2-10-3 الانبعاثات الناجمة عن إنتاج مركبات فلورية أخرى

1-2-10-3 مقدمة

يمكن إنتاج العديد من الفلور الذي يحتوي على غازات الاحتباس الحراري كمنتجات ثانوية من تصنيع المواد الكيميائية الفلورية وانبعاثها في الجو. على سبيل المثال، تم الإبلاغ عن انبعاثات كبيرة من المنتجات الثانوية SF_6 وCF_4 وC_2F_6 وC_3F_8 وC_4F_{10} و C_5F_{12}وC_6F_{14} من أحد مصانع المواد الكيميائية الفلورية (اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية المتعلقة بتغير المناخ، 2005). تشتمل الأمثلة الأخرى على إطلاق المنتج الثانوي CF_4 من إنتاج CFC-11 و12 أو SF_6 من إنتاج سداسي فلور اليورانيوم في دورة الوقود النووي.

تحدث انبعاثات المادة الكيميائية خلال إنتاجها وتوزيعها أو في شكل منتج ثانوي آخر يظهر خلال إنتاج المادة الكيميائية (يغطي القسم 3-10-1 أعلاه إنتاج HFC-23 من HCFC-22). وربما تنجم انبعاثات أيضًا عن المادة الجاري إنتاجها؛ وتسمى "الانبعاثات غير الثابتة". ويتم حساب الانبعاثات غير الثابتة والمنتج الثانوي بنفس الطريقة. في هذا القسم لا يتم التعامل مع الانبعاثات المرتبطة بالاستخدام، حيث يتم حسابها ضمن الانبعاثات المرتبطة بالاستهلاك (الفصول 4 و5 و6 و7 و8 في هذا المجلد). بشكل نموذجي لا يمكن إطلاق المواد الكيميائية الفلورية من العمليات الكيميائية التي تشتمل على مجموعة واسعة من التقنيات والعمليات[5]:

- عملية تلمرة موجهة مستخدمة في إنتاج بوليمرات وسوائل المواد الكيميائية الفلورية
- الأكسدة الضوئية لرباعي فلوروإيثيلين لتوليد سوائل مواد كيميائية فلورية
- فلورة مباشرة تُستخدم عادة في إنتاج SF_6
- عمليا تبادل الهالوجين لتوليد مركبات فوق فلورية منخفضة الغليان مثل C_2F_6 وCF_4 و HFC 134a وHFC 245fa
- إنتاج NF_3 عبر الفلورة المباشرة
- إنتاج سداسي فلور اليورانيوم
- إنتاج مركبات أحادية الوحدة فلورية مثل رباعي فلوروإيثيلين و سداسي فلوروالإيثيلين
- إنتاج المواد الكيميائية الفلورية الزراعية
- إنتاج مواد التخدير الكيميائية الفلورية

يتم استخدام عمليات تبادل الهالوجين بشكل موسع في تصنيع مركبات الكربون الفلورية الهيدروجينية، في حين تتطلب معظم المركبات فوق الفلورية وسادس فلوريد الكبريت فلور أولي، ويتم إنتاجه بطريقة كهربائية كيميائية. في عمليات "الفلورة الكيميائية الكهربائية"، يتم فصل الفلور ويتم إنتاج المنتج المطلوب في خلية كيميائية كهربائية. في عمليات أخرى يتم فصله واستخدامه لاحقًا، سواء كغاز أولي أو كمكون من نظام لحامل مثل CoF_3. تشتمل كل عملية على مجموعة مختلفة من الانبعاثات، فيما يتعلق بالطبيعة الكيميائية والكميات، وبذلك يكون لدالة الانبعاثات الافتراضية قيمة ضئيلة إلى حد ما. من الأهمية بمكان أن يتم التعرف على وجود المصانع التي ينجم عنها انبعاثات في كل بلد، ولذلك فهذه الخطوة هي الخطوة الأولى في شجرة القرارات (الشكل 3-17). والمعامل المشترك لهذه المصانع هو استخدام فلوريد الهيدروجين اللامائي، والذي يعتبر أحد مصادر الفلور في عمليات تبادل الهالوجين وفي العمليات التي تستخدم الفلور الأولي. لذلك يمكن استخدام إنتاج واستيراد فلوريد الهيدروجين اللامائي كوسيلة لتتبع الجهات المصنعة الهامة للمواد الكيميائية الفلورية. ويمكن إجراء تحقيقات إضافية (انظر الشكل 3-17) لمعرفة ما إذا كانت هناك أي انبعاثات غازات احتباس الحراري ناجمة عن مواد كيميائية فلورية.

2-2-10-3 موضوعات منهجية

اختيار الأسلوب

من *الممارسة السليمة* اختيار الأسلوب باستخدام شجرة القرارات الواردة في الشكل 3-17. في حالة التعرف على فئة إنتاج المواد الكيميائية الفلورية 2B9 على أنها الفئة *الرئيسية* واعتبار هذه الفئة الفرعية ذات أهمية، يجب أن يفكر القائمون على الحصر في ما إذا كانت الانبعاثات يهيمن عليها إنتاج مجموعة فرعية من المواد الكيميائية من عدمه، كما ينبغي أن يركزوا الجهود المبذولة لجمع العينات على إنتاج هذه المواد الكيميائية. ويوجد عدد قليل لجهات التصنيع الكبيرة التي تصنع غازات الاحتباس الحراري الفلورية هذه: في حالة SF_6، يوجد حوالي 6 شركات عالمية ذات 10 منشآت إنتاج على مستوى العالم (بيسيجر، 1999). ومن المتوقع أن يتزايد عدد جهات التصنيع الصغيرة في المستقبل القريب، لاسيما في الاقتصاديات النامية. ومع ذلك فلا ينبغي أن يكون مسح جهات التصنيع الوطنية صعبًا من حيث الحصر.

المستوى 1

في منهجية المستوى 1، يمكن استخدام معامل انبعاث افتراضي أو رقم مشابه محدد لظروف البلد لتقدير انبعاثات الإنتاج الوطني من مركبات الكربون الفلورية الهيدروجينية والمركبات فوق الفلورية وسادس فلوريد الكبريت وغازات الاحتباس الحراري الفلورية الأخرى.

[5] هذه القائمة توضيحية.

المعادلة 3-41
حساب المستوى 1 للانبعاثات المرتبطة بالإنتاج

$$E_k = EF_{default,k} \bullet P_k$$

حيث:

E_k = انبعاثات غاز الاحتباس الحراري الفلوري *k* المرتبطة بالإنتاج، كجم

$EF_{default, k}$ = معامل الانبعاث الافتراضي، كجم/كجم

P_k = الإنتاج الكلي لغاز الاحتباس الحراري الفلوري *k*، كجم

يمكن التخلص من مشكلات السرية التي تنشأ من الإبلاغ عن بيانات مكونات معينة بتوفير عدد مفرد لإجمالي الانبعاثات الوطنية لمركبات الكربون الفلورية الهيدروجينية والمركبات فوق الفلورية وسادس فلوريد الكبريت. ويمكن تيسير ذلك في حالة جمع البيانات بواسطة طرف آخر والإبلاغ عنها على أنها الإجمالي.

المستوى 2

الأسلوب الذي اعتمد على كفاءة العملية، والذي يعمل لتقدير انبعاثات HFC-23 الناجمة عن مصانع HCFC-22، تعتبر ذات قيمة أقل بالنسبة لأنواع المصانع الأخرى. ويرجع ذلك في جزء منه إلى عدم الكفاءة المنخفضة المتوقعة من انبعاثات المنتجات الثانوية الأخرى؛ وربما تكون درجة عدم التيقن من قياس الكفاءات أكبر من معامل انبعاث المنتج الثانوي. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن تكون مجموعة من المنتجات الثانوية مسؤولة عن عدم كفاءة العملية (على خلاف حالة HCFC-22 حيث يهيمن منتج ثانوي واحد). ومع ذلك ينبغي توافر بيانات كفاءة الإنتاج لكل عملية، وعند غياب تقديرات أكثر صرامة يمكن استخدام كمية الانبعاثات المقدرة من عدم الكفاءة في قرار كمي يحدد ما إذا كانت هذه الانبعاثات فئة فرعية هامة ضمن *الفئة الرئيسية* من عدمه (في هذه الحالة يتم تحديد منهجية المستوى 3).

المستوى 3

ربما تكون منهجية المستوى 3 هي أدق تقدير ومجموع الانبعاثات الخاصة بالمصنع *لكل* غاز احتباس الحراري فلوري لمنتج ثانوي محدد باستخدام أساليب قياسية لتقدير تركيب ومعدل تدفق تيارات الغاز التي يتم تهويتها بالفعل إلى الجو بعد أي تقنية تخفيف. في هذه الحالة:

المعادلة 3-42
الحساب المباشر للمستوى 3 للانبعاثات المرتبطة بالإنتاج

$$E_k = \sum_i \sum_j \int_t C_{ijk} \bullet f_{ijk}$$

[$\int_t$ تعني أنه يجب جمع الكمية بمرور الوقت.]

حيث:

E_k = إجمالي انبعاثات غاز الاحتباس الحراري الفلوري *k* المرتبطة بالإنتاج: مجموع كل مصانع *i* وكل تيارات *j* في كل مصنع لتدفقات الكتلة المنبعثة f والتركيزات التي تحدث ضمن فترة زمنية *t*.

أو عند استخدام منهجية بديلة، على سبيل المثال عند تعديل معدل انبعاث المنتج الثانوي إلى بارامتر قابل للقياس وأكثر سهولة (أو دقة)، مثل معدل تدفق المادة الأولية الموضح في المعادلة 3-35 في القسم 3-10-1:

المعادلة 3-43
الحساب البديل للمستوى 3 للانبعاثات المرتبطة بالإنتاج

$$E_k = \sum_i \sum_j \int_t E_{ijk}$$

[$\int_t$ تعني أنه يجب جمع الكمية بمرور الوقت.]

حيث:

E_k = إجمالي انبعاثات غاز الاحتباس الحراري الفلوري *k* المرتبطة بالإنتاج: $\mathbf{E_{ijk}}$ = انبعاثات غاز الاحتباس الحراري الفلوري *k* من كل مصنع وتيار محدد بواسطة أساليب بديلة، موضحة في المعادلتين 3-38 و3-39 في القسم 3-10-1.

لاحظ أن من الناحية العامة يتم قياس التدفقات بتحليل الحجم ويجب تحويلها إلى تدفق كتلة (كجم/ساعة) اعتمادًا على قانون الغاز ودرجة الحرارة والضغط والتركيب المثالي، وبالمثل ينبغي تحويل التركيز إلى وحدات متوافقة (كجم/كجم).

في هذه الحالة ينبغي حساب معدلات التدفق والتركيزات والمدة بشكل منفصل للفترات التي تعمل خلالها تقنية التخفف أو لا تعمل، ويجب جمع هذه الفترات التي تؤدي إلى انبعاثات فعلية والإبلاغ عنها.

اختيار عامل الانبعاثات

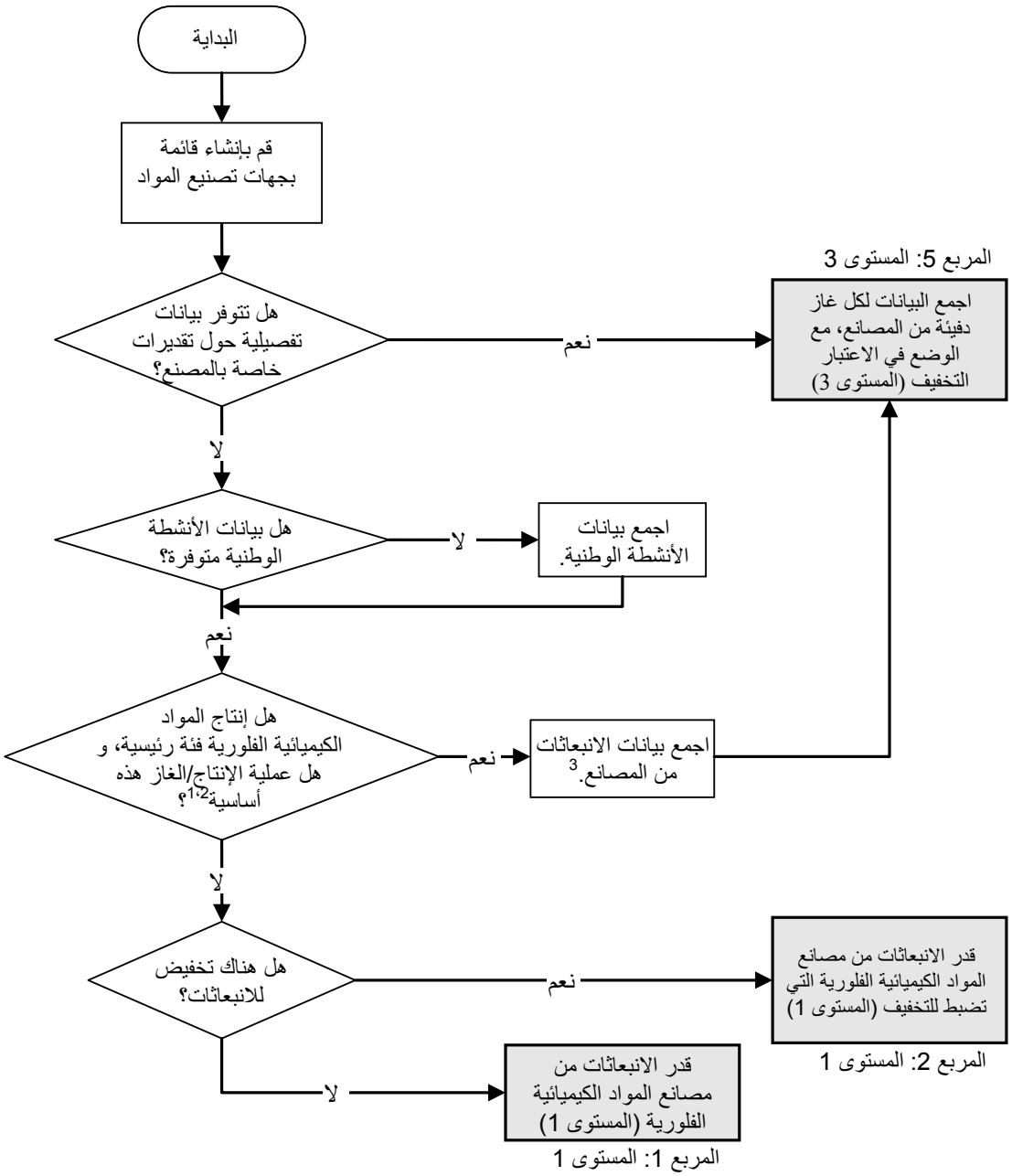
يعتمد المستوى 3 على قياسات كميات المواد المفردة التي يتم إطلاقها في الجو ولا يعتمد مستوى 2 أو 3 على معاملات الانبعاث. بالنسبة للمستوى 1، عند غياب تدابير القياس، يُقترح استخدام معامل انبعاث افتراضي يبلغ 0.5 في المائة من الإنتاج، لا يحسب الفاقد في نقل المواد وتحويلها، للكربونات الفلورية الهيدروجينية والمركبات فوق الفلورية، اعتمادًا على البيانات التي تم توفيرها إلى دراسة القابلية البيئية للكربونات الفلورية

البديلة (AFEAS) (2004). توجد مجموعة واسعة من المواد التي من المحتمل إطلاقها. ومع ذلك فقد أظهرت بيانات دراسة القابلية البيئية للكربونات الفلورية البديلة أن المكونات التي تم فقدها خلال إنتاج مادة كيميائية فلورية معينة كانت لها خصائص إشعاعية تشبه خصائص المادة الكيميائية الفلورية المطلوبة. وبالتالي بالنسبة للمصادر التي لا تعتبر فئات فرعية ذات أهمية ضمن *الفئة الرئيسية*، تكون انبعاثات المنتجات الثانوية والانبعاثات غير الثابتة متشابهة ومضمنة في معامل الانبعاث الذي يبلغ 0.5 في المائة.

في حالة سادس فلوريد الكبريت، واعتمادًا على التجربة الألمانية، يُقترح استخدام معامل انبعاث يبلغ 0.2 في المائة من إجمالي كمية سادس فلوريد الكبريت المنتج وذلك بالنسبة للبلدان التي لا يتطلب الاستخدام النهائي فيها غاز سادس كلوريد الكبريت النقي تمامًا (مثل المعدات الكهربائية والنوافذ المعزولة) (بريسيجر، 1999). واعتمادًا على التجربة اليابانية، ففي البلدان التي لا تتطلب الاستخدامات الرئيسية غاز سادس كلوري الكبريت (مثل تصنيع أشباه الموصلات)، يجب أن تكون القيمة الافتراضية 8 في المائة ويرجع ذلك إلى أن فاقد التناول خلال التخلص من الغاز المتبقي (أي الكعب الذي لا يُستخدم أو يعاد استخدامه) تتم إعادته (زويزي، 1999). في حالة توافر بيانات وطنية، يجب استخدامها لاسيما مع المواد الأخرى غير الواردة هنا.

تعتمد معاملات الانبعاث الافتراضية على المواقف التي لا يتم استخدام تدابير تخفيف فيها. في حالة تقليل كمية الغاز المنبعث إلى الجو، على سبيل المثال بواسطة الأكسدة الحرارية لتيار التهوية، يجب ضبط الكمية المنبعثة لتفسير كفاءة التدمير لعامل الأكسدة والفترة الزمنية التي يظل خلالها يعمل. واعتمادًا على تجربة تدمير HFC-23، تُقترح كفاءة تدمير تبلغ 100 في المائة، لكن سيكون للوقت الفوري لعملية التدمير تأثير كبير على الانبعاثات ويجب تسجيله.

الشكل 3-17 شجرة قرار لانبعاثات عمليات إنتاج غازات الاحتباس الحراري الفلورية، يمكن استخدامها مع انبعاثات المنتج الثانوي والانبعاثات غير الثابتة



ملاحظة:

1. انظر المجلد 1، الفصل 4، اختيار المنهجيات وتعريف الفئات الرئيسية (مع ملاحظة القسم 4-1-2 حول المصادر المحدودة)، للاطلاع على مناقشة الفئات الرئيسية واستخدام شجر القرارات.
2. يمكن استخدام منهج المستوى 2 هنا لتحديد ما إذا كانت هذه *فئة رئيسية* أم لا، ولكن كما تم شرحه في القسم 3-10-2-2، فإن ذلك ينطبق فقط على المستوى 2.
3. بالإمكان تجميع البيانات على شكل دراسة دولة من قبل طرف ثالث للحفاظ على السرية.

اختيار بيانات الأنشطة

لا يوجد دور لبيانات الأنشطة في تقديرات المستويين 2 و3، اللذين يعتمدان على القياسات. بالنسبة للمستوى 1، الأنشطة هي الكتلة السنوية للمادة الكيميائية الفلورية المطلوبة التي يتم إنتاجها.

إعادة الاستخدام

يمكن أن تقوم جهات الإنتاج أو شركات إعادة استخدام أخرى بإعادة استخدام الغاز المستعمل. ربما تحدث الانبعاثات خلال تناول وتنقية الغاز القديم وتناول الغاز المعاد استخدامه. لا تتوافر معاملات خاصة بالانبعاث. لذلك فمن *الممارسة السليمة* استخدام نفس المعامل الافتراضي للإنتاج الجديد.

الاستيفاء

بالنسبة لبعض القائمين على الحصر ربما يكون من الصعب التعرف على جهات تصنيع أصغر ولاسيما شركات إعادة الاستخدام. ومع ذلك، يجب تحديد التقديرات الأولية المعتمدة على توازن الكتلة الوطني لغازات الاحتباس الحراري الفلورية هذه وذلك إذا كانت الانبعاثات المرتبطة بالإنتاج من هذه الكيانات توفر كمية قابلة للقياس إلى إجمالي الانبعاثات الوطنية الكلية.

إعداد متسلسلة زمنية متسقة

يجب تقدير الانبعاثات غير الثابتة وانبعاثات المنتجات الثانوية للمركبات الفلورية لعمليات الإنتاج باستخدام نفس الأسلوب لكامل المتسلسلة الزمنية ومعاملات الانبعاث الملائمة. في حالة عدم توافر بيانات لأي من سنوات المتسلسلة الزمنية لأسلوب المستوى 3، يجب ملء هذه الثغرات وفقًا لخطوط التوجيهات الواردة في المجلد 1، الفصل 5.

3-2-10-3 تقدير أوجه عدم التيقن

بالنسبة للمستوى 1، يجب تحدد درجة عدم التيقن في بيانات الأنشطة للبلد المبلغ ويجب جمعها إحصائيًا مع درجة عدم التيقن مع معامل الانبعاث الافتراضي. وبشكل نموذجي ففي المنشأة جيدة التشغيل، يجب أن تكون درجة عدم التيقن الافتراضية في بيانات الأنشطة في نطاق 1 في المائة، على فرض الحفاظ على سجلات تسجيل دقيقة ومراقبة الإنتاج بالوزن. ربما يتراوح معامل الانبعاث الفعلي بين زيادة جيدة للقيمة الافتراضية إلى الصفر. لذلك فدرجة عدم التيقن الافتراضية لمعاملات الانبعاث الافتراضية تم ضبطها على 100 في المائة، على سبيل المثال 0.5±0.5 (%).

بالنسبة لانبعاثات المستوى 3، يجب تحديد درجة عدم التيقن من القياسات بشكل مفرد أو جمعي (باستخدام أساليب إحصائية قياسية) لتحديد درجة عدم التيقن الكلية للتقدير. والمنهجية تشبه تمامًا المنهجية الموضحة لتقدير HFC-23 من HCFC-22. في منهجية المستوى 2، يمكن تقييم درجة عدم تيقن كل من قياسات الكفاءة وتخصيص الفاقد لمركبات فردية. ونظرًا لأن هذه مسؤولة عن زيادة درجة عدم التيقن عن المستوى 3، من المحتمل أن استخدام المستوى 2 يكون قاصرًا على تقدير ما إذا كانت انبعاثات المواد الكيميائية الفلورية تمثل فئة فرعية ضمن *الفئة الرئيسية* من عدمه.

3-2-10-4 ضمان الجودة / مراقبة الجودة والإبلاغ والتوثيق

ضمان الجودة / مراقبة الجودة

من *الممارسة السليمة* إجراء فحوصات مراقبة الجودة كما وردت في المجلد 1، الفصل 6 وأن يقوم خبير بمراجعة تقديرات الانبعاثات. وكذا يمكن تطبيق فحوصات إضافية لمراقبة الجودة كما وردت في المجلد 1، الفصل 6 وإجراءات ضمان الجودة، لا سيما في حالة استخدام أساليب مستوى أعلى لتحديد الانبعاثات الناجمة عن فئة المصدر هذه. يوصى بأن يقوم القائمون على الحصر باستخدام إجراءات ضمان الجودة / مراقبة جودة لمستوى أعلى للفئات الرئيسية كما هو محدد في المجلد 1 و الفصل 4.

مقارنة تقديرات الانبعاثات باستخدام مقاربات مختلفة

يجب أن يقارن القائمون على الحصر التقدير المعتمد على بيانات مجمعة على مستوى جهة الإنتاج بتقدير معتمد على بيانات الإنتاج الوطني ومعاملات الانبعاث الافتراضية المقترحة. ويجب أن يفحصوا الاختلافات الهامة بالتعاون مع جهات التصنيع لتحديد ما إذا كانت هناك أي اختلافات ليس لها تفسير.

الإبلاغ والتوثيق

ربما تظهر مشكلات تتعلق بالسرية عند وجود مجموعة محدودة من جهات التصنيع. في هذه الحالات تقتضي الضرورة إجراء المزيد من التقارير المجمعة لإجمالي الانبعاثات على المستوى الوطني. في حالة عدم إمكانية الإفصاح عن نتائج المسح على أنها معلومات عامة، ربما يصبح من الضروري الحصول على مراجعات طرف آخر لبيانات المسح لتدعيم جهود التحقق من البيانات.

من *الممارسة السليمة* توثيق وأرشفة كل المعلومات المطلوبة لإنشاء تقديرات وطنية لحصر الانبعاثات كما ورد في المجلد 1 في القسم 6-11. ومن غير العملي أن يشتمل تقرير الحصر الوطني على كافة الوثائق. ومع ذلك، ينبغي أن يشتمل الحصر على ملخصات للأساليب المستخدمة ومراجع لبيانات المصدر، وبذلك تكون الانبعاثات التي تم الإبلاغ عنها شفافة ويمكن تتبع خطوات حسابها.

المراجع

الأقسام 3-2 – 3-8

Ashford, R.D. (1994). *Ashford's Dictionary of Industrial Chemicals*, Wavelength Publications Ltd, London England.

Austin, G.T. (1984). *Shreve's Chemical Process Industries*, Fifth Edition, McGraw-Hill, Inc., USA.

Babusiaux, P. (2005). Note on production of Glyoxal and Glyoxylic acid, Clariant, Lamotte, France.

Bockman, O. and Granli, T. (1994). 'Nitrous oxide from agriculture'. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences*, Supplement No. 12. Norsk Hydro Research Centre, Porsgrunn, Norway.

Bouwman, A.F., van der Hoek, K.W. and Olivier, J.G.J. (1995). 'Uncertainties in the global source distribution of nitrous oxide'. *Journal of Geophysical Research*, 100:D2, pp. 2785-2800, February 20, 1995.

Burtscher, K. (1999). Personal communication between Kurt Burtscher of Federal Environment Agency of Austria and plant operator of chemical industry in Linz, Austria, 1999.

Chemlink (1997). Website http://www.chemlink.com.au/titanium.htm. Chemlink Pty Ltd ACN 007 034 022. Publications 1997.

Choe J.S., Gook, P.J. and Petrocelli, F.P. (1993). Developing N_2O abatement technology for the nitric acid industry. Paper presented at the 1993 ANPSG Conference, Destin, Florida, USA, 6 October, 1993.

Cook, P. (1999). Personal communication between Phillip Cook of Air Products and Chemicals, Inc., USA, and Heike Mainhardt of ICF, Inc., USA. March 5, 1999.

Cotton, F.A. and Wilkinson, G. (1988). *Advanced Inorganic Chemistry*, 5th Edition, ISBN 0-471-84997-9. Wiley, New York, USA.

de Beer, J., Phylipsen, D. and Bates, J. (2001). *Economic Evaluation of Sectoral Emission Reduction Objectives for Climate Change: Economic Evaluation of Carbon Dioxide and Nitrous Oxide Emission Reductions in Industry in the EU – Bottom-up Analysis*, Contribution to a Study for DG Environment, European Commission by Ecofys Energy and Environment, AEA Technology Environment and National Technical University of Athens.

Environment Canada (1987). *Review of the Canadian Fertiliser Industry and Evaluation of Control Technology*, Conservation and Protection Report EPS 2/AG/1.

EFMA (2000a). European Fertilizer Manufacturers' Association, *Best Available Techniques for Pollution Prevention and Control in the European Fertilizer Industry: Production of Ammonia*, Booklet No. 1 of 8, European Fertilizer Manufacturers' Association, Brussels.

EFMA (2000b). European Fertilizer Manufacturers' Association, *Best Available Techniques for Pollution Prevention and Control in the European Fertilizer Industry: Production of Nitric Acid*, Booklet No. 2 of 8, European Fertilizer Manufacturers' Association, Brussels.

EFMA (2000c). European Fertilizer Manufacturers' Association, *Best Available Techniques for Pollution Prevention and Control in the European Fertilizer Industry: Production of Urea and Urea Ammonium Nitrate*, Booklet No. 5 of 8, European Fertilizer Manufacturers' Association, Brussels.

EIPPCB (2004a). European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau, *Draft Reference Document on Best Available Techniques in the Large Volume Inorganic Chemicals, Ammonia, Acids and Fertilisers Industries*, Draft March 2004, European Commission Directorate General JRC, Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies, Spain.

EIPPCB (2004b). European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau, *Draft Reference Document on Best Available Techniques in the Large Volume Inorganic Chemicals-Solid and Others Industry*, Draft August 2004, European Commission Directorate General JRC, Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies, Spain.

Hocking, M. B. (1998). *Handbook of Chemical Technology and Pollution Control*, Academic Press USA.

IPCC (1997). *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories*. Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Tréanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. Callander B.A. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA, Paris, France.

Japan Environment Agency (1995). Study of Emission Factors for N_2O from Stationary Sources.

Kirk-Othmer (1999). *Concise Encyclopedia of Chemical Technology*, Fourth Edition, John Wiley & Sons, Inc. USA.

Lowenheim, F.A. and Moran, M.K. (1975). *Faith, Keyes, and Clark's Industrial Chemicals*, Fourth Edition, John Wiley & Sons, Inc. USA.

Olivier, J. (1999). Personal communication between Jos Olivier of National Institute of Public Health and the Environment (RIVM), The Netherlands and Heike Mainhardt of ICF, Inc., USA. February 2, 1999.

Olsen, S.E. (1991). Kalsiumkarbid og CO2, STF34 A91142. SINTEF.

Perez-Ramirez, J., Kapteijn, F., Shoffel, K. and Moulijn, J. A. (2003). 'Formation and control of N_2O in nitric acid production: Where do we stand today?', *Applied Catalysis B: Environmental 44*, pp.117-131, Elsevier Science B.V.

Raaness, O. (1991). Silisiumkarbid og CO_2, STF34 A91134. SINTEF 1991.

Reimer, R.A., Slaten, C.S., Seapan, M., Koch, T.A. and Triner, V.G. (1999). 'Implementation of Technologies for Abatement of N_2O Emissions Associated with Adipic Acid Manufacture. Proceedings of the 2nd Symposium on Non-CO_2 Greenhouse Gases (NCGG-2), Noordwijkerhout, The Netherlands, 8-10 Sept. 1999, Ed. J. van Ham *et al.*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 347-358.

Reimer, R., (1999a). Personal communication between Ron Reimer of DuPont, USA and Heike Mainhardt of ICF, Inc., USA. February 8, 1999.

Reimer, R., (1999b). Personal communication between Ron Reimer of DuPont, USA and Heike Mainhardt of ICF, Inc., USA. May 19, 1999.

Reimschuessel, H. K. (1977). 'Nylon 6 Chemistry and Mechanisms', *Journal of Polymer Science: Macromolecular Reviews*, Vol. 12, 65-139, John Wiley & Sons, Inc.

Scott, A. (1998). 'The winners and losers of N_2O emission control'. *Chemical Week*, February 18, 1998.

Thiemens, M.H. and Trogler, W.C. (1991). 'Nylon production; an unknown source of atmospheric nitrous oxide'. *Science,* 251, pp. 932-934.

U.S. EPA (1985). Criteria Pollutant Emissions Factors. Volume 1, Stationary Point and Area Sources. AP-42 4th Edition (and Supplements A and B). U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, North Carolina, USA.

van Balken, J.A.M. (2005). Personal communication from J.A.M. van Balken (European Fertilizer Manufacturers Association).

القسم 3-9

AGO (2005). Australian Methodology for the Estimation of Greenhouse Gas Emissions and Sinks 2003: Industrial Processes, Australian Government, Department of the Environment and Heritage, Australian Greenhouse Gas Office, 2005, Table 4, Page 18.

BASF (2006). Personal Communication from Silke Schmidt, BASF Aktiengesellschaft, Ludwidshafen, Germany to Robert Lanza, ICF Consulting, Inc., Washington, DC, USA, January 9, 2006.

Boustead, I. (1999). Eco-Profiles of Plastics and Related Intermediates, published by APME, Brussels, 1999.

Boustead, I. (2003a). Eco-Profiles of the European Plastics Industry: Olefins. A Report for the European Association of Plastics Manufacturers (APME), Brussels, July 2003, Table 7, Page 9. http://www.apme.org/dashboard/business_layer/template.asp?url=http://www.apme.org/media/public_documents/20030820_114355/olefinsreport_july2003.pdf&title=Microsoft+Word+%2D+olefins%2Edoc&keuze1=&keuze2=&keuze3=&invulstrook=olefin+AND+eco%2Dprofile

Boustead, I. (2003b). Eco-Profiles of the European Plastics Industry, Methodology: A Report for APME, Brussels, July 2003. http://www.apme.org/media/public_documents/20010817_141031/method.pdf

Boustead, I. (2005). ETHYLENE DICHLORIDE: A report by I Boustead for The European Council of Vinyl Manufacturers (ECVM) & PlasticsEurope, March 2005.

DOE (2000). Energy and Environmental Profile of the U.S. Chemical Industry, U.S. Department of Energy Office of Industrial Technologies, May 2000, Section 3.1.4, Page 92.

DSM (2002). DSM Responsible Care Progress Report 2001; Safety, Health and Environmental Management at DSM, 2002

EEA (2005). EMEP/CORINAIR. Emission Inventory Guidebook – 2005, European Environment Agency, Technical report No 30. Copenhagen, Denmark, (December 2005). Available from web site see: http://reports.eea.eu.int/EMEPCORINAIR4/en

European IPPC Bureau (2005). Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Draft Reference Document on Best Available Techniques in the Large Volume Inorganic Chemicals (LVIC) – Solid and Others Industry, EK/EIPPCB/LVIC-S_Draft_2, Draft, June 2005. http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm

European IPPC Bureau (2003). Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on Best Available Techniques in the Large Volume Organic Chemical (LVOC) Industry, February 2003. http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm

FgH-ISI (1999). Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung. C-Ströme Abschätzung der Material –Energie und CO2 Ströme für Modellsysteme in Zuzammenhang mit dem nichenergetishen Verbrauch, orientiert am Lebensweg – Stand und Szenarienbetractthung, Karlsrue, 1999. Cited in Neelis, M; Patel, M; de Feber, M; 2003. Improvement of CO_2 Emissions Estimates from the Non-energy Use of Fossil Fuels in the Netherlands. Report Number NW&S-E-2003-10, Copernicus Institute, Department of Science, Technology, and Society, Utrecht, The Netherlands, April 2003

Hinderink, *et al*. (1996). Exergy Analysis with Flowsheeting Simulator – II Application Synthesis Gas Production from Natural Gas, Chemical Engineering Science, Volume 51, No. 20, Page 4701-4715, 1996. Cited in Neelis, M; Patel, M; de Feber, M; 2003. Improvement of CO2 Emissions Estimates from the Non-energy Use of Fossil Fuels in the Netherlands. Report Number NW&S-E-2003-10, Copernicus Institute, Department of Science, Technology, and Society, Utrecht, The Netherlands, April 2003

Houdek, J.M., Andersen, J. (2005). "On Purpose" Propylene – Technology Developments, UOP LLC. Presented at the ARTC 8th Annual Meeting, Kuala Lumpur, April 29, 2005, Figure 1, Page 3 and Page 4.

Kirk Othmer (1992). Encyclopedia of Chemical Technology, 4th Edition, Volume 4, 1992. Carbon Black. Page 1054.

Lurgi (2004a). Lurgi Mega Methanol. Lurgi Oel-Gas-Chemie

Lurgi (2004b). Integrated Low Pressure Methanol Process: Synthesis Gas Production by Combined Reforming of Natural Gas or Oil Associated Gas. Lurgi Oel-Gas-Chemie. http://www.lurgi-oel.de/lurgi_oel/english/nbsp/main/info/methanol_combined_reforming.pdf

Lurgi (2004c). Integrated Low Pressure Methanol Process: Synthesis Gas Production by Conventional Steam Reforming of Natural Gas or Oil Associated Gas. Lurgi Oel-Gas-Chemie. http://www.lurgi-oel.de/lurgi_oel/english/nbsp/main/info/methanol_conventional_reforming.pdf

Methanex (1996). Methanex Corporation Climate Change Voluntary Challenge and Registry Program Action Plan, September 1996. http://www.vcr-mvr.ca/registry/out/C969-METHANEX-W52.PDF

Methanex (2003). Global Environmental Excellence Report 2002, Methanex Corporation, 2003

Neelis, M., Patel, M. and de Feber, M. (2003). Improvement of CO_2 Emissions Estimates from the Non-energy Use of Fossil Fuels in the Netherlands, Report Number NW&S-E-2003-10, Copernicus Institute, Department of Science, Technology, and Society, Utrecht, The Netherlands, April 2003.

Qenos (2003). Annual Report on Manufacturing Operations at Qenos Olefins, Plastics, Resins, and Elastomers Sites to Altona Complex Neighborhood Consultative Group, April 2003, Qenos Pty. Ltd.

Qenos (2005). 2004 Annual Report on Manufacturing Operations at Qenos Olefins, Plastics, Resins, and Elastomers Sites to Altona Complex Neighborhood Consultative Group, April 2005, Qenos Pty. Ltd.

SFT (2003a). Self-reporting of emissions to the Norwegian Pollution Control Authority based on direct measurements at Statoil Tjeldbergodden Methanol Plant. (In Norwegian).

SFT (2003b). Self-reporting of emissions to the Norwegian Pollution Control Authority based on direct measurements at Nordetyl ethylene Plant. (In Norwegian).

Struker, A. and Blok, K. (1995). Sectorstudie organische chemie, National Energy Efficiency Data Informatie Systeem (NEEDIS), Patten, December 1995. Cited in Neelis, M; Patel, M; de Feber, M; 2003. Improvement of CO2 Emissions Estimates from the Non-energy Use of Fossil Fuels in the Netherlands, Report Number NW&S-E-2003-10, Copernicus Institute, Department of Science, Technology, and Society, Utrecht, The Netherlands, April 2003

القسم 3-10-1

Defra (2002a). Protocol C1: Measurement of HFCs and PFCs from the Manufacture of HF, CTF, HCFC-22, HFC-125 and HFC-134a, in *Guidelines for the Measurement and Reporting of Emissions by Direct Participants in the UK Emissions Trading Scheme*, UK Department for Environment, Food and Rural Affairs, Report No. UKETS(01)05rev1, Defra, London, 2002.

Defra (2002b). Protocol C9: Measurement of HFCs and PFCs from Chemical Process Operations, UK Department for Environment, Food and Rural Affairs, *as above*, London, 2002.

EFCTC (2003). *Protocol for the Measurement of HFC and PFC Greenhouse Gas Emissions from Chemical Process Operations*, Standard Methodology, European Fluorocarbon Technical Committee, Cefic, Brussels, 2003.

IPCC (1997). *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories*. Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Tréanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. Callander B.A. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA, Paris, France.

IPCC (2000). Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K., Tanabe K. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan.

McCulloch A. (1992). Global Production and Emissions of Bromochlorodifluoromethane and Bromotrifluoromethane (Halons 1211 and 1301), *Atmos. Environ., 26A(7)*, 1325-1329.

Oram D.E., Sturges, W.T., Penkett, S.A., McCulloch, A. and Fraser, P.J. (1998). Growth of fluoroform (CHF_3, HFC-23) in the background atmosphere, *Geophys. Res. Lett., 25(1)*, 35-38.

RTI, Cadmus*, (1998).* '*Performance Standards for Determining Emissions of HFC-23 from the Production of HCFC-22*'*, draft final report* prepared for USEPA, February 1998.

UN (2004). Approved baseline methodology, 'Incineration of HFC 23 waste streams', AM0001/Version 02, CDM – Executive Board, United Nations Framework Convention on Climate Change, 7 April 2004

U.S. EPA (2001). Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-1999. United States Environmental Protection Agency, Report No. EPA 236-R-01-001, Washington, U.S.A., 2001.

القسم 3-10-2

AFEAS (2004). *Production, Sales and Estimated Atmospheric Emissions of CFCs, HCFCs and HFCs*, Alternative Fluorocarbons Environmental Acceptability Study, Arlington, U.S.A., 2004. Available at *www.afeas.org.*

Preisegger, E. (1999). Statement on experiences of Solvay Fluor und Derivate GmbH, Hannover, Germany regarding an emission factor at the IPCC expert group meeting on *Good practice* in Inventory Preparation, Washington D.C. Jan, 1999.

Suizu, T. (1999). Partnership activities for SF6 gas emission reduction from gas insulated electrical equipment in Japan. *Proc. Joint IPCC/TEAP Expert Meeting on Options for the Limitation of Emissions of HFCs and PFCs, Petten, Netherlands*, 26-28 May 1999. ECN, Petten.

UNFCCC (2005). Belgium's Greenhouse Gas Inventory (1990-2003), National Inventory Report 2005, submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change, April 2005. http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/2761.php.