الفصل 4

انبعاثات الصناعات المعدنية

المؤلفون

القسم 4-1

جيري ماركس (الولايات المتحدة)

القسم 4-2

جوناثات لوبتسكي (الولايات المتحدة) وبروس أ. شتينر (الولايات المتحدة)

القسم 4-3

تور فايردن (النرويج) وجوناثات س. لوبتسكي (الولايات المتحدة) وتور ليندستاد (النرويج) وسفيري إي.أولسين (النرويج) وجابريلا ترانيل (النرويج)

القسم 4-4

جيري ماركس (الولايات المتحدة) وويليام كوجو أجيميناج-بونسو (غانا) وموراشيو فيرمينتو بورن (البرازيل) ولوريل جريين (أستراليا) وهالفور كفاندا (النرويج) وكينيث م ارتشيك (الولايات المتحدة) وسالي راند (الولايات المتحدة)

القسم 4-5

جابريلا ترانل (النرويج) وتوم تريب (الولايات المتحدة)

القسم 4-6

جوناثان س. لوبتسكي (الولايات المتحدة) وجير ماركس (الولايات المتحدة)

القسم 4-7

جوناثان س. لوبتسكي (الولايات المتحدة)

المؤلفون المساهمون

القسم 4-2

روبرت لانزا (الولايات المتحدة الأمريكية)

القسم 4-4

فينس فان سون (الولايات المتحدة) وبابلو ألونسو (فرنسا) ورون ناب (أستراليا) وستيفان جوثير (كندا) ومايكل لالوندو (كندا) وهيزو دي أوليفيرا (البرازيل) وكريس بايليس (المملكة المتحدة)

المحتويات

4 انبعاثات الصناعات المعدنية 4-8
4-1 مقدمة 4-8
4-2 إنتاج الحديد والفولاذ والفحم التعديني 4-9
4-2-1 مقدمة 4-11
4-2-2 موضوعات منهجية 4-17
4-2-2-1 اختيار الأسلوب: إنتاج الفحم التعديني 4-17
4-2-2-2 اختيار الأسلوب: إنتاج الحديد والفولاذ 4-19
4-2-2-3 اختيار معامل الانبعاثات 4-24
4-2-2-4 اختيار بيانات الأنشطة 4-28
4-2-2-5 الاستيفاء 4-28
4-2-2-6 إعداد متسلسلة زمنية متسقة 4-29
4-2-3 تقدير أوجه عدم التيقن 4-30
4-2-4 ضمان الجودة / مراقبة الجودة والإبلاغ والتوثيق 4-30
4-2-4-1 ضمان الجودة / مراقبة الجودة 4-30
4-2-4-2 الإبلاغ والتوثيق 4-31
4-3 إنتاج سبائك الحديد 4-32
4-3-1 مقدمة 4-32
4-3-2 موضوعات منهجية 4-32
4-3-2-1 اختيار الأسلوب 4-32
4-3-2-2 اختيار معامل الانبعاثات 4-37
4-3-2-3 اختيار بيانات الأنشطة 4-39
4-3-2-4 الاستيفاء 4-40
4-3-2-5 إعداد متسلسلة زمنية متسقة 4-40
4-3-3 تقدير أوجه عدم التيقن 4-40
4-3-3-1 حالات عدم التيقن في معامل الانبعاثات 4-40
4-3-3-2 حالات عدم التيقن في بيانات الأنشطة 4-40
4-3-4 ضمان الجودة / مراقبة الجودة والإبلاغ والتوثيق 4-41
4-3-4-1 ضمان الجودة / مراقبة الجودة 4-41
4-3-4-2 الإبلاغ والتوثيق 4-41
4-4-1 مقدمة 4-42
4-4-2 موضوعات منهجية 4-42
4-4-2-1 اختيار أسلوب حساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الألومونيوم الأساسي 4-42
4-4-2-2 اختيار معاملات انبعاث ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الألومونيوم الأساسي 4-46
4-4-2-4 اختيار معامل الانبعاث للبيروفلوروكربونات 4-52
4-4-2-5 اختيار بيانات الأنشطة 4-54
4-4-2-6 الاستيفاء 4-55

4-4-2-7 إعداد متسلسلة زمنية متسقة 4-55
4-4-3 تقدير أوجه عدم التيقن 4-55
4-4-3-1 حالات عدم التيقن في معامل الانبعاثات 4-55
4-4-3-2 حالات عدم التيقن في بيانات الأنشطة 4-56
4-4-4 ضمان الجودة / مراقبة الجودة والإبلاغ والتوثيق 4-56
4-4-4-1 ضمان الجودة / مراقبة الجودة 4-56
4-4-4-2 الإبلاغ والتوثيق 4-56
4-5 إنتاج المغنيسيوم 4-58
4-5-1 مقدمة 4-58
4-5-2 موضوعات منهجية 4-60
4-5-2-1 اختيار الأسلوب 4-60
4-5-2-2 اختيار معامل الانبعاثات 4-64
4-5-2-3 اختيار بيانات الأنشطة 4-65
4-5-2-4 الاستيفاء 4-66
4-5-2-5 إعداد متسلسلة زمنية متسقة 4-66
4-5-3 تقدير أوجه عدم التيقن 4-67
4-5-4 ضمان الجودة / مراقبة الجودة والإبلاغ والتوثيق 4-67
4-5-4-1 ضمان الجودة / مراقبة الجودة 4-67
4-5-4-2 الإبلاغ والتوثيق 4-69
4-6 إنتاج الرصاص 4-70
4-6-1 مقدمة 4-70
4-6-2 موضوعات منهجية 4-70
4-6-2-1 اختيار الأسلوب 4-70
4-6-2-2 اختيار معامل الانبعاثات 4-72
4-6-2-3 اختيار بيانات الأنشطة 4-73
4-6-2-4 الاستيفاء 4-74
4-6-2-5 إعداد متسلسلة زمنية متسقة 4-74
4-6-3 تقدير أوجه عدم التيقن 4-74
4-6-3-1 حالات عدم التيقن في معامل الانبعاثات 4-74
4-6-3-2 حالات عدم التيقن في بيانات الأنشطة 4-74
4-6-4 ضمان الجودة / مراقبة الجودة والإبلاغ والتوثيق 4-75
4-6-4-1 ضمان الجودة / مراقبة الجودة 4-75
4-6-4-2 الإبلاغ والتوثيق 4-76
4-7 إنتاج الزنك 4-77
4-7-1 مقدمة 4-77
4-7-2 موضوعات منهجية 4-77
4-7-2-1 اختيار الأسلوب 4-77
4-7-2-2 اختيار معامل الانبعاثات 4-79
4-7-2-3 اختيار بيانات الأنشطة 4-79
4-7-2-4 الاستيفاء 4-80
4-7-2-5 إعداد متسلسلة زمنية متسقة 4-80

4-7-3 تقدير أوجه عدم التيقن 4-81
4-7-3-1 حالات عدم التيقن في معامل الانبعاثات 4-81
4-7-3-2 حالات عدم التيقن في بيانات الأنشطة 4-81
4-7-4 ضمان الجودة / مراقبة الجودة والإبلاغ والتوثيق 4-81
4-7-4-1 ضمان الجودة / مراقبة الجودة 4-81
4-7-4-2 الإبلاغ والتوثيق 4-82
المراجع 4-83

المعادلات

المعادلة 4-1 الانبعاثات الناجمة عن إنتاج فحم الكوك (المستوى 1) 4-17
المعادلة 4-2 انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج فحم الكوك في الموقع (المستوى 2) 4-17
المعادلة 4-3 انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج فحم الكوك خارج الموقع (المستوى 2) 4-18
المعادلة 4-4 انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الحديد والفولاذ (المستوى 1) 4-21
المعادلة 4-5 انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج حديد الزهر غير المعالج في الفولاذ (المستوى 1) 4-21
المعادلة 4-6 انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج حديد الاختزال المباشر (المستوى 1) 4-21
المعادلة 4-7 انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج اللبيدات (المستوى 1) 4-21
المعادلة 4-8 انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الكريات (المستوى 1) 4-21
المعادلة 4-9 انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الحديد والفولاذ (المستوى 2) 4-22
المعادلة 4-10 انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج اللبيدات (المستوى 2) 4-22
المعادلة 4-11 انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج حديد الاختزال المباشر (المستوى 2) 4-23
المعادلة 4-12 انبعاثات الميثان الناجمة عن إنتاج اللبيدات (المستوى 1) 4-24
المعادلة 4-13 انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج حديد الزهر في أفران الصهر (المستوى 1) 4-24
المعادلة 4-14 انبعاثات الميثان الناجمة عن إنتاج حديد الاختزال المباشر (المستوى 1) 4-24
المعادلة 4-15 انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج سبائك الحديد حسب أسلوب المستوى 1 4-32
المعادلة 4-16 انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج سبائك الحديد حسب أسلوب المستوى 2 4-33
المعادلة 4-17 انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج سبائك الحديد حسب أسلوب المستوى 3 4-34
المعادلة 4-18 انبعاثات الميثان الناجمة عن إنتاج سبائك الحديد حسب أسلوب المستوى 1 4-36
المعادلة 4-19 محتويات الكربون لعوامل اختزال سبائك الحديد 4-38
المعادلة 4-20 انبعاثات العملية لثاني أكسيد الكربون الناجمة عن استهلاك الأنود و/أو العجينة (أسلوب المستوى 1) 4-43
المعادلة 4-21 انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن استهلاك أنود التجفيف السابق (أساليب المستوى 2 والمستوى 3) 4-44
المعادلة 4-22 انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن احتراق المواد المتطايرة للقار (أساليب المستوى 2 والمستوى 3) 4-44
المعادلة 4-23 انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن مادة التعبئة لفرن التجفيف (أساليب المستوى 2 والمستوى 3) 4-45
المعادلة 4-24 انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن استهلاك العجينة (أساليب المستوى 2 والمستوى 3) 4-45
المعادلة 4-25 انبعاثات البيروفلوروكربونات (أسلوب المستوى 1) 4-49
المعادلة 4-26 انبعاثات البيروفلوروكربونات حسب أسلوب الميل (أساليب المستوى 2 والمستوى 3) 4-50
المعادلة 4-27 انبعاثات البيروفلوروكربونات حسب أسلوب زيادة الفولتية (أساليب المستوى 2 والمستوى 3) 4-50
المعادلة 4-28 انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج المغنيسيوم الأساسي (المستوى 1) 4-60
المعادلة 4-29 انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج المغنيسيوم الأساسي (المستوى 2) 4-60

المعادلة 4-30 انبعاثات سداسي فلوريد الكبريت الناجمة عن تشكيل المغنيسيوم (المستوى 1) 4-61
المعادلة 4-31 انبعاثات سداسي فلوريد الكبريت الناجمة عن تشكيل المغنيسيوم (المستوى 2) 4-61
المعادلة 4-32 انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الرصاص 4-71
المعادلة 4-33 انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الزنك (المستوى 1) 4-78
المعادلة 4-34 انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الزنك (المستوى 1) 4-78

الأشكال التوضيحية

الشكل 4-1 شكل توضيحي للعملية الرئيسية للإنتاج المتكامل للحديد والفولاذ* 4-10
الشكل 4-2 شكل توضيحي لعملية إنتاج فحم الكوك (يتم الإبلاغ عن الانبعاثات في الفئة 1أ في قطاع الطاقة) 4-13
الشكل 4-3 شكل توضيحي لعملية إنتاج اللبيدات 4-14
الشكل 4-4 شكل توضيحي لعمليات إنتاج الحديد الزهر 4-15
الشكل 4-5 شكل توضيحي لعمليات إنتاج اللبيدات 4-16
الشكل 4-6 تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الفحم التعديني 4-19
الشكل 4-7 شجرة القرارات لتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الحديد والفولاذ 4-20
الشكل 4-8 شجرة القرارات لتقدير انبعاثات الميثان الناجمة عن إنتاج الحديد والفولاذ 4-20
الشكل 4-9 شجرة القرارات لتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من إنتاج سبائك الحديد 4-35
الشكل 4-10 شجرة القرارات لتقدير انبعاثات الميثان الناجمة عن إنتاج سليكون الحديد وسبائك السليكون 4-36
الشكل 4-11 شجرة القرارات لتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من إنتاج الألومونيوم الأساسي 4-43
الشكل 4-12 شجرة القرارات لتقدير انبعاثات البيروفلوروكربونات من إنتاج الألومونيوم الأساسي 4-52
الشكل 4-13 شجرة قرار تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن تكلس المواد الخام في عملية إنتاج المغنيسيوم الأساسي 4-62
الشكل 4-14 شجرة قرار تقدير انبعاثات سداسي فلوريد الكبريت من معالجة المغنيسيوم 4-63
الشكل 4-15 شجرة القرارات لتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من إنتاج الرصاص 4-71
الشكل 4-16 شجرة القرارات لتقييم انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من إنتاج الزنك 4-80

الجداول

الجدول 4-1 معاملات انبعاث ثاني أكسيد الكربون الافتراضية في المستوى 1 الخاصة بإنتاج فحم الكوك وإنتاج الحديد والفولاذ 4-25
الجدول 4-2 معاملات انبعاث الميثان الافتراضية في المستوى 1 الخاصة بإنتاج فحم الكوك وإنتاج الحديد والفولاذ 4-26
الجدول 4-3 محتويات الكربون الخاصة بالمادة لإنتاج الحديد والفولاذ وفحم الكوك بالمستوى 2 4-27
الجدول 4-4 نطاقات عدم التيقن 4-30
الجدول 4-5 معاملات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون العامة لإنتاج سبائك الحديد (طن ثاني أكسيد الكربون/طن منتج) 4-37
الجدول 4-6 معاملات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لإنتاج سبائك الحديد (طن ثاني أكسيد الكربون/طن عامل اختزال) 4-38
الجدول 4-7 معاملات الانبعاث الافتراضية للميثان (كجم ميثان/طن منتج) 4-39
الجدول 4-8 معاملات انبعاث الميثان (كجم ميثان/طن منتج) 4-39
الجدول 4-9 نطاقات عدم التيقن 4-40

الجدول 4-10 معاملات الانبعاث الخاصة بالتقنية للمستوى 1 لحساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن استهلاك الأنود والعجينة 4-46
الجدول 4-11 مصادر البيانات ودرجات عدم التيقن للبراميترات المستخدمة في أسلوب المستوى 2 أو 3 لحساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن خلايا التجفيف السابق (التجفيف السابق المركزي والتجفيف السابق الجانبي)، 4-46
الجدول 4-12 مصادر البيانات ودرجات عدم التيقن للبراميترات المستخدمة في أسلوب المستوى 2 أو 3 لحساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن احتراق المواد المتطايرة للقار (التجفيف السابق المركزي والتجفيف السابق الجانبي)، 4-47
الجدول 4-11 مصادر البيانات ودرجات عدم التيقن للبراميترات المستخدمة في أسلوب المستوى 2 أو 3 لحساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن مادة التعبئة في فرن التجفيف (التجفيف السابق المركزي والتجفيف السابق الجانبي)، 4-47
الجدول 4-14 مصادر البيانات ودرجات عدم التيقن للبراميترات المستخدمة في أسلوب المستوى 2 أو 3 لحساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن خلايا سدربيرج (سدربيرج العمود الرأسي وسدربيرج العمود الأفقي)..... 4-48
الجدول 4-15 معاملات الانبعاث الافتراضية ونطاقات عدم التقين لحساب انبعاثات البيروفلوروكربونات من إنتاج الألومونيوم حسب نوع تقنية الخلية (أسلوب المستوى 1) 4-53
الجدول 4-16 معاملات تغيير زيادة الفولتية والميل الخاصة بالتقنية لحساب انبعاثات البيروفلوروكربونات من إنتاج الألومونيوم (أسلوب المستوى 2)..... 4-54
الجدول 4-17 *الممارسة السليمة* في الأبلاغ عن معلومات انبعاثات البيروفلوروكربونات الناجمة عن إنتاج الألومونيوم حسب المستوى 4-57
الجدول 4-18 انبعاثات غازات الاحتباس الحراري المحتملة المرتبطة بإنتاج ومعاجلة المغنيسيوم..... 4-58
الجدول 4-19 معاملات الانبعاث لإنتاج معدن المغنيسيوم الأساسي الخاصة بخامة معينة 4-64
المعادلة 4-20 انبعاثات سداسي فلوريد الكبريت الناجمة عن تشكيل المغنيسيوم (المستوى 1) 4-65
الجدول 4-21 معاملات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون العامة لإنتاج الرصاص حسب المصدر ونوع الفرن (طن ثاني أكسيد الكربون/طن منتج) 4-72
الجدول 4-22 محتوى الكربون الخاص بالمادة المستخدمة في إنتاج الرصاص (كجم كربون/كجم)..... 4-73
الجدول 4-23 نطاقات عدم التيقن..... 4-75
المعادلة 4-24 معاملات الانبعاث الخاصة بإنتاج الزنك للمستوى 1 4-79
الجدول 4-25 نطاقات عدم التيقن..... 4-81

المربعات

المربع 4-1 تعريفات الكلمات/الرموز المستخدمة في المعاملات الواردة في هذا القسم 4-33
المربع 4-2 وصف تأثير الأنود 4-49

4 انبعاثات الصناعات المعدنية

1-4 مقدمة

توفر الأقسام التالية من 4-2 وحتى 4-7 الخطوط التوجيهية المتعلقة بتقدير انبعاثات غازات الاحتباس الحراري التي تنجم عن إنتاج المعادن.

- يغطي القسم 4-2 الانبعاثات الناجمة عن إنتاج الحديد والفولاذ والفحم التعديني؛
- يغطي القسم 4-3 الانبعاثات الناجمة عن إنتاج سبائك الحديد؟
- يغطي القسم 4-4 الانبعاثات الناجمة عن إنتاج الألومونيوم؛
- يغطي القسم 4-5 الانبعاثات الناجمة عن إنتاج المغنيسيوم؛
- يغطي القسم 4-6 الانبعاثات الناجمة عن إنتاج الرصاص؛
- يغطي القسم 4-7 الانبعاثات الناجمة عن إنتاج الزنك.

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 لتحديد التفاعلات الكيميائية الموجودة في العمليات التعدينية يمكن أن تكون وثيقة الصلة في العديد من الحالات. وعند الحاجة إلى تثبيت تقنية لاحتجاز ثاني أكسيد الكربون في إحدى منشآت إنتاج المعادن، يجب طرح كمية ثاني أكسيد الكربون المحتجز في حساب انبعاثات مستوى أعلى. 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 القائمين على عمليات الحصر في الحالات التي تقتضي الإبلاغ عن انبعاثات الاحتراق وانبعاثات العمليات الصناعية، مثل إنتاج الحديد والفولاذ، 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 ومصادر العمليات الصناعية واستخدامات المنتجات بما يتناسب مع كميات ثاني أكسيد الكربون المولد في فئات المصدر هذه. الافتراضي الأساسي هو أنه لا يوجد احتجاز لثاني أكسيد الكربون وتخزينه. 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.

2-4 إنتاج الحديد والفولاذ والفحم التعديني

يؤدي إنتاج الحديد والفولاذ إلى انبعاث ثاني أكسيد الكربون (CO_2) والميثان (CH_4) وأكسيد النيتروز (N_2O). يوفر هذا الفصل الخطوط التوجيهية المعنية بتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والميثان[1]

- تشتمل صناعة الحديد والفولاذ على نطاق واسع على ما يلي:
- منشآت أولية لإنتاج الحديد والفولاذ؛
- منشآت ثانوية لصناعة الفولاذ؛
- منشآت إنتاج الحديد؛ و
- إنتاج الفحم التعديني خارج الموقع.

يوضح الشكل 4-1 العمليات الرئيسية في إنتاج الحديد والفولاذ: إنتاج الفحم التعديني وإنتاج اللبيدات وإنتاج الكريات ومعالجة الحديد الخام وصناعة الحديد وصناعة الفولاذ وصب الفولاذ وفي أحيان كثيرة غازات أفران فحم الكوك وأفران الصهر لأغراض أخرى. قد تحدث العمليات الأساسية في ما يُشار إليه باسم منشأة "متكاملة" والتي تشتمل بشكل نموذجي على أفران الصهر وأفران الأكسجين القاعدية لصناعة الفولاذ (BOF) أو في بعض الحالات أفران المجمرة المكشوفة (OHF). ومن الشائع أيضًا أن تكون أجزاء الإنتاج بعيدة عن الموقع وتحت مسؤولية مشغل آخر مثل منشأة إنتاج فحم الكوك التي توجد في مكان بعيد عن الموقع.

توجد في بعض البلدان منشآت لإنتاج فحم الكوك لا تكون متكاملة مع إنتاج الحديد والفولاذ (أي "بعيدًا عن الموقع"). يتناول هذا الفصل الخطوط التوجيهية الخاصة بتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والميثان الناجمة عن كل إنتاج فحم الكوك لضمان الاتساق والاستيفاء. يجب أن تقدر البلدان الانبعاثات الناجمة عن إنتاج فحم الكوك في الموقع وبعيدًا عن الموقع بشكل منفصل ضمن مستويات أعلى حيث غالبًا ما يتم استعمال المنتجات الثانوية الناجمة عن إنتاج الفحم في الموقع (مثل غاز فرن الفحم ووهج الفحم) خلال إنتاج الحديد والفولاذ.

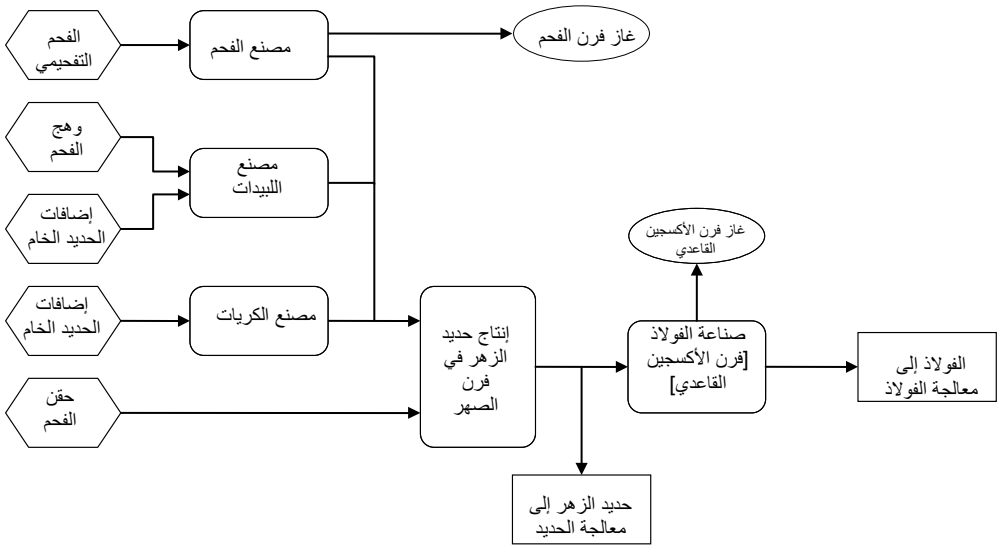
صناعة الفولاذ الأساسية الثانوية:
يمكن أن يتم إنتاج الفولاذ في منشآت متكاملة من معدن الخام أو في منشآت ثانوية، والتي تقوم بإنتاج الفولاذ أساسًا من خردة الفولاذ المعاد تدويرها. تشتمل المنشآت المتكاملة النموذجية على إنتاج فحم الكوك وأفران الصهر وأفران الأكسجين القاعدية لصناعة الفولاذ أو في بعض الحالات أفران المجمرة المكشوفة. ويتم إنتاج الفولاذ الخام باستخدام أفران الأكسجين القاعدية من حديد الزهر الذي يتم إنتاجه بواسطة أفران الصهر ثم تتم معالجته في منتجات الفولاذ التي تم الانتهاء منها. كما يمكن معالجة حديد الزهر مباشرة في منتجات الحديد. وعادة ما تتم صناعة الفولاذ الثانوية في الأفران القوسية الكهربية (EAF). في عام 2003، كانت أفران الأكسجين القاعدية مسؤولة عن 63 في المائة تقريبًا من الإنتاج العالمي للفولاذ وكانت الأفران القوسية الكهربية مسؤولة عن 33 في المائة، وكان إنتاج الأفران المجمرة المكشوفة مسؤولاً عن نسبة الـ 4 في المائة الباقية لكنه يشهد تدنياً في الوقت الحالي.

إنتاج الحديد:
يمكن إنتاج الحديد في الموقع في منشآت متكاملة أو في منشآت منفصلة خارج الموقع تحتوي على أفران صهر وأفران الأكسجين القاعدية. بالإضافة إلى إنتاج الحديد من خلال أفران الصهر، يمكن إنتاج الحديد عبر عملية الاختزال المباشر. تشتمل عملية الاختزال المباشر على اختزال معدن الحديد إلى حديد تعديني في الحالة الصلبة في درجات حرارة معاجلة تقل عن 1000 درجة مئوية.

إنتاج الفحم التعديني:
يعتبر إنتاج الفحم التعديني من الاستخدامات المولدة للطاقة للوقود الحفري ونتيجة لذلك يجب الإبلاغ عن الانبعاثات في الفئة 1أ من قطاع الطاقة. ومع ذلك فالمنهجيات مقدمة هنا في المجلد 3 لأن بيانات الأنشطة المستخدمة لتقدير الانبعاثات المولد للطاقة وغير المولدة للطاقة في الإنتاج المتكامل للحديد والفولاذ تتداخل بشكل كبير. يجب اعتبار كل الوقود المستهلك في فئة المصدر هذه غير المخصص كمدخلات في مصانع اللبيدات ومصانع الكريات وأفران الصهر يجب اعتباره احتراق وقود، والذي يتم التعامل معه والإبلاغ عنه في قطاع الطاقة (انظر المجلد 2: الطاقة).

[1] لم يتم توفير منهجية لحساب انبعاثات أكسيد النيتروز. حيث من المحتمل أن تكون هذه الانبعاثات صغيرة، لكن تستطيع البلدان حساب التقديرات بشرط أن يضعوا أساليب خاصة بالبلد استنادًا إلى البيانات التي تم بحثها.

الشكل 4-1 شكل توضيحي للعملية الرئيسية للإنتاج المتكامل للحديد والفولاذ*



معدل من الأصل:

European Conference on "The Sevilla Process: A Driver for Environmental Performance in Industry" Stuttgart, 6 and 7 April 2000, BREF on the Production of Iron and Steel - conclusion on BAT, Dr. Harald Schoenberger, Regional State Governmental Office Freiburg, April 2000.

Mis en forme : Anglais (États-Unis)

4-2-1 مقدمة

إنتاج الفحم التعديني

يتم استخدام الفحم التعديني بشكل أساسي في فرن الصهر لتصنيع الحديد. أيضًا يتم استخدام فحم الكوك في عمليات تعدينية أخرى، مثل تصنيع الحديد الخام وسبائك الحديد والرصاص والزنك وفي القمينات لتصنيع الجير والمغنيسيوم. الفحم التعديني هو المنتج الصلب الذي يمكن الحصول عليه عن طريق كربنة الفحم، خاصة الفحم التفحيمي، على درجة حرارة عالية. كما أنه يحتوي على نسبة منخفضة من الرطوبة والمواد المتطايرة. المقصود بالفحم التفحيمي هو الفحم القاري (البتوميني) من نوعية تسمح بإنتاج فحم كوك مناسب لتدعيم شحن فرن الصهر العالي. تبلغ قيمته الحرارية الإجمالية ما يزيد عن 865 23 كيلو جول/كجم (700 5 كيلو سعر حراري/كجم) في قاعدة خالية من الرماد لكن رطبة. يستخلص غاز فرن فحم الكوك في صورة منتج ثانوي لعملية تصنيع الفحم التعديني المستخدم في إنتاج الحديد والفولاذ. يوضح الشكل 4-2 عملية إنتاج فحم الكوك والمصادر المرتبطة لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون والميثان.

لاحظ أنه يمكن حرق فرن الفحم لتسخين أفران فحم الكوك أو لنقله في الموقع في مصنع متكامل للحديد والفولاذ واستخدمه في عمليات إنتاج اللبيدات أو إنتاج الحديد. ويمكن أيضًا نقل غاز فرن فحم الكوك خارج الموقع (على سبيل المثال إلى نظام لتوزيع الغاز الطبيعي) واستخدامه كمصدر للطاقة. يؤدي احتراق فحم الكوك في أفران الصهر خلال عمليات صناعة الفولاذ والحديد إلى إنتاج غاز أفران الصهر، والتي يمكن عندئذٍ استعادتها ونقلها من مصنع الفولاذ والحديد إلى مصنع فحم الكوك في الموقع وإحراقها لتسخين أفران فحم الكوك أو استخدامها في إنتاج اللبيدات. ويعتبر غاز أفران الصهر وغاز فرن فحم الكوك المصادر الأساسية لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون والميثان في إنتاج الفحم.

إنتاج اللبيدات

يمكن تجميع الحديد الخام والمواد التي تحتوي على الحديد في مصانع اللبيدات في المصانع المتكاملة للحديد والفولاذ قبل إدخالها في فرن الصهر. قد تشتمل المواد الأولية لمصانع اللبيدات على خامات حديد دقيقة ومواد مضافة (على سبيل المثال الجير والأوليفين) والمواد المعاد تدويرها التي تحمل الحديد من العمليات السفلية لتصنيع الفولاذ والحديد (على سبيل المثال الغبار الناجم عن تنظيف غاز أفران الصهر). وهج الفحم (فحم فرن فحم كوك صغير الدرجة بجزئيات ذات أحجام تزيد عن 5 ملم) هو مادة العملية الأكثر استخدامًا في مصانع اللبيدات. يمكن إنتاج وهج الفحم من أفران فحم الكوك في الموقع في المصانع المتكاملة للفولاذ والحديد أو يمكن شراؤه من جهات لإنتاج الفحم خارج الموقع. ويمكن استخدام غازات أفران الصهر أو غاز أفران فحم الكوك المنتجة في الموقع خلال الإنتاج المتكامل للفولاذ والحديد في مصانع اللبيدات. ينتج عن تشغيل مصانع اللبيدات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من أكسدة وهج الفحم والمدخلات الأخرى. كما يحتوي الغاز المنطلق الناتج عن إنتاج اللبيدات على الميثان والمواد الهيدروكربونية الأخرى. يوضح الشكل 4-3 عملية إنتاج اللبيدات.

إنتاج الكريات

تتكون الكريات من المواد الخام التي تحتوي على الحديد (أي الخامات الدقيقة والمواد المضافة) في كريات بقطر 9-16 في عمليات تتسم بارتفاع درجة الحرارة. تشتمل العملية على طحن المواد الخام وتجفيفها ومعالجتها حراريًا وتحويلها إلى كريات. تقع مصانع الكريات أساسًا في مناجم الحديد أو في موانئ الشحن، لكنها توجد أيضًا في المواقع كجزء من المنشأة المتكاملة للحديد والفولاذ. يمكن استخدام الغاز الطبيعي أو الفحم كوقود في مصانع الكريات؛ بالنسبة لمصانع الكريات الموجودة في الموقع في المنشأة المتكاملة للحديد والفولاذ، يمكن استخدم غاز فرن فحم الكوك كوقود. ويعتمد استهلاك الطاقة للانبعاث العملية وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة في جزء منه على جودة خام الحديد والمواد الخام الأخرى المستخدمة في العملية. أيضًا ستعتمد انبعاثات ثاني أكسيد الكربون على محتويات الكربون وقيم تسخين الوقود المستخدم في العملية.

صناعة الحديد ودور فحم الكوك

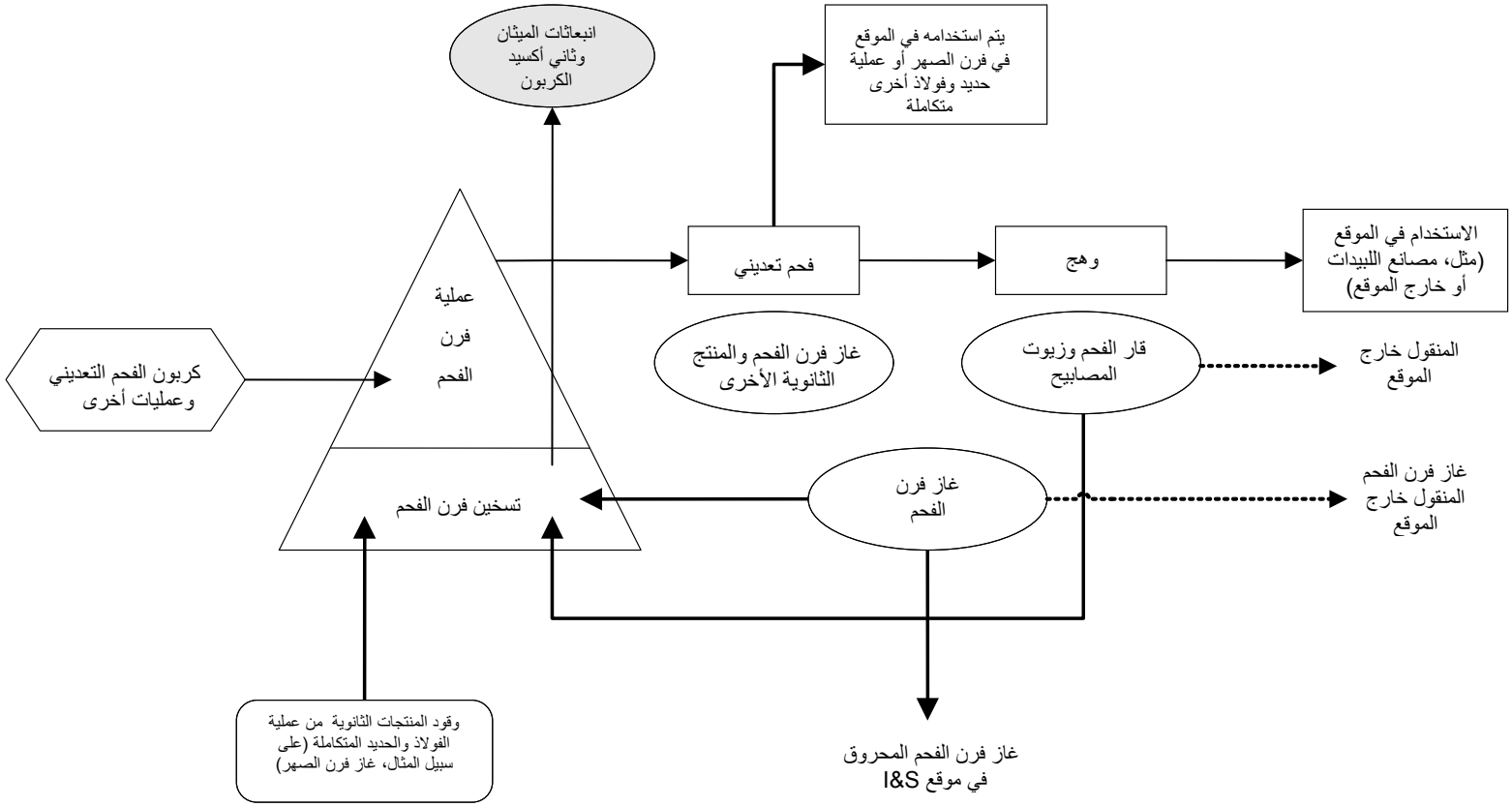
ترتبط معظم انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن صناعة الحديد والفولاذ بإنتاج الحديد، وعلى وجه الخصوص استخدام الكربون لتحويل معدن الحديد إلى الحديد. يوضح الشكل 4-4 عملية صناعة الحديد والمصادر المرتبطة للانبعاثات. يتم توريد الكربون إلى أفران الصهر أساسًا في شكل فحم الكوك المنتج من الفحم التفحيمي التعديني (لكن يمكن أن يكون في شكل الفحم الكربوني المنتج من الخشب أو الأشكال الأخرى للكربون). يُستخدم الكربون في غرضين في عملية صناعة الحديد، في المقام الأول كعامل اختزال لتحويل أكسيدات الحديد إلى حديد، لكنه يُستخدم أيضًا كمصدر طاقة لتوفير الحرارة عند تفاعل الكربون والأكسجين لإخراج الحرارة. ويتم إنتاج غاز فرن الصهر خلال احتراق فحم الكوك في أفران الصهر. كما تتم استعادته واستخدامه نموذجيًا كوقود بشكل جزئي في المصانع وكذلك في عمليات صناعة الفولاذ أو في محطات الوقود المجهزة بالوسائل اللازمة لحرقه. ويمكن استرداد غاز فرن الصهر أيضًا ونقله من مصنع الحديد والفولاذ إلى مصنع فحم الكوك في الموقع وإحراقها لاسترداد الطاقة في أفران فحم الكوك. علاوة على ذلك يمكن نقل غاز أفران الصهر خارج الموقع واستخدامه كمصدر للطاقة في الأفران وعند احتراق غاز فرن الصهر لتسخين هواء الصهر. يتم استخلاص غاز أكسجين فرن الفولاذ كمنتج ثانوي لعملية إنتاج الفولاذ في فرن الأكسجين القاعدي وتتم استعادته عند الخروج من الفرن. يجب اعتبار كل الكربون المستخدم في أفران الصهر انبعاثات عمليات صناعية واستخدامات منتجات مرتبطة بالعملية.بالإضافة إلى ذلك، يمكن إنتاج الحديد عبر عملية الاختزال المباشر. تشتمل عملية الاختزال المباشر على اختزال معدن الحديد إلى حديد تعديني في الحالة الصلبة في درجات حرارة عملية تقل عن 1000 درجة مئوية. ويتم إنتاج المنتج الصلب المشار إليه كحديد اختزال مباشر (DRI) من خلال عملية الاختزال المباشر. يحتوي حديد الاختزال المباشر على كربون أصغر من 2 في المائة. عادة ما يتم استخدام حديد الاختزال المباشر كبديل لمعادن الخردة في أسلوب صناعة الفولاذ عبر الفرن القوسي الكهربي، لكن يمكن استخدامه أيضًا كمادة أولية لصناعة الحديد في فرن الصهر. كما يمكن إذابة حديد الاختزال المباشر وتحويله إلى قوالب، وتتم الإشارة إليه باسم حديد القوالب الساخن (HBI)، وذلك عند الحاجة إلى تخزين أو نقل المنتج. يستطيع القائمون على الحصر تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن هذه العملية من استهلاك الطاقة ومحتوى الكربون في الوقود (مثل الغاز الطبيعي والفحم).

صناعة الفولاذ

يبدأ إنتاج الفولاذ في مصنع الأكسجين القاعدي بشحن الحاوية بحوالي 70-90 في المائة من الحديد المذاب وحوالي 10-30 في المائة من خردة الفولاذ. ثم يمتزج الأكسجين عالي النقاء مع الكربون في الحديد لإنشاء تفاعل باعث للحرارة يؤدي إلى إذابة الشحنة وفي نفس الوقت تقليل محتوى الكربون. عادة ما يحتوي الحديد من فرن الصهر على 3-4 في المائة من الكربون، والذي يجب تخفيضه إلى ما يقل عن 1 في المائة وتنقيته وتخليطه لإنتاج الدرجة المطلوبة من الفولاذ.

يحدث إنتاج الفولاذ في الأفران القوسية الكهربية نموذجيًا بشحن 100 في المائة من خردة الفولاذ المعاد تدويرها، والتي تتم إذابتها باستخدام الطاقة الكهربية المجلوبة إلى الشحنة بواسطة ألكترودات الكربون وتنقيتها وخلطها لإنتاج الدرجة المطلوبة من الفولاذ. على الرغم من أن الأفران القوسية الكهربية يمكن أن تكون في المصانع المتكاملة، إلا أن العمليات يمكن أن تكون عمليات مستقلة بسبب اعتمادها الرئيسي على الخردة وليس الحديد كمادة خام. وبما أن عملية الأفران القوسية الكهربية تتكون أساسًا من إذابة الخردة وليس تقليل الأكسيدات، فلا يوجد دور رئيسي للكربون كما هو الحال في فرن الصهر/عملية فرن الأكسجين القاعدي. في معظم الأفران القوسية الكهربية، تكون انبعاثات ثاني أكسيد الكربون مرتبطة بشكل أساسي باحتراق إلكترودات الكربون. يجب اعتبار كل الكربون المستخدم في الأفران القوسية الكهربية وعمليات صناعة الفولاذ الأخرى انبعاثات عمليات صناعية واستخدامات منتجات مرتبطة بالعملية. يوضح الشكل 4-5 عملية صناعة الفولاذ والمصادر المرتبطة للانبعاثات.

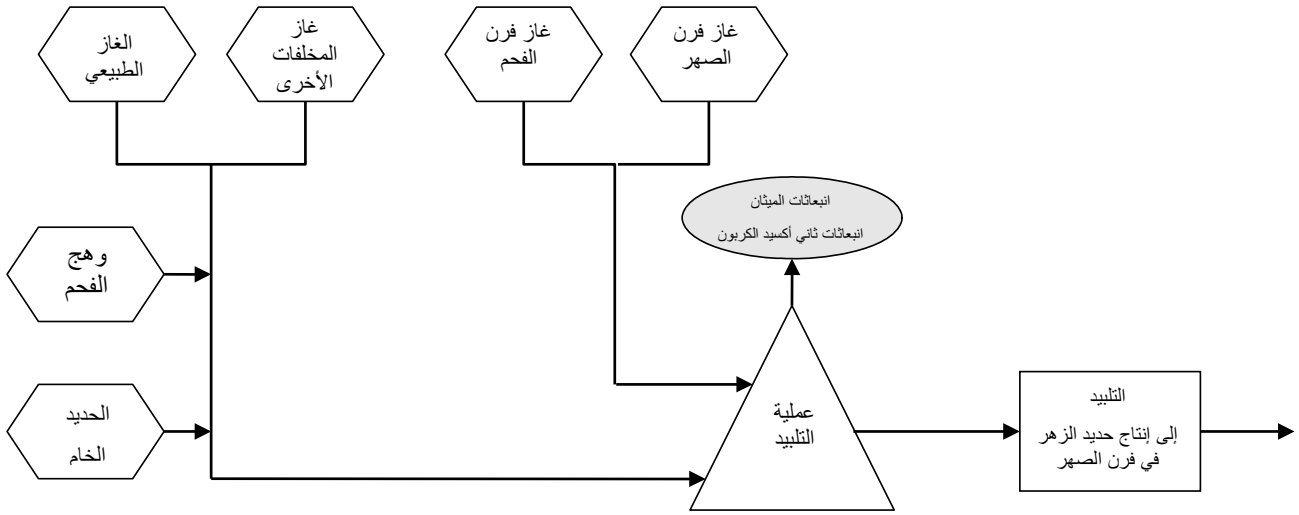
الشكل 4-2 شكل توضيحي لعملية إنتاج فحم الكوك (يتم الإبلاغ عن الانبعاثات في الفئة 1أ في قطاع الطاقة)



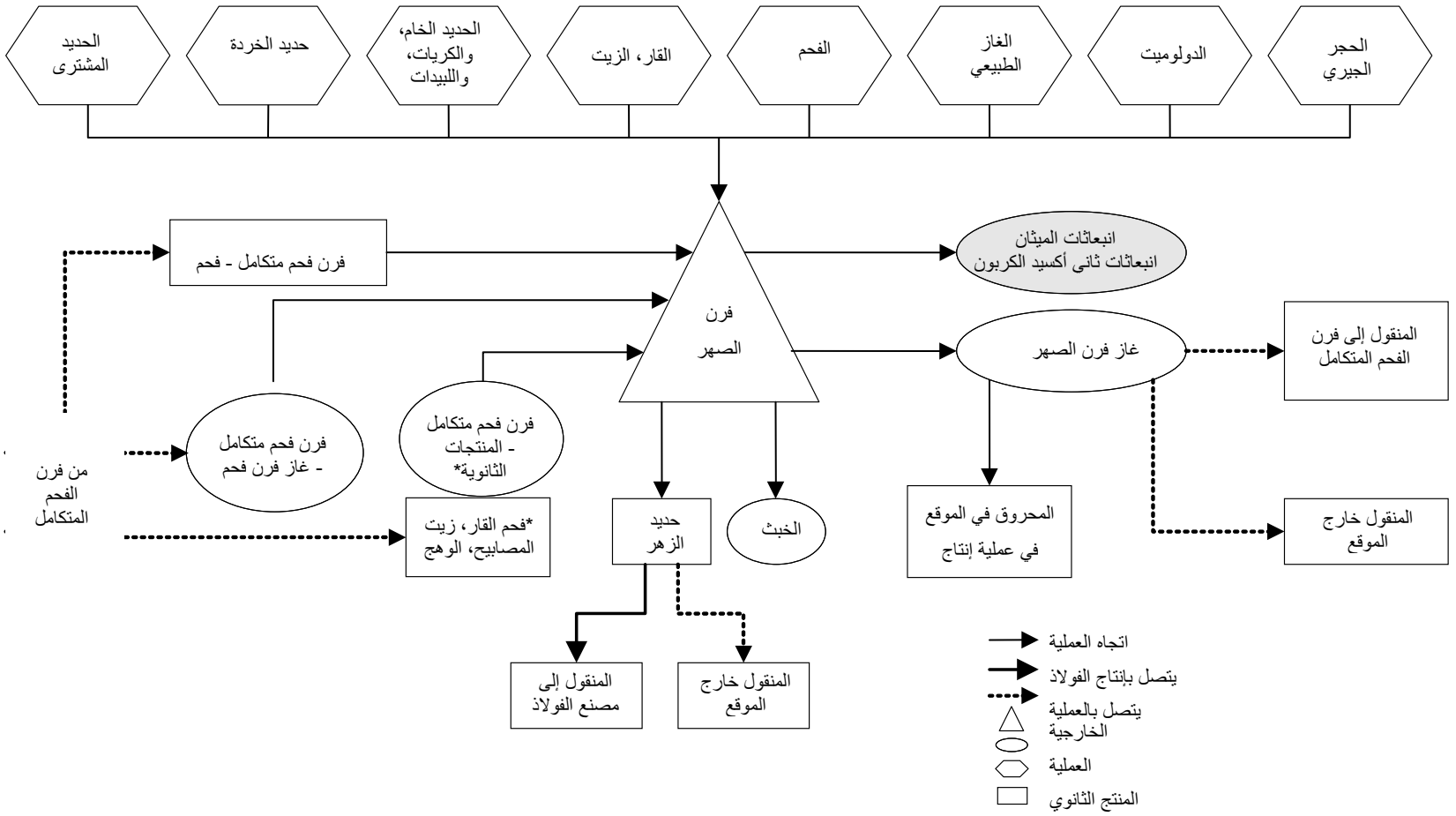
ملاحظة:

تنطبق الخطوط السوداء العريضة على إنتاج الفحم في الموقع في مصنع الحديد والفولاذ المتكاملة. وتنطبق الخطوط الأفقية الأخلى على عمليات نقل المواد إلى "العمليات خارج الموقع"، لا تشتمل "العمليات خارج الموقع" على عمليات إنتاج الحديد والفولاذ المتكاملة، والتي تم تصنيفها على أنها "في الموقع."

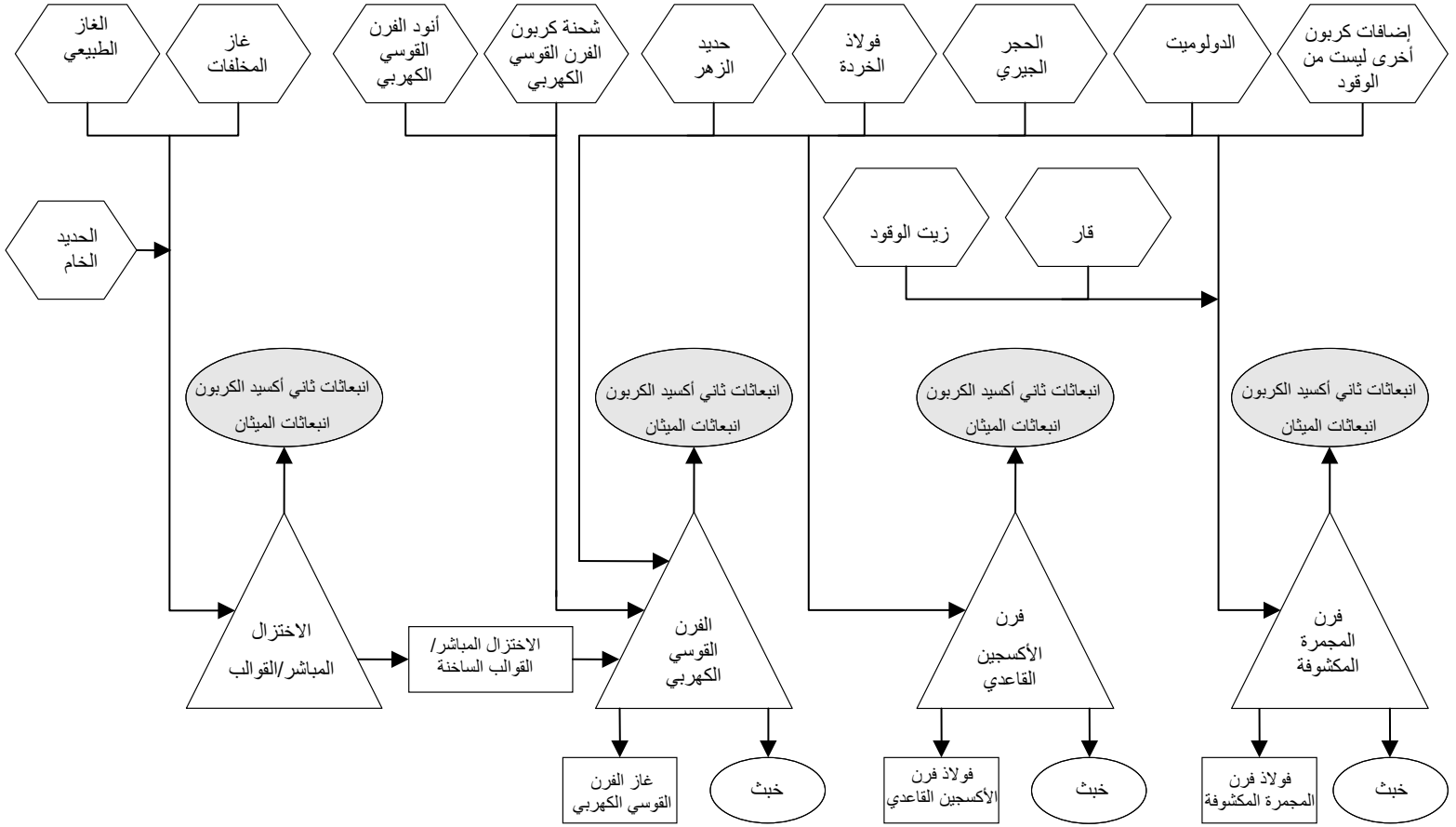
الشكل 4-3 شكل توضيحي لعملية إنتاج اللبيدات



الشكل 4-4 شكل توضيحي لعمليات إنتاج الحديد الزهر



الشكل 4-5 شكل توضيحي لعمليات إنتاج اللبيدات



2-2-4 موضوعات منهجية

1-2-2-4 اختيار الأسلوب: إنتاج الفحم التعديني

توضح *الخطوط التوجيهية* للهيئة ثلاثة مستويات لحساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون ومستويين لحساب انبعاثات الميثان لإنتاج فحم الكوك. ويعتمد اختيار أسلوب *الممارسة السليمة* لتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون على الظروف الوطنية كما هو موضح في شجرة القرارات في الشكل 4-6 تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من إنتاج الفحم التعديني. بالنسبة لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون، استخدام شجرة القرارات في الشكل 4-8.

يتم إنتاج الفحم التعديني إما في منشأة الحديد والفولاذ ("في الموقع") أو في منشآت منفصلة ("خارج الموقع"). يحسب أسلوب المستوى 1 الانبعاثات الناجمة عن كل إنتاج فحم الكوك باستخدام معاملات الانبعاث الافتراضية التي يتم تطبيقها على الإنتاج الوطني للفحم.

يميز أسلوب المستوى 2 الخاص بتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بين إنتاج فحم الكوك في الموقع وخارج الموقع. ويستخدم بيانات الأنشطة الوطنية لاستهلاك وإنتاج مواد العملية (مثل الفحم التفحيمي المستهلك وفحم الكوك المنتج ومنتجات قار الفحم المنتج). كما ورد في المناقشة عالية، لا يتم استخدام أسلوب المستوى 2 لتقدير انبعاثات الميثان. يتطلب أسلوب المستوى 3 بيانات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون خاصة بالمصنع وبيانات انبعاثات الميثان الخاصة بالمصنع أو بيانات الأنشطة الخاصة بالمصنع.

أسلوب المستوى 1 - معاملات الانبعاث التي تعتمد على الإنتاج

تحسب المعادلة 4-1 الانبعاثات الناجمة عن الإنتاج الكلي لفحم الكوك. يفترض أسلوب المستوى 1 أن كل فحم الكوك المنتج في الموقع في منشآت إنتاج الحديد والفولاذ يتم استخدامه في الموقع. ويقوم أسلوب المستوى 1 بمضاعفة معاملات الانبعاث الافتراضية في أطنان فحم الكوك المنتج. يجب الإبلاغ عن الانبعاثات في قطاع الطاقة.

المعادلة 4-1
الانبعاثات الناجمة عن إنتاج فحم الكوك (المستوى 1)

$$E_{CO2} = Coke \bullet EF_{CO2} \quad \text{و} \quad E_{CH4} = Coke \bullet EF_{CH4}$$

(يتم الإبلاغ عنها في قطاع الطاقة)

حيث:

E_{CO2} أو E_{CH4} = انبعاثات ثاني أكسيد الكربون أو الميثان من إنتاج فحم الكوك، طن ثاني أكسيد الكربون أو طن ميثان

Coke = كمية فحم الكوك المنتجة على المستوى الوطني، طن

EF = معامل الانبعاث، طن ثاني أكسيد كربون/طن إنتاج فحم الكوك أو طن ميثان/طن إنتاج فحم الكوك

ملاحظة: يفترض أسلوب المستوى 1 أن كل المنتجات الثانوية لفرن فحم الكوك يتم نقلها خارج الموقع وأن كل غاز فرن فحم الكوك المنتج يتم إحراقه في الموقع لاسترداد الطاقة.

أسلوب المستوى 2

يعتبر أسلوب المستوى 2 ملائمًا في حالة توافر الإحصائيات الوطنية الخاصة بإدخالات ومخرجات العملية من العمليات المتكاملة وغير المتكاملة لإنتاج فحم الكوك. يتيح المستوى 2 تقديرًا أكثر دقة من المستوى 1 وذلك لأنه يأخذ في الاعتبار الكمية الحقيقة للإدخالات في المخرجات بدلاً من الافتراضات.

كما ورد في المعادلة 4-2 و4-3، يقدر المستوى 2 انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج فحم الكوك في الموقع بشكل منفصل عن الإنتاج الذي يتم خارج الموقع. ويرجع هذا الفصل إلى متطلبات البيانات المتداخلة عند تقدير الانبعاثات الناجمة عن إنتاج فحم الكوك في الموقع والانبعاثات الناجم عن إنتاج الحديد والفولاذ.

المعادلة 4-2
انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج فحم الكوك في الموقع (المستوى 2)

$$E_{CO2,\,energy} = \left[CC \bullet C_{CC} + \sum_a \left(PM_a \bullet C_a \right) + BG \bullet C_{BG} - CO \bullet C_{CO} - COG \bullet C_{COG} - \sum_b \left(COB_b \bullet C_b \right) \right] \bullet \frac{44}{12}$$

حيث:

$E_{CO2,\,energy}$ = يتم الإبلاغ عن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من إنتاج فحم الكوك في الموقع في قطاع الطاقة، طن

CC = كمية الفحم التفحيمي المستهلك لإنتاج فحم الكوك في المنشآت المتكاملة لإنتاج الحديد والفولاذ في الموقع، طن

PM_a = كمية مادة العملية الأخرى *a*، بخلاف المواد الواردة كمصطلحات منفصلة، مثل الغاز الطبيعي وزيت الوقود، والمستهلكة لإنتاج اللبيدات وفحم الكوك في منشآت إنتاج الحديد والفولاذ وإنتاج فحم الكوك في الموقع، طن

BG = كمية غاز فرن الصهر المستهلكة في أفران فحم الكوك، م3 (أو وحدة أخرى مثل الطن أو جيغا جول. يجب أن يكون تحويل الوحدات متناسقًا مع المجلد 2: الطاقة)

CO = كمية فحم الكوك المنتجة في الموقع في منشآت إنتاج الحديد والفولاذ، طن

COG = كمية غاز فرن فحم الكوك المنقولة خارج الموقع، م3 (أو وحدة أخرى مثل الطن أو جيغا جول. يجب أن يكون تحويل الوحدات متناسقًا مع المجلد 2: الطاقة)

COB_b =كمية المنتج الثانوي لفرن فحم الكوك *b*، المنقولة خارج الموقع إلى منشآت أخرى، طن

C_x = محتوى الكربون في إدخالات أو مخرجات المادة *x*، طن كربون/(وحدة المادة *x*) [مثل طن كربون/طن]

بالنسبة لإنتاج فحم الكوك خارج الموقع، يجب أن يستخدم القائم على الحصر المعادلة 4-3. إجمالي الانبعاثات هي مجموع الانبعاثات من كل المصانع باستخدام المعادلتين 4-2 و4-3.

المعادلة 4-3
انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج فحم الكوك خارج الموقع (المستوى 2)

$$E_{CO2,energy} = \left[CC \bullet C_{CC} + \sum_a (PM_a \bullet C_a) - NIC \bullet C_{NIC} - COG \bullet C_{COG} - \sum_b (COB_b \bullet C_b) \right] \bullet \frac{44}{12}$$

حيث:

$E_{CO2, energy}$ = يتم الإبلاغ عن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من إنتاج فحم الكوك خارج الموقع في قطاع الطاقة، طن

CC = كمية الفحم التفحيمي المستخدمة في المنشآت غير المتكاملة لإنتاج فحم الكوك، طن

PM_a = كمية مادة العملية الأخرى *a*، بخلاف الفحم التفحيمي، مثل الغاز الطبيعي وزيت الوقود المستهلك على المستوى الوطني في الإنتاج غير المتكامل لفحم الكوك، طن

NIC = كمية فحم الكوك المنتجة خارج الموقع في المنشآت غير المتكاملة لإنتاج فحم الكوك على المستوى الوطني، طن

COG = كمية غاز فرن فحم الكوك المنتجة في المنشآت غير المتكاملة لإنتاج فحم الكوك خارج الموقع على المستوى الوطني والذي يتم نقله إلى منشآت أخرى، م3 (أو وحدة أخرى مثل الطن أو الجيغا جول. يجب أن يكون تحويل الوحدات متناسقًا مع المجلد 2: الطاقة)

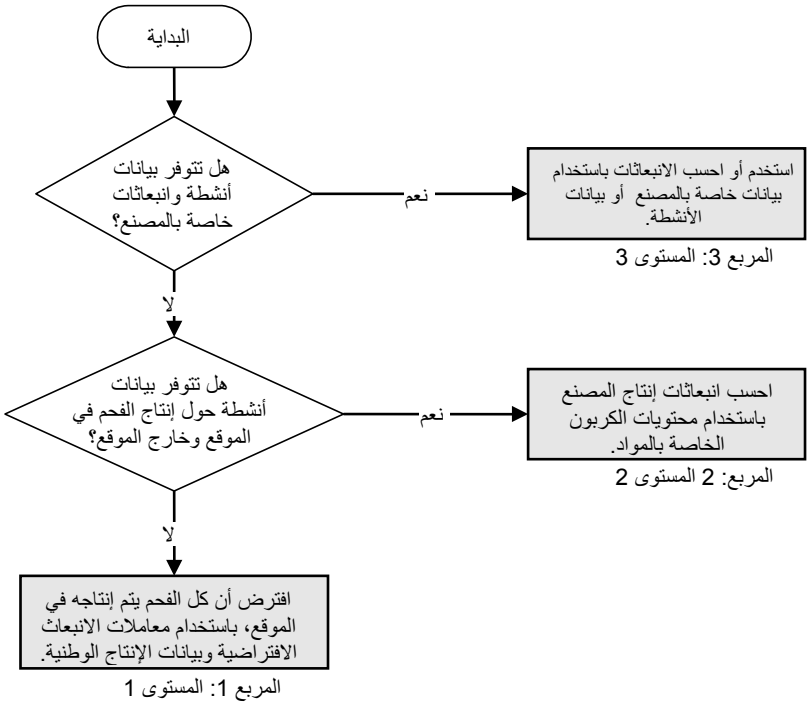
COB_b = كمية المنتج الثانوي لفرن فحم الكوك *b*، المنتج على المستوى الوطني في المنشآت غير المتكاملة خارج الموقع ونقله خارج الموقع إلى منشآت أخرى، طن

C_x = محتوى الكربون في إدخالات أو مخرجات المادة *x*، طن كربون/(وحدة المادة *x*) [مثل طن كربون/طن]

أسلوب المستوى 3

على خلاف أسلوب المستوى 2، يستخدم أسلوب المستوى 3 بيانات خاصة بالمصنع لأن المصانع يمكن أن تختلف فيما بينها بشكل كبير في التقنية وظروف العملية. في حالة توافر انبعاثات ثاني أكسيد الكربون/الميثان التي تم قياسها بالفعل من مصانع إنتاج فحم الكوك في الموقع وخارج الموقع، يمكن جمع هذه البيانات واستخدامها مباشرة لحساب الانبعاثات الوطنية من إنتاج الفحم التعديني باستخدام أسلوب المستوى 3. ستعادل الانبعاثات الوطنية الإجمالية مجموع الانبعاثات التي تم الإبلاغ عنها من كل منشأة. في حالة عدم توافر بيانات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الخاصة بمنشأة معينة، يمكن حساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من بيانات الأنشطة الخاصة بالمصنع باستخدام أسلوب المستوى 2، والمعادلتين 4-2 و4-3. ستعادل الانبعاثات الوطنية الإجمالية مجموع الانبعاثات التي تم الإبلاغ عنها من كل منشأة.

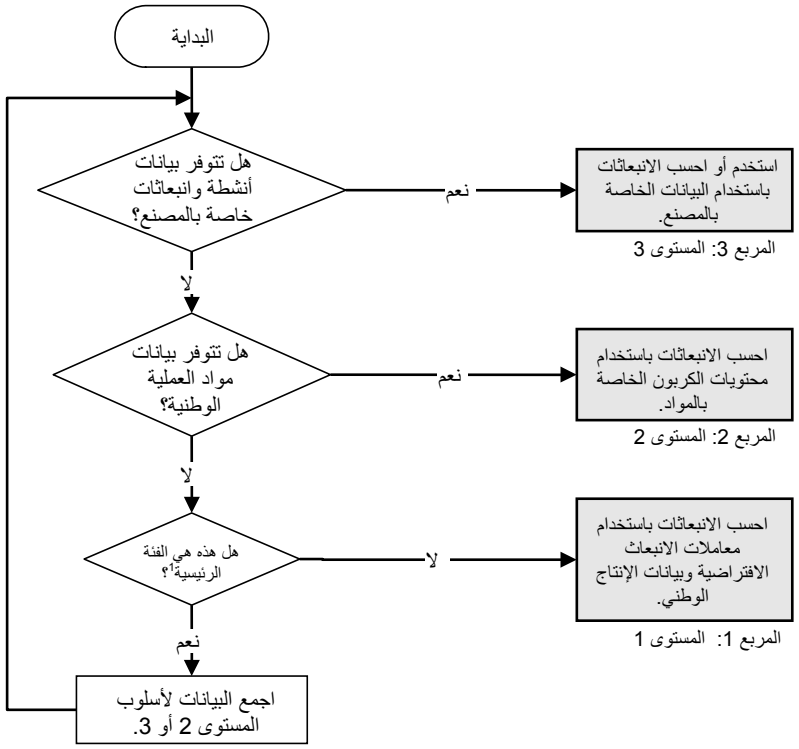
الشكل 4-6 تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الفحم التعديني



2-2-2-4 اختيار الأسلوب: إنتاج الحديد والفولاذ

توضح هذه *الخطوط التوجيهية* ثلاثة مستويات لحساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون ومستويين لحساب انبعاثات الميثان لإنتاج الحديد والفولاذ. يعتمد اختيار أسلوب *الممارسة السليمة* على الظروف الوطنية كما هو موضح في شجرة القرارات في الشكل 4-7 الخاص بانبعاثات ثاني أكسيد الكربون والشكل 4-8 الخاص بانبعاثات الميثان: شجرة القرارات لتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الحديد والفولاذ وشجرة القرارات لتقدير انبعاثات الميثان الناجمة عن إنتاج الحديد والفولاذ. يعتمد أسلوب المستوى 1 على بيانات الإنتاج الوطنية ومعاملات الانبعاث الافتراضية. ويمكن أن يؤدي إلى أخطاء نظرًا لاعتماده على افتراضات وليس بيانات فعلية لكمية الإدخالات في إنتاج اللبيدات وقطاع إنتاج الحديد والفولاذ التي تسهم في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. لذلك يعتبر المستوى 1 ملائمًا فقط إذا ما كان إنتاج الحديد والفولاذ *الفئة الرئيسية*. تم توفير معاملات الانبعاث الافتراضية لإنتاج اللبيدات وصناعة الحديد عبر أفران الصهر وإنتاج حديد الاختزال المباشرة وإنتاج الكريات وكل أسلوب لصناعة الفولاذ. وتعتبر صناعة الحديد عبر أفران الصهر وصناعة الفولاذ المصادر الرئيسية للانبعاثات. يعتمد أسلوب المستوى 2 لتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الحديد والفولاذ على بيانات للاستهلاك المعروف للمواد الخام، من بينها عوامل الاختزال والبيانات الخاصة بالصناعة. ويستخدم مقترب توازن الكتلة ومحتويات الكربون الخاصة بالمادة. لا يتم استخدام أسلوب المستوى 2 لتقدير انبعاثات الميثان. ويتطلب أسلوب المستوى 2 انبعاثات خاصة بالمصنع أو بيانات أنشطة يتم تجميعها على المستوى الوطني لتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وانبعاثات الميثان.

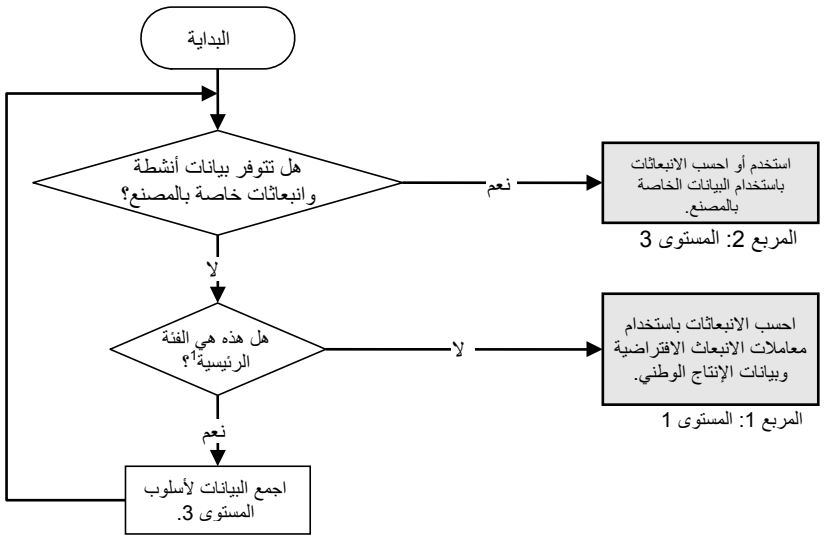
الشكل 4-7 شجرة القرارات لتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الحديد والفولاذ



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 4-8 شجرة القرارات لتقدير انبعاثات الميثان الناجمة عن إنتاج الحديد والفولاذ



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.

منهجية تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون

أسلوب المستوى 1 - معامل الانبعاث الذي يعتمد على الإنتاج

مقترب المستوى 1 لتقدير الانبعاثات الناجمة عن إنتاج الحديد والفولاذ هي مضاعفة معاملات الانبعاث الافتراضية في بيانات الإنتاج الوطنية، كما هو موضح في المعادلة 4-4. ونظرًا لتنوع انبعاثات وحدة إنتاج الفولاذ بشكل كبير حيث يعتمد ذلك على أسلوب إنتاج الفولاذ، لذلك فمن *الممارسة السليمة* تحديد نصيب الفولاذ المنتج في أنواع مختلفة من عمليات صناعة الفولاذ وحساب الانبعاثات الناجمة عن كل عملية، ثم حساب التقديرات. تختص المعادلة 4-4 بإنتاج الفولاذ من أفران الأكسجين القاعدية والأفران القوسية الكهربية وأفران المجمرة المكشوفة. في حالة عدم توافر بيانات أنشطة تخص إنتاج الفولاذ لكل عملية، يمكن استخدام التخصيص الافتراضي لإجمالي الإنتاج الوطني من الفولاذ بين عمليات تصنيع الفولاذ هذه الواردة في الجدول 4-1 والقسم 4-2-2-3.

تحسب المعادلة 4-5 الانبعاثات الناجمة عن إنتاج حديد الزهر الذي لا يتم تحويله إلى فولاذ. من المفضل تقدير الانبعاثات الناجمة عن هذا الإنتاج على نحو منفصل لأن معاملات الانبعاث الخاصة بالإنتاج المتكامل للحديد والفولاذ (عمليات أفران الأكسجين القاعدية وأفران المجمرة المكشوفة) تأخذ في الاعتبار الانبعاثات الناجمة من الخطوتين.

تحسب المعادلة 4-6 انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج حديد الاختزال المباشر لأسلوب المستوى 1 باستخدام معامل انبعاث ثاني أكسيد الكربون.

من *الممارسة السليمة* تقدير الانبعاثات الناجمة عن إنتاج اللبيدات والإنتاج الوطني للكريات على نحو منفصل، وذلك باستخدام المعادلتين 4-7 و4-8. يجب استخدام المعادلتين 4-7 و4-8 إذا كان لا يمتلك القائم على الحصر معلومات تفصيلية حول المواد المستخدمة في العملية. إذا كانت المواد المستخدمة في العملية معروفة، يجب حساب الانبعاثات باستخدام أسلوب المستوى 2.

إجمالي الانبعاثات عبارة عن مجموع المعادلات من 4-4 إلى 4-8.

المعادلة 4-4
انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الحديد والفولاذ (المستوى 1)

الحديد والفولاذ: $E_{CO2,\ non-energy} = BOF \bullet EF_{BOF} + EAF \bullet EF_{EAF} + OHF \bullet EF_{OHF}$

المعادلة 4-5
انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج حديد الزهر غير المعالج في الفولاذ (المستوى 1)

إنتاج حديد الزهر: $E_{CO2,\ non-energy} = IP \bullet EF_{IP}$

المعادلة 4-6
انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج حديد الاختزال المباشر (المستوى 1)

حديد الاختزال المباشر: $E_{CO2,\ non-energy} = DRI \bullet EF_{DRI}$

المعادلة 4-7
انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج اللبيدات (المستوى 1)

Sinter Production: $E_{CO2,\ non-energy} = SI \bullet EF_{SI}$

المعادلة 4-8
انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الكريات (المستوى 1)

إنتاج الكريات: $E_{CO2,\ non-energy} = P \bullet EF_{P}$

حيث:

$E_{CO2,\ non-energy}$ = انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التي يتم الإبلاغ عنها في قطاع العمليات الصناعية واستخدامات المنتجات، طن

BOF = كمية إنتاج الفولاذ الخام من أفران الأكسجين القاعدي، طن

EAF = كمية إنتاج الفولاذ الخام من الأفران القوسية الكهربية، طن

OHF = كمية إنتاج الفولاذ الخام من أفران المجمرة المكشوفة، طن

IP = كمية إنتاج حديد الزهر غير المحول إلى فولاذ، طن

DRI = كمية إنتاج حديد الاختزال المباشر على المستوى الوطني، طن

SI = كمية اللبيدات المنتجة على المستوى الوطني، طن

P = كمية الكريات المنتجة على المستوى الوطني، طن

EF_x = معامل الانبعاث، طن ثاني أكسيد كربون/طن *x* منتج

أسلوب المستوى 2

يعتبر أسلوب المستوى 2 ملائمًا إذا كان القائم على الحصر يستطيع الوصول إلى البيانات الوطنية الخاصة باستخدام مواد العملية لإنتاج الحديد والفولاذ وإنتاج اللبيدات وإنتاج الكريات وإنتاج حديد الاختزال المباشر. بالإضافة إلى ذلك، وما ورد في القسم 4-2-2-5، يوجد عدد من إدخالات وإخراجات أخرى للعملية يمكن اعتبارها ضمن المستوى 2. يمكن توافر هذه البيانات من الوكالات الحكومية المسؤولة عن إحصائيات الطاقة أو التصنيع أو الاتحادات التجارية أو اتحادات الصناعة أو الشركات المفردة لإنتاج الحديد والفولاذ. يقوم أسلوب المستوى 2 بإنتاج تقدير أكثر دقة من أسلوب المستوى 1 ولذلك لأنه يأخذ في اعتباره الكمية الفعلية للإدخالات التي تساهم في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

عند حساب الانبعاثات الناجمة عن إنتاج الكريات، يمكن كذلك استخدام استهلاك الطاقة وقيمة التسخين ومحتوى الكربون بالوقود مع منهجيات أخرى.

المعادلة 4-9
انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الحديد والفولاذ (المستوى 2)

$$E_{CO2,non-energy} = \left[PC \bullet C_{PC} + \sum_a (COB_a \bullet C_a) + CI \bullet C_{CI} + L \bullet C_L + D \bullet C_D + CE \bullet C_{CE} + \sum_b (O_b \bullet C_b) + COG \bullet C_{COG} - S \bullet C_S - IP \bullet C_{IP} - BG \bullet C_{BG} \right] \bullet \frac{44}{12}$$

المعادلة 4-10
انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج اللبيدات (المستوى 2)

$$E_{CO2,non-energy} = \left[CBR \bullet C_{CBR} + COG \bullet C_{COG} + BG \bullet C_{BG} + \sum_a (PM_a \bullet C_a) - SOG \bullet C_{SOG} \right] \bullet \frac{44}{12}$$

حيث، بالنسبة لإنتاج الحديد والفولاذ:

$E_{CO2, non-energy}$ = انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التي يتم الإبلاغ عنها في قطاع العمليات الصناعية واستخدامات المنتجات، طن

PC = كمية فحم الكوك المستهلكة في إنتاج الحديد والفولاذ (باستثناء إنتاج اللبيدات)، طن

COB_a = كمية المنتج الثانوي *a* لفرن فحم الكوك في الموقع في فرن الصهر، طن

CI = كمية فحم الكوك التي تم حقنها مباشرة في فرن الصهر، طن

L = كمية الجير المستهلك في إنتاج الحديد والفولاذ، طن

D = كمية الدولوميت المستهلك في إنتاج الحديد والفولاذ، طن

CE = كمية إلكترودات الكربون المستهلكة في أفران الأقواس الكهربية، طن

O_b = كمية مادة العملية *b* والمواد المكربنة الأخرى، المستهلكة في إنتاج الحديد والفولاذ، مثل اللبيدات أو مخلفات البلاستيك، طن

COG = كمية غاز فرن فحم الكوك المستهلكة في فرن الصهر في إنتاج الحديد والفولاذ، م3 (أو الوحدات الأخرى مثل طن أو جيغا جول. يجب أن يكون تحويل الوحدات متناسقًا مع المجلد 2: الطاقة)

S = كمية الفولاذ الذي تم إنتاجه، طن

IP = كمية إنتاج الحديد غير المحول إلى فولاذ، طن

BG = كمية غاز فرن الصهر المنقولة خارج الموقع، م3 (أو وحدة أخرى مثل الطن أو جيغا جول. يجب أن يكون تحويل الوحدات متناسقًا مع المجلد 2: الطاقة)

C_x = محتوى الكربون في إدخالات أو مخرجات المادة *x*، طن كربون/(وحدة المادة *x*) [مثل طن كربون/طن]

حيث، بالنسبة لإنتاج اللبيدات:

$E_{CO2, non-energy}$ = انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التي يتم الإبلاغ عنها في قطاع العمليات الصناعية واستخدامات المنتجات، طن

CBR = كمية وهج الفحم المنتج في الموقع والمبيع المستخدم في إنتاج اللبيدات، طن

COG = كمية غاز فرن فحم الكوك المستهلكة في فرن الصهر في إنتاج اللبيدات، م3 (أو الوحدات الأخرى مثل طن أو جيغا جول. يجب أن يكون تحويل الوحدات متناسقًا مع المجلد 2: الطاقة)

BG = كمية غاز فرن الصهر المستهلكة في إنتاج اللبيدات، م3 (أو وحدة أخرى مثل الطن أو جيغا جول. يجب أن يكون تحويل الوحدات متناسقًا مع المجلد 2: الطاقة)

PM_a = كمية مادة العملية الأخرى a، بخلاف المواد الواردة كمصطلحات منفصلة، مثل الغاز الطبيعي وزيت الوقود، والمستهلكة لإنتاج اللبيدات وفحم الكوك في منشآت الحديد والفولاذ وإنتاج الفحم المتكاملة، طن

SOG = كمية الغاز المنطلق للبيدات المنقولة خارج الموقع إما إلى منشآت لإنتاج الحديد والفولاذ أو منشآت أخرى، م3 (أو وحدة أخرى مثل طن أو جيغا جول. يجب أن يكون تحويل الوحدات متناسقًا مع المجلد 2: الطاقة)

C_x = محتوى الكربون في إدخالات أو مخرجات المادة x، طن كربون/(وحدة المادة x) [مثل طن كربون/طن]

تحسب المعادلة 4-11 انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج حديد الاختزال المباشر لأسلوب المستوى 2 اعتمادًا على استهلاك الوقود ومحتوى كربون الوقود. يتم تحديد الانبعاثات الناجمة عن إنتاج حديد الاختزال المباشر من وقود الاحتراق أو وهج الفحم أو الفحم التعديني أو المواد المكربنة الأخرى ويتم الإبلاغ عنها في انبعاثات العمليات الصناعية واستخدامات المنتجات.

المعادلة 4-11
انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج حديد الاختزال المباشر (المستوى 2)

$$E_{CO2,non-energy} = \left(DRI_{NG} \bullet C_{NG} + DRI_{BZ} \bullet C_{BZ} + DRI_{CK} \bullet C_{CK}\right) \bullet \frac{44}{12}$$

حيث:

$E_{CO2,\ non\text{-}energy}$ = انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التي يتم الإبلاغ عنها في قطاع العمليات الصناعية واستخدامات المنتجات، طن

DRI_{NG} = كمية الغاز الطبيعي المستخدمة في إنتاج حديد الاختزال المباشر، جيغا جول

DRI_{BZ} = كمية وهج الفحم المستخدمة في إنتاج حديد الاختزال المباشر، جيغا جول

DRI_{CK} = كمية الفحم التعديني المستخدمة في إنتاج حديد الاختزال المباشر، جيغا جول

C_{NG} = محتوى الكربون في الغاز الطبيعي، طن كربون/جيغا جول

C_{BZ} = محتوى الكربون في وهج الفحم، طن كربون/جيغا جول

C_{CK} = محتوى الكربون في الفحم التعديني، طن كربون/جيغا جول

أسلوب المستوى 3

علا خلاف أسلوب المستوى 2، يستخدم أسلوب المستوى 3 البيانات الخاصة بالمصنع. ويوفر أسلوب المستوى 3 تقديرًا أكثر دقة للانبعاثات أكثر من أسلوب المستوى 2 وذلك لأن المصانع تختلف اختلافًا جوهريًا فيما يتعلق بالتقنيات وظروف العملية. في حالة توافر بيانات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التي تم قياسها بالفعل من منشآت تصنيع الفولاذ والحديد، يمكن تجميع هذه البيانات لحساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. في حالة عدم توافر بيانات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الخاصة بالمنشأة، يمكن حساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من بيانات الأنشطة الخاصة بالمصنع لمعاملات الاختزال الفردية وغازات العادم ومنتجات ومواد العملية الأخرى. ستعادل الانبعاثات الوطنية الإجمالية مجموع الانبعاثات التي تم الإبلاغ عنها من كل منشأة. وتصف المعادلات من 4-9 وحتى 4-11 البارميترات الضرورية لحساب الانبعاثات الخاصة بالمصنع باستخدام أسلوب المستوى 3 وبيانات الأنشطة الخاصة بالمصنع على مستوى المنشأة. يتطلب أسلوب المستوى 3 محتويات الكربون الخاصة بالمصنع لكل مادة.

منهجية تقديرات انبعاثات الميثان

عند تسخين المواد التي تحتوي على الكربون في الفرن لإنتاج اللبيدات أو إنتاج الحديد، يتم إطلاق المواد المتطايرة ومن بينها الميثان. وباستخدام أفران مفتوحة أو نصف مغطاة، يتم إحراق معظم المواد المتطايرة فوق الشحنة، في الغطاء وقنوات الغاز المنطلق، لكن يظل بعضها دون تفاعل مثل الميثان والمركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية (NMVOC). وتعتمد الكميات على تشغيل الفرن. يؤدي الشحن بالرش إلى تقليل كميات الميثان مقارنة بشحن الدفعات. وتؤدي درجات الحرارة الزائدة في الغطاء (حيث يوجد هواء زائف أقل) إلى تقليل محتوى الميثان أكثر من ذلك.

يصف هذا القسم الأسلوب الافتراضي للمستوى 1 وأسلوب المستوى 3 الأكثر تقدمًا على مستوى المنشأة لتقدير انبعاثات الميثان الناجمة عن إنتاج اللبيدات أو إنتاج الحديد، ويتشابهان في المقاربات الموصوفة لتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. ولا يوجد أسلوب للمستوى 2. كذلك يمكن أن ينبعث الميثان من عمليات تصنيع الفولاذ، على الرغم من أنه يمكن إهمال هذه العمليات. ولذلك لا تتم هنا مناقشة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الخاصة بتصنيع الفولاذ.

تعتمد منهجية المستوى 1 الخاصة بتقدير انبعاثات الميثان على معاملات الانبعاث وإحصائيات الإنتاج الوطني.

المعادلة 4-12
انبعاثات الميثان الناجمة عن إنتاج اللبيدات (المستوى 1)

إنتاج اللبيدات: $E_{CH4,\ non-energy} = SI \bullet EF_{SI}$

المعادلة 4-13
انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج حديد الزهر في أفران الصهر (المستوى 1)

إنتاج حديد الزهر: $E_{CH4,non-energy} = PI \bullet EF_{PI}$

المعادلة 4-14
انبعاثات الميثان الناجمة عن إنتاج حديد الاختزال المباشر (المستوى 1)

إنتاج حديد الاختزال المباشر: $E_{CH4,non-energy} = DRI \bullet EF_{DRI}$

حيث:

$E_{CH4,\ non-energy}$ = انبعاثات الميثان التي يتم الإبلاغ عنها في قطاع العمليات الصناعية واستخدامات المنتجات، طن

SI = كمية اللبيدات المنتجة على المستوى الوطني، طن

PI = كمية الحديد المنتج على المستوى الوطني بما في ذلك الحديد الذي تم تحويله إلى فولاذ والحديد الذي لم يتم تحويله إلى فولاذ، طن

DRI = كمية إنتاج حديد الاختزال المباشر على المستوى الوطني، طن

EF_x = معامل الانبعاث، كجم ميثان/طن x منتج

يستخدم أسلوب المستوى 3 بيانات الانبعاثات الخاصة بالمصنع. في حالة توافر بيانات انبعاثات الميثان التي تم قياسها بالفعل لإنتاج فحم الكوك، يمكن تجميع هذه البيانات لحساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. ستعادل الانبعاثات الوطنية الإجمالية مجموع الانبعاثات التي تم الإبلاغ عنها من كل منشأة.

3-2-2-4 اختيار معامل الانبعاثات

أسلوب المستوى 1

معاملات انبعاث ثاني أكسيد الكربون

يوفر الجدول 4-1 معاملات الانبعاث الافتراضية الخاصة بإنتاج فحم الكوك واللبيدات والكريات والحديد والفولاذ. وتعتمد معاملات الانبعاث الخاصة بالأساليب الثلاثة لتصنيع الفولاذ على أراء الخبراء باستخدام الممارسات النموذجية للسيناريوهات المختلفة المدرجة لإنتاج الفولاذ. وتحسب معاملات الانبعاث الافتراضية كل إدخال الكربون في فرن الصهر. وقد تم افتراضها اعتمادًا على المستند المرجعي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة الخاص بإنتاج الحديد والفولاذ (المكتب الأوروبي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة، 2001) (والمشار إليه في هذا القسم باسم مستند منع التلوث ومكافحته المتكاملة المعني بأفضل التقنيات المتوافرة في صناعة الحديد والفولاذ) والذي يشير إلى أن معظم إدخال الكربون في فرص الصهر يكون من فحم الكوك (60-90 في المائة).

وقد تم تحديد المعامل الافتراض لانبعاث ثاني أكسيد الكربون بواسطة حساب المتوسط من بيانات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الخاصة بالمصنع للمصانع الأوروبية لفحم الكوك البالغ عددها 11 مصنعًا والتي تم الإبلاغ عنها في مستند منع التلوث ومكافحته المتكاملة المعني بأفضل التقنيات المتوافرة في صناعة الحديد والفولاذ. كما تم الإبلاغ عن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في الجدول 6-2 من مستند منع التلوث ومكافحته المتكاملة المعني بأفضل التقنيات المتوافرة في صناعة الحديد والفولاذ في وحدات كيلوجرام ثاني أكسيد الكربون لطن الفولاذ السائل المنتج. وتتراوح انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بين 175 إلى 200 طن ثاني أكسيد كربون لطن الفولاذ السائل. ومعاملات التحويل الواردة في الجدول 6-2 في مستند منع التلوث ومكافحته المتكاملة هي 940 طن حديد زهر لطن الفولاذ السائل و358 كجم فحم كوك لطن الحديد الزهر. واعتمادًا على معاملات التحويل هذه فإن متوسط انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن المصانع الأوروبية لفحم الكوك البالغ عددها 11 مصنعًا هو 0.56 طن ثاني أكسيد الكربون لكل طن فحم منتج.

وقد تم تحديد معامل انبعاث ثاني أكسيد الكربون لمصانع اللبيدات بواسطة حساب المتوسط من بيانات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الخاص بالمصانع الأوروبية الأربعة لإنتاج اللبيدات والتي تم الإبلاغ عنها في مستند منع التلوث ومكافحته المتكاملة المعني بأفضل التقنيات المتوافرة في صناعة الحديد والفولاذ. تم الإبلاغ عن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في الجدول 4-1 من مستند منع التلوث ومكافحته المتكاملة المعني بأفضل التقنيات المتوافرة في صناعة الحديد والفولاذ في وحدات كيلوجرام ثاني أكسيد الكربون لطن الفولاذ السائل المنتج. وتتراوح انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بين 205 إلى 240 طنًا ثاني أكسيد كربون لطن الفولاذ السائل. ومعاملات التحويل الواردة في الجدول 4-1 في مستند منع التلوث ومكافحته المتكاملة المعني بأفضل التقنيات المتوافرة في صناعة الحديد والفولاذ هي 940 طنًا حديد زهر لطن الفولاذ السائل و1160 كجم لطن الحديد الزهر. واعتمادًا على معاملات التحويل هذه فإن متوسط انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن المصانع الأوروبية الأربعة لإنتاج اللبيدات هو 0.2 كجم ثاني أكسيد الكربون لكل طن لبيدات منتج.

وقد تم تحديد معامل انبعاث ثاني أكسيد الكربون لصناعة الحديد في فرن الصهر بحساب المتوسط من بيانات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الخاص بالمصانع الأوروبية الأربعة لإنتاج اللبيدات والتي تم الإبلاغ عنها في مستند منع التلوث ومكافحته المتكاملة المعني بأفضل التقنيات المتوافرة في

الجدول 4-1
معاملات انبعاث ثاني أكسيد الكربون الافتراضية في المستوى 1 الخاصة بإنتاج فحم الكوك وإنتاج الحديد والفولاذ

العملية	معامل الانبعاث	المصدر
إنتاج الليبيدات (طن ثاني أكسيد الكربون لطن الليبيدات المنتج)	0.20	إنتاج الليبيدات: المكتب الأوروبي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة (2001)، المستند المرجعي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة المعني بأفضل التقنيات المتوافرة في صناعة الحديد والفولاذ، ديسمبر 2001، الجدول4-1، الصفحة 29. http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm
فرن فحم الكوك (طن ثاني أكسيد الكربون لطن فحم الكوك المنتج)	0.56	إنتاج فحم الكوك: المكتب الأوروبي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة (2001)، المستند المرجعي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة المعني بأفضل التقنيات المتوافرة في صناعة الحديد والفولاذ، ديسمبر 2001، الجدول6-2، الصفحة 122. http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm
إنتاج الحديد (طن ثاني أكسيد الكربون لطن الحديد المنتج)	1.35	إنتاج الحديد: المكتب الأوروبي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة (2001)، المستند المرجعي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة المعني بأفضل التقنيات المتوافرة في صناعة الحديد والفولاذ، ديسمبر 2001، الجدول7-2 و7-3. http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm
إنتاج حديد الاختزال المباشر (طن ثاني أكسيد الكربون لطن حديد الاختزال المباشر المنتج)	0.70	إنتاج حديد الاختزال المباشر: المكتب الأوروبي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة (2001)، المستند المرجعي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة المعني بأفضل التقنيات المتوافرة في صناعة الحديد والفولاذ، ديسمبر 2001، الجدول10-1، الصفحة 322 والجدول 10-4 الصفحة 331. http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm
إنتاج الكريات (طن ثاني أكسيد الكربون لطن الكريات المنتج)	0.03	إنتاج الكريات: المكتب الأوروبي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة (2001)، المستند المرجعي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة المعني بأفضل التقنيات المتوافرة في صناعة الحديد والفولاذ، ديسمبر 2001، الجدول5-1، الصفحة 95. http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm
أسلوب تصنيع الفولاذ		
فرن الأكسجين القاعدي (طن ثاني أكسيد الكربون لطن الفولاذ المنتج)	1.46	إنتاج الفولاذ: إجماع الخبراء ومؤشرات الأداء البيئي وفقًا للمعهد الدولي للحديد والفولاذ 2003 الفولاذ (المعهد الدولي للحديد والفولاذ، 2004)
الفرن القوسي الكهربي (طن ثاني أكسيد الكربون لطن الفولاذ المنتج)**	0.08	إنتاج الفولاذ: إجماع الخبراء ومؤشرات الأداء البيئي وفقًا للمعهد الدولي للحديد والفولاذ 2003 الفولاذ (المعهد الدولي للحديد والفولاذ، 2004)
فرن المجمرة المكشوفة (طن ثاني أكسيد الكربون لطن الفولاذ المنتج)	1.72	إنتاج الفولاذ: إجماع الخبراء ومؤشرات الأداء البيئي وفقًا للمعهد الدولي للحديد والفولاذ 2003 الفولاذ (المعهد الدولي للحديد والفولاذ، 2004)
معامل المتوسط العالمي (65% فرن الأكسجين القاعدي، 30% الفرن القوسي الكهربي، 5% فرن المجمرة المكشوفة)* (طن ثاني أكسيد الكربون لطن الفولاذ المنتج)	1.06	إنتاج الفولاذ: إجماع الخبراء ومؤشرات الأداء البيئي وفقًا للمعهد الدولي للحديد والفولاذ 2003 الفولاذ (المعهد الدولي للحديد والفولاذ، 2004)

*تعتمد المعاملات على البيانات الدولية في عام 2003، حيث كانت أفران الأكسجين القاعدية مسؤولة عن 63 في المائة تقريبًا من الإنتاج العالمي للفولاذ وكانت الأفران القوسية الكهربية مسؤولة عن 33 في المائة، وكان إنتاج الأفران المجمرة المكشوفة مسؤولاً عن نسبة الـ 4 في المائة الباقية لكنه يشهد تدني في الوقت الحالي.

**لا يشتمل معامل الانبعاث لتصنيع الفولاذ في الأفران القوسية الكهربية على الانبعاثات الناجمة عن إنتاج الحديد. تشتمل معاملات الانبعاث الخاصة بأفران الأكسجين القاعدية وأفران المجمرة المكشوفة على الانبعاثات الناجمة عن إنتاج الحديد من أفران الصهر.

لاحظ أن معامل انبعاث ثاني أكسيد الكربون لصنيع الفولاذ من الفرن القوسي الكهربي الوارد في هذا الجدول يعتمد على إنتاج الفولاذ من معادن الخردة، ولذلك فمعامل انبعاث الفرن القوسي الكهربي غير مسؤول عن أي انبعاثات لثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الحديد من فرن الصهر. لذلك لا ينطبق معامل انبعاث ثاني أكسيد الكربون للمستوى 1 الخاص بالأفران القوسية الكهربية الوارد في هذا الجدول لا ينطبق على الأفران القوسية الكهربية التي تستخدم حديد الزهر كمادة خام.

ويعتمد معامل الانبعاث الخاص بإنتاج الكريات على مستند منع التلوث ومكافحته المتكاملة المعني بأفضل التقنيات المتوافرة في صناعة الحديد والفولاذ والذي يوفر نطاقًا لمعامل الانبعاث يتراوح بين 15.6 إلى 13.8 كجم ثاني أكسيد كربون لطن المنتج. ومع ذلك، سيعتمد معامل انبعاث ثاني أكسيد الكربون لعملية معينة على خصائص المواد الخام وأنواع الوقود المستخدمة في العملية. وقد يختلف معامل الانبعاث اعتمادًا على ما إذا كان فحم الكوك أو الغاز الطبيعي أو غاز فرن فحم الكوك قد تم استخدامه كوقود أساسي من عدمه. ومعامل الانبعاث "الافتراضي" المقدم في الطرف العالي للنطاق، 30 كجم ثاني أكسيد كربون لطن المنتج، ويجب استخدامه إذا كان القائم على الحصر لا يعرف أي شيء حول أنواع الوقود أو المواد الخام المستخدمة. إذا كان القائم على الحصر يعرف الإدخالات المستخدمة، فيجب حساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون باستخدام أسلوب المستوى 2، مع حساب استهلاك الوقود وقيمة التسخين ومحتوى الكربون الخاص بالوقود.

لأغراض تتعلق بحسابات انبعاثات المستوى 1، من المفترض أن الوقود الافتراضي لإنتاج حديد الاختزال المباشر هو الغاز الطبيعي. ويتم استخدام العملية التي تستعين بالغاز الطبيعي في أغلبية سعات إنتاج حديد الاختزال المباشر على مستوى العالم، مع إنتاج 63 في المائة من السعة من خلال عملية ميدريكس. واستهلاك الوقود الخاص بإنتاج حديد الاختزال المباشر باستخدام عملية ميدريكس يبلغ من الناحية النموذجية 10.5 – 14.5 جيغا جول غاز طبيعي/طن متري حديد اختزال مباشر على افتراض استخدم 100 في المائة كتل خام الحديد. وقد تم الإبلاغ عن أن استهلاك الوقود في إنتاج حديد القوالب الساخن من دقائق الحديد يبلغ 12.5 جيغا جول غاز طبيعي لطن المنتج في عملية فاين ميت و14 جيغا جول غاز طبيعي لطن المنتج لعملية سير كورد. ويتوافق الاستهلاك الافتراضي للطاقة الذي يبلغ 12.5 جيغا جول غاز طبيعي لطن حديد الاختزال المباشر المنتج والمحتوى الافتراضي للكربون للغاز الطبيعي الذي يبلغ 15.3 كجم كربون لكل جيغا جول غاز طبيعي يتوافق مع معامل انبعاث ثاني أكسيد الكربون الذي يبلغ 191.3 كجم كربون لكل طن حديد اختزال مباشر مُنتج (0.7 طن ثاني أكسيد الكربون لطن حديد الاختزال المباشر المنتج).

معاملات انبعاث الميثان

ورد في الجدول 4-2 المعاملات الافتراضية لانبعاث الميثان. وقد تم تحديد معامل انبعاث الميثان في المستوى 1 لإنتاج فحم الكوك بواسطة حساب المتوسط من بيانات انبعاثات الميثان الخاصة بالمصنع للمصانع الأوروبية لإنتاج فحم الكوك البالغ عددها 11 مصنعًا والتي تم الإبلاغ عنها في مستند منع التلوث ومكافحته المتكاملة المعني بأفضل التقنيات المتوافرة في صناعة الحديد والفولاذ. تم الإبلاغ عن انبعاثات الميثان في الجدولين 2-6 و 3-6 من مستند منع التلوث ومكافحته المتكاملة المعني بأفضل التقنيات المتوافرة في صناعة الحديد والفولاذ في وحدات كيلوجرام الميثان لطن الفولاذ السائل المنتج. وتتراوح انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التي تم الإبلاغ عنها بين 27 إلى 32 جرامات مثيان لطن الفولاذ السائل. واعتمادًا على معاملات التحويل فإن متوسط انبعاثات الميثان الناجمة عن المصانع الأوروبية لإنتاج فحم الكوك البالغ عددها 11 مصنعًا هو 0.1 جرام ميثان لكل طن فحم كوك منتج.

وقد تم تحديد معامل انبعاث الميثان للمستوى 1 لإنتاج اللبيدات بواسطة حساب المتوسط من بيانات انبعاثات الميثان الخاصة بالمصنع للمصانع الأوروبية لإنتاج اللبيدات التي تم الإبلاغ عنها في دليل توجيهات الحصر لانبعاثات الهواء/البرنامج الأوروبي للمراقبة والتقييم (EMEP/CORINAIR) (وكالة البيئة الأوروبية (EEA)، 2005) وفي تقارير حصر الانبعاثات الأخرى. وقد تم الإبلاغ عن انبعاثات الميثان في الجدول 8-2أ من دليل توجيهات الحصر لانبعاثات الهواء/البرنامج الأوروبي للمراقبة والتقييم لمصانع اللبيدات والكريات. بالنسبة لمصانع اللبيدات التي تستخدم وهج الفحم تم الإبلاغ عن معامل انبعاث يبلغ 50 ملجم ميثان لكل ميجا جول، وتم الإبلاغ عن نطاق إدخال فحم الكوك يتراوح بين 38 و55 كجم فحم كوك لطن اللبيدات. ويتوافق ذلك مع معامل متوسط انبعاثات يبلغ 0.07 لطن لبيدات باستخدام القيمة الافتراضية لـ 28.2 تيرا جول/جيغا جول فحم. وتم الإبلاغ عن معامل انبعاث يبلغ 0.05 كجم ميثان لطن اللبيدات لمصانع اللبيدات التي تعمل في فنلندا. بيباتي، 2001)

الجدول 4-2
معاملات انبعاث الميثان الافتراضية في المستوى 1 الخاصة بإنتاج فحم الكوك وإنتاج الحديد والفولاذ

العملية	معامل الانبعاث	المصدر
إنتاج فحم الكوك	0.1 جم لطن فحم الكوك المنتج	إنتاج فحم الكوك: المكتب الأوروبي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة (2001)، المستند المرجعي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة المعني بأفضل التقنيات المتوافرة في صناعة الحديد والفولاذ، ديسمبر 2001، الجدول6-2-3، الصفحة 122. http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm
إنتاج اللبيدات	0.1 كجم لطن اللبيدات المنتج	دليل توجيهات الحصر لانبعاثات الهواء/البرنامج الأوروبي للمراقبة والتقييم حول حصر الانبعاث، (هيئة البيئة الأوروبية، 2005). العمليات ذات التلامس: *مصانع اللبيدت والكريات: مصانع اللبيدات والكريات (باستثناء الاحتراق 030301)* الجدول 8-2أ معاملات الانبعاث للمركبات الغازية.
إنتاج حديد الاختزال المباشر	1 كجم/تيرا جول (على أساس القيم الحرارية الصافية)	مجلد الطاقة، معامل الانبعاث الافتراضي لانبعاثات الميثان الناجمة عن احتراق الغاز الطبيعي. [انظر الجدول 2-3 من المجلد 2، الفصل 2].

أسلوب المستوى 2

يجب استخدام محتويات الكربون الواردة في الجدول 4-3 إذا كان القائم على الحصر لا يتوافر لديه المعلومات المتعلقة بمنشآت تصنيع الحديد والفولاذ ومنشآت تصنيع فحم الكوك، لكن يتوافر لديه بيانات أنشطة تفصيلية تخص مواد العملية وعمليات النقل خارج الموقع. يشتمل أسلوب المستوى 2، كما تم وصفه في المعادلة 4-2 للإنتاج المتكامل لفحم الكوك، والمعادلات من 4-9 إلى 4-11 الخاصة بإنتاج الحديد والفولاذ والمعادلة 4-3 الخاصة بالإنتاج غير المتكامل لفحم الكوك تشتمل على تدفقات المواد الرئيسية في عمليات تصنيع الحديد والفولاذ وإنتاج الفحم التي ينجم عنها انبعاثات. تعتمد محتويات الكربون الواردة في الجدول 4-3 على المحتويات الواردة في الجدولين 1-2 و1-3 في المجلد 2، الفصل 1.

الجدول 4-3
محتويات الكربون الخاصة بالمادة لإنتاج الحديد والفولاذ وفحم الكوك بالمستوى 2

مواد العملية	محتوى الكربون
غاز فرن الصهر	0.17
الفحم الكربوني*	0.91
الفحم[1]	0.67
قار الفحم	0.62
فحم الكوك	0.83
غاز فرن فحم الكوك	0.47
الفحم التفحيمي	0.73
اختزال مباشر للحديد	0.02
الدولوميت	0.13
إلكترودات الفرن القوسي الكهربي[2]	0.82
كربون شحنة الفرن القوسي الكهربي[3]	0.83
زيت الوقود[4]	0.86
كوك الغاز	0.83
كبس الحديد الساخن	0.02
الحجر الجيري	0.12
الغاز الطبيعي	0.73
غاز فولاذ الفرن الأكسجيني	0.35
كوك النفط	0.87
شراء حديد الزهر	0.04
حديد الخردة	0.04
الفولاذ	0.01

المصدر: القيم الافتراضية متسقة مع القيم الواردة في المجلد 2 وتم حسابها باستخدام الافتراض التالي. يشتمل الجدولين 1-2 و1-3 في الجدول 2، الفصل 1 على مراجع كاملة لبيانات محتوى الكربون.

ملاحظات:

[1] افتراض فحم بيتوميني آخر

[2] على افتراض 80 في المائة كوك النفط و20 في المائة قار الفحم

[3] على افتراض فحم كوك غاز فحم الكوك

[4] على افتراض وقود الديزل/الغاز

* يمكن حساب كمية انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن الفحم التفحيمي باستخدام قيمة محتوى الكربون هذه، لكن ينبغي الإبلاغ عنها على أنها صفر في حصر غازات الاحتباس الحراري الوطني. (انظر القسم 1-2 من المجلد 1).

أساليب المستوى 3

يعتمد أسلوب المستوى 3 على التقديرات المجمعة للانبعاثات الخاصة بالمصنع أو استخدام معادلات المستوى 2 على مستوى المصنع. يجب أن يضمن القائم على الحصر أن كل منشأة قد قامت بالفعل بتوثيق معاملات الانبعاث ومحتويات الكربون المستخدمة وأن معاملات الانبعاث هذه تبين العمليات والمواد المستخدمة في المنشأة. يتطلب أسلوب المستوى 3 محتويات الكربون ومعدلات كتلة الاستهلاك/الإنتاج لكل مواد العمليات وعمليات النقل التي تتم خارج الموقع مثل الواردة في الجدول 4-3. في حين يوضح الجدول 4-3 محتويات الكربون الافتراضية، فمن *الممارسة السليمة* في المستوى 3 تعديل هذه القيم لكي تعكس التغييرات التي تطرأ على مستوى المصنع من القيم الافتراضية الممثلة في الجدول. والمعاملات الافتراضية الواردة في الجدول 4-3 ملائمة فقط لأسلوب المستوى 3 إذا كانت المعلومات الخاصة بالمصنع تشير إلى أنها تتطابق مع الظروف الفعلية. ومن المتوقع أنه بالنسبة لأسلوب المستوى 3 فإن البيانات الخاصة بالمصنع ستشتمل على كل من بيانات محتوى الكربون وبيانات معدل كتلة الاستهلاك/الإنتاج، ولذلك لا يمكن استخدام القيم الافتراضية الواردة في الجدول 4-3 على أسلوب المستوى 3 في معظم الحالات.

4-2-2-4 اختيار بيانات الأنشطة

أسلوب المستوى 1

يتطلب أسلوب المستوى 1 فقط كمية الفولاذ المنتجة في البلد حسب نوع العملية وإجمالي كمية حديد الزهر المنتج والذي لم تتم معالجته إلى فولاذ وإجمالي كمية فحم الكوك وحديد الاختزال المباشر والليبيدات المنتجة؛ في هذه الحالة من المفترض أن إجمالي كمية الفحم المنتج قد تم إنتاجها في منشآت متكاملة لإنتاج الفحم. وتتوافر هذه البيانات من الوكالات الحكومية المسؤولة عن إحصائيات الطاقة أو التصنيع أو الاتحادات التجارية أو اتحادات الصناعة أو الشركات المفردة لإنتاج الحديد والفولاذ .إذا كان البلد يمتلك فقط بيانات التجميع، يمكن استخدام معامل محدد. ويتم تحديد إجمالي إنتاج الفولاذ الخام على أنه إجمالي إخراج السبائك المستخدمة والمنتجات نصف المصقولة ودائمة التشكيل والفولاذ السائل للتشكيلات.

أسلوب المستوى 2

يتطلب أسلوب المستوى 2 معرفة إجمالي كمية الحديد والفولاذ وغاز فرن فحم الكوك وغاز فرن الصهر ومواد العملية مثل الجير المستخدم لإنتاج الحديد والفولاذ وإنتاج حديد الاختزال المباشر وإنتاج الليبيدات في البلد، علاوة على إنتاج الفحم داخل وخارج الموقع. وقد تتوافر هذه البيانات من الوكالات الحكومية المسؤولة عن إحصائيات الطاقة أو التصنيع أو الاتحادات التجارية أو اتحادات الصناعة أو الشركات المفردة لإنتاج الحديد والفولاذ .ثم يمكن مضاعفة هذه الكميات في محتويات الكربون الافتراضية الملائمة الواردة في الجدول 4-3 ويتم جمعها لتحديد إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من القطاع. ومع ذلك فمن المفضل استخدم بيانات الأنشطة المجمعة على مستوى المصنع (المستوى 3). إذا لم تكن هذه هي *الفئة الرئيسية* ولم تتوافر بيانات تخص إجمالي معاملات الاختزال على مستوى الصناعة ومواد العملية، يمكن تقدير الانبعاثات باستخدام مقترب المستوى 1.

أسلوب المستوى 3

يتطلب أسلوب المستوى 2 جمع وحصر بيانات الانبعاثات التي تم قياسها على مستوى المنشأة أو بيانات كتلة استهلاك/إنتاج مادة العملية الخاصة بالمنشأة وبيانات محتوى الكربون. ويمكن استخدام أسلوب المستوى 3 اعتمادًا على مقترب توازن كتلة خاص بالمصنع (لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون) أو اعتمادًا على بيانات المراقبة المباشرة للانبعاثات الخاصة بالمصنع (لانبعاثات كل من ثاني أكسيد الكربون والميثان). كما قد يتطلب أسلوب المستوى 3 جمع بيانات الأنشطة على مستوى المصنع وجمعها للقطاعات. ويُفضل جمع البيانات الخاصة بالمصنع من البيانات التي تقدمها شركات إنتاج الحديد والفولاذ وشركات إنتاج فحم الكوك. ويتم تحديد كميات مواد العملية بشكل أكثر دقة من خلال هذا الأسلوب. ويمكن الحصول على هذه البيانات من الوكالات الحكومية المسؤولة عن إحصائيات الطاقة أو التصنيع أو الاتحادات التجارية أو اتحادات الصناعة. ثم يمكن مضاعفة الكميات الملائمة في بيانات محتوى الكربون الخاصة بالمنشأة وجمعها لتحديد إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من القطاعات وستكون إجمالي الانبعاثات أكثر دقة من استخدام أسلوب المستوى 2. كما يتيح هذا المقترب أيضًا دقة إضافية بالسماح للشركات المفردة بتوفير بيانات خاصة بالمصنع أكثر دقة و/أو باستخدام محتويات الكربون ذات الصلة يمكن أن يختلف عن المعاملات الافتراضية المستخدمة في أسلوب المستوى 2.

5-2-2-4 الاستيفاء

العلاقة مع قطاع الطاقة

في تقدير الانبعاثات الناجمة عن فئة المصدر هذه: عند إنتاج فحم الكوك (الطاقة) وإنتاج الحديد والفولاذ (العمليات الصناعية واستخدامات المنتجات)، توجد مخاطر لازدواجية الحساب أو الحذف في العمليات الصناعية أو قطاع الطاقة. وبما أن الاستخدام الرئيسي لمصادر الكربون (في المقام الأول فحم الكوك، وأيضًا الفحم، والبترول والزيت الطبيعي والجير وما إلى ذلك) هو إنتاج حديد الزهر، فإن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والميثان الناجمة عن إنتاج الحديد والفولاذ بما في ذلك إنتاج الليبيدات تعتبر انبعاثات عمليات صناعية ويجب الإبلاغ عنها على أنها كذلك. وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون والميثان الناجمة عن إنتاج فحم الكوك (من فاقد كل من استهلاك الوقود والتحويل) يتم تصنيفها على أنها إنتاج طاقة ويجب الإبلاغ عنها على أنها كذلك. ومع ذلك فبالنسبة للإنتاج المتكامل للحديد والفولاذ مع إنتاج فحم الكوك في الموقع، قد تكون هناك تدفقات لمنتجات ثانوية (مثل غاز فرن الفحم وغاز فرن الصهر والمنتجات الثانوية لفرن الغاز) بين منشأة إنتاج الفحم ومنشأة إنتاج الحديد والفولاذ، وهو ما قد يؤدي إلى ظهور مشكلات ازدواجية الحساب. والفحم المستهلك في شكل غاز فرن فحم الكوك في منشأة الحديد وتصنيع الفولاذ والناتج عنه انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والميثان يجب تصنيفها على أنها انبعاثات عمليات صناعية واستخدامات منتجات والإبلاغ عنها على أنها كذلك. والكربون المستهلك في شكل غاز فرن الصهر في منشأة إنتاج فحم الكوك في الموقع والناتج عنه انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والميثان يجب تصنيفها على أنها انبعاثات طاقة والإبلاغ عنها على أنها كذلك. ويتطلب تتبع مثل هذه التدفقات للكربون معرفة جيدة في حصر فئة المصدر هذه.

ونظرًا للدور الكبير الذي يقوم به فحم الكوك، فمن الأهمية بمكان الأخذ في الاعتبار وجود تصنيع الفحم في المنشأة وتعيين حدود توازن الكربون في منشأة الحديد وتصنيع الفولاذ وذلك للتأكد من عدم ازدواجية حساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. ويجب الإبلاغ عن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والميثان المرتبطة بتصنيع فحم الكوك في الموقع وخارج الموقع ضمن قطاع الطاقة (المجلد 2).

الأشكال الأخرى للكربون

على الرغم من أن الوسيلة الشائعة لإنتاج الحديد الخام، أو حديد الزهر، هي فرن الصهر باستخدام فحم الكوك، إلا أن الأشكال الأخرى للكربون (مثل الفحم المسحوق أو مشتقات الفحم أو الإطارات واللدائن المعاد تدويرها أو الغاز الطبيعي أو زيت الوقود) يمكن استخدامها أيضًا كبديل لجزء من فحم الكوك في فرن الصهر. في هذه الحالات يجب النظر إلى هذه المواد على أنها مصادر عمليات للكربون بنفس طريقة فحم الكوك، ويجب الاهتمام بخصم هذه المواد من أي إحصائيات عامة للطاقة إذا كانت مضمنة فيها. علاوة على ذلك يمكن إنتاج الحديد في أنواع أخرى من حاويات تصنيع الحديد بالإضافة إلى أفران الصهر، عادة باستخدام الغاز الطبيعي أو الفحم بدلاً من فحم الكوك، يجب حساب مصادر الكربون هذه بنفس طريقة فحم الكوك لأنها تُستخدم في نفس الأغراض.

في معظم أفران الصهر، يتم مساعدة عملية تصنيع الحديد باستخدام مواد صهر الكربونات (الحجر الجيري أو الدولوميت). ونظرًا لأهمية هذه المواد كمادة خام للعملية، يجب حسابها كجزء من حصر الحديد وتصنيع الفولاذ. ومع ذلك يجب التأكيد مرة أخرى على أهمية الحرص على عدم ازدواجية حساب الانبعاثات المرتبطة باستخدام الجير والدولوميت في حالة حسابها بشكل منفصل في قطاع المواد المعدنية. (انظر القسم 2-5، استخدامات أخرى للكربونات في العملية، في هذا المجلد).

اللبيدات

كما تستعين بعض المنشآت المتكاملة بمصانع اللبيدات لتحول الدقائق التي تحمل الحديد إلى كتل (أو لبيدات) يمكن استخدامها كمواد خام في فرن الصهر. ونموذجيًا، يتم استخدام دقائق فحم الكوك (أو وهج الفحم) كوقود في عملية التحويل إلى لبيدت وتعتبر مصدرًا لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون والميثان. في حالة إنتاج دقائق فحم الكوك في مصنع فحم الكوك في المنشأة وتم حساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون عند دخول الفحم إلى المنشأة، أو إذا تم حساب وهج الفحم على أنه فحم كوك مشترى، فيجب عدم حساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والميثان الناجمة عن فحم الكوك بشكل مزدوج. ويتم تصنيف الانبعاثات الناجمة عن إنتاج اللبيدات على أنها انبعاثات عمليات صناعية واستخدامات منتجات ويجب الإبلاغ عنها على أنها كذلك.

غازات العادم

من الأهمية بمكان عدم ازدواجية استخدام غازات المنتجات الثانوية لفرن الصهر مثل غاز فرن الصهر أو الغاز المنطلق المستعاد في فرن الأكسجين القاعدي كطاقة في قطاع الطاقة كمصادر لثاني أكسيد الكربون، وذلك في حالة حسابها على أنها انبعاثات عملية صناعية. يجب أن تشتمل انبعاثات العملية الصناعية على كافة إدخالات الكربون في فرن الصهر، والمستخدمة كمادة اختزال أولية. في مواقف المصنع المتكامل تمامًا لإنتاج فحم الكوك والحديد والفولاذ، ربما يتطلب الأمر إجراء تعديلات على المنتجات الثانوية لفرن فحم الكوك ومحتوى الكربون للفولاذ الذي تم شحنه، والذي تم وصفه بوضوح في وصف المصادر. في بعض الحالات، ربما يكون من الضروري إجراء تعديلات على غاز فرن الصهر أو الحديد الذي يمكن بيعه ونقله خارج الموقع. وتوضح الأشكال من 4-1 إلى 4-5 تدفقات العملية لغازات العادم.

استهلاك الإلكترود

يصل استهلاك الإلكترود إلى نحو 3.5 كجم/طن للأفران القوسية الكهربية. ومع ذلك واعتمادًا على خصائص المواد المشحونة، ربما تتم إضافة بعض الكربون إلى الفرن القوسي الكهربي (حوالي 20 كجم/طن) لأغراض التحكم في العملية أو ربما تحتويه المواد المشحونة نفسها كبدائل للحديد، ويتزايد استخدام هذا النظام يومًا بعد يوم. في هذه الحالات، يجب النظر إلى انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والميثان الناجمة عن هذه المواد الإضافية التي تحمل الكربون على أنها انبعاثات مرتبطة بالعملية وحسابها في الحصر، وذلك لأنه من غير المعتقد أن محتوى الكربون الخاص بها لم يتم حسابه في مكان آخر في الحصر. بالإضافة إلى ذلك، في حالة استخدام الغاز الطبيعي لتعزيز التفاعلات التي تحدث في الأفران القوسية الكهربية كمعامل اختزال، يجب حسابه كمصدر للكربون حيث يتم الإبلاغ عن كل مواد العملية المستخدمة في تصنيع الحديد والفولاذ كانبعاثات عمليات صناعية واستخدامات منتجات.

وتتم بعض عمليات إنتاج الفولاذ الخاص في أفران الحث الكهربي، وفي هذه الحالة تكون الشحنة 100 في المائة خردة فولاذ ولا توجد إلكترودات كربون. ولا توجد انبعاثات لثاني أكسيد الكربون أو الميثان يمكن تقديرها في عملية تصنيع الفولاذ هذه.

عمليات أخرى

على الرغم من عدم انتشار أفران المجمرة المكشوفة في الوقت الحالي، إلا أن الضرورة قد تقتضي حصر انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والميثان الناجمة عن عملية تصنيع الفولاذ هذه في بعض البلدان. ويتم شحن كل أفران المجمرة المفتوحة بالحديد المذاب والخردة كما هو الحال في أفران الأكسجين القاعدية، ويتم حقن الأكسجين في الفرن، لكن اختزال الكربون في الحديد وإذابة الشحنة يحدث أيضًا بإطلاق الوقود الحفري (مثل الغاز الطبيعي أو زيت الوقود أو الوقود أو القار) على سطح مغطس المادة الخام. يمكن التغاضي عن الكربون الموجود في الحديد، كما في حالة أفران الأكسيجين القاعدية، وذلك لأنه قد تم حسابها كمصدر للكربون في تصنيع الحديد. ومع ذلك، فالكربون الموجود في الوقود المستخدم في عملية المجمرة المفتوحة يجب حسابه على أنه انبعاث ناجم عن عمليات صناعية واستخدامات منتجات.

6-2-2-4 إعداد متسلسلة زمنية متسقة

يجب حساب الانبعاثات الناجمة عن إنتاج فحم الكوك وإنتاج اللبيدات وإنتاج الحديد والفولاذ باستخدام نفس أسلوب كل عام في المتسلسلة الزمنية. في حالة عدم توافر بيانات لدعم أسلوب أكثر صرامة لكل الأعوام في المتسلسلة الزمنية، يجب إعادة حساب كل هذه الثغرات وفقًا للخطوط التوجيهية الواردة في المجلد 1، الفصل 5، إعادة حساب المتسلسلة الزمنية واتساقها.

3-2-4 تقدير أوجه عدم التيقن

ربما تصل درجة عدم التيقن لمعاملات الانبعاث الافتراضية لإنتاج فحم الكوك وإنتاج الحديد والفولاذ المستخدمة في المستوى 1 إلى ± 25 في المائة. ومن المتوقع أن محتويات الكربون الخاصة بالمادة في المستوى 2 تصل درجة عدم التيقن بها إلى 10 في المائة. ومن المتوقع أن معاملات انبعاث المستوى 3 ستكون في نطاق 5 في المائة في حالة توفر بيانات معدل الكتلة ومحتوى الكربون الخاصة بالمصنع. ويوفر الجدول 4-4 نظرة عامة على درجات عدم التيقن من معاملات الانبعاث ومحتويات الكربون وبيانات الأنشطة.

الجدول 4-4
نطاقات عدم التيقن

الأسلوب	مصدر البيانات	نطاق عدم التيقن
المستوى 1	معاملات الانبعاث الافتراضية	± 25%
	بيانات الإنتاج الوطنية	± 10%
المستوى 2	محتويات الكربون الافتراضية الخاصة بالمادة	± 10%
	البيانات الوطنية لمواد العملية ومعامل الاختزال	± 10%
المستوى 3	محددة بواسطة الشركة = بيانات مواد العملية	± 5%
	بيانات الميثان وثاني أكسيد الكربون التي تم قياسها الخاصة بالمصنع	± 5%
	معاملات الانبعاث الخاصة بالمصنع	± 5%

بالنسبة للمستوى 1، فإن أهم نوع من بيانات الأنشطة هو كمية الفولاذ المنتجة باستخدام كل أسلوب. يجب توافر الإحصائيات الوطنية ومن المحتمل أن درجة عدم التيقن الخاصة بها تصل إلى ±10 في المائة. بالنسبة لمستوى 2، فمن المتوقع أن تكون درجة عدم التيقن لإجمالي كمية معاملات الاختزال ومواد العملية لإنتاج الحديد والفولاذ في نطاق 10 في المائة. يتطلب المستوى 3 معلومات خاصة بالمصنع تخص كميات معاملات الاختزال ومواد العملية (درجة عدم التيقن حوالي 5 في المائة). كما من المتوقع أن درجة عدم التيقن لبيانات الانبعاث الفعلية للمستوى 3 ستكون في نطاق ±5 في المائة. ويمكن تحديد درجة عدم التيقن للمستوى 3 بطريقة أكثر دقة اعتمادًا على تحليل البيانات الفعلية التي يتم الحصول عليها.

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

1-4-2-4 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، لاسيما في حالة استخدام أساليب مستوى أعلى لتحديد الانبعاثات الناجمة عن فئة المصدر هذه. يوصى بأن تقوم هيئات 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 هذه.

مراجعة معاملات الانبعاث ومحتويات الكربون

يجب أن يقارن القائمون على الحصر معاملات الانبعاث الوطنية المجمعة ومحتويات الكربون مع معاملات الانبعاث الافتراضية ومحتويات الكربون التي تقدمها الهيئة من أجل تحديد ما إذا كانت القيمة الوطنية معقولة بالنسبة للمعامل الافتراضي للهيئة. وينبغي توثيق وتفسير الاختلافات بين القيم الافتراضية الوطنية، لاسيما إذا كانت تمثل ظروفًا مختلفة.

فحص بيانات الأنشطة الخاصة بالمصنع

بالنسبة للبيانات الخاصة بالموقع، يجب أن يراجع القائمون على الحصر أي اختلافات بين المواقع لمعرفة ما إذا كانت تعكس أي اختلافات أو أساليب قياس مختلفة أو ناتجة عن أي اختلافات حقيقية في الانبعاثات 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. إذا أخفقت ممارسات القياس بالالتزام بهذه المعايير، فيجب تقييم استخدام معاملات الانبعاث وبيانات الأنشطة هذه بعناية، وإعادة دراسة تقديرات عدم التيقن والمؤهلات الموثقة. عند استخدام مقياس عالٍ للقياس وضمان الجودة / مراقبة الجودة في معظم الموقع، فمن المحتمل أيضًا أن تتم مراجعة تقديرات الانبعاثات لأسفل.

مراجعة الخبراء

يجب أن يعمل القائمون على الحصر على أن تشتمل عملية المراجعة على المنظمات التجارية الصناعية المرتبطة بإنتاج والحديد والفولاذ. يجب أن تبدأ هذه العملية في مرحلة مبكرة من الحصر لتوفير إدخال لوضع ومراجعة الأساليب والحصول على البيانات.

كما أن مراجعات الأطراف الأخرى مفيدة لفئة المصدر هذه، لاسيما فيما يتعلق بالجمع المبدئي للبيانات وعمل القياس والنسخ والحساب والتوثيق.

فحص بيانات الأنشطة

لكل المستويات، يجب أن يرجع القائمون على الحصر إلى المجلد 2، الفصل 2 (الاحتراق الثابت لقطاع الطاقة) لضمان أن الانبعاثات الناجمة عن معاملات الاختزال ومواد العملية (الفحم وفحم الكوك والغاز الطبيعي وما إلى ذلك) لا يتم حذفها أو حسابها بشكل مزدوج.

يجب أن يفحص القائمون على البحث أي اختلافات بين البيانات من مصانع مختلفة لتحديد ما إذا كانت هذه الاختلافات تعكس أخطاء أو اختلاف في أساليب القياس أو تنتج عن اختلافات حقيقية في الانبعاثات أو الظروف التشغيلية أو التقنية. ويرتبط ذلك بشكل رئيسي بالتقديرات الخاصة بالمصنع لكميات معاملات الاختزال أو محتوى الكربون الذي تم الإبلاغ عنه لمواد العملية.

كما يتعين على القائمين على الحصر مقارنة التقديرات المجمعة على مستوى المصنع بإجماليات الصناعة لمعرفة مقدار استهلاك مواد العملية عند توافر مثل بيانات التجارة هذه.

4-2-4-2 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.

أسلوب المستوى 1

بالإضافة إلى الإبلاغ عن الانبعاثات المقدرة، من *الممارسة السليمة* الإبلاغ عن إجمالي إنتاج الفولاذ حسب العملية ومعاملات الانبعاث المستخدمة الخاصة بها والإبلاغ عن كمية الحديد المنتج والذي لا تتم معالجته في إلى فولاذ. في الجدول الخاصة به، يجب التذكير بأن الانبعاثات التي يتم الإبلاغ عنها تشكل جزءًا فقط من إجمالي الانبعاثات الناجمة عن القطاع وأن الانبعاثات الناجمة عن إنتاج فحم الكوك تم تصنيفها على أنها انبعاثات طاقة وتم الإبلاغ عنها في المجلد 2، الفصل 2، الاحتراق الثابت لقطاع الطاقة.

أساليب المستوى 2

من *الممارسة السليمة* توثيق الانبعاثات المقدرة والتي تم حسابها وكل بيانات الأنشطة ومعاملات الانبعاث الخاصة بها وأي افتراضات أو بيانات تبرر معاملات الانبعاث البديلة. يجب أن يكون هناك تفسير واضح للارتباط بتقدير فئة المصدر 1أ (احتراق الوقود) لانبعاثات الإنتاج المتكامل لفحم الكوك لتوضيح عدم حدوث حذف أو ازدواجية لحساب الانبعاثات.

أسلوب المستوى 3

من *الممارسة السليمة* توثيق الانبعاثات المحسوبة ومصدر كل البيانات، مع الأخذ في الاعتبار الحاجة إلى حماية سرية بيانات منشآت معينة إذا كانت البيانات حساسة للنشاط التجاري أو تخضع للملكية. بالإضافة إلى ذلك، على القائمين على الحصر لكل المستويات توثيق كل المعلومات المطلوبة لإعادة التقدير، بالإضافة إلى إجراءات ضمان الجودة/مراقبة الجودة.

3-4 إنتاج سبائك الحديد

1-3-4 مقدمة

هو مصطلح يستعمل لوصف الخليط المركز للحديد وواحد أو أكثر من المعادن كالسليكون، والمنجنيز، والكروميوم، والموليبدينوم, والفاناديوم والتنجستين. إنتاج معدن السليكون داخل عادةً في مجموعة السبائك الحديدية لأن عملية إنتاج معدن السليكون مشابهة لعملية إنتاج سيليكون الحديد. ومثل هذه الأنواع من السبائك تستخدم لإزالة أكسدة وتغيير الخصائص المادية للفولاذ. وتقوم منشآت السبائك الحديدية بتصنيع المركبات المركزة التي يتم نقلها إلى مصانع إنتاج الفولاذ لكي يتم دمجها في سبائك الفولاذ. ويتم استخدام معدن السليكون في سبائك الألومونيوم، لإنتاج السليكون والمواد الإلكترونية. ويشتمل إنتاج سبائك الحديد على عملية الاختزال التعديني التي ينجم عنها العديد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

في إنتاج سبائك الحديد، يتم خلط الحديد الخام ومواد الكربون ومواد تشكيل الخبث وتسخينها على درجات حرارة عالية للاختزال والصهر. وعادة ما تكون مواد الاختزال الكربونية هي الفحم وفحم الكوك، لكن يُستخدم الكربون البيولوجي (الفحم التفحيمي والخشب) بشكل واسع كمصادر أساسية وثانوية للكربون. وتم تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والميثان الناجمة عن إنتاج فحم الكوك في القسم 4-2 ويتم الإبلاغ عنها في قطاع الطاقة. ويتم استخدم الأفران القوسية الكهربية المغمورة مع إلكترودات الجرافيت أو إلكترودات سوديربيرج المستهلكة. ويتم توليد الحرارة بواسطة الأقواس الكهربية وعبر مقاومة مواد الشحنة. ويمكن أن تكون الأفران مفتوحة أو نصف مغطاة أو مغطاة بالكامل. ومن بين التقنيات المستخدمة على نطاق واسع الفرن القوسي الكهربي المغمور المفتوح من أعلى. في الفرن القوسي الكهربي، يتم استكمال توليد الحرارة بواسطة تيار مار عبر إلكترودات الجرافيت معلق في طبقة فولاذية على شكل كأس مبطنة بمادة مقاومة للحرارة. ويحدث اختزال الكربون للأكسيدات المعدنية حيث يتم استهلاك كل من إلكترودات فحم الكوك والجرافيت. يقوم الكربون الموجود في الإلكترودات باحتجاز الأكسجين المنبعث من أكسيدات المعادن لتكوين أحادي أكسيد الكربون، في حين تم اختزال الخام إلى معادن أساسية مسبوكة. ثم يتم تجميع معادن المركب في المحلول.

بالإضافة إلى الانبعاثات الناجمة عن معاملات الاختزال والإلكترودت، فإن تكلس مواد صهر الكربونات مثل الجير والدولوميت، عند استخدامها، تساهم في انبعاث غازات الاحتباس الحراري.

تتكون معظم الانبعاثات الأساسية في الأفران القوسية المغطاة من أحادي أكسيد الكربون في مقابل ثاني أكسيد الكربون، وذلك نظرًا لبيئة الاختزال القوية. ويتم استخدام أحادي أكسيد الكربون إما لإنتاج الطاقة في المراجل أو يتم إشعاله. ومن المفترض أن يتم استخدام الطاقة المنتجة في الموقع داخليًا، ويتم تحويل محتوى الكربون لأحادي أكسيد الكربون لاحقًا إلى ثاني أكسيد الكربون في المصنع.

ويتم إحراق غاز أحادي أكسيد الكربون في الأفران المفتوحة أو نصف المغطاة وتحويله إلى ثاني أكسيد الكربون أعلى مستوى الشحنة. ومن المفترض أن يتم تحول أي أحادي أكسيد الكربون منبعث في الجو إلى ثاني أكسيد الكربون في غضون أيام بعد ذلك. وفي حين أن ثاني أكسيد الكربون هو غاز الاحتباس الحراري الرئيسي الناجم عن إنتاج سبائك الحديد، فقد أظهرت الأبحاث الحديثة أن الميثان وأكسيد النيتروز مسؤولان عن انبعاث غاز الاحتباس الحراري المكافئ الذي يصل إلى 5 في المائة من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج سليكون الحديد (FeSi) ومعدن السليكون (Si-metal). ويشتمل هذا القسم على المنهجيات الخاصة بتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والميثان. ويجب التحقق من هذه الانبعاثات لكل إنتاج سبائك الحديد، ويجب القيام بقياسات إضافية لهذه الانبعاثات الناجمة عن إنتاج سليكون الحديد ومعدن السليكون.

2-3-4 موضوعات منهجية

1-2-3-4 اختيار الأسلوب

منهجية تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون

تعرض *الخطوط التوجيهية للهيئة* العديد من المقاربات المعنية بحساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج السبائك الحديدية. لأغراض العملية، يتبنى هذا القسم مقترب توازن الكتلة حيث يتم الإبلاغ عن أحادي أكسيد الكربون المنبعث على أنه ثاني أكسيد كربون منبعث. ويعتمد اختيار أسلوب *الممارسة السليمة* على الظروف الوطنية كما هو موضح في شجرة القرارات، الشكل 4-9. يحسب أسلوب المستوى 1 الانبعاثات الناجمة عن معاملات الانبعاث العامة المستخدمة على إجمالي إنتاج البلد لسبائك الحديد. ويتسم أسلوب المستوى 1 بالسهولة، ويمكن أن يؤدي إلى حدوث أخطاء نتيجة اعتماده على الافتراضات بدلاً من البيانات الفعلية. لذلك فهو ملائم فقط عندما يكون إنتاج سبائك الحديد هو *الفئة الرئيسية*. ويحسب أسلوب المستوى 2 الانبعاثات الناجمة عن الاستهلاك المعروف لعوامل الاختزال، ويُفضل أن تكون من بيانات الاستهلاك الخاصة بالمصنع، ولكن يمكن الحصول عليها من بيانات يتم جمعها من على مستوى الصناعة باستخدام معاملات انبعاث تشبه المعاملات المستخدمة لتقدير انبعاثات الاحتراق. يعتمد أسلوب المستوى 3 على معاملات الانبعاث الخاصة بمنشأة معينة.

أسلوب المستوى 1: معاملات الانبعاث التي تعتمد على الإنتاج

أسهل أسلوب للتقدير هو مضاعفة معاملات الانبعاث الافتراضية حسب نوع منتج سبيكة الحديد كما هو موضح في المعادلة 4-15.

المعادلة 4-15
انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج سبائك الحديد حسب أسلوب المستوى 1

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

حيث:

E_{CO2} = انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، طن

MP_i = إنتاج نوع سبيكة الحديد *i*، طن

EF_i = معامل الانبعاث العام لنوع سبيكة الحديد ***i***، طن ثاني أكسيد الكربون/طن المنتج الخاص بسبيكة الحديد

أسلوب المستوى 2: معاملات الانبعاث الخاصة بمادة خام والتي تعتمد على الإنتاج

والمقترب البديل هي استخدام معاملات الانبعاث لعوامل الاختزال. يجب النظر إلى محتويات الكربون في المواد الخام الأخرى والمنتجات.

المربع 4-1
تعريفات الكلمات/الرموز المستخدمة في المعاملات الواردة في هذا القسم

محتوى يعني كسر الوزن في كل المعادلات

$\sum$ تعني مجموع كل من i أو h أو j أو k أو l

المعادلة 4-16
انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج سبائك الحديد حسب أسلوب المستوى 2

$$E_{CO2} = \sum_i \left(M_{reducing\ agent,i} \bullet EF_{reducing\ agent,i}\right) + \sum_h \left(M_{ore,h} \bullet CContent_{ore,h}\right) \bullet \frac{44}{12}$$
$$+ \sum_j \left(M_{slag\ \ forming\ material,\ j} \bullet CContent_{slag\ \ forming\ material,\ j}\right) \bullet \frac{44}{12}$$
$$- \sum_k \left(M_{product,k} \bullet CContent_{product,k}\right) \bullet \frac{44}{12}$$
$$- \sum_l \left(M_{non-product\ outgoing\ stream,l} \bullet CContent_{non-product\ outgoing\ stream,l}\right) \bullet \frac{44}{12}$$

حيث:

ECO_2 = انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج سبائك الحديد، طن

$M_{reducing\ agent,\ i}$ = كتلة عامل الاختزال ***i***، طن

$EF_{reducing\ agent,\ i}$ = معامل الانبعاث لعامل الاختزال ***i***، طن ثاني أكسيد الكربون/طن عامل اختزال

$M_{ore,\ h}$ = كتلة المادات الخام ***h***، طن

$CContent_{ore,\ h}$ = محتوى الكربون في المادة الخام ***h***،طن كربون/طن مادة خام

$M_{slag\ forming\ material,\ j}$ = كتلة المادة المكونة للخبث ***j***، طن

$CContent_{slag\ forming\ material,\ j}$ = محتوى الكربون في المادة المكونة للخبث ***j***، طن كربون/طن مادة

$M_{product,\ k}$ = كتلة المنتج ***k***، طن

$CContent_{product,\ k}$ = محتوى الكربون في المنتج ***k***،طن كربون/طن مادة خام

$M_{non\text{-}product\ outgoing\ stream,\ l}$ = كتلة التيار المتدفق غير الحامل للمنتج ***I***، طن

$CContent_{non\text{-}product\ outgoing\ stream,\ l}$ = محتوى الكربون في التيار المتدفق غير الحامل للمنتج ***l***، طن كربون/طن

الثابت 12/44 هو معامل المضاعفة لكتلة ثاني أكسيد الكربون المنبعث من كل وحدة كتلة لإجمالي الكربون المستخدم.

أسلوب المستوى 3: الحسابات التي تعتمد على كميات وتحليلات عوامل الاختزال

تستخدم الجهات المنتجة الفحم وفحم الكوك ذا محتويات مختلفة من الرماد والكربون الثابت والمواد المتطايرة. بالإضافة إلى ذلك، تختلف كميات الكربون في خامات الكربونات والمواد التي تكون الخبث. ولذلك فأفضل طريقة هي حساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إجمالي كمية الكربون في عوامل الاختزال وعجين الإلكترود والخامات والمواد المكونة للخبث والمنتجات، ويتم تنفيذ هذا الحساب لكل سبيكة حديد يتم إنتاجها.

المعادلة 4-17
انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج سبائك الحديد حسب أسلوب المستوى 3

$$E_{CO2} = \sum_i \left(M_{reducing\ agent,i} \bullet CContent_{reducing\ agent,i}\right) \bullet \frac{44}{12} + \sum_h \left(M_{ore,h} \bullet CContent_{ore,h}\right) \bullet \frac{44}{12} + \sum_j \left(M_{slag\ \ forming\ material,j} \bullet CContent_{slag\ \ forming\ material,j}\right) \bullet \frac{44}{12} - \sum_k \left(M_{product,k} \bullet CContent_{product,k}\right) \bullet \frac{44}{12} - \sum_l \left(M_{non-product\ outgoing\ stream,l} \bullet CContent_{non-product\ outgoing\ stream,l}\right) \bullet \frac{44}{12}$$

حيث:

ECO_2 = انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج سبائك الحديد، طن

$M_{reducing\ agent,\ i}$ = كتلة عامل الاختزال *i*، طن

$CContent_{reducing\ agent,\ I}$ = محتوى الكربون في عامل الاختزال *i*، طن كربون/طن عامل اختزال

$M_{ore,\ h}$ = كتلة المادات الخام *h*، طن

$CContent_{ore,\ h}$ = محتوى الكربون في المادة الخام *h*،طن كربون/طن مادة خام

$M_{slag\ forming\ material,\ j}$ = كتلة المادة المكونة للخبث *j*، طن

$CContent_{slag\ forming\ material,\ j}$ = محتوى الكربون في المادة المكونة للخبث *j*، طن كربون/طن مادة

$M_{product,\ k}$ = كتلة المنتج *k*، طن

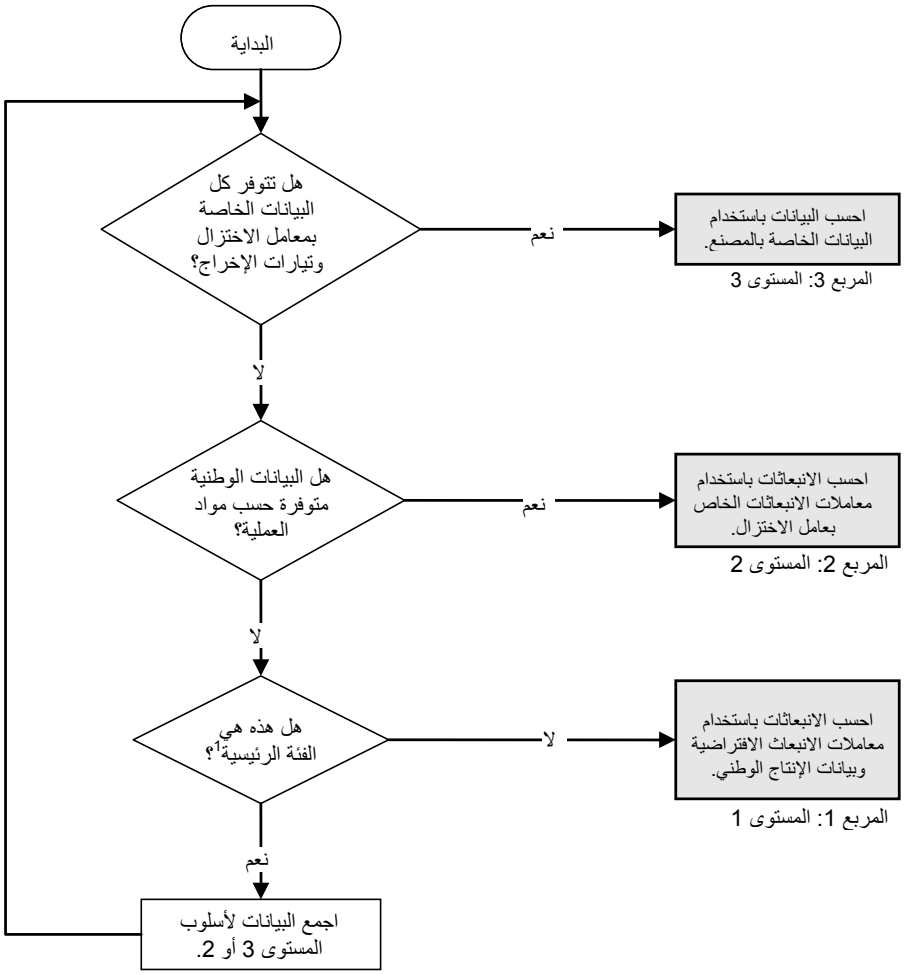
$CContent_{product,\ k}$ = محتوى الكربون في المنتج *k*، طن كربون/طن مادة خام

$M_{non\text{-}product\ outgoing\ stream,\ l}$ = كتلة التيار المتدفق غير الحامل للمنتج *I*، طن

$CContent_{non\text{-}product\ outgoing\ stream,\ l}$ = محتوى الكربون في التيار المتدفق غير الحامل للمنتج *l*، طن كربون/طن

الثابت 12/44 هو معامل المضاعفة لكتلة ثاني أكسيد الكربون المنبعث من كل وحدة كتلة لإجمالي الكربون المستخدم. سيتم الحساب بالدقة في حالة توافر التحليلات الخاصة بإجمالي الكربون في كل عوامل الاختزال.

الشكل 4-9 شجرة القرارات لتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من إنتاج سبائك الحديد



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.

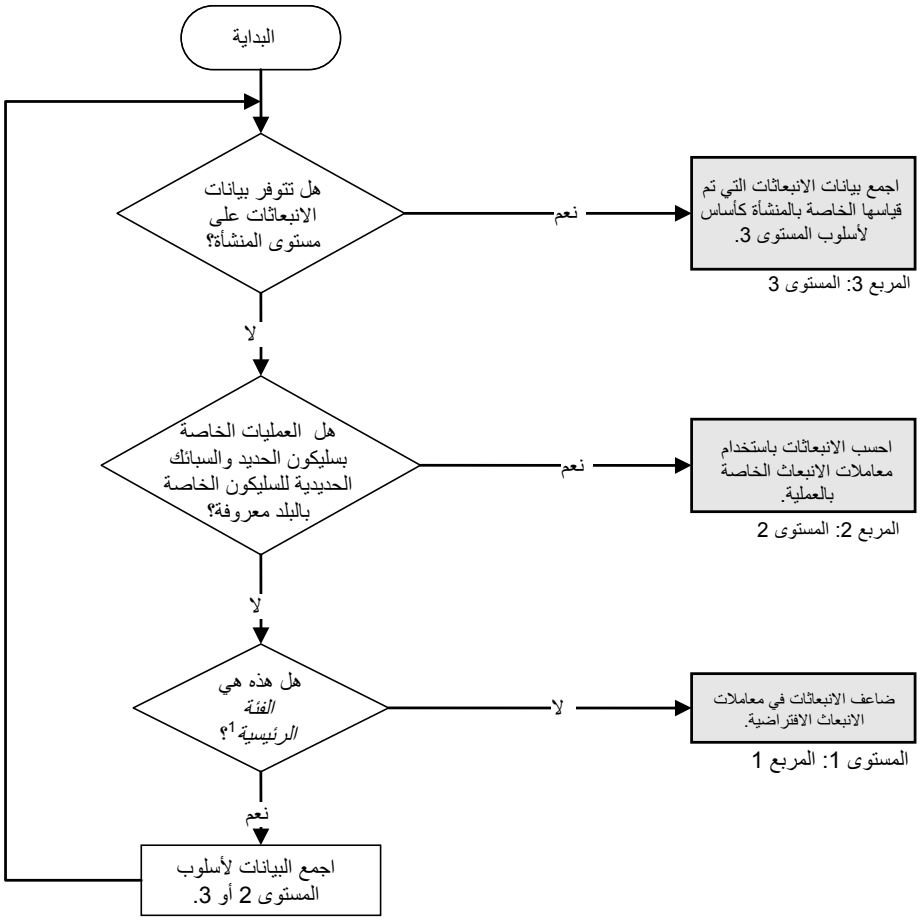
منهجية الميثان ومناقشة انبعاثات أكسيد النيتروز

يؤدي تسخين مواد الكربون في الأفران إلى إطلاق المواد المتطايرة بما في ذلك الميثان. باستخدام أفران مفتوحة أو نصف مغطاة - المستخدم بشكل واسع في إنتاج سليكون الحديد والسبائك الحديدة للسليكون - ويتم إحراق معظم المواد المتطايرة فوق الشحنة، في الغطاء وقنوات الغاز المنطلق، لكن يظل بعضها دون تفاعل مثل الميثان والمركبات العضوية المتطايرة غير الميثانية (NMVOC). وتعتمد الكميات على تشغيل الفرن. يؤدي الشحن بالرش إلى تقليل كميات الميثان مقارنة بشحن الدفعات. وتؤدي درجات الحرارة الزائدة في الغطاء (حيث يوجد هواء زائف أقل) إلى تقليل محتوى الميثان أكثر من ذلك.

تعرض *الخطوط التوجيهية للهيئة* العديد من المقاربات المعنية بحساب انبعاثات الميثان الناجمة عن إنتاج سليكون الحديد والسبائك الحديدية للسليكون. ويعتمد اختيار أسلوب *الممارسة السليمة* على الظروف الوطنية كما هو موضح في شجرة القرارات، الشكل 4-10. يحسب أسلوب المستوى 1 الانبعاثات الناجمة عن معاملات الانبعاث العامة المستخدمة على إجمالي إنتاج البلد لسبائك الحديد. ويتسم أسلوب المستوى 1 بالسهولة، ويمكن أن يؤدي إلى حدوث أخطاء نتيجة اعتماده على الافتراضات بدلاً من البيانات الفعلية. لذلك يجب استخدامه فقط عندما يكون إنتاج سبائك الحديد هو *الفئة الرئيسية*. ويقوم أسلوب المستوى 2 بحساب الانبعاثات الناجمة عن عوامل انبعاثات خاصة بالعملية. ويستخدم أسلوب المستوى 3 بيانات الانبعاثات الخاصة بالمنشأة.

وتوجد أخطاء عديدة مرتبطة بتقديرات أو انبعاثات أكسيد النيتروز الناجمة عن صناعة سبائك الحديد، ولذلك فلا توجد منهجية معينة.

الشكل 4-10 شجرة القرارات لتقدير انبعاثات الميثان الناجمة عن إنتاج سليكون الحديد وسبائك السليكون



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 شجرة القرارات.

أسلوب المستوى 1: معاملات انبعاثات سليكون الحديد وسبائك السليكون التي تعتمد على الإنتاج

وأبسط أسلوب للتقدير هو مضاعفة معاملات الانبعاث الافتراضية في نوع منتج سبائك السليكون.

ويتم حساب إجمالي الانبعاثات وفقًا للمعادلة:

المعادلة 4-18
انبعاثات الميثان الناجمة عن إنتاج سبائك الحديد حسب أسلوب المستوى 1

$$E_{CH4} = \sum_i \left(MP_i \bullet EF_i \right)$$

حيث:

E_{CH4} = انبعاثات الميثان، كجم

MP_i = إنتاج سبيكة السليكون ***i***، طن

EF_i = معامل الانبعاث العام لسبيكة السليكون ***i***، كجم ميثان/طن منتج سبيكة السليكون المحدد

أسلوب المستوى 2: معاملات انبعاثات سليكون الحديد وسبائك السليكون التي تعتمد على الإنتاج والخاصة بعملية معينة

أيضًا يعتمد أسلوب المستوى 2 على معاملات الانبعاث، لكن على خلاف أسلوب المستوى 1، فهذه المعاملات خاصة بالعملية.

أسلوب المستوى 3: القياسات المباشرة

يُفضل بشدة أن يقيس القائمون على الحصر انبعاثات الميثان عندما تكون الانبعاثات الناجمة عن صناعة سبائك الحديد هي *الفئة الرئيسية*.

4-3-2-2 اختيار معامل الانبعاثات

معاملات الانبعاث الخاصة بثاني أكسيد الكربون

أسلوب المستوى 1: معاملات الانبعاث التي تعتمد على الإنتاج

عندما تكون البيانات المتوافرة هي فقط إحصائيات إنتاج سبائك الحديد على المستوى الوطني، فمن *الممارسة السليمة* استخدام معاملات الانبعاث الافتراضية. ومع ذلك ونظرًا للمعاملات التي تختلف فيما بينها اختلافًا كبيرًا اعتمادًا على نوع إنتاج سبيكة الحديد، تقتضي الضرورة تحديد عدد الأطنان التي يتم إنتاجها ونوع الأسلوب المستخدم في الإنتاج، ثم جمع منتج المعاملات الموضح في الجدول 4-5 وأطنان الإنتاج الملائمة. وتعتمد هذه المعاملات على أراء الخبراء باستخدام ممارسات نموذجية لسيناريوهات إنتاج سبائك الحديد المدرجة. في حالة استخدام أي كربون حيوي، باستثناء بعض رقائق الخشب لإنتاج سليكون الحديد ومعدن السليكون، لا يمكن استخدام المعاملات.

الجدول 4-5
معاملات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون العامة لإنتاج سبائك الحديد
(طن ثاني أكسيد الكربون/طن منتج)

نوع سبيكة الحديد	معامل الانبعاث
سليكون حديد 45% سليكون	2.5
سليكون حديد 65 % سليكون	3.6
سليكون حديد 75% سليكون	4.0
سليكون حديد 90% سليكون	4.8
حديد منجنيز (7% كربون)	1.3
حديد منجنيز (1% كربون)	1.5
سليكون منجنيز	1.4
معدن السليكون	5.0
حديد كروم	1.3 (1.6 مع مصنع اللبيدات)
المصدر: الهيئة (1997)، الهيئة (2000)، أولسون (2004) ولينداستاد (2004)	

حدد أولسون (2004) معاملات الانبعاث الافتراضية هذه لسبائك المنجنيز، لينداستاد (2004) لسبائك السليكون وأولسون ومونسن ولينداستاد (1998) لحديد الكروم.

بالنسبة لسبائك حديد المنجنيز، تعتمد معاملات الانبعاث على الإنتاج حيث يكون المنجنيز الذي يحتوي على المواد الخام عبارة عن خامات الأكسيد وخامات الكربونات وليبدات المنجنيز المستوردة. في حالة إنتاج اللبيدات في الخارج فلن يتم تضمينه في الحصر الوطني لغازات الاحتباس الحراري. يجب الإبلاغ عن الانبعاثات الناجمة عن إنتاج اللبيدات في مكان إنتاجها.

ويعتمد معامل حديد السليكون 90 (FeSi90) ومعدن السليكون على استهلاك ثابت للكربون يبلغ 110 في المائة للكمية المحسوبة بالرياضيات الكيميائية المطلوبة لاختزال أكسيد السليكون (SiO_2). بالنسبة لسبائك حديد السليكون الأخرى، يعتمد المعامل على 114 في المائة للكمية المحسوبة بالرياضيات الكيميائية للكربون الثابت.

أسلوب المستوى 2: معاملات الانبعاث الخاصة بمادة خام والتي تعتمد على الإنتاج

يوضح الجدول 4-6 معاملات الانبعاث الخاصة بعوامل الاختزال المستخدمة في إنتاج سبائك السليكون والمنجنيز. وقد قيم أولسون (2004) المعاملات الخاصة المستخدمة في إنتائج سبائك المنجنيز وقيم لينداستاد (2004) المعاملات المستخدمة في إنتاج سبائك السليكون.

الجدول 4-6
معاملات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لإنتاج سبائك الحديد
(طن ثاني أكسيد الكربون/طن عامل اختزال)

عامل الاختزال (الاستخدام)	معامل الانبعاث
الفحم (حديد السليكون ومعدن السليكون)	3.1
الفحم (لسبائك الحديد الأخرى)	* (أنظر أدناه)
فحم الكوك (بالنسبة لحديد المنجنيز وسليكون المنجنيز)	3.3-3.2
فحم الكوك (بالنسبة للسليكون وسليكون الحديد)	3.4-3.3
فحم الكوك (لسبائك الحديد الأخرى)	* (أنظر أدناه)
إلكترودات سابقة التجفيف	3.54
عجينة الإلكترود	3.4
فحم الكوك النفطي	3.5

:*يُفضل أن يستخدم القائمون على الحصر قيم خاصة بجهة التصنيع اعتمادًا على متوسط مزيج الفحم و/أو فحم الكوك لكل جهة إنتاج سبائك الحديد.

المصدر: أولسون (2004) وليندستاد (2004)

أسلوب المستوى 3: الحسابات التي تعتمد على كميات وتحليلات عوامل الاختزال

بالنسبة لأسلوب المستوى 3، تقتضي الضرورة تحديد محتويات الكربون لعوامل الاختزال المستخدمة في عمليات الإنتاج. لكن معظم الجهات المصنعة لسبائك الحديد تحلل فقط على أساس النسبة المئوية للرماد والمواد المتطايرة وتحسب:

% كربون ثابت = 100% - % رماد - % مواد متطايرة.

في هذه الحالة يتم حساب إجمالي محتويات عوامل الاختزال باستخدام المعادلة التالية:

المعادلة 4-19
محتويات الكربون لعوامل اختزال سبائك الحديد

$$CContent_{reducing\ agent,i} = F_{FixC,i} + F_{volatiles,i} \bullet C_v$$

حيث:

$CContent_{reducing\ agent,\ I}$ = محتوى الكربون في عامل الاختزال *i*، طن كربون/طن عامل اختزال

$F_{FixC,i}$ = تكسير الكتلة للكربون الثابت في عامل الاختزال *i*، طن كربون/طن عامل اختزال

$F_{volatiles,i}$ = تكسير الكتلة للمواد المتطايرة في عامل الاختزال *i*، طن كربون/طن عامل اختزال

C_v = محتوى الكربون في المواد المتطايرة، طن كربن/طن مواد متطايرة
(إلا في حالة توافر المعلومات الأخرى، Cv = 0.65 يتم استخدامها مع الفحم و0.80 يتم استخدامها مع فحم الكوك).

معاملات الانبعاث للميثان

أسلوب المستوى 1: معاملات انبعاثات سليكون الحديد وسبائك السليكون التي تعتمد على إنتاج

عندما تكون البيانات المتوافرة هي فقط إحصائيات إنتاج سبائك الحديد على المستوى الوطني، فمن *الممارسة السليمة* استخدام معاملات الانبعاث الافتراضية. ومع ذلك ونظرًا للمعاملات التي تختلف فيما بينها اختلافًا كبيرًا اعتمادًا على نوع إنتاج سبيكة الحديد، تقتضي الضرورة تحديد عدد الأطنان التي يتم إنتاجها ونوع الأسلوب المستخدم في الإنتاج، ثم جمع منتج المعاملات الموضح في الجدول 4-7 وأطنان الإنتاج الملائمة. تعتمد معاملات الانبعاث الافتراضية للميثان على متوسطات العدد الصغير للقياسات الخاصة بالعملية (الواردة في الجدول 4-7 للمستوى 2) والتي تم تنفيذها بواسطة مؤسسة الأبحاث العلمية والصناعية في المعهد النرويجي للتقنية (SINTEF) ومؤسسة دي.إن.في أساسيًا في عام 1995 و1998 (إف.إف.إف (2000)).

الجدول 4-7 معاملات الانبعاث الافتراضية للميثان (كجم ميثان/طن منتج)		
الانبعاث	**السبيكة**	**معامل الانبعاث**
الميثان	معدن السليكون	1.2
	حديد السليكون 90	1.1
	حديد السليكون 75	1.0
	حديد السليكون 65	1.0
المصدر: إف.إف.إف (2000)		

أسلوب المستوى 2: معاملات انبعاثات سليكون الحديد وسبائك السليكون التي تعتمد على الإنتاج والخاصة بعملية معينة

أيضًا يعتمد أسلوب المستوى 2 على معاملات الانبعاث، لكن على خلاف أسلوب المستوى 1، فهذه المعاملات خاصة بالعملية. والإجراء هو نفس الإجراء الموضح في المعادلة 4-18، باستخدام القيم الواردة في الجدول 4-8.

الجدول 4-8 معاملات انبعاث الميثان (كجم ميثان/طن منتج)				
الانبعاث	**السبيكة**	**عملية الفرن**		
		الشحن دفعات	**الشحن بالرش [1]**	**الشحن بالرش و>750 درجة مئوية[2]**
الميثان	معدن السليكون	1.5	1.2	0.7
	حديد السليكون 90	1.4	1.1	0.6
	حديد السليكون 75	1.3	1.0	0.5
	حديد السليكون 65	1.3	1.0	0.5
[1] الشحن بالرش هو الشحن المستمر كل دقيقة.				
[2] درجة الحرارة في قناة الغاز المنطلق التي تم قياسها عندما لا تستطيع المزدوجة الحرارية "رؤية" الاحتراق في غطاء الفرن.				

أسلوب المستوى 3: القياسات المباشرة

يعتمد المستوى 3 على القياسات وليس على معاملات الانبعاث. يجب أن يرجع القائم على الحصر إلى الخطوط التوجيهية الخاصة بالقياسات على مستوى المصنع الواردة في المجلد 1، الفصل 2، والخاصة بمراقبة جودة/ضمان جودة القياسات في المجلد 1، الفصل 6.

4-3-2-3 اختيار بيانات الأنشطة

أسلوب المستوى 1

يتطلب أسلوب المستوى 1 فقط كمية سبائك الحديد المنتجة في البلد حسب نوع المنتج. وتتوافر هذه البيانات من الوكالات الحكومية المسؤولة عن إحصائيات الطاقة أو التصنيع أو الاتحادات التجارية أو اتحادات الصناعة أو الشركات المفردة لإنتاج سبائك الحديد .عندئذٍ يمكن مضاعفة هذه الأطنان في معاملات الانبعاث الخاصة بها الواردة في الجدول 4-5 لتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن القطاع والجدول 4-7 لتقدير انبعاثات الميثان الناجمة عن القطاع.

أسلوب المستوى 2

يتطلب أسلوب المستوى 2 إجمالي كمية عامل الاختزال ومواد العملية الأخرى المستخدمة في إنتاج سبائك الحديد في البلد ومعرفة العمليات المستخدمة. وقد تتوافر هذه البيانات من الوكالات الحكومية المسؤولة عن إحصائيات الطاقة أو التصنيع أو الاتحادات التجارية أو اتحادات الصناعة أو الشركات المفردة لإنتاج سبائك الحديد .ثم يمكن مضاعفة هذه الكميات في معاملات الانبعاثات العامة الملائمة الواردة في الجدولين 4-6 و4-8 ويتم جمعها لتحديد إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والميثان من القطاع. ومع ذلك فمن المفضل استخدم بيانات الأنشطة المجمعة على مستوى المصنع.

أسلوب المستوى 3

يتطلب أسلوب المستوى 3 جمع وتوثيق وحصر بيانات الانبعاث الخاصة بالمنشأة. ويمكن الحصول على هذه البيانات مباشرة من الشركات.

4-2-3-4 الاستيفاء

عند تقدير الانبعاثات الناجمة عن فئة المصدر هذه، توجد مخاطرة لازدواج الحساب أو الحذف في العمليات الصناعية أو قطاع الطاقة. وبما أن الاستخدام الرئيسي لمصادر الكربون (الفحم وفحم الكوك والجير والدولوميت وما إلى ذلك) هو إنتاج سبائك الحديد، فإن الانبعاثات تعتبر انبعاثات عمليات صناعية ويجب الإبلاغ عنها على أنها كذلك. جدير بالذكر أن مخاط ازدواجية الحساب ترتفع بوجه خاص في مقترب المستوى 1. أي انحراف في الإبلاغ عن الانبعاثات على أنها ناشئة من العمليات الصناعية يجب ذكره صراحة في الحصر، ويجب فحص الاستيفاء/ازدواجية الحساب.

4-2-3-5 إعداد متسلسلة زمنية متسقة

يجب حساب الانبعاثات الناجمة عن إنتاج سبائك الحديد باستخدام نفس الأسلوب كل عام في المتسلسلة الزمنية. في حالة عدم توافر بيانات لدعم أسلوب المستوى 3 لكل الأعوام في المتسلسلة الزمنية، يجب إعادة حساب كل هذه الثغرات وفقًا للخطوط التوجيهية الواردة في المجلد 1، الفصل 5.

4-3-3 تقدير أوجه عدم التيقن

تنشأ حالات عدم التيقن في إنتاج سبائك الحديد في المقام الأول من حالات عدم التيقن المرتبطة ببيانات الأنشطة وإلى درجة أقل من حالة عدم التيقن المرتبطة بمعامل الانبعاث. وعلى الرغم من أنه يمكن إنتاج بعض سبائك الحديد باستخدام الخشب أو كتلة بيولوجية أخرى كمصدر للكربون، إلا أن المعلومات والبيانات الخاصة بهذه الممارسات لم تكن متوافرة. الانبعاثات الناجمة عن سبائك الحديد المنتجة باستخدام الخشب أو كتلة بيولوجية أخرى لا يمكن حسابها ضمن هذا المصدر لأن الكربون الذي يعتمد على الخشب يمكن أن يكون من أصل بيولوجي. ويجب حساب الانبعاثات الناجمة عن سبائك الحديد المنتجة باستخدام إدخالات فحم التفحيم أو الجرافيت في الأنظمة الوطنية، لكن قد ينشأ عنها كميات مختلفة من ثاني أكسيد الكربون لوحدة سبيكة الحديد المنتجة مقارنة باستخدام فحم الكوك النفطي.

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

بالنسبة للمستوى 3، من المتوقع أن تكون نسبة عدم التيقن من بيانات الانبعاث الفعلية أقل من 3 في المائة. بالنسبة للمستوى 2، من المتوقع أن تكون معاملات الانبعاثات الخاصة بالمادة في نطاق 10 في المائة، وهو ما يعني درجة عدم تيقن كلية أقل من المستوى 1. ومن المتوقع أن تكون معاملات الانبعاث في نطاق 10 في المائة أو أقل من 5 في المائة في حالة توافر بيانات محتوى الكربون الخاصة بالمصنع. ربما تتراوح درجة عدم التيقن من معاملات الانبعاث الافتراضية المستخدمة في المستوى 1 من 25 إلى 50 في المائة.

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

بالنسبة للمستوى 1، فإن أهم نوع من بيانات الأنشطة هو كمية إنتاج سبائك الحديد حسب نوع المنتج. يجب توافر الإحصائيات الوطنية ومن المحتمل أن تكون درجة عدم التيقن منها أقل من 5 في المائة. تم تطبيق المستوى 2 باستخدام المعلومات الخاصة بالمصنع حول كميات عوامل الاختزال ومواد العملية، وينبغي ألا تتجاوز درجة عدم التيقن من المستوى 2 5 في المائة.

الجدول 4-9
نطاقات عدم التيقن

الأسلوب	مصدر البيانات	نطاق عدم التيقن
المستوى 1	بيانات الإنتاج الوطنية	< 5%
	معاملات الانبعاث الافتراضية	< 25%
المستوى 2	مواد العملية وعامل الاختزال الخاص بالمصنع	< 5%
	البيانات الوطنية لمواد العملية وعامل الاختزال	< 5%
	معاملات الانبعاث الخاصة بالمصنع	< 5%
	معاملات الانبعاث الافتراضية الخاصة بالمادة	<10%
المستوى 3	بيانات ثاني أكسيد الكربون التي تم قياسها الخاصة بالمصنع	< 5%

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

1-4-3-4 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، لاسيما في حالة استخدام أساليب مستوى أعلى لتحديد الانبعاثات الناجمة عن فئة المصدر هذه. يوصى بأن تقوم هيئات 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 هذه.

مراجعة معاملات الانبعاث

يجب أن يقارن القائمون على الحصر معاملات الانبعاث الوطنية المجمعة مع المعاملات الافتراضية التي تقدمها الهيئة من أجل تحديد ما إذا كان المعامل الوطني معقولاً بالنسبة للمعامل الافتراضي للهيئة. يجب تفسير الاختلافات التي توجد بين المعاملات الوطنية والمعاملات الافتراضية وتوثيقها، لاسيما إذا كانت تمثل ظروفًا مختلفة.

فحص بيانات الأنشطة الخاصة بالمصنع

بالنسبة للبيانات الخاصة بالموقع، يجب أن يراجع القائمون على الحصر أي اختلافات بين المواقع لمعرفة ما إذا كانت تعكس أي اختلافات أو أساليب قياس مختلفة أو ناتجة عن أي اختلافات حقيقية في الانبعاثات أو الظروف التشغيلية أو التقنية المستخدمة. بالنسبة لإنتاج سبائك الحديد، يجب أن يقارن القائمون على الحصر بيانات المصنع مع المصانع الأخرى.

يجب أن يضمن القائمون على الحصر أن بيانات الأنشطة ومعاملات الانبعاث قد تم وضعها وفقًا لأساليب القياس المعتمدة والمعترف بها دوليًا. إذا أخفقت ممارسات القياس بالالتزام بهذه المعايير، فيجب تقييم استخدام معاملات الانبعاث وبيانات الأنشطة هذه بعناية، وإعادة دراسة تقديرات عدم التيقن والمؤهلات الموثقة. عند استخدام مقياس عالٍ للقياس وضمان الجودة / مراقبة الجودة في معظم الموقع، فمن المحتمل أيضًا أن تتم مراجعة تقديرات الانبعاثات لأسفل.

مراجعة الخبراء

يجب أن يعمل القائمون على الحصر على أن تشتمل عملية المراجعة على المنظمات التجارية الصناعية المرتبطة بإنتاج سبائك الحديد. يجب أن تبدأ هذه العملية في مرحلة مبكرة من الحصر لتوفير إدخال لوضع ومراجعة الأساليب والحصول على البيانات.

كما أن مراجعات الأطراف الأخرى مفيدة لفئة المصدر هذه، لاسيما فيما يتعلق بالجمع المبدئي للبيانات وعمل القياس والنسخ والحساب والتوثيق.

فحص بيانات الأنشطة

لكل المستويات، يجب أن يرجع القائمون على الحصر إلى المجلد 2، الفصل 2 (الاحتراق الثابت لقطاع الطاقة) لضمان أن الانبعاثات الناجمة عن عوامل الاختزال ومواد العملية (الفحم وفحم الكوك والغاز الطبيعي وما إلى ذلك) لا يتم حذفها أو حسابها بشكل مزدوج.

يجب أن يفحص القائمون على الحصر أي اختلافات بين البيانات من مصانع مختلفة لتحديد ما إذا كانت هذه الاختلافات تعكس أخطاء أو اختلاف في أساليب القياس أو تنتج عن اختلافات حقيقة في الانبعاثات أو الظروف التشغيلية أو التقنية. ويرتبط ذلك بشكل رئيسي بالتقديرات الخاصة بالمصنع لكميات معاملات الاختزال أو محتوى الكربون الذي تم الإبلاغ عنه لمواد العملية.

كما يتعين على القائمين على الحصر مقارنة التقديرات المجمعة على مستوى المصنع بإجماليات الصناعة لمعرفة مقدار استهلاك مواد العملية عند توافر مثل بيانات التجارة هذه.

2-4-3-4 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، ينبغي أن يشتمل الحصر على ملخصات للأساليب المستخدمة ومراجع لبيانات المصدر، وبذلك تكون الانبعاثات التي تم الإبلاغ عنها شفافة ويمكن تتبع خطوات حسابها.

أسلوب المستوى 1

بالإضافة إلى الانبعاثات المقدرة، من *الممارسة السليمة* الإبلاغ عن إجمالي إنتاج سبائك الحديد حسب العملية ومعامل الانبعاث المعني المستخدم. في الجدول الخاصة بها، يجب التذكير بأن الانبعاثات التي تم الإبلاغ عنها تشكل جزءًا فقط من إجمالي الانبعاثات الناجمة عن القطاع وأن الانبعاثات الباقية قد تم الإبلاغ عنها في مكان آخر في المجلد 2، الفصل 2، الاحتراق الثابت لقطاع الطاقة.

أساليب المستوى 2

من *الممارسة السليمة* توثيق الانبعاثات المقدرة والتي تم حسابها وكل بيانات الأنشطة ومعاملات الانبعاث الخاصة بها وأي افتراضات أو بيانات تبرر معاملات الانبعاث البديلة. يجب أن يكون هناك تفسير واضح للارتباط بين تقدير القطاع الفرعي لاحتراق الوقود للتأكد من عدم حدوث ازدواجية في الحساب أو حذف للانبعاثات.

أسلوب المستوى 3

من *الممارسة السليمة* توثيق الانبعاثات المحسوبة ومصدر كل البيانات، مع الأخذ في الاعتبار الحاجة إلى حماية سرية بيانات منشآت معينة إذا كانت البيانات حساسة للنشاط التجاري أو تخضع للملكية. بالإضافة إلى ذلك، على القائمين على الحصر لكل المستويات توثيق كل المعلومات المطلوبة لإعادة التقدير، بالإضافة إلى إجراءات ضمان الجودة/مراقبة الجودة.

4-4 إنتاج الألومونيوم الأساسي

1-4-4 مقدمة

يغطي هذا القسم انبعاثات العملية الناجمة عن إنتاج الألومونيوم الأساسي[2]. على المستوى العالمي، يتم إنتاج الألومونيوم الأساسي بشكل حصري من خلال عملية التحليل الكهربي المعروفة باسم هال-هارولیت. في هذه العملية تختلف خلايا اختزال التحليل الكهربي في شكل وتكوين أنود الكربون ونظام تلقيم الألومين ويتم استخدام واحدة من أربعة أنواع للتقنية: التجفيف السابق المركزي (CWPB)[3] التجفيف السابق الجانبي (SWPB) وسدربيرج العمود الأفقي (HSS) وسدربيرج العمود الرأسي (VSS).

فيما يلي أهم الانبعاثات الناجمة عن العملية:

(i) انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن استهلاك أنودات الكربون في التفاعل الهادف إلى تحويل أكسيد الألومونيوم إلى معدن الألومونيوم.

(ii) انبعاثات البيرفلوروكربونات (PFC) الناجمة عن الفلوروإيثان السداسي (C_2F_6) والفلوروإيثان الرباعي (CF_4).

كما تنبعث كميات صغير من انبعاثات العملية وأحادي أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكبريت والمواد العضوية المتطايرة غير الميثانية. لا ينبعث سداسي فلوريد الكبريت (SF_6) خلال عملية التحليل الكهربي ويُستخدم نادرًا في عملية تصنيع الألومونيوم، حيث تنبعث كميات صغيرة عند صهر سبائك الألومونيوم المتخصصة ذات نسبة عالية من المغنيسيوم.[4]

توضح شجرتا القرار في الشكلين 4-11 و4-12 الخطوط التوجيهية الخاصة بتحديد منهجية تقدير الانبعاثات الناجمة عن إنتاج الألومونيوم. يجب أن يتمتع كافة القائمين على الحصر في البلدان التي تنتج الألومونيوم بالقدرة على استخدام أسلوب المستوى 1 على أدنى حد وبذلك يضمنون استيفاء الإبلاغ. على الرغم من أن هذا الفصل يمثل معاملات الانبعاث الافتراضية الخاصة بانبعاثات ثاني أكسيد الكربون والبيرفلوروكربونات، إلا أن البلدان يجب أن تبذل قصارى جهدها لاستخدام أساليب من مستويات أعلى لأن معدلات الانبعاث يمكن أن تختلف بدرجة كبيرة، ودرجة عدم الدقة المرتبطة بمعاملات المستوى 1 مرتفعة للغاية. وتقوم الجهات الصاهرة للألومونيوم بشكل دوري بجمع بيانات العملية المطلوبة لحساب معاملات الانبعاث في المستوى 2.

2-4-4 موضوعات منهجية

1-2-4-4 اختيار أسلوب حساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الألومونيوم الأساسي

خلال العمليات العادية، يتم إنتاج الألومونيوم في الكاثود ويتم استهلاك الكربون في الأنود لكل تفاعل اختزال بالتحليل الكهربي:

$$2Al_2O_3 + 3C \rightarrow 4Al + 3CO_2$$

تنجم معظم انبعاثات ثاني أكسيد الكربون عن تفاعل التحليل الكهربي لأنود الكربون مع الألومين (Al_2O_3). ويعتبر استهلاك أنود الكربون سابق التجفيف وعجينة سدربيرج المصدرين الأساسيين لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة بالعملية الناجمة عن إنتاج الألومونيوم الأساسي. والمصادر الأخرى لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة الخاصة بالعملية والمرتبطة بالأنود سابق التجفيف مسؤولة عن أقل من 10 في المائة من الانبعاثات الكلية لثاني أكسيد الكربون غير المولدة للطاقة.

والتفاعلات التي ينجم عنها انبعاثات ثاني أكسيد الكربون مفهومة تمامًا وترتبط الانبعاثات ارتباطًا مباشرًا بأطنان الألومونيوم المنتجة عبر المعادلات الكيميائية الكهربية الأساسية لاختزال الألومونيوم في أنود الكربون والأكسدة الناجمة عن العمليات الحرارية. ويتم تضمين هاتين العمليتين الأساسيتين اللتين ينتجان ثاني أكسيد الكربون في بارميترات العملية التي تتم مراقبتها دوريًا في منشآت الإنتاج وصافي كربون الأنود المستهلك لمنشآت التجفيف السابق أو استهلاك عجينة الأنود لمنشآت سدربيرج.

بالنسبة لحساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، تتطلب بيانات الإنتاج التمييز بين التقنية المستخدمة، سدربيرج أم التجفيف السابق.

توضح شجرة القرارات الموضحة في الشكل 4-11 *الممارسة السليمة* في اختيار منهجية حصر ثاني أكسيد الكربون الملائمة للظروف الوطنية.

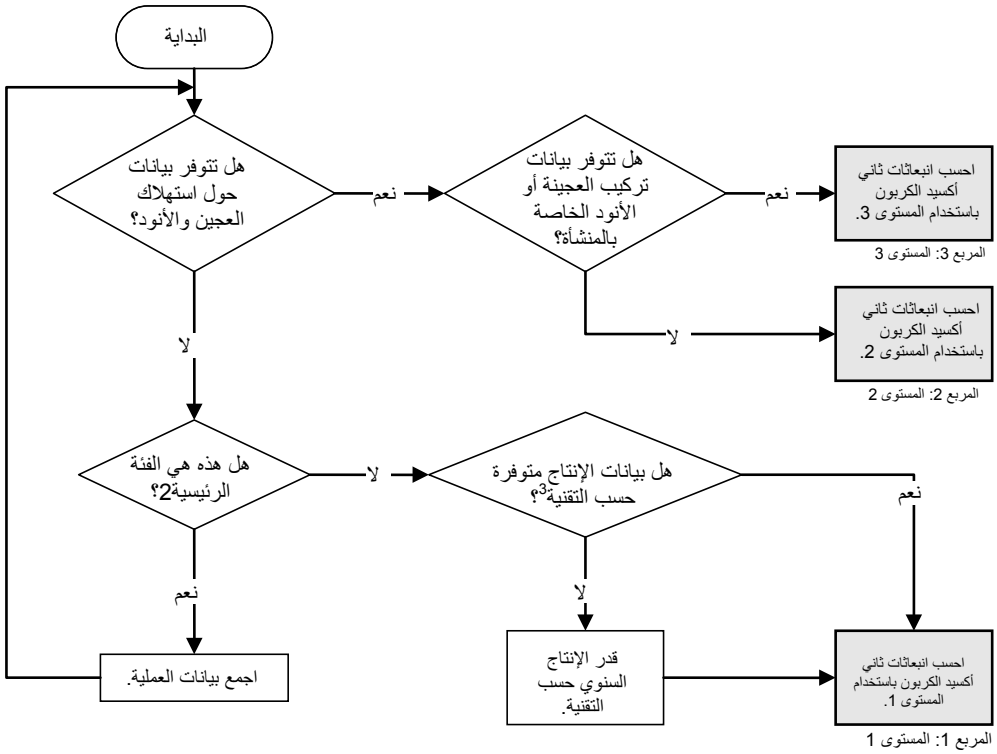
---

[2] تمت تغطية الانبعاثات الناجمة عن احتراق الوقود الحفري المرتبط بإنتاج الألومونيوم الأساسي والتنجيم عن البوكسيت تكرير خام البوكسيت وإنتاج الألومونيوم من المصادر المعاد تدويرها في المجلد 2: الطاقة. يغطي المجلد 2 أيضًا انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة بإنتاج الكهرباء من احتراق الوقود الحفري لإنتاج الألومونيوم.

[3] يشتمل ذلك على خلال التجفيف السابق مكسور العمود والتجفيف السابق لنقطة التغذية.

[4] لم يعثر المسح الذي أجراه المعهد الأمريكي الدولي لأبحاث التغييرات المناخية (IAI) في عام 2004 أي دليل على انبعاث سداسي فلوريد الكبريت من صهر الألومونيوم الأساسي عبر عملية الإنتاج بالتحليل الكهربي هال-هايرولت.

الشكل 4-11 شجرة القرارات لتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من إنتاج الألومونيوم الأساسي



ملاحظة:

1. انظر المعهد الدولي للألومونيوم، بروتوكول غازات الدفيئة لقطاع الألومونيوم، 2005.

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. لحساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، تتطلب بيانات الإنتاج التمييز بين تقنية سودربيرج والتجفيف السابق. لا توجد حاجة إلى التمييز حسب نوع التقنية الخاص بسودربيرج والتجفيف السابق.

أسلوب المستوى 1 لحساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون

يستخدم أسلوب المستوى 1 لحساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون خصائص تقنية الخلايا الواسعة (التجفيف السابق أو سدربيرج) على أنها تقدير منخفض الترتيب لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الألومونيوم. بالنظر إلى حالة عدم التيقن المرتبطة بأسلوب المستوى 1، فمن *الممارسة السليمة* استخدام أساليب من مستويات أعلى إذا كان ثاني أكسيد الكربون الناجم عن الألومونيوم الأساسي هو *الفئة الرئيسية*.

يتم حساب إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وفقًا للمعادلة 4-20.

المعادلة 4-20
انبعاثات العملية لثاني أكسيد الكربون الناجمة عن استهلاك الأنود و/أو العجينة (أسلوب المستوى 1)

$$E_{CO2} = EF_P \bullet MP_P + EF_S \bullet MP_S$$

حيث:

E_{CO2} = انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن استهلاك الأنود و/أو العجينة، طن ثاني أكسيد الكربون

EF_P = معامل الانبعاث الخاص بتقنية التجفيف السابق (طن ثاني أكسيد الكربون/طن الألومونيوم المنتج)

MP_P – الإنتاج المعدني من عملية التجفيف السابق (طن ألومنيوم)

EF_S = معامل الانبعاث الخاص بتقنية سدربيرج (طن ثاني أكسيد الكربون/طن الألومونيوم المنتج)

MP_S – الإنتاج المعدني من عملية سدربيرج (طن ألومنيوم)

أساليب المستوى 2 أو المستوى 3 لحساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون

بالنسبة لعمليتي التجفيف السابق وسدربيرج، يتم حساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون باستخدام مقترب توازن الكتلة الذي يفترض أن محتوى الكربون لصافي استهلاك الأنود أو استهلاك العجينة ينبعث في النهاية في شكل ثاني أكسيد الكربون. تستخدم أساليب المستوى 2 لعمليتي سدربيرج والتجفيف السابق القيم الخاصة بالصناعة بالنسبة للشوائب في حين تستخدم أساليب المستوى 3 التركيزات الفعلية للشوائب. يعتمد اختيار الأسلوب من بين أساليب المستوى 2 والمستوى 3 على ما إذا كانت بيانات تركيب الأنود والعجين متوافرة على مستوى المصنع المفرد.

انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لخلايا التجفيف السابق (التجفيف السابق المركزي والتجفيف السابق الجانبي):

يتم استخدام المعادلة 4-21 لحساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في أسلوب المستوى 2 والمستوى 3 لخلايا التجفيف السابق. يتطلب المستوى 3 بيانات تشغيل خاصة بالمنشأة لكل مكونات المعادلة 4-21، حيث يعتمد المستوى 2 على القيم الافتراضية لبعض المكونات. يوضح القسم 4-4-2-2 التالي تفاصيل أكثر حول استخدام هذه الباريمترات.

المعادلة 4-21
انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن استهلاك أنود التجفيف السابق (أساليب المستوى 2 والمستوى 3)

$$E_{CO2} = NAC \bullet MP \bullet \frac{100 - S_a - Ash_a}{100} \bullet \frac{44}{12}$$

حيث:

E_{CO2} = انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن استهلاك أنود مجفف سابقًا، طن ثاني أكسيد الكربون

MP = الإنتاج المعدني الكلي، طن ألومونيوم

NAC = صافي استهلاك الأنود المجفف مسبقًا لطن الألومونيوم، طن كربون/طن ألومونيوم

S_a = محتوى الكبريت في الأنودات المجففة، % وزن

Ash_a = محتوى الرماد في الأنودات المجففة، % وزن

44/12 = الكتلة الجزيئية لثاني أكسيد الكربون: نسبة الكتلة الذرية للكربون، بلا أبعاد

يجب استخدام المعادلة 4-21 مع كل وحدة تجفيف سابق في البلد وجمع النتائج للتوصل إلى إجمالي الانبعاثات الوطنية. يمكن استخدام مقترب تجمع بين المستويان 3/2 في حالة عدم توافر البيانات الخاصة بمحتوى الرماد أو الكبريت لكل وحدة صهر.

الانبعاثات الناجمة عن احتراق الوقود الحفري المستخدم في إنتاج الأنودات سابقة التجفيف المستخدمة تمت تغطيتها في المجلد 2: الطاقة. ومع ذلك فإن مصدرين آخرين لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون يرتبطان بأفران تجفيف الأنود - احتراق الأجسام المتطايرة المطلقة خلال عملية التجفيف واحتراق مادة التعبئة (فحم الكوك) لاحتراق فرن الصهر. يمكن استخدام المعادلتين 4-22 و4-23 لحساب كل الانبعاثات.[5]

المعادلة 4-22
انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن احتراق المواد المتطايرة للقار (أساليب المستوى 2 والمستوى 3)

$$E_{CO2} = \left(GA - H_w - BA - WT\right) \bullet \frac{44}{12}$$

حيث:

E_{CO2} = انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن احتراق المواد المتطايرة للقار، طن ثاني أكسيد الكربون

GA = الوزن الأولي للأنودات الخضراء، طن

H_w = محتوى الهيدروجين في الأنودات الخضراء، طن

BA = إنتاج الأنودات المجففة، طن

WT = القار المخلف المجمع، طن

[5] للحصول على معلومات إضافية حول استخدام هذه المعادلات لتقدير الانبعاثات الناجمة عن احتراق الأجسام المتطايرة، انظر بروتوكول الغازات الاحتباس الحراري للمعهد الدولي للألومنيوم (المعهد الدولي للألومنيوم، 2005أ).

المعادلة 4-23
انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن مادة التعبئة لفرن التجفيف (أساليب المستوى 2 والمستوى 3)

$$E_{CO2} = PCC \bullet BA \bullet \frac{100 - S_{pc} - Ash_{pc}}{100} \bullet \frac{44}{12}$$

حيث:

E_{CO2} = انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن مادة التعبئة لفرن التجفيف، طن ثاني أكسيد الكربون

PCC = استهلاك فحم كوك التعبئة، طن/طن أنود مجفف

BA = إنتاج الأنودات المجففة، طن

S_{pc} = محتوى الكبريت في فحم كوك التعبئة، % وزن

Ash_{pc} = محتوى الرماد في فحم كوك التعبئة، % وزن

انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لخلايا سدربيرج (سدربيرج العمود الرأسي وسدربيرج العمود الأفقي):

يتم استخدام المعادلة 4-24 لحساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في أسلوب المستوى 2 والمستوى 3 لخلايا سدربيرج. يتطلب المستوى 3 بيانات تشغيل خاصة بالمنشأة لكل مكونات المعادلة 4-24، حيث يعتمد المستوى 2 على القيم الافتراضية لبعض المكونات. يشرح القسم 4-4-2-2 أدناه التفاصيل الخاصة بالبارميترات التي سيتم استخدامها:

المعادلة 4-24[6]
انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن استهلاك العجينة (أساليب المستوى 2 والمستوى 3)

$$E_{CO2} = \left(PC \bullet MP - \frac{CSM \bullet MP}{1000} - \frac{BC}{100} \bullet PC \bullet MP \bullet \frac{S_p + Ash_p + H_p}{100} \right.$$
$$\left. - \frac{100 - BC}{100} \bullet PC \bullet MP \bullet \frac{S_c + Ash_c}{100} - MP \bullet CD \right) \bullet \frac{44}{12}$$

حيث:

E_{CO2} = انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن استهلاك العجينة، طن ثاني أكسيد الكربون

MP = الإنتاج المعدني الكلي، طن ألومونيوم

PC = استهلاك العجينة، طن/طن ألومونيوم

CSM = انبعاثات الجسم القابل للتحليل في السيكلوهيكسان، كجم/طن ألومونيوم

BC = محتوى الرابط في العجينة، % وزن

S_p = محتوى الكبريت في القار، % وزن

Ash_p = محتوى الرماد في القار، % وزن

H_p = محتوى الهيدروجين في القار، % وزن

S_c = محتوى الكبريت في فحم كوك المكلس، % وزن

Ash_c = محتوى الرماد في فحم الكوك المتكلس، % وزن

CD = الكربون في الغبار المكشوط الناجم عن خلايا سدربيرج، طن/طن ألومنيوم

44/12 = الكتلة الجزيئية لثاني أكسيد الكربون: نسبة الكتلة الذرية للكربون، بلا أبعاد

يجب استخدام المعادلة 4-24 على كل وحدة صهر في البلد باستخدام عملية سدربيرج وجمع النتائج للتوصل إلى إجمالي الانبعاثات الوطنية. يمكن استخدام مقترب يجمع بين المستويان 3/2 في حالة عدم توافر البيانات الخاصة بمحتوى الرماد أو الكبريت لكل وحدة صهر.

[6] الأسلوب البديل الذي يمكن استخدامه هو استخدام البارامتر "فحم كوك القار" بدلاً من خصم القيم الافتراضية أو التي تم قياسها لـ S_p، H_p، Ash_p، وCSM من المعادلة 4-24. وقيمة تفحيم القار عبارة عن بارامتر محدد عامة للعديد من المنشآت التي تستخدم خلايا سدربيرج وقد وردت منهجية قياسية لإجراء اختبار لتفحيم القار في ASTM D 2416.

4-4-2-2 اختيار معاملات انبعاث ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الألومونيوم الأساسي

أسلوب المستوى 1 لحساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون

يسرد الجدول 4-10 معاملات الانبعاث الافتراضية لثاني أكسيد الكربون لطن الألومونيوم. تعتمد معاملات الانبعاث 1-6 و1-7 لتقنيتين التجفيف السابق وسدربيرج على بيانات المسح العالمي الذي أجراه المعهد الدولي للألومونيوم (IAI) (المعهد الدولي للألومونيوم، تقدير دورة حياة الألومونيوم، 2000).

الجدول 4-10
معاملات الانبعاث الخاصة بالتقنية للمستوى 1 لحساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن استهلاك الأنود والعجينة

التقنية	معامل الانبعاث (طن ثاني أكسيد الكربون/طن ألومونيوم)	عدم التيقن (+/-%)
التجفيف السابق[7]	1.6	10
سدربيرج	1.7	10
المصدر: المعهد الدولي للألومونيوم، تقدير دورة حياة الألومونيوم (المعهد الدولي للألومونيوم، 2000).		

معاملات انبعاث المستوى 2 أو المستوى 3 لحساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون

انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لخلايا التجفيف السابق (التجفيف السابق المركزي والتجفيف السابق الجانبي):

أهم معاملات المعادلة 4-21 هي إنتاج المعدن وصافي استهلاك الأنود لتقنية التجفيف السابق. يجب جمع هاتين البارامترين من منشآت التشغيل المفردة لاستخدمهما مع المستوى 2 أو المستوى 3. تحتاج بعض مكونات المعادلة الأخرى إجراء تعديلات صغيرة على المكونات غير الكربونية للأنودات (مثل الكبريت والرماد) وبذلك لا يمثلوا خطورة. يعتمد المستوى 3 على استخدام بيانات خاصة بمنشأة تشغيل خاصة لهذه المكونات الصغيرة، في حين يعتمد المستوى 2 على القيم الافتراضية الواردة في الجداول من 4-11 إلى 4-13. يُحسن المستوى 3 من دقة النتائج، لكن من غير المتوقع أن يزيد تحسين الدقة عن 5 في المائة. يتم تسجيل الكربون المستهلك لطن الألومونيوم المستهلك بواسطة منشآت إنتاج الألومونيوم الأساسي نظرًا لأهميتها الاقتصادية. تشير المنشآت التي تستخدم خلايا التجفيف السابق إلى هذا الاستهلاك على أنه "صافي استهلاك الأنود أو الكربون"، وتشير المنشآت التي تستخدم خلايا سدربيرج إليها على أنها "استهلاك عجينة الأنود".

الجدول 4-11
مصادر البيانات ودرجات عدم التيقن للباراميترات المستخدمة في أسلوب المستوى 2 أو 3 لحساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن خلايا التجفيف السابق (التجفيف السابق المركزي والتجفيف السابق الجانبي)، انظر المعادلة 4-21

البارامتر	أسلوب المستوى 2		أسلوب المستوى 3	
	مصدر البيانات	عدم التيقن (+/-%)	مصدر البيانات	عدم التيقن (+/-%)
MP: إجمالي إنتاج المعدن *(أطنان الألومونيوم في السنة)*	سجلات المنشأة المفردة	2	سجلات المنشأة المفردة	2
NAC: صافي استهلاك الأنود لطن الألومونيوم (الأطنان لطن الألومونيوم)	سجلات المنشأة المفردة	5	سجلات المنشأة المفردة	5
S_a: محتوى الكبريت في الأنودات المجففة *(الوزن %)*	استخدام قيمة الصناعة النموذجية، 2	50	سجلات المنشأة المفردة	10
Ash_a: محتوى الرماد في الأنودات المجففة *(الوزن %)*	استخدام قيمة الصناعة النموذجية، 0.4	85	سجلات المنشأة المفردة	10
المصدر: المعهد الدولي للألومونيوم (2005ب).				

[7] يشتمل معامل الانبعاث الخاص بخلايا التجفيف السابق على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من احتراق المواد المتطايرة للقار وفحم الكوك للتعبئة من أنودات التجفيف.

الجدول 4-12
مصادر البيانات ودرجات عدم التيقن للبراميترات المستخدمة في أسلوب المستوى 2 أو 3 لحساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن احتراق المواد المتطايرة للقار (التجفيف السابق المركزي والتجفيف السابق الجانبي)، انظر المعادلة 4-22

البراميتر	أسلوب المستوى 2		أسلوب المستوى 3	
	مصدر البيانات	عدم التيقن (+/-%)	مصدر البيانات	عدم التيقن (+/-%)
GA: الوزن المبدئي للأنودات الخضراء التي تمت معالجتها *(أطنان الأنود الأخضر للسنة)*	سجلات المنشأة المفردة	2	سجلات المنشأة المفردة	2
H_w: محتوى الهيدروجين في الأنودات الخضراء *(أطنان؟)*	استخدام قيمة الصناعة النموذجية، 0.005• GA	50	سجلات المنشأة المفردة	10
BA: إنتاج الأنود المجفف *(أطنان في السنة)*	سجلات المنشأة المفردة	2	سجلات المنشأة المفردة	2
WT: القار المخلف المجمع (أطنان) a) أفران رايدهامر b) كل الأفران الأخرى	استخدام قيمة الصناعة النموذجية، a) 0.005• GA b) غير هامة	50	سجلات المنشأة المفردة	20
المصدر: المعهد الدولي للألومونيوم (2005ب).				

الجدول 4-13
مصادر البيانات ودرجات عدم التيقن للبراميترات المستخدمة في أسلوب المستوى 2 أو 3 لحساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن مادة التعبئة في فرن التجفيف (التجفيف السابق المركزي والتجفيف السابق الجانبي)، انظر المعادلة 4-23

البراميتر	أسلوب المستوى 2		أسلوب المستوى 3	
	مصدر البيانات	عدم التيقن (+/-%)	مصدر البيانات	عدم التيقن (+/-%)
PCC: استهلاك فحم الكوك للتعبئة *(أطنان لطن الأنود المجفف)*	استخدام قيمة الصناعة النموذجية، 0.015	25	سجلات المنشأة المفردة	2
BA: إنتاج الأنود المجفف *(أطنان في السنة)*	سجلات المنشأة المفردة	2	سجلات المنشأة المفردة	2
S_{pc}: محتوى الكبريت في فحم كوك التعبئة (% وزن)	استخدام قيمة الصناعة النموذجية، 2	50	سجلات المنشأة المفردة	10
Ash_{pc}: محتوى الرماد في فحم كوك التعبئة (% وزن)	استخدام قيمة الصناعة النموذجية، 2.5	95	سجلات المنشأة المفردة	10
المصدر: المعهد الدولي للألومونيوم (2005ب).				

انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لخلايا سدربيرج (سدربيرج العمود الرأسي وسدربيرج العمود الأفقي):
يختلف محتوى الرابط في العجينة إلى أقل من 1 في المائة ويعتبر جزءًا من ممارسة التشغيل التي تقوم بها المنشأة. وهو أحد المكونات الهامة في المعادلة 4-24 لأن محتوى الكربون في القار، والذي يلعب دور الرابط، أقل من محتوى الكربون في فحم الكوك، والذي يشكل الجزء المتبقي من العجينة. وكما ورد من قبل بالنسبة لاستهلاك أنود التجفيف السابق، فإن أهم مكونات المعادلة 4-24 هي إنتاج المعدن واستهلاك العجينة. وتجري بعض المكونات الأخرى للمعادلة 4-24 تقويمات صغيرة اعتمادًا على الشوائب والاختلافات الصغيرة في محتوى الكربون لمواد العجينة. يعتمد المستوى 3 على استخدام بيانات خاصة بمنشأة تشغيل خاصة لهذه المكونات الصغيرة، في حين يعتمد المستوى 2 على القيم الافتراضية الواردة في الجدول 4-14. ويُحسن ذلك من دقة النتائج؛ وعلى الرغم من ذلك فمن المتوقع أن يكون التأثير أقل من 5 في المائة على النتيجة.

الجدول 4-14
مصادر البيانات ودرجات عدم التيقن للباراميترات المستخدمة في أسلوب المستوى 2 أو 3 لحساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن خلايا سدربيرج (سدربيرج العمود الرأسي وسدربيرج العمود الأفقي)

الباراميتر	أسلوب المستوى 2		أسلوب المستوى 3	
	مصدر البيانات	عدم التيقن من البيانات (+/-%)	مصدر البيانات	عدم التيقن من البيانات (+/-%)
MP: إجمالي إنتاج المعدن *(طن ألومنيوم/سنة)*	سجلات المنشأة المفردة	2	سجلات المنشأة المفردة	2
PC: استهلاك العجينة *(أطنان لطن الألومونيوم)*	سجلات المنشأة المفردة	5-2	سجلات المنشأة المفردة	5-2
CSM: انبعاثات الجسم القابل للتحليل في السيكلوهيكسان *(كجم لطن الألومونيوم)*	استخدام قيمة الصناعة النموذجية، سدربيرج العمود الأفقي – 4.0 سدربيرج العمود الرأسي - 0.5	30	سجلات المنشأة المفردة	15
BC: محتوى الرابط في العجينة *(الوزن %)*	استخدام قيمة الصناعة النموذجية، العجينة الجافة - 24 العجينة الرطبة - 27	25	سجلات المنشأة المفردة	5
S_p: محتوى الكبريت في القار *(الوزن %)*	استخدام قيمة الصناعة النموذجية، 0.6	20	سجلات المنشأة المفردة	10
Ash_p: محتوى الرماد في القار *(الوزن %)*	استخدام قيمة الصناعة النموذجية، 0.2	20	سجلات المنشأة المفردة	10
H_p: محتوى الهيدروجين في القار *(الوزن %)*	استخدام قيمة الصناعة النموذجية، 3.3	50	سجلات المنشأة المفردة	10
S_c: محتوى الكبريت في فحم كوك المكلس (% وزن)	استخدام قيمة الصناعة النموذجية، 1.9	20	سجلات المنشأة المفردة	10
Ash_c: محتوى الرماد في فحم كوك المكلس (% وزن)	استخدام قيمة الصناعة النموذجية، 0.2	50	سجلات المنشأة المفردة	10
CD: الكربون في الغبار الناجم عن الأنود (أطنان الكربون في القشط لطن الألومونيوم)	استخدام قيمة الصناعة النموذجية، 0.01	99	سجلات المنشأة المفردة	30

4-2-4-3 اختيار أسلوب البيرفلوروكربونات

خلال عملية التحليل الكهربي، يتحلل الألومينا (Al_2O_3) إلى مذيب فلوريد يتكون من 80 في المائة من وزن الكريوليت (Na_3AlF_6). تتكون البيرفلوروكربونات (تتم الإشارة إلى الفلوروإيثان السداسي والفلوروإيثان الرباعي باسم البيرفلوروكربونات) من تفاعل أنود الكربون مع مذيب الكريوليت خلال حالة اضطراب العملية المعروفة باسم "تأثير الأنود". ويحدث تأثير الأنود عندما يكون تركيز الألومينا في الإلكتروليت قليلاً للغاية لدرجة أنه لا يمكن أن يدعم تفاعل الأنود القياسي.

المربع 4-2
وصف تأثير الأنود

تأثير الأنود عبارة عن حالة لاضطراب العملية تحدث عند تحلل كمية غير كافية من الألومينا في الإلكتروليت، مما يؤدي إلى ارتفاع الفولتية فوق نطاق التشغيل العادي، والذي بدوره يؤدي إلى انبعاث الغازات التي تحتوي على البيرفلوروكربونات.

يعتمد كل من المستوى 2 والمستوى 3 للبيرفلوركربونات على بيانات عملية خاصة بالمصنع لتأثيرات الأنود، والتي يتم جمعها بشكل دوري. وعند اختيار أسلوب البيرفلوروكربونات، يجب تذكر أن درجة عدم التيقن المرتبطة بمنهجيات المستوى الأعلى أقل لدرجة كبيرة من المستوى 1، ولذلك يوصى بشدة باستخدام المستوى 2 والمستوى 3 إذا كانت البيرفلوروكربونات *الفئة الرئيسية*. وحسب نوع تقنية الإنتاج المستخدمة، تتراوح درجة عدم التيقن لأساليب البيرفلوروكربونات من العديد من المئات في المائة لأسلوب المستوى 1 إلى أقل من عشرين في المائة لأسلوب المستوى 3.
يجب استخدام منهجية حصر البيرفلوروكربونات مع معاملات تغير الميل أو ارتفاع الفولتية المحسوبة من بيانات القياس التي يتم الحصول عليها باستخدام ممارسات القياس السليمة (وكالة حماية البيئة الأمريكية والمعهد الدولي للألومونيوم ، 2003). سيحدد الاتصال بالجهات المنتجة للألومونيوم الأساسي مدى توافر بيانات العملية، والتي بدورها تحدد الأسلوب الذي ينبغي استخدامه لحساب الانبعاثات. تقوم المصانع دوريًا بقياس أداء تأثير الأنود في شكل دقائق تأثير الأنود ليوم الخلية أو زيادة فولتية تأثر الأنود. ترتبط انبعاثات للبيرفلوروكربونات مباشرة بأداء تأثير الأنود من خلال معامل التغير، سواء معامل الميل أو معامل زيادة الفولتية.

توضح شجرة القرارات الموضحة في الشكل 4-12 *الممارسة السليمة* في اختيار منهجية حصر البيرفلوروكربونات الملائمة للظروف الوطنية. بالنسبة للمنشآت ذات الأداء العالي التي تنبعث منها كميات صغير من البيرفلوروكربونات، من غير المحتمل أن يقدم أسلوب المستوى 3 تحسنًا هامًا على حصر غازات الاحتباس الحراري الكلي في المنشأة مقارنة بأسلوب المستوى 2[8] لذلك، فمن *الممارسة السليمة* تحديد هذه المنشآت قبل اختيار الأساليب من أجل تحديد أولوية الموارد. وتعتمد الباراميترات التي تحدد المنشآت ذات الأداء العالي على نوع بيانات العملية التي جمعتها المنشأة. ومنشآت الأداء العالي هي المنشآت التي تعمل بأقل من 0.2 دقيقتي تأثير أنود ليوم خلية عند قياس دقائق تأثير الأنود. عند تسجيل زيادة الفولتية، تعمل منشآت الأداء العالي بزيادة فولتية أقل من 1.4 ملي فولت. بالإضافة إلى ذلك، فمن الصعب الحصول على قياسات دقيقة لمعامل تغير المستوى 3 للبيروفلوروكربونات بالنسبة لمنشآت الأداء العالي، وذلك لأن التردد المنخفض للغاية لتأثير الأنود يحدث في وقت طويل للحصول على نتائج قوية إحصائيًا. ويجب سنويًا تقييم حالة المنشأة على أنها منشأة أداء عالٍ وذلك لأن العوامل الاقتصادية، مثل إعادة تشغيل خطوط التشغيل بعد فترة من التوقف، أو عوامل العملية، مثل فترات انخفاض الطاقة، يمكن أن تزيد تردد تأثير الأنود مؤقتًا. علاوة على ذلك، فالمنشأة التي قد لا تفي بمعايير منشآت الأداء العالي لأول مرة، يمكن أن تصبح من بين منشآت الأداء العالي عندما تقوم بتطبيق تقنية جديدة أو ممارسات عملية مطورة. لاحظ أن في كل الحالات فإن تطبيق مستويات مختلفة لسنوات مختلفة يتطلب التنفيذ الحريص لضمان اتساق المتسلسلة الزمنية.

بالنسبة لكل المنشآت الأخرى، يُفضل استخدام مقترب المستوى 3 وذلك لأن معاملات التغير الخاصة بالمصنع تؤدي إلى تقديرات أكثر دقة. في حالة القيام بقياسات البيروفلوركربونات لتحديد معامل تغير خاص بالمصنع، يمكن استخدام أسلوب المستوى 3 حتى يتم القيام بقياسات وتحديد معاملات تغير المستوى 3. تستطيع البلدان الجمع بين الأسلوب 2 والأسلوب 3 حسب نوع البيانات المتوافرة من المنشأة المفردة.

أسلوب المستوى 1: استخدام معاملات الانبعاث الافتراضية التي تعتمد على التقنية

يستخدم أسلوب المستوى 1 معاملات انبعاث افتراضية تعتمد على التقنية للأنواع الأساسية لتقنيات الإنتاج الأربعة (التجفيف السابق المركزي والتجفيف السابق الجانبي وسودربيرج العمود الرأسي وسودربيرج العمود الأفقي). ويمكن حساب انبعاثات البيروفلوروكربونات وفقًا للمعادلة 4-25. ومستوى عدم التيقن في أسلوب المستوى 1 أكبر لأن أداء تأثير الأنود في المنشأة الفردية، وهو المحدد الرئيسي لتأثيرات والأنود ومن ثم انبعاثات البيروفلوروكربونات، لا يتم وضعه في الاعتبار مباشرة. ويمكن أن يكون المستوى 1 متسقًا مع *الممارسة السليمة* فقط عندما تكون البيروفلوروكربونات الناجمة عن الألومونيوم الأساسي ليست *الفئة الرئيسية* وعندما تكون بيانات العملية ذات الصلة غير متوافرة من منشآت التشغيل.

المعادلة 4-25
انبعاثات البيروفلوروكربونات (أسلوب المستوى 1)

$$E_{CF4} = \sum_i \left(EF_{CF4,i} \bullet MP_i \right)$$

و

$$E_{C2F6} = \sum_i \left(EF_{C2F6,i} \bullet MP_i \right)$$

حيث:

E_{CF4} = انبعاثات الفلوروإيثان الرباعي من إنتاج الألومونيوم، كجم الفلوروإيثان الرباعي

[8] مستويات باراميترات العملية التي تحدد منشآت الأداء العالي لانبعاثات البيرفلوروكربونات هي النتائج المجمعة لمقدار ودرجة عدم التيقن لمعامل المستوى 2. ويتم حساب المستويات باستخدام النهايات السلبية والإيجابية لحدود ثقة 95% لمعامل المستوى 2 كبديل لنطاق القيم غير المحتملة لمعاملات المستوى 3 لهذه المنشآت. ثم يتم تقدير الاختلاف المحتمل على الانبعاثات الكلية لغازات الاحتباس الحراري من منشأة إنتاج بالنظر إلى انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والبيرفلوروكربونات. عندما تعمل المنشآت على أو أقل من مستويات باراميترات عمليات تأثير الأنود الواردة هنا للمنشآت عالية الأداء، فإن تأثير الانتقال من أسلوب المستوى 2 للبيروفلوروكربونات إلى أسلوب المستوى 3 لن يؤدي إلى حدوث تغيير أكثر من 5% في انبعاثات غازات الاحتباس الحراري الكلية لاحتمالية الاحترار العالمي (GWP). وانبعاثات البيروفلوروكربونات الناجم عن منشآت الأداء العالي مسؤولة عن أقل من 3% للانبعاثات العالمية للبيروفلوروكربونات اعتمادًا على بيانات مسح تأثير الأنود لمعهد الألومونيوم الدولي في سنة 2004.

E_{C2F6} = انبعاثات الفلوروإيثان السداسي من إنتاج الألومونيوم، كجم الفلوروإيثان السداسي

$EF_{CF4,I}$ = معامل الانبعاث الافتراضي حسب نوع تقنية الخلية *i* للفلوروإيثان الرباعي، كجم الفلوروإيثان الرباعي/طن ألومونيوم

$EF_{C2F6,i}$ = معامل الانبعاث الافتراضي حسب نوع تقنية الخلية *i* للفلوروإيثان السداسي، كجم الفلوروإيثان السداسي/طن ألومونيوم

MP_i = إنتاج المعدن حسب نوع تقنية الخلية *i*، طن ألومونيوم

أساليب المستوى 2 والمستوى 3: اعتمادًا على أداء تأثير الأنود

توجد معادلتين مختلفتين لتقدير انبعاثات الفلوروإيثان الرباعي، والتي تعتمد على العلاقة بين تأثير وأداء الأنود. وهذه هي معادلات متغير زيادة الفولتية والميل. ويعتمد نوعي معاملات التغيير على القياسيات المباشرة للبيروفلوروكربونات. يستعين المستوى 2 بمعامل التغيير المتوسط من القياسات في العديد من المنشآت في حين يعتمد المستوى 3 على القياسات في المنشآت الفردية. ونظرًا لأن آليات العملية التي تنتج انبعاثات البيروفلوروكربونات تشبه الفلوروإيثان السداسي والفلوروإيثان الرباعي، يجب دراسة الغازين معًا عند تقدير انبعاثات البيروفلوروكربونات. ويتم حساب انبعاثات الفلوروإيثان السداسي في كافة الأساليب الموصوفة هنا ككسر لانبعاثات الفلوروإيثان الرباعي.

ومع وجود علاقة وثيقة بين بيانات عملية تأثير الأنود وانبعاثات البيروفلوروكربونات، يجب استخدم بيانات العملية المجمعة بشكل مستمر لحساب انبعاثات البيروفلوروكربونات بدلاً من القياسات المباشرة للبيروفلوروكربونات. ويعتمد الاختيار بين علاقتي التقدير الاثنين على تقنية التحكم في العملية قيد الاستخدام. يجب استخدام المعادلة 4-26 عندما تسجيل دقائق تأثير الأنود ليوم الخلية ويجب استخدام المعادلة 4-27 عند تسجيل بيانات زيادة الفولتية.

معامل تغيير الميل: يمثل معامل تغيير الميل كجم الفلوروإيثان الرباعي لطن الألومونيوم المنتج، مقسم على دقائق تأثير الأنود ليوم الخلية [9]. وبما أن انبعاثات البيروفلوروكربونات يتم قياسها لطن الألومونيوم المنتج، فهي تشتمل على تأثيرات أمبيرية الخلية والكفاءة الحالية، والمعاملين الرئيسيين الذين يحددان كمية الألومونيوم التي يتم إنتاجها في الخلية. تصف المعادلة 4-26 أسلوب الميل للفلوروإيثان السداسي والفلوروإيثان الرباعي.

المعادلة 4-26
انبعاثات البيروفلوروكربونات حسب أسلوب الميل (أساليب المستوى 2 والمستوى 3)

$$E_{CF4} = S_{CF4} \bullet AEM \bullet MP$$

و

$$E_{C2F6} = E_{CF4} \bullet F_{C2F6/CF4}$$

حيث:

E_{CF4} = انبعاثات الفلوروإيثان الرباعي من إنتاج الألومونيوم، كجم الفلوروإيثان الرباعي

E_{C2F6} = انبعاثات الفلوروإيثان السداسي من إنتاج الألومونيوم، كجم الفلوروإيثان السداسي

S_{CF4} = **معامل تغيير الميل** للفلوروإيثان الرباعي، (كجم الفلوروإيثان الرباعي/طن ألومونيوم) / (دقائق تأثير الأنود/يوم خلية)

AEM = دقائق تأثير الأنود ليوم الخلية، دقائق تأثير الأنود/يوم خلية

MP = إنتاج المعدن ، طن ألومونيوم

$F_{C2F6/CF4}$ = كسر الوزن للفلوروإيثان السداسي/والفلوروإيثان الرباعي، كجم الفلوروإيثان السداسي/كجم الفلوروإيثان الرباعي

معامل تغيير زيادة الفولتية: تميز بعض أنظمة التحكم في العملية تأثيرات الأنود بحساب إحصائيات *زيادة فولتية تأثير الأنود* [10] . والمقصود بزيادة فولتية تأثير الأنود هو فولتية الخلية الزائدة فول فولتية التشغيل المستهدفة، وقد ظهر أ، هذا الباراميتر مؤشر جيد لانبعاثات البيروفلوروكربونات عند تسجيلها بواسطة نظام التحكم في العملية. وتستخدم العديد من جهات الصهر الحديثة تقنية التحكم في زيادة فولتية تأثير الأنود. ويتم حساب زيادة فولتية تأثير الأنود بجمع وقت وفولتية المنتج التي تزيد عن فولتية التشغيل المستهدفة وتقسيم هذا الرقم على وقت تجميع البيانات.

المعادلة 4-27
انبعاثات البيروفلوروكربونات حسب أسلوب زيادة الفولتية (أساليب المستوى 2 والمستوى 3)

$$E_{CF4} = OVC \bullet \frac{AEO}{CE/100} \bullet MP$$

و

$$E_{C2F6} = E_{CF4} \bullet F_{C2F6/CF4}$$

حيث:

E_{CF4} = انبعاثات الفلوروإيثان الرباعي من إنتاج الألومونيوم، كجم الفلوروإيثان الرباعي

[9] يشير مصطلح "يوم الخلية" إلى عدد الخلايا العاملة مضاعفًا في عدد أيام التشغيل.

[10] تشير أنظمة التحكم عن طريق الحاسب إلى زيادة الفولتية "الإيجابية" أو "الجبرية" حسب إصدار البرنامج المستخدم. يجب ألا يختلط استخدم مصطلح "زيادة الفولتية" مع المصطلحات الكيميائية الكهربية الكلاسيكية، والتي عادة ما تشير إلى الفولتية الإضافية المطلوبة لكي يحدث التفاعل الكيميائي الكهربي.

E_{C2F6} = انبعاثات الفلوروإيثان السداسي من إنتاج الألومونيوم، كجم الفلوروإيثان السداسي

OVC = معامل التغيير للفلوروإيثان الرباعي، (كجم الفلوروإيثان الرباعي/طن ألومونيوم)/ملي فولت

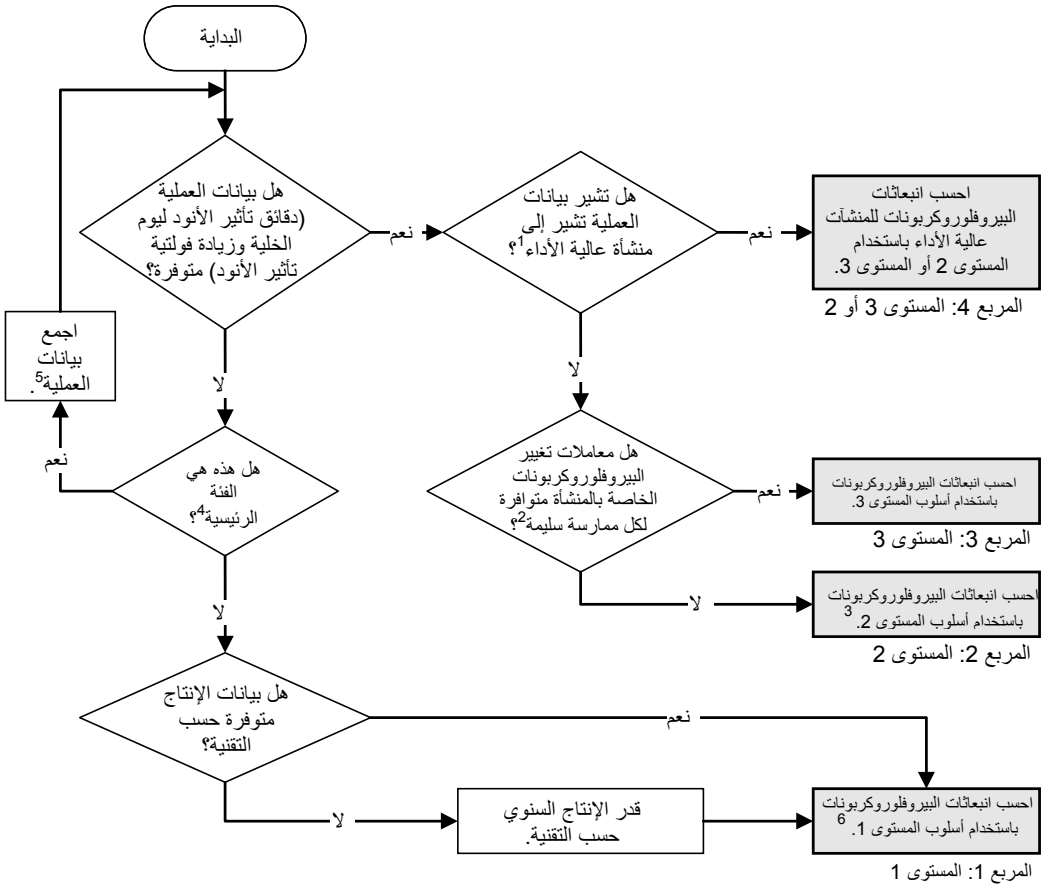
AEO = زيادة فولتية تأثير الأنود، ملي فولت

CE = الكفاءة الحالية لعملية إنتاج الألومونيوم، في المائة (مثل 95 في المائة)

MP = إنتاج المعدن ، طن ألومونيوم

F C_2F_6/CF_4 = weight fraction of C_2F_6/CF_4, kg C_2F_6/kg CF_4

$F_{C2F6/CF4}$ = كسر الوزن للفلوروإيثان السداسي/الفلوروإيثان الرباعي، كجم الفلوروإيثان السداسي/كجم الفلوروإيثان الرباعي



ملاحظة:

1- ينبعث من منشآت الأداء العالي كميات ضئيلة من البيروفلوروكربونات لذا فمن غير المتوقع القيام بتحسينات هامة في قائمة الحصر الكلية لغازات الدفيئة للمنشأة باستخدام أسلوب المستوى 3 بدلاً من أسلوب المستوى 2. ووفقًا لبيانات العملية التي يتم تجميعها، يتم تعريف منشآت الأداء العالي على أنها المنشآت التي تعمل بأقل من 0.2 دقيقة تأثير الأنود ليوم الخلية أو أقل من 1.4 ملي فولت لزيادة الفولتية. في هذه المنشآت، تبلغ نسبة تحسين دقة قائمة حصر غازات الدفيئة للمنشأة 5% عند الانتقال من أساليب المستوى 2 إلى أساليب المستوى 3 للبيروفلوروكربونات.

2- من *الممارسات السليمة* للحصول على معادلة البيروفلوروكربونات الخاصة بالمنشأة، تم تفصيل معاملات التغيير في بروتوكول غازات الدفيئة للمعهد الدولي للألومونيوم (المعهد الدولي للألومونيوم، 2005).

3- في هذه الحالة، يجب استخدام أسلوب المستوى 2 حتى تتوافر معاملات تغيير المستوى 3 الخاصة بالموقع واستخدام أسلوب المستوى 3 إلا إذا أصبحت انبعاثات البيروفلوروكربونات غير مادية، وفي هذه الحالة تستطيع المنشآت اختيار استخدام أسلوب المستوى 2 أو المستوى 3.

4- 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.

5- بالنسبة *للفئات الرئيسية*، من *الممارسات السليمة* جمع بيانات عملية تأثير الأنود وبيانات أنشطة الإنتاج على مستوى منشأة الإنتاج المفردة.

6- تسجل منشآت الألومونيوم الأساسية دوريًا بيانات الأنشطة بما في ذلك إنتاج المعدن وبيانات عملية تأثير الأنود، مما يسهل أسلوب حساب المستوى 2، على الحد الأدنى. ويمكن أن تنشأ أخطاء بمقدار 10 أضعاف من استخدام أساليب المستوى 2 للبيروفلوروكربونات.

4-2-4-4 اختيار معامل الانبعاث للبيروفلوروكربونات

المستوى 1: معاملات الانبعاث الافتراضية التي تعتمد على التقنية

ورد في الجدول 4-15 معاملات الانبعاث الافتراضية لأسلوب المستوى 1.

الجدول 4-15
معاملات الانبعاث الافتراضية ونطاقات عدم التيقن لحساب انبعاثات البيروفلوروكربونات من إنتاج الألومونيوم حسب نوع تقنية الخلية (أسلوب المستوى 1)

التقنية	الفلوروإيثان الرباعي		الفلوروإيثان السداسي	
	EF_{CF4} (كجم/طن ألومونيوم)[أ]	نطاق عدم التيقن (%) [ب]	EF_{C2F6} (كجم/طن ألومونيوم)[ج]	نطاق عدم التيقن (%) [د]
التجفيف السابق المركزي	0.4	-99/+380	0.04	-99/+380
التجفيف السابق الجانبي	1.6	-40/+150	0.4	-40/+150
سدربيرج العمود الرأسي	0.8	-70/+260	0.04	-70/+260
سدربيرج العمود الأفقي	0.4	-80/+180	0.03	-80/+180

[أ] قيم الفلوروإيثان الرباعي الافتراضية من متوسط أداء تأثير الأنود من بيانات مسح المعهد الدولي للألومونيوم (المعهد الدولي للألومونيوم، 2001).

[ب] عدم التيقن اعتمادًا على الانبعاثات الخاصة بالفلوروإيثان الرباعي حسب التقنية من بيانات مسح تأثير الأنود للمعهد الدولي للألومونيوم (المعهد الدولي للألومونيوم، 2001).

[ج] قيم الفلوروإيثان السداسي الافتراضية المحسوبة من المتوسط العالمي للفلوروإيثان السداسي، قيم الفلوروإيثان الرباعي حسب التقنية، مضاعفة في المعامل الافتراضي لانبعاثات الفلوروإيثان الرباعي.

[د] نطاق عدم التيقن للمتوسط العالمي للفلوروإيثان السداسي، قيم الفلوروإيثان الرباعي حسب التقنية، مضاعفة في الحد الأدنى والحد الأقصى لانبعاثات الفلوروإيثان الرباعي من بيانات مسح المعهد الدولي للألومونيوم 1990(المعهد الدولي للألومونيوم، 2001).

ملاحظة: يجب استخدام معاملات الانبعاث الافتراضية هذه فقط في حالة غياب بيانات المستوى 2 أو المستوى 3.

المستوى 2: معامل انبعاث البيروفلوروكربونات الذي يعتمد على علاقة خاصة بالتقنية بين أداء تأثير الأنود وانبعاثات البيروفلوروكربونات.

يعتمد أسلوب المستوى 2 على استخدام الميل الخاص بالتقنية أو معاملات تغيير زيادة الفولتية المستخدم في تقنية التحكم في العملية واختزال الخلية كما ورد في الجدول 4-16.[11]

[11] تم تحديد معاملات تغيير الميل هذه من قياس البيروفلوروكربونات ومعرفة علاقة انبعاثات البيروفلوروكربونات التي تم قياسها بدقائق تأثير الأنود ليوم الخلية في جهات صهر الألومونيوم التي يبلغ عددها مائة وواحد جهة. القيم الواردة في الجدول 4-16 هي المعاملات الخاصة بالتقنية التي تم تحديدها من بيانات القياس المتوافرة من مارس 2005 عند إعداد هذا المستند. ينبغي التذكير بأن معاملات تغيير المستوى 2 تعتمد على إحصائيات دقائق تأثير الأنود ليوم الخلية كما هو محدد في بروتوكول غازات الاحتباس الحراري للمعهد الدولي للألومونيوم (المعهد الدولي للألومونيوم، 2005أ). من *الممارسة السليمة* الإشارة إلى أحدث بيانات حساب انبعاثات البيروفلوروكربونات كما ورد في بروتوكول غازات الاحتباس الحراري للمعهد الدولي للألومونيوم وقاعدة بيانات الانبعاثات الخاصة بالهيئة.

الجدول 4-16
معاملات تغيير زيادة الفولتية والميل الخاصة بالتقنية لحساب انبعاثات البيروفلوروكربونات من إنتاج الألومونيوم (أسلوب المستوى 2)

التقنية[أ]	معامل تغيير الميل[ب، ج] [كجم PFC /طنAl) / دقائق تأثير الأنود/يوم خلية)]		معامل تغيير زيادة الفولتية[ب،ج،د] [(كجمCF4/طنAl)/ملي فولت]		كسر الوزن الفلوروإيثان السداسي والفلوروإيثان الرباعي	
	الفلوروإيثان الرباعي	عدم التيقن (+/-%)	الفلوروإيثان الرباعي	عدم التيقن (+/-%)	الفلوروإيثان السداسي /الفلوروإيثان الرباعي	عدم التيقن (+/-%)
التجفيف السابق المركزي	0.143	6	1.16	24	0.121	11
التجفيف السابق الجانبي	0.272	15	3.65	43	0.252	23
سدربيرج العمود الرأسي	0.092	17	غير متصل	غير متصل	0.053	15
سدربيرج العمود الأفقي	0.099	44	غير متصل	غير متصل	0.085	48

[أ] التجفيف السابق المركزي والتجفيف السابق الجانبي وسدربيرج العمود الرأسي وسدربيرج العمود الأفقي

[ب] المصدر: القياسات التي تم الإبلاغ عنها للمعهد الدولي للألومونيوم، القياسات التي ترعاها هيئة حماية البيئة الأمريكية والعديد من قياسات العديد من المواقع (هيئة حماية البيئة الأمريكية والمعهد الدولي للألومونيوم، 2003).

[ج] في معامل تغيير زيادة الفولتية والميل يوجد معامل كفاءة جمع انبعاثات مفترض كما يلي :التجفيف السابق المركزي 98% والتجفيف السابق الجانبي 90% وسدربيرج العمود الرأسي 85% وسدربيرج العمود الأفقي 90%. وقد تم افتراض معاملات الجمع هذه اعتمادًا على كسور جمع البيروفلوروكربونات، ومعاملات كفاءة غاز الفلوريد التي تم جمعها وآراء الخبراء.

[د] تعكس معاملات التغيير المذكورة القياسات التي تم إجراؤها في بعض المنشآت التي تسجيل زيادة فولتية إيجابية ومنشآت أخرى تسجل زيادة فولتية جبرية .ولم يتم تحديد علاقة قوية حتى الآن بين زيادة الفولتية الإيجابية والجبرية. وينبغي أن توفر زيادة الفولتية الإيجابية علاقة أفضل مع انبعاثات البيروفلوروكربونات أكثر من زيادة الفولتية الجبرية. لا ترتبط معاملات تغيير زيادة الفولتية بتقنيتي سدربيرج العمود الرأسي وسدربيرج العمود الأفقي.

المستوى 3: معامل انبعاث البيروفلوروكربونات الذي يعتمد على علاقة خاصة بالمنشأة بين أداء تأثير الآنود وانبعاثات البيروفلوروكربونات

يعتمد أسلوب المستوى 3 على ميل خاص بالمنشأة أو معامل تغير البيروفلوروكربونات لزيادة فولتية تأثير الأنود. ويميز معامل التغير العلاقة بين أداء تأثير الأنود في المنشأة وانبعاثات البيروفلوروكربونات التي تم قياسها بواسطة القياسات المستمرة أو الدولية المتسقة مع ممارسات القياس المعيارية (هيئة حماية البيئة الأمريكية، المعهد الدولي للألومونيوم، 2003) وبروتوكول غازات الاحتباس الحراري للمعهد الدولي للألومونيوم (المعهد الدولي للألومونيوم ، 2005أ).

5-2-4-4 اختيار بيانات الأنشطة

يجب توافر إحصائيات الإنتاج من كل منشأة حتى يمكن استخدام أساليب المستوى 1 لحساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والبيروفلوروكربونات. ومن المحتمل أن تكون درجة عدم التيقن من الألومونيوم المنتج أقل في معظم البلدان. بالنظر إلى التنوع العالمي المتوقع لبيانات الإنتاج، يجب استخدام بيانات سعة الإنتاج فقط كفحص لإحصائيات الإنتاج.

تتطلب أساليب *الممارسة السليمة* لحساب انبعاثات البيروفلوروكربونات بيانات دقيقة لدقائق تأثير الأنود ليوم الخلية أو بيانات دقيقة لزيادة الفولتية لكل أنواع الخلايا. ويجب أن تعتمد الإحصائيات السنوية على متوسط الإنتاج لبيانات تأثير الأنود الشهري. كما يستخدم كل من المستوى 2 والمستوى 3 بيانات دقائق تأثير الأنود ليوم الخلية أو زيادة فولتية تأثير الأنود وإنتاج الألومونيوم. ويجب استشارة شركات الألومونيوم المفردة أو المجموعات الصناعية أو الاتحادات الوطنية للألومونيوم أو المعهد الدولي للألومونيوم لضمان توافر البيانات وأنها في تنسيق قابل للاستخدام في تقدير الحصر.

بالنسبة لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون، تقوم الجهات الصاهرة للألومونيوم بجمع البيانات لدعم أساليب المستوى 2 والمستوى 3. تقوم الجهات الصاهرة التي تستخدم تقنية سدربيرج بجمع بيانات استهلاك عجينة الأنود في حين تقوم الجهات الصاهرة التي تستخدم تقنية التجفيف السابق بتسجيل بيانات استهلاك الأنود المجفف. وتستخدم أساليب المستوى 2 والمستوى 3 نفس المعادلة لحساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون؛ ومع ذلك يستخدم أسلوب المستوى 3 بيانات تركيب معينة خاصة بالمنشأة تخص مواد الأنود في حين يستخدم أسلوب المستوى 2 بيانات تركيب الأنود المتوسطة في الصناعة.

6-2-4-4 الاستيفاء

عمومًا تتوافر لدى منشآت إنتاج الألومونيوم الأساسي سجلات جيدة لأطنان الألومونيوم التي يتم إنتاجها عبر المتسلسلة الزمنية بأكملها التي يغطيها الحصر. بالإضافة إلى ذلك، تتوافر بيانات استهلاك الكربون نموذجيًا في نفس الفترة. وقد لا تكون بيانات عملية تأثير الأنود كاملة في المتسلسلة الزمنية بالكامل وربما يتطلب الأمر القيام بقياسات، مثل الواردة في القسم 4-4-2-7، إعداد متسلسلة زمنية متسقة، لحساب انبعاثات البيروفلوروكربونات خلال بعض فترات الحصر. كما تستعين منشآت إنتاج الألومونيوم الأساسية بكمية كبيرة من الكهرباء ويجب توخي الحرص لتفادي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة بإدخال الكهرباء أو تفادي ازدواجية حساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

7-2-4-4 إعداد متسلسلة زمنية متسقة

تتوافر إحصائيات إنتاج الألومونيوم طوال تاريخ وجود المنشأة. ولا ينبغي أن يمثل إعداد متسلسلة زمنية لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون مشكلة بما أن معظم المنشآت قد سجلت وقامت بقياس استهلاك الأنود أو العجينة طوال تاريخها. عند فقدان البيانات التاريخية لاستهلاك الأنود أو العجينة، يمكن تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الألومونيوم باستخدام أسلوب المستوى 1.

ويمكن الحصول على أفضل نتائج المتسلسلة الزمنية من خلال متسلسلة زمنية كاملة لبيانات الأنشطة الخاصة بالبيروفلوروكربونات مثل دقائق تأثير الأنود ليوم الخلية أو زيادة الفولتية. ونظرًا لأن انبعاثات البيروفلوروكربونات قد أصبحت تمثل أهمية كبيرة منذ بدايات تسعينيات القرن المنصرم في تاريخ صناعة الألومونيوم العالمية، فربما تكون بعض المنشآت لديها معلومات محدودة تخص البيانات المطلوبة لتأثير الأنود حتى يمكن تنفيذ ممارسات حصر البيروفلوروكربونات وفقًا للمستوى 2 أو المستوى 3 طوال فترة المتسلسلة الزمنية التي يغطيها الحصر. كما يمكن أن تحدث أخطاء كبيرة وانقطاعات بالتحول إلى أساليب المستوى 1 لحساب انبعاثات البيروفلوروكربونات لسنوات لا تتوافر بيانات الأنشطة الخاصة بها. وتحدد ظروف مختلفة ملائمة استخدام معاملات انبعاث البيروفلوروكربونات في المستوى 2 أو المستوى 3 في فترة ماضية لمنشأة ما وتوافر البيانات التفصيلية للعملية. وعمومًا يُفضل التبديل بين أساليب المستوى 2 أو المستوى 3 باستخدام بيانات بديلة بدلاً من استخدام معاملات انبعاث المستوى 1 خاصة عندما تتوافر بيانات تردد تأثير الأنود وعدم توافر بيانات مدة تأثير الأنود، من *الممارسة السليمة* استخدام انبعاثات البيروفلوروكربونات حسب طن الألومونيوم اعتمادًا على بيانات تردد تأثير الأنود. في الوقت الراهن تقوم العديد من المنشآت بقياسات البيروفلوروكربونات التي تيسر من تنفيذ أساليب حصر البيروفلوروكربونات باستخدام المستوى 3. وهناك عدد من الموضوعات التي تؤثر على ما إذا كان يمكن تخمين معاملات انبعاث البيروفلوروكربونات في المستوى 3 في فترات حصر العجينة. من بين المعاملات التي يجب أخذها في الاعتبار ما إذا كان قد تم تنفيذ أي تطوير للتقنية في المنشأة، وما إذا طرأت تغييرات جوهرية على ممارسات العمل، وما إذا كان قد طرأت أي تغييرات على حساب بيانات العملية، وجودة القياسات التي تم القيام بها لتحديد معاملات تغير المستوى 3. من *الممارسة السليمة* التشاور مع ممثلين عن منشآت التشغيل، سواء مباشرة أو عبر المنظمات الدولية التي تمثل الصناعة لوضع أفضل الإستراتيجيات لمجموعة معينة تعمل في مواقع معينة مضمنة في الحصر الوطني. ويمكن من خلال المعهد الدولي للألومونيوم (المعهد الدولي للألومونيوم ، 2005) الحصول على معلومات مساعدة إضافية حول أساليب التبديل والتفاصيل الخاصة بإعداد متسلسلة زمنية للألومونيوم الأساسي. كما تتوافر أيضًا أراء الخبرة في المعهد الدولي للألومونيوم (لندن، المملكة المتحدة) الخاصة بانبعاثات الغازات الاحتباس الحراري وانبعاثات الصناعة النموذجية التي تنجم عن إنتاج الألومونيوم.

3-4-4 تقدير أوجه عدم التيقن

توجد اختلافات كبيرة في درجات عدم التيقن من انبعاثات البيروفلوروكربونات حسب اختيار أساليب المستوى 1 أو المستوى 2 أو المستوى 3. واختلافات درجة عدم التيقن الناجمة عن اختيار أسلوب لحساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون تقل بدرجة كبيرة بالنسبة لانبعاثات البيروفلوروكربونات. ولا يوجد أساس لاختلافات البلد أو للاختلافات الوطنية في حساب الانبعاثات الناجمة عن إنتاج الألومونيوم غير الاختلافات التي تنشأ عن النوع المعين لتقنية الإنتاج وممارسات العمل المستخدمة في البلد أو المنطقة. وتنعكس هذه الاختلافات في تقنيات الحساب المذكورة أعلاه.

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

إن عدم التيقن في معاملات الانبعاث لحساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن استهلاك أنود الكربون أو العجينة يجب أن تكون أقل من ±5 في المائة لأساليب المستوى2 والمستوى 3، وأقل من ±10 في المائة لأسلوب المستوى 1. والتفاعلات التي ينجم عنها انبعاثات ثاني أكسيد الكربون مفهومة تمامًا وترتبط الانبعاثات ارتباطًا مباشرًا بأطنان الألومونيوم المنتجة عبر المعادلات الكيميائية الكهربية الأساسية لاختزال الألومونيوم في أنود الكربون والأكسدة الناجمة عن العمليات الحرارية. ويتم تضمين هاتان العمليتان الأساسيتان اللتان ينتجان ثاني أكسيد الكربون في بارامترات العملية الذين تتم مراقبتهم دوريًا في منشآت الإنتاج وصافي كربون الأنود المستهلك و/أو استهلاك العجينة. والمصدر الرئيسي لعدم التيقن هو صافي الكربون المستهلك لتقنيات التجفيف السابق واستهلاك العجينة لخلايا سدربيرج. وتتم مراقبة هذين المعاملين بعناية ويعتبران معاملين هامين للأداء الاقتصادي للمنشأة. ويمكن تحقيق تحسين دقة حصر انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بالانتقال من أساليب المستوى 1 إلى المستوى 2 نظرًا لوجود نطاق أداء لمنشآت الاختزال في استهلاك مواد أنود الكربون. ومن المتوقع أن تقل التحسينات الهامة للدقة عند اختيار أسلوب المستوى 3 بدلاً من المستوى 2. وذلك لأن المعاملات الأساسية في الحساب هي صافي كربون الأنود المستهلك أو استهلاك العجينة وإنتاج الألومونيوم. ودرجة عدم الدقة لمكوني المعادلة هاتين قليلة، 2 إلى 5 في المائة، ويسيطر عدم التيقن على الحساب الكلي لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون في أساليب المستوى 2 والمستوى 3. ويتم استخدام البيانات الخاصة بالمنشأة في حسابات المستوى 2 والمستوى 3 لهذه البارامترات. ويُحسن أسلوب المستوى 3 من الحساب لاستخدام التكوين الفعلي لمواد أنود الكربون. في الحالات التي يمكن أن يكون هناك تنوعًا كبيرًا في المكونات الصغيرة لمواد الأنود هذه، لا يساهم هذا التنوع بشكل كبير في الحساب الكلي لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

عند النظر إلى التغييرات التي تطرأ على درجة عدم التيقن في حصر انبعاثات البيروفلوروكربونات عند الانتقال من أسلوب المستوى 1 إلى المستوى 2 أو المستوى 3، نجد أن درجة عدم التيقن تنخفض بشكل كبير عند اختيار أساليب المستوى 2 أو المستوى 3 بدلاً من أسلوب المستوى 1. وينشأ المستوى العالي لدرجة عدم التيقن في أسلوب المستوى 1 مباشرة من التنوع الكبير في أداء تأثير الأنود بين المشغلين الذين يستخدمون تقنية مشابهة للإنتاج. كما أن أسلوب المستوى 1 يعتمد على استخدام معامل افتراضي مفرد لكل المشغلين حسب نوع التقنية. وبما أنه يمكن أن تكون هناك تغييرات على أداء تأثير الأنود (التردد والمدة) بمعامل 10 بين المشغلين الذين يستخدمون نفس التقنية (المعهد الدولي للألومونيوم ، 2005ج)، فإن

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

توجد درجة عدم تيقن قليلة للغاية بالنسبة لبيانات الإنتاج السنوي للألومونيوم ، أقل من 1 في المائة. ودرجة عدم التيقن في تسجيل استهلاك الكربون كاستهلاك أنود مجفف أو استهلاك العجينة وفحم الكوك أعلى بدرجة قليلة لإنتاج الألومونيوم، أقل من 2 في المائة. والمكون الآخر للانبعاثات المحسوبة الخاصة بالمنشأة باستخدام أساليب المستوى 2 أو المستوى 3 هي بيانات تأثير الأنود، أي إما دقائق تأثير الأنود ليوم الخلية أو زيادة فولتية تأثير الأنود. ويتم تسجيل هذه البارامترات بواسطة نظام التحكم في العملية كجزء من العمليات في كافة منشآت إنتاج الألومونيوم تقريبًا وتنخفض درجة عدم التيقن من هذه البيانات.

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

1-4-4-4 ضمان الجودة / مراقبة الجودة

من *الممارسة السليمة* في منشآت إنتاج الألومونيوم الساخن الاحتفاظ بكل بيانات الأنشطة الضرورية لدعم حسابات معاملات الانبعاث المقترحة في هذه الخطوط التوجيهية. ستشتمل هذه السجلات على إنتاج الألومونيوم، وأداء تأثير الأنود واستهلاك مواد الكربون المستخدمة في خلايا التجفيف السابق أو سدربيرج. بالإضافة إلى ذلك يحتفظ المعهد الدولي للألومونيوم بملخصات عالمية لبيانات الأنشطة المجمعة لنفس هذه البارامترات وتتوافر البيانات الإقليمية من اتحادات الألومونيوم الإقليمية. ومن *الممارسة السليمة* تجميع تقديرات الانبعاثات من كل جهة صهر لتقدير إجمالي الانبعاثات الوطنية. ومع ذلك ففي حالة عدم توافر بيانات الإنتاج على مستوى جهة الصهر، يجب استخدام بيانات سعة جهة الصهر مع الإنتاج الوطني المجمع لتقدير إنتاج جهة الصهر.

من *الممارسة السليمة* التحقق من معاملات انبعاث ثاني أكسيد الكربون في المنشأة لطن الألومونيوم بالمقارنة مع النطاق المتوقع للتغيير الذي يمكن توقعه من التغيير الوارد في الجدولين 4-10 و4-11 للانبعاثات الخاصة بثاني أكسيد الكربون. علاوة على ذلك، فإن معاملات التغير الهامة للمعادلة المستخدمة في حساب انبعاثات البيروفلوروكربونات لطن الألومونيوم يجب مقارنتها مع معاملات التغير الواردة في الجدول 4-15. يُقترح أن أي قيمة حصر خارج نطاق ثقة 95 في المائة من تباين المجتمع الإحصائي للبيانات يجب تأكيدها مع مصدر البيانات.

ويؤدي استخدام أساليب قياس معيارية إلى تحسن اتساق البيانات الناتجة ومعرفة الخصائص الإحصائية للبيانات. بالنسبة للألومونيوم الأساسي فإن بروتوكول هيئة البيئة الأمريكية/المعهد الدولي للألومونيوم لقياس انبعاثات الفلورويثان السداسي والفلورويثان الرباعي الناجمة عن إنتاج الألومونيوم الأساسي هي المعيار الدولي المعترف به (هيئة البيئة الأمريكية والمعهد الدولي للألومونيوم، 2003). كما يجب أن يشجع القائمون على الحصر المصانع لاستخدام هذا الأسلوب لوضع معاملات التغير لمعادلة البيروفلوروكربونات في المستوى 3. يجب أن تؤدي الاختلافات الهامة التي تظهر بين معاملات التغيير المحسوبة اعتمادًا على قياسات البيروفلوروكربونات ومعاملات التغير للمستوى 2 لمتوسط الصناعة لتقنية الاختزال المشابهة إلى فحص ومراجعة إضافية للحسابات. ويجب تفسير الاختلافات الكبيرة وتوثيقها. ويمكن الحصول من المعهد الدولي للألومونيوم على مجموعة بيانات دولية يمكن استخدامها للتعرف على بيانات خارجية. بالإضافة إلى ذلك يجب أن يحتفظ المعهد الدولي للألومونيوم بقاعدة بيانات حديثة تضم قياسات البيروفلوروكربونات ويجب الرجوع إليها عند تقدير مدى ملائمة البيانات التي تم الإبلاغ عنها.

ويجب ألا تزيد التغييرات الدولية السنوية التي تطرأ على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لطن الألومونيوم -/+10 في المائة اعتمادًا على انساق العمليات الهامة التي ينتج عنها ثاني أكسيد الكربون. وعلى العكس من ذلك، فإن التغييرات الدولية السنوية التي تطرأ على انبعاثات البيروفلوروكربونات لطن الألومونيوم يمكن أن تتغير بقيم تصل إلى -/+ 100 في المائة. ويمكن أن يؤدي عدم الاستقرار في العملية إلى زيادات في الانبعاثات الخاصة بالبيروفلوروكربونات. ويمكن أن تكون الزيادات التي تحدث لترد وفترة تأثير الأنود ناتجة عن معاملات مثل انقطاعات التيار غير المتوقعة والتغيير التي تطرأ على مواد تلقيم الألومين ومشكلات تشغيل الخلايا والزيادات التي تطرأ على أمبير خط خلايا التحليل بالكهرباء لزيادة إنتاج الألومونيوم. ويمكن أن تنخفض الانبعاثات الخاصة بالبيروفلوروكربونات من انخفاض تردد وفترة تأثير الأنود نتيجة للتغييرات التي تطرأ على أنظمة الكمبيوتر المستخدمة في التحكم في عملية الخلية، والتطويرات التي تحدث لتقنية الخلية مثل تركيب وحدات تغذية النقطة وممارسات العملية المحسنة والتحكم المحسن في المواد الخام.

2-4-4-4 الإبلاغ والتوثيق

من *الممارسة السليمة* توثيق وأرشفة كل المعلومات المطلوبة لإنشاء تقديرات وطنية لحصر الانبعاثات كما ورد في المجلد 1 في القسم 6، ضمان الجودة ومراقبة الجودة، الأرشفة والتوثيق الداخلي. فيما يلي بعض الأمثلة على وثائق وتقارير معينة تخص فئة المصدر هذه.

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. ولتحسن الشفافية، من *الممارسة السليمة* الإبلاغ عن انبعاثات البيروفلوروكربونات الناجمة عن إنتاج الألومونيوم بشكل منفصل عن فئات المصدر الأخرى. علاوة على ذلك، من *الممارسة السليمة* أن يتم الإبلاغ عن انبعاثات الفلوروإيثان السداسي والفلوروإيثان الرباعي بشكل منفصل على *أساس الكتلة*.

ورد في الجدول 4-17، *الممارسة السليمة* في الإبلاغ عن معلومات انبعاثات البيروفلوروكربونات الناجمة عن إنتاج الألومونيوم حسب المستوى أدناه، المعلومات الداعمة الضرورية لضمان الشفافية في الانبعاثات التي يتم الإبلاغ عنها.

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

الجدول 4-17
***الممارسة السليمة* في الأبلاغ عن معلومات انبعاثات البيروفلوروكربونات الناجمة عن إنتاج الألومونيوم حسب المستوى**

البيانات	المستوى 3	المستوى 2	المستوى 1
البيروفلوروكربونات			
الإنتاج السنوي الوطني (حسب تقنية التجفيف السابق المركزي (CWPB)والتجفيف السابق الجانبي (SWPB) وسدربيرج العمود الرأسي (VSS) وسدربيرج العمود الأفقي (HSS)			X
الإنتاج السنوي حسب جهة الصهر (حسب تقنية التجفيف السابق المركزي (CWPB) والتجفيف السابق الجانبي (SWPB) وسدربيرج العمود الرأسي (VSS) وسدربيرج العمود الأفقي (HSS)	X	X	
دقائق تأثير الأنود حسب يوم الخلية أو زيادة فولتية الأنود (ملي فولت)	X	X	
معامل تغيير الانبعاثات الخاصة بالمنشآة المرتبطة بأداء تأثير الأنود	X		
معامل تغيير الانبعاثات الخاصة بالتقنية المرتبطة بأداء تأثير الأنود		X	
معاملات تغيير انبعاثات التقنية الافتراضية			X
الوثائق الداعمة	X	X	X
ثاني أكسيد الكربون			
الإنتاج الوطني السنوي (حسب تقنية التجفيف السابق أو سدربيرج)			X
الإنتاج السنوي حسب جهة الصهر (حسب تقنية التجفيف السابق أو سدربيرج)	X	X	
صافي استهلاك الأنود لخلايا التجفيف السابق أو استهلاك العجينة لخلايا سدربيرج	X	X	
مستويات تلوث مادة الكربون أو غبار الكربون لخلايا سدربيرج	X		

5-4 إنتاج المغنيسيوم

1-5-4 مقدمة

يوجد في صناعة المغنيسيوم عددًا من غازات ومصادر الانبعاثات المحتملة. وتعكس كمية ونوع الانبعاثات الناجمة عن صناعة المغنيسيوم المادة الخام المستخدمة في إنتاج معدن المغنيسيوم الأساسي و/أو نوع خليط غاز الغطاء المستخدم في التشكيل وإعادة تدوير المسابك للحيلولة دون أكسدة المغنيسيوم المصهر. ومن *الممارسة السليمة* النظر إلى كافة قطاعات صناعة المغنيسيوم والانبعاثات المرتبطة بها، في طريقة مقسمة إن أمكن. ويوفر جدول 4-18 قائمة بانبعاثات غازات الاحتباس الحراري التي يمكن أن تكون مرتبطة بإنتاج معدن المغنيسيوم الأساسي والثانوي وعمليات التشكيل.

ويشير مصطلح المغنيسيوم الأساسي إلى المغنيسيوم المعدني المشتق من المصادر المعدنية. ويمكن إنتاج المغنيسيوم الأساسي بواسطة التحليل الكهربي أو عملية الاختزال الحراري. المواد الخام المستخدمة في إنتاج المغنيسيوم هي الدولوميت أو المغنيسيت أو الكرنليت أو السيربتنين والمحلول الملحي أو ماء البحر. وتؤدي معالجة المواد الخام للكربونات (المغنيسيت والدولوميت) إلى انبعاث ثاني أكسيد الكربون خلال عملية التصنيع. ويتم إطلاق ثاني أكسيد الكربون خلال تكليس الخامات المعتمدة على الكربونات (الدولوميت/المغنيسيت) – خطوة "قبل المعالجة" تسبق عمليات الاختزال الحراري/التحليل الكهربي الأساسية. وتشبه هذه العملية توليد ثاني أكسيد الكربون في صناعة المعادن (انظر الفصل 2).

يشتمل إنتاج المغنيسيوم الثانوي على استعادة وإعادة تدوير المغنيسيوم المعدني من عدد من مواد الخردة التي تحتوي على المغنيسيوم، مثل القطع التي استخدمها العملاء وبقايا الماكينات وخردة التشكيل وبقايا الأفران وما إلى ذلك. وقد تشتمل عملية تشكيل المغنيسيوم المعادن من عمليات إنتاج المغنيسيوم الأساسي والثانوي. وتتضمن عمليات تشكيل المغنيسيوم التعامل مع المغنيسيوم النقي المصهر و/أو سبائك المغنيسيوم المصهر التي تحتوي على نسبة عالية من المغنيسيوم. ويمكن تشغيل المغنيسيوم المصهر (المعروف أيضًا باسم "السبائك ذات محتوى المغنيسيوم العالي" عبر عدد من الأساليب التي تشتمل على التشكيل بالثقل والتشكيل في قوالب رملية والتشكيل في قوالب وأساليب أخرى.

ويحترق كل المغنيسيوم المصهر تلقائيًا في وجود الأكسجين الجوي. ويتطلب إنتاج وتشكيل كل المغنيسيوم المعدني نظام حماية للوقاية من الاحتراق. ومن بين أنظمة الحماية شائعة الاستخدام الأنظمة التي تستخدم المكونات الغازية التي ترتفع بها احتمالية الاحترار العالمي، مثل سداسي فلوريد الكبريت، والتي تهرب إلى الجو. ويتطلب كل تشكيل المغنيسيوم المعدني من المصادر والعمليات المتنوعة أساليب حماية ونتيجة لذلك ستكون له نفس احتمالية انبعاثات غازات الاحتباس الحراري.

الجدول 4-18
انبعاثات غازات الاحتباس الحراري المحتملة المرتبطة بإنتاج ومعالجة المغنيسيوم

العملية	انبعاثات غازات الاحتباس الحراري المحتملة المرتبطة بالعملية			
	سداسي فلوريد الكبريت	**مركبات الكربون الفلورية الهيدروجينية**	***ثاني أكسيد الكربون***	****أخرى***
إعداد المواد الخام للإنتاج الأساسي				
التي تعتمد على الدولوميت/المغنيسيت	-	-	X	-
المواد الخام الأخرى	-	-	-	-
التشكيل (الأساسي والثانوي)				
تشكيل السبيكة الأساسية	X	X	X	X
التشكيل بالقوالب	X	X	X	X
التشكيل بالثقل	X	X	X	X
أساليب التشكيل الأخرى	X	X	X	X
إنتاج المغنيسيوم الثانوي**	X	X	X	X

*تشتمل المركبات الأخرى على الكيتون المفلور ومنتجات التحلل الفلوري المتعددة، مثل البيروفلوروكربونات.
**من بينها العمليات التي تشتمل على إعادة تدوير/استعادة المغنيسيوم المعدني

تتم حماية إنتاج (إعادة تدوير) وتناول وصهر وتشكيل إنتاج المغنيسيوم الثانوي ومعدن الصهر ضد الأكسدة خلال العملية باستخدام أنظمة حماية مثل غازات الغطاء التي تحتوي على سداسي فلوريد الكبريت أو ثاني أكسيد الكبريت (غاز حامل (عادة ما يكون الهواء و/أو ثاني أكسيد الكربون) وسداسي فلوريد الكبريت أو ثاني أكسيد الكبريت[12]) أو في بعض الحالات مادة مساعدة على الصهر) وعادة تتم حماية السبائك ذات محتوى المغنيسيوم العالي باستخدام غازات غطاء تحتوي على سداسي فلوريد الكبريت. ونتيجة للتطورات التقنية الأخيرة والجهود الرامية تجاه استبدال

[12] بالاتساق مع نطاق الخطوط التوجيهية الموضحة في المجلد 1، لا يوفر هذا الفصل أساليب لتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من الإنتاج الأساسي

كما ورد في الجدول 4-18، فإن الخامات التي تحتوي على المغنيسيوم والتي تطلق ثاني أكسيد الكربون خلال التكلس هي الدولوميت ($Mg•Ca(CO_3)_2$) والمغنيسيت ($MgCO_3$). لكل كيلو جرام مغنيسيوم يتم إنتاجه، ينبعث نظريًا 3.62 كجم[14] (دولوميت) أو 1.81 كجم (مغنيسيت) بالتوالي خلال التكلس. وستكون الانبعاثات الفعلية لثاني أكسيد الكربون لكيلو جرام المغنيسيوم أعلى من الانبعاثات النظرية نتيجة لفقدان المغنيسيوم في سلسلة العملية.

عمليات تشكيل المغنيسيوم (الأساسي والثانوي)

في عمليات تشكيل المغنيسيوم، يعتمد حجم ونوع انبعاثات غازات الاحتباس الحراري على النظام المحدد لغاز الغطاء المستخدم لحماية المغنيسيوم السائل. بالإضافة إلى انبعاثات مركب الحماية الفعال (سداسي فلوريد الكبريت HFC-134a أو FK 5-1-12) في غاز الغطاء نفسه – قد تكون هناك انبعاثات للعديد من منتجات التحليل الفلورية (مثل البيروفلوروكربونات) ومن المحتمل أن يكون غاز الحامل أيضًا (حسب اختيار الهواء وثاني أكسيد الكربون أو النيتروجين).

سداسي فلوريد الكبريت

كان الافتراض الشائع هو أن سداسي فلوريد الكبريت في غاز غطاء المغنيسيوم خامل ومن هذا المنطلق فإن كافة سداسي فلوريد الكبريت المستخدم في صناعة المغنيسيوم سينبعث. ومع ذلك فقط أثبتت الدراسات المستقلة الحديثة (بارتوس وآخرون، 2003 وترانيل وآخرون، 2004) أن سداسي فلوريد الكبريت في درجة معينة يتم تدميره عند التلامس مع المغنيسيوم السائل/الغازي في درجات حرارة معالجة/احتجاز المغنيسيوم الشائعة. ويعتمد تكسير سداسي فلوريد الكبريت الذي تم تدميره في الفرن، بالإضافة إلى نوع/حجم منتجات الغاز الثانوية المولدة من التفاعل مع المغنيسيوم، على ظروف التشغيل المرتبطة مثل تركيز سداسي فلوريد الكبريت في غاز الغطاء ومعدل التدفق الكل لغاز الغطاء وحجم منطقة فرن المغنيسيوم المتفاعل ونوع الغاز الحامل المستخدم وممارسات ملء الفرن وما إلى ذلك.

HFC-134A وFK 5-1-12 ومنتجات التحلل (مثل البيروفولوروكربونات)

يعتبر كل من HFC-134a وFK 5-1-12 أقل ثباتًا من الناحية النظرية والديناميكية (وبذلك تنبعث منهما كميات أقل من غازات الاحتباس الحراري) من سداسي فلوريد الكبريت. ومن هذا المنطلق من المتوقع أن هذه الغازات سوف تتحلل/تتفاعل بشكل واسع عند تلامسها مع المنغيسيوم الغازي/السائل، وهو ما يؤدي إلى إنتاج العديد من الغازات الفلورية (مثل البيروفلوروكربونات). وقد وجد ترانل وآخرون، 2004، أن القاعدة العامة هي إنه في حالة استبدال سداسي فلوريد الكبريت بمركب HFC-134a ستكون هناك حاجة إلى أقل من نصف كمية المركب الفلوري على أساس الجزيء لحماية سطح المغنيسيوم (في ظل ظروف نموذجية). عند استبدال سداسي فلوريد الكبريت بمركب FK 5-1-12، ستكون هناك حاجة إلى أقل من مربع كمية المركب النشط. وقد تم الإبلاغ أنه كما ما في حالة سداسي فلوريد الكبريت فإن كمية المركب النشط في غاز الغطاء الحالي الذي تم تدميره في الفرن تعتمد على ظروف مثل تركيز المركب في غاز الغطاء الحالي وإجمالي معدل تدفق غاز الغطاء وحجم مساحة التفاعل في سطح المغنيسيوم ونوع غاز الحامل المستخدم وممارسات الملأ وما إلى ذلك. جدير بالذكر أن الانبعاثات الناجمة عن البيروفلوروكربونات مثل مواد التحلل ستكون أكثر أهمية من حيث معادل ثاني أكسيد الكربون أكثر من انبعاثات FK 5-1-12، و ذلك بالنظر إلى التأثيرات الإشعاعية النسبية الناجمة عنها.[15]

الغازات الحاملة

تستخدم العديد من أنظمة الغاز الحامل ثاني أكسيد الكربون كغاز حمل – بمفرده أو مع الهواء الجاف – لتخفيف المركب الفلوري النشط ولتقليل الضغط الجزئي للأكسجين في الفرن. ويمكن الفرض من الناحية الكمية أن كل ثاني أكسيد الكربون المستخدم في غاز الغطاء ينبعث في شكل ثاني أكسيد الكربون أيضًا. وكمية غاز غطاء ثاني أكسيد الكربون المستخدمة أقل بشكل كبير عن كمية المعاملات النشطة العادية في نظام غاز الغطاء ويمكن التغاضي عنها عمومًا.

[13] $(C_3F_7C(O)C_2F_5)$ FK 5-1-12 ، الذي يتم الإتجار فيه باسم Novec™612، عبارة عن كيتون مفلور يتم إنتاجه بواسطة 3M (ميلبراث، 2002).

[14] يمثل ذلك الحالة التي يتكون نسبة المغنيسيوم/كالسيوم حسب الرياضيات الكيميائية هي 1.

[15] لم يتم تحديد قيمة غازات الاحتباس الحراري لمركب FK 5-1-12 في تقرير التقييم الثالث للهيئة (الهيئة، 2001)، لكن من المقدر أن يكون مشابهة لقيمة ثاني أكسيد الكربون وفقًا للجهة المنتجة لهذا الغاز.

2-5-4 موضوعات منهجية

1-2-5-4 اختيار الأسلوب

انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من الإنتاج الأساسي

يعتمد اختيار أسلوب *الممارسة السليمة* لإعداد حصر انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من قطاع إنتاج المغنيسيوم الأساسي (المادة الخام) على الظروف الوطنية. توضح شجرة القرارات (انظر شكل 4-13 شجرة القرارات لتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج المغنيسيوم الأساسي) *الممارسة السليمة* في تكييف الأساليب على الظروف الخاصة بالبلد.

المستوى 1

يعتمد أسلوب المستوى 1 على بيانات الإنتاج الأساسي على المستوى الوطني ومعرفة المواد الخام المستخدمة في البلد. وقد لا تتاح بيانات الإنتاج الوطني للجمهور حيث يوجد عدد محدود من البلدات التي تنتج المغنيسيوم وعدد قليل من الجهات المنتجة الفردية – غالبًا جهة منتجة واحدة في البلد – وهو ما يؤدي في معظم الأحيان إلى إدراج بيانات الإنتاج الوطني ضمن بند السرية. في حالة عدم توافر الإحصائيات الوطنية لإنتاج المغنيسيوم الأساسي، ربما توجد اتحادات صناعية، مثل اتحاد المغنيسيوم الدولي (http://www.intlmag.org/)، توفر إحصائيات إقليمية. في حالة عدم وجود البيانات الأخرى، يمكن تقدير إنتاج المغنيسيوم الأساسي من المبيعات السنوية الوطنية لمعدن المغنيسيوم. وقد أدى هذا الأسلوب إلى تقليل درجة عدم التيقن، حيث لا يتم حساب المغنيسيوم المستخدم في تصنيع المنتجات على المستوى الوطني.

يتم حساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون باستخدام المعادلة 4-28.

المعادلة 4-28
انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج المغنيسيوم الأساسي (المستوى 1)

$$E_{CO2} = \left(P_d \bullet EF_d + P_{mg} \bullet EF_{mg}\right) \bullet 10^{-3}$$

حيث:

E_{CO2} = انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج المغنيسيوم الأساسي، جيغا جول

P_d = الإنتاج الوطني للمغنيسيوم الأساسي من الدولوميت، طن

P_{mg} = الإنتاج الوطني للمغنيسيوم الأساسي من المغنيسيت، طن

EF_d = معامل الانبعاث الافتراضي لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج المغنيسيوم الأساسي من الدولوميت، طن ثاني أكسيد الكربون/طن المغنيسيوم الأساسي المنتج

EF_{mg} = معامل الانبعاث الافتراضي لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج المغنيسيوم الأساسي من المغنيسيت، طن ثاني أكسيد الكربون/طن المغنيسيوم الأساسي المنتج

المستوى 2

يشتمل أسلوب المستوى 2 لتحديد انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج المغنيسيوم الأساسي على جمع معاملات الانبعاث التجريبية الخاصة بالمصنع/الشركة، بالإضافة إلى بيانات الإنتاج الخاصة بالشركة. قد تختلف معاملات الانبعاث الخاصة بالشركة بشكل كبير عن معاملات الانبعاث الافتراضية وذلك اعتمادًا على تناول مواد العملية. وينبغي أن يحدث هذا التجميع إذا كانت الانبعاثات هي *الفئة الرئيسية*.

يتم حساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون باستخدام المعادلة 4-29.

المعادلة 4-29
انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج المغنيسيوم الأساسي (المستوى 2)

$$E_{CO2} = \sum_i (P_i \bullet EF_i) \bullet 10^{-3}$$

حيث:

E_{CO2} = انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج المغنيسيوم الأساسي، جيغا جول

P_i = المغنيسيوم الأساسي المنتج في المصنع *i*، طن

EF_i = معامل الانبعاث الخاص بالمصنع/الشركة لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج المغنيسيوم الأساسي الذي تم الحصول عليه من المصنع/الشركة *i*، طن ثاني أكسيد الكربون/طن المغنيسيوم الأساسي المنتج

المستوى 3

في حالة توافر بيانات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التي تم قياسها بالفعل من منشآت إنتاج المغنيسيوم الأساسي، يمكن تجميع هذه البيانات لحساب الانبعاثات على المستوى الوطني.

عمليات تشكيل المغنيسيوم (الأساسي والثانوي)

سداسي فلوريد الكبريت

أيضًا يعتمد اختيار أسلوب *الممارسة السليمة* لإعداد حصر انبعاثات سداسي فلوريد الكبريت الناجمة عن قطاع عمليات تشكيل المغنيسيوم على الظروف الوطنية. توضح شجرة القرارات (انظر شكل 4-14 شجرة القرارات لتقدير انبعاثات سداسي فلوريد الكبريت الناجمة عن إنتاج المغنيسيوم الأساسي) *الممارسة السليمة* في تكييف الأساليب على الظروف الخاصة بالبلد.

المستوى 1 ـ معاملات الانبعاث الافتراضية

يعتمد أسلوب المستوى 1 على إجمالي كمية تشكيل أو تناول المغنيسيوم في البلد (المعادلة 4-30). والافتراض الأساسي لمقترب المستوى 1 هو أن كل استهلاك سداسي فلوريد الكبريت في قطاع صناعة المغنيسيوم ينبعث في شكل سداسي فلوريد الكبريت. وكما ورد في القسم 4-5-1، فهذا الافتراض من المحتمل أن يُفرط في تقدير انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، لكن الإفراط في التقدير يكمن في النطاق الكلي لعدم التيقن الوارد في القسم 4-5-3. ويستخدم الأسلوب الأساسي للمستوى 1 قيمة فردية كأساس لحساب الانبعاثات الافتراضية عند استخدام سداسي فلوريد الكبريت لحماية الأكسدة، وذلك على الرغم من حقيقة أن استهلاك سداسي فلوريد الكبريت يختلف اختلافًا جوهريًا بين عمليات التشكيل المختلفة والمشغلين (في بعض الأحيان رتب الحجم). يجب استخدام أسلوب المستوى 1 فقط عندما لا تتوافر لدى القائم على الحصر معرفة بنوع عملية تشكيل أو تناول المغنيسيوم (إعادة التدوير أو تشكيل المدلفنة أو التشكيل في قوالب وما إلى ذلك).

المعادلة 4-30
انبعاثات سداسي فلوريد الكبريت الناجمة عن تشكيل المغنيسيوم (المستوى 1)

$$E_{SF6} = MGc \bullet EF_{SF6} \bullet 10^{-3}$$

حيث:

E_{SF6} = انبعاثات سداسي فلوريد الكبريت الناجمة عن تشكيل المغنيسيوم، طن

MGc = إجمالي تشكيل أو تناول المغنيسيوم في البلد، طن

EF_{SF6} = معامل الانبعاث الافتراضي لانبعاثات سداسي فلوريد الكبريت الناجمة عن تشكيل المغنيسيوم، كجم سداسي فلوريد الكبريت/طن تشكيل مغنيسيوم

المستوى 2 – استهلاك سداسي فلوريد الكبريت الخاص بالشركة

كما هو الحال مع أسلوب المستوى 1، يفترض أسلوب المستوى 2 أن كل سداسي فلوريد الكبريت المستهلك ينبعث لاحقًا. على الرغم من ذلك فبدلاً من كمية تشكيل المغنيسيوم، يستخدم أسلوب المستوى 2 البيانات المتوافرة الخاصة بالاستهلاك الوطني (أو دون الوطني) لسداسي فلوريد الكبريت في صناعة المغنيسيوم كما تم الإبلاغ عنه بواسطة الصناعة أو المتوافر عبر مصادر أخرى مثل الإحصائيات الوطنية (المعادلة 4-31).

والاستخدام الأكثر دقة لهذا الأسلوب هو الجمع العادي للبيانات المباشرة لاستهلاك سداسي فلوريد الكبريت من كل المستخدمين الفرديين للغاز في صناعة المغنيسيوم. في حالة عدم توفر بيانات مباشرة، فإن الأسلوب البديل، لكنه أقل دقة، هو تقدير حجم الاستهلاك الوطني السنوي لسداسي فلوريد الكبريت الناجم عن صناعة المغنيسيوم. ويتطلب ذلك جمع البيانات السنوية للبيانات الوطنية لسداسي فلوريد الكبريت ويفترض أن كل غاز سداسي فلوريد الكبريت الذي تم بيعه إلى صناعة المغنيسيوم ينبعث خلال السنة.

المعادلة 4-31
انبعاثات سداسي فلوريد الكبريت الناجمة عن تشكيل المغنيسيوم (المستوى 2)

$$E_{SF6} = C_{SF6}$$

حيث:

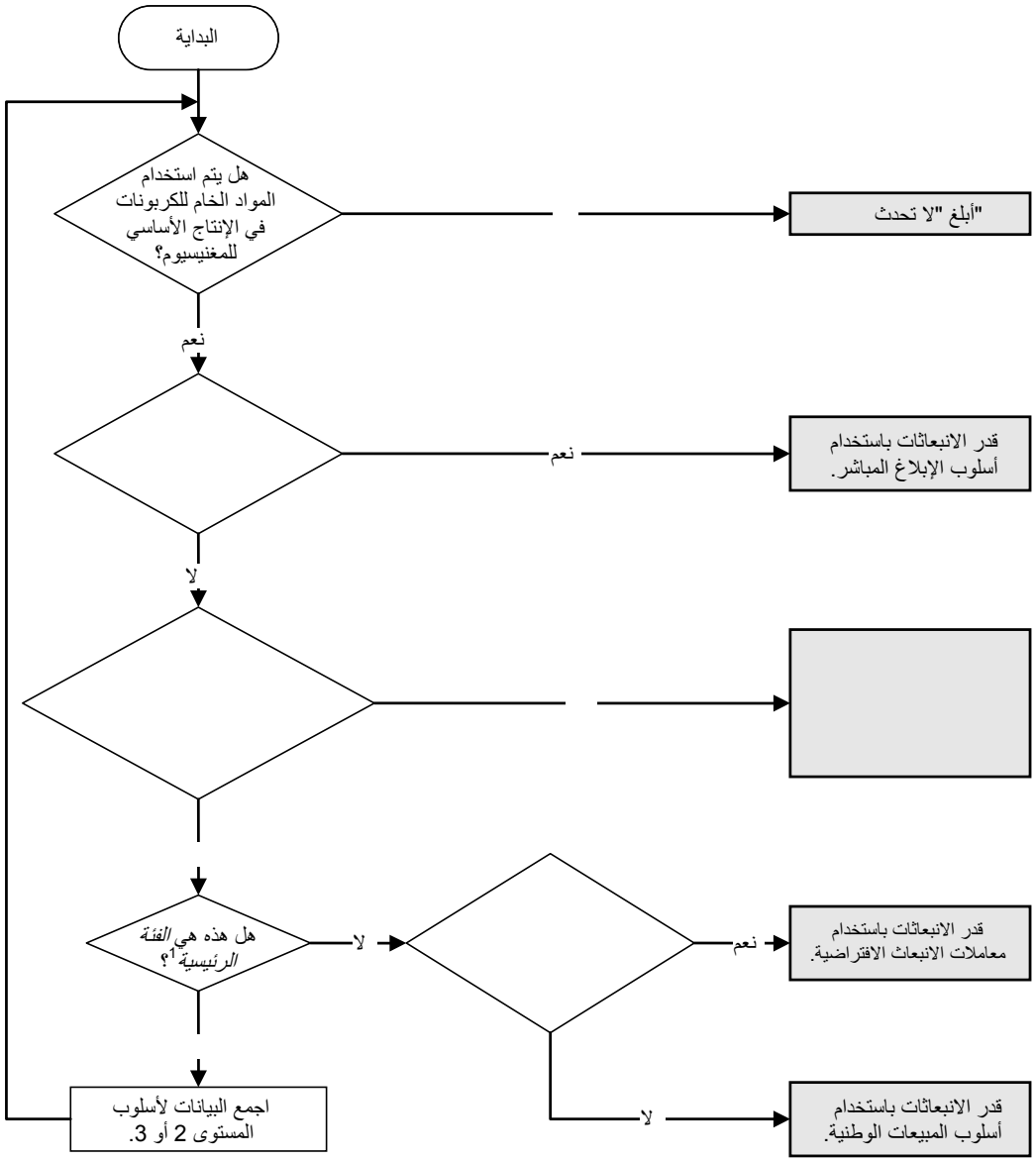
E_{SF6} = انبعاثات سداسي فلوريد الكبريت الناجمة عن تشكيل المغنيسيوم، طن

C_{SF6} = استهلاك سداسي فلوردي الكبريت في مصهرات ومسابك المغنيسيوم، طن

المستوى 3 – مقترب القياس المباشر

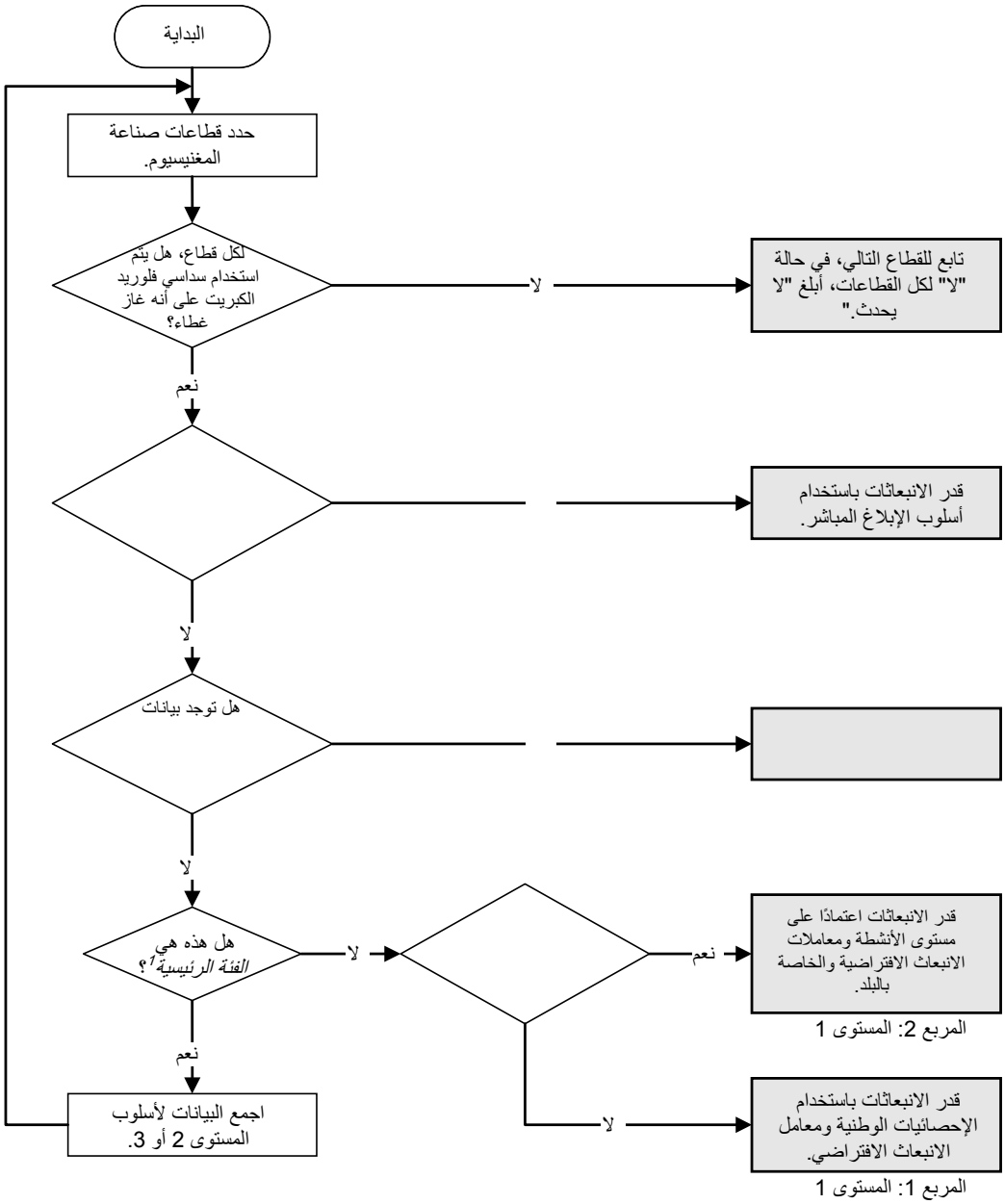
في حالة توافر بيانات الانبعاثات الفعلية التي تم قياسها بالفعل من منشآت معالجة المغنيسيوم الفردية، يمكن تجميع هذه البيانات واستخدامها مباشرة لحساب الانبعاثات على المستوى الوطني. في مثل هذا الإبلاغ، من *الممارسة السليمة* تضمين تدمير سداسي فلوريد الكبريت وتكون منتجات الغاز الثانوية.

الشكل 4-13 شجرة قرار تقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن تكلس المواد الخام في عملية إنتاج المغنيسيوم الأساسي



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 4-14 شجرة قرار تقدير انبعاثات سداسي فلوريد الكبريت من معالجة المغنيسيوم



ملاحظة:

HFC-134a وFK 5-1-12 ومنتجات التحلل (مثل البيروفلوروكربونات)

وكما ورد في القسم 4-5-1، ففي سنة 2003-2004 بدأ الاستخدام الصناعي للمركبات الفلورية غير سداسي فلورد الكبريت لحماية أكسدة المغنيسيوم. ولذلك فإن التجربة الصناعية في استخدام هذه المركبات لأغراض حماية المغنيسيوم لا تزال محدودة للغاية. حتى أن المصانع المفردية سيتوافر لديها معلومات تاريخية قليلة، إن وجدت، تخص الانبعاثات الفعلية لهذه المركبات الفلورية الأخرى من العمليات التي تقوم بها. وعلى الرغم من الاعتقاد الشائع في الصناعة بأن الاستخدام الكبير لهذه الغازات البديلة سيكون أقل من سداسي فلوريد الكبريت، لا توجد بيانات متوافرة في الوقت الراهن يمكن على أساسها تحديد معاملات الانبعاث. ومن هذا المنطلق، لا يمكن في الوقت الراهن إعداد مقترب انبعاثات يعتمد معامل (المستوى 1 أو المستوى 2) للإبلاغ عن الانبعاثات.

ومع ذلك، فإذا كانت انبعاثات غازات الاحتباس الحراري الناجمة عن استخدام غازات غطاء المغنيسيوم هي *الفئة الرئيسية* الوطنية، فمن *الممارسة السليمة* جمع القياسات المباشرة أو القياسات غير المباشرة المفهومة لانبعاثات غازات الاحتباس الحراري (الانبعاثات غير الثابتة لمركبات HFC134-a وFK 5-1-12 بالإضافة إلى انبعاثات البيروفلوروكربونات كمنتجات تحلل) الناجمة عن مسابك المغنيسيوم التي تستخدم HFC134-a وFK 5-1-12 كغازات غطاء. ويتسق ذلك مع مقترب المستوى 3.

الغازات الحاملة

تعتبر مشاركة الغاز الحامل لثاني أكسيد الكربون المستخدم في أنظمة غاز الغطاء نسبة صغيرة من احتمالية الاحترار العالمي. عمومًا يمكن التغاضي عن هذه الانبعاثات.

4-5-2-2 اختيار معامل الانبعاثات

انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من الإنتاج الأساسي

المستوى 1 - معاملات الانبعاث الافتراضية

كما ورد من قبل يحسب أسلوب المستوى 1 الانبعاثات الناجمة عن معاملات الانبعاث الافتراضية المستخدمة على إجمالي إنتاج البلد للمغنيسيوم الأساسي. وتستخدم معاملات الانبعاث الافتراضية (الجدول 4-19) نوع المادة المستخدمة ونسب الرياضيات الكيميائية الأساسية التي تم تعديلها بواسطة البيانات التجريبية لفاقد عملية التصنيع العام. وتعتبر انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة لطن المغنيسيوم المنتج أعلى بدرجة كبيرة من الكمية النظرية الموضحة في القسم 4-5-1.

الجدول 4-19
معاملات الانبعاث لإنتاج معدن المغنيسيوم الأساسي الخاصة بخامة معينة

أطنان انبعاثات ثاني أكسيد الكربون/طن المغنيسيوم الأساسي المنتج	المادة الخام
5.13	الدولوميت
2.83	المغنيسيت

المستوى 2 – معاملات الانبعاث الخاصة بالشركة/البلد

يشتمل أسلوب المستوى 2 لتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج المغنيسيوم الأساسي على جمع معاملات الانبعاث التجريبية الخاصة بالمصنع/الشركة. قد تختلف معاملات الانبعاث الخاصة بالشركة بشكل كبير عن معاملات الانبعاث الافتراضية وذلك اعتمادًا على تناول مواد العملية. وينبغي أن يحدث هذا التجميع إذا كانت الانبعاثات هي *الفئة الرئيسية*.

المستوى 3 – مقترب القياس المباشر

في حالة توافر بيانات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التي تم قياسها بالفعل من منشآت إنتاج المغنيسيوم الأساسي، يمكن تجميع هذه البيانات لحساب الانبعاثات على المستوى الوطني.

عمليات تشكيل المغنيسيوم (الأساسي والثانوي)

سداسي فلوريد الكبريت

المستوى 1 - معاملات الانبعاث الافتراضية

الافتراض الأساسي لمقترب المستوى 1 هو أن كل استهلاك سداسي فلوريد الكبريت في قطاع الصناعة هذا ينبعث مرة أخرى. ومع ذلك فهذا الافتراض من المحتمل أن يفرط في تقدير انبعاثات غازات الاحتباس الحراري كما ورد في القسم 4-5-1. كما يفترض أسلوب المستوى 1 عدم معرفة نوع عملية تشكيل أو تناول المغنيسيوم (إعادة التدوير أو تشكيل المدلفنة أو التشكيل بالقوالب وما إلى ذلك)، وفي ظل ظروف موصى بها للتشكيل بالقوالب، تبلغ معدلات الاستهلاك 1 كجم سداسي فلوريد الكبريت لطن المغنيسيوم المنتج أو المصهر (جيستلاند وماجرز، 1996). وعلى الرغم من أن استهلاك سداسي فلوريد الكبريت يختلف اختلافًا جوهريًا بيان المشغلين وعمليات التشكيل المختلفة (في بعض الأحيان رتب الحجم)، فإن الأسلوب الأساسي للمستوى 1 يستخدم هذه القيمة كأساس لحساب الانبعاثات الافتراضية عند استخدام سداسي فلوريد الكبريت لحماية الأكسدة.

المعادلة 4-20 انبعاثات سداسي فلوريد الكبريت الناجمة عن تشكيل المغنيسيوم (المستوى 1)	
نظام التشكيل	**كجم انبعاثات سداسي فلوريد الكبريت لطن تشكيل المغنيسيوم**
كل عمليات التشكيل	1.0
المصدر: جيستلاند وماجرز، (1996)	

المستوى 2 – استهلاك سداسي فلوريد الكبريت الخاص بالشركة

كما هو الحال مع أسلوب المستوى 1، فإن المبدأ الأساسي لأسلوب المستوى 2 هو أن كل كمية سداسي فلوريد الكبريت المستهلك تنبعث مرة أخرى. ومع ذلك فيُفترض في أسلوب المستوى 2 أن الاستهلاك الوطني (أو دون الوطني) لسداسي فلوريد الكربون في صناعة المغنيسيوم يتم الإبلاغ عنه بواسطة الصناعة أو يتوافر من خلال مصادر أخرى مثل الإحصائيات الوطنية.

والاستخدام الأكثر دقة لهذا الأسلوب هو الجمع العادي للبيانات المباشرة لاستهلاك سداسي فلوريد الكبريت من كل المستخدمين الفرديين للغاز في صناعة المغنيسيوم. في حالة عدم توفر بيانات مباشرة، فإن الأسلوب البديل، لكنه أقل دقة، هو تقدير حجم الاستهلاك الوطني السنوي لسداسي فلوريد الكبريت الناجم عن صناعة المغنيسيوم. ويتطلب ذلك جمع البيانات السنوية للبيانات الوطنية لسداسي فلوريد الكبريت ويفترض أن كل غاز سداسي فلوريد الكبريت الذي تم بيعه إلى صناعة المغنيسيوم ينبعث خلال السنة.

المستوى 3 – مقترب القياس المباشر

في حالة توافر بيانات الانبعاثات الفعلية التي تم قياسها بالفعل من منشآت معالجة المغنيسيوم الفردية، يمكن تجميع هذه البيانات واستخدامها مباشرة لحساب الانبعاثات على المستوى الوطني. في مثل هذا الإبلاغ، من *الممارسة السليمة* تضمين تدمير سداسي فلوريد الكبريت وتكون منتجات الغاز الثانوية.

HFC-134a وFK 5-1-12 ومنتجات التحلل (مثل البيروكربونات)

كما ورد من قبل، لا يوجد سوى بيانات تاريخية قليلة يمكن على أساسها تحديد معاملات الانبعاث. ومع ذلك، فإذا كانت انبعاثات غازات الاحتباس الحراري الناجمة عن استخدام غازات غطاء المغنيسيوم هي *الفئة الرئيسية* الوطنية، فمن *الممارسة السليمة*، للقائمين على الحصر، جمع القياسات المباشرة أو القياسات التي يمكن الاعتماد عليها لانبعاثات غازات الاحتباس الحراري (الانبعاثات غير الثابتة لمركبات HFC134-a وFK 5-1-12 بالإضافة إلى انبعاثات البيروفلوروكربونات كمنتجات تحلل) الناجمة عن مسابك المغنيسيوم التي تستخدم HFC134-a وFK 5-1-12 كغازات غطاء. ويمكن اعتبار ذلك مقترب المستوى 3. وبمرور الوقت، يمكن استخدام قياسات المستوى 3 كوسيلة لإعداد معاملات الانبعاث التي يمكن استخدامها للمستوى 2.

الغازات الحاملة

كما ورد سابقًا تمثل مشاركة الغاز الحامل لثاني أكسيد الكربون المستخدم في أنظمة غاز الغطاء نسبة صغيرة من احتمالية الاحترار العالمي. عمومًا يمكن التغاضي عن هذه النسبة.

3-2-5-4 اختيار بيانات الأنشطة

انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من الإنتاج الأساسي

بالنسبة لأسلوب المستوى 1، هناك حاجة إلى أن يحصل القائمون على الحصر على بياتا الإنتاج الأساسي الوطنية ومعرفة نوع المادة الخام المستخدمة في البلد. وكما ورد في القسم 4-5-2-1، فقد لا تتوافر هذه البيانات للجمهور ولذلك يمكن أن تكون هناك صعوبات في الحصول عليها، لاسيما لوحدات الإنتاج التي تعمل على مستوى صغير (خاصة نوع الاختزال الحراري) في البلدان النامية. وقد تتوافر بيانات تقريبية لإنتاج المغنيسيوم على المستوى الوطني عبر اتحادات الصناعة مثل اتحاد المغنيسيوم الدولي. بالنسبة لأسلوب المستوى 2، ستكون هناك حاجة إلى أن يجمع القائمون على الحصر بيانات إنتاج المغنيسيوم الأساسي الخاصة بالمواد الخام للكربونات من كل مصنع/شركة. بالنسبة لأسلوب مستوى 3، فإن بيانات الأنشطة تتكون من الانبعاثات المباشرة التي تم الإبلاغ عنها والتي تم قياسها.

عمليات تشكيل المغنيسيوم (الأساسي والثانوي)

سداسي فلوريد الكبريت

بالنسبة لأسلوب المستوى 1، من *الممارسة السليمة* تقسيم بيانات الإنتاج في القطاعات التي تستخدم سداسي فلوريد الكبريت، إن أمكن، (مثل الإنتاج الأساسي وإعادة التدوير وتشكيل المدلفنة وتشكيل القوالب والتشكيل بالثقل وما إلى ذلك) واستخدام معاملات الانبعاث الخاصة بقطاعات معينة المتوافرة. في حالة عدم توافر بيانات غير مقسمة، يمكن استخدام بيانات إنتاج مجمعة إضافية، من المحتمل أن تجمع الناتج الناجم عن العديد من العمليات المختلفة، لإعداد تقدير. في حالة عدم توافر بيانات استهلاك سداسي فلوريد الكبريت أو بيانات إنتاج المغنيسيوم، فإن الطريقة البديلة هي جمع بيانات الإنتاج الوطنية السنوية الخاصة بمبيعات سداسي فلوريد الكبريت إلى صناعة المغنيسيوم. ويمكن أن توفر الجهات المنتجة لسداسي فلوريد الكبريت هذه البيانات مباشرة أو يمكن أن تكون متوافرة من الإحصائيات الوطنية. من *الممارسة السليمة* النظر إلى بيانات الاستهلاك التي تخص الصناعات الأخرى التي تستخدم سداسي فلوريد الكبريت (مثل المعدات الكهربية) عند تقدير النسبة التي تستهلكها صناعة المغنيسيوم.

بالنسبة لأساليب المستوى 2 والمستوى 3، فإن بيانات الأنشطة هي انبعاثات سداسي فلوريد الكبريت (ومنتج الغاز الثانوي) أو إجمالي استهلاك سداسي فلوريد الكبريت من كل مصنع. بالنسبة لأسلوب المستوى 1، تقتضي الضرورة توافر بيانات إنتاج المغنيسيوم على المستوى الفردي وعلى المستوى الوطني وعلى مستوى المصنع. في حالة الإبلاغ المباشر عن استخدام سداسي فلوريد الكبريت في قطاع معين، فمن *الممارسة السليمة* تقدير نسبة الإنتاج التي تمثلها المصانع التي تبلغ مباشرة. بالنسبة للمصانع الأخرى، من *الممارسة السليمة* استخدام تقديرات انبعاثات تعتمد على الإنتاج.

HFC-134a و5-1-12 FK ومنتجات التحلل (مثل البيروكربونات)

بالنسبة لأسلوب المستوى 3، فإن بيانات الأنشطة تتكون من الانبعاثات المباشرة التي تم الإبلاغ عنها والتي تم قياسها. لا توجد خطوط توجيهية لأساليب المستوى 1 أو المستوى 2 ومن هذا المنطلق لا تقتضي الضرورة توافر بيانات أنشطة.

الغازات الحاملة

من *الممارسة السليمة* عند الإبلاغ في الحصر أن تكون بيانات الأنشطة التي تم اختيارها للغازات الحاملة متجانسة مع بيانات الأنشطة للمركب النشط المستخدم. أي في حالة استخدام ثاني أكسيد الكربون كغاز حامل لسداسي فلوريد الكبريت، فإن بيانات الأنشطة الخاصة بثاني أكسيد الكربون يجب أن تعكس بيانات الأنشطة الخاصة بسداسي فلوريد الكبريت. في حالة استخدام ثاني أكسيد الكربون كحامل لمركب HFC-134a أو 5-1-12 FK، يجب أن تعكس بيانات الأنشطة لثاني أكسيد الكربون بيانات الأنشطة الخاصة بمركب HFC-134a أو 5-1-12 FK.

4-2-5-4 الاستيفاء

يجب ألا يمثل الإبلاغ غير المستوفي أو بيانات الأنشطة غير المستوفية قضية هامة للإنتاج الأساسي في البلدان المتقدمة. وذلك نظرًا لوجود عدد قليل من الجهات المنتجة المشهورة للمغنيسيوم الأساسي في البلدان المتقدمة، ومن المتوقع أن هذه الجهات تحتفظ بسجلات جيدة. أما في البلدان النامية، فإن قضايا الاستيفاء عمومًا تنشأ في قطاعات التشكيل، حيث تكون المنشآت موزعة بشكل أكبر ولها نطاق واسع من السعات والتقنيات. بعض المصانع ربما تورد إلى أسواق محلية لا تكون مضمنة في مجموعات البيانات الوطنية. وينبغي أن يتأكد القائم على الحصر من غياب التقديرات الخاصة بقطاعات الصناعة الصغيرة تلك بدلاً من افتراض عدم وجودها ببساطة. كما أنه *من الممارسة السليمة* القيام بمسوح دورية للصناعة وإقامة روابط وثيقة مع الاتحادات الدولية واتحادات الصناعة المحلية للتحقق من استيفاء هذه التقديرات.

وبما أن أنظمة غاز الغطاء البديلة (غير سداسي فلوريد الكبريت) تتحلل إلى العديد من المنتجات الثانوية الفلورية، قد تكون هناك مصادر غير محسوبة لاحتمالية الاحترار العالمي لم يتم وصفها. ومن غير المتوقع أن تمثل هذه نسبة كبيرة.

ونتيجة لأن الزيادة التي تحدث في الإنتاج الأساسي على مستوى العالم، فضلاً عن معالجة المغنيسيوم، تحدث في العديد من وحدات الإنتاج الصغيرة في بلدان ذات اقتصاديات نامية، فمن المتوقع أن يمثل الاستيفاء قضية هامة.

علاوة على ذلك، يجب أن يكون القائمون على الحصر حريصين على تفادي ازدواجية حساب الانبعاثات الناجمة عن تكلس المواد الخام لكربونات المغنيسيوم خلال إنتاج المغنيسيوم الأساسي وهذه الانبعاثات المرتبطة بتكلس الحجر الجيري والدولوميت والمعادن الكربونية الأخرى (انظر الفصل 2، استخدامات أخرى للكربونات في العمليات الصناعية، في هذا المجلد). يجب الإبلاغ عن كل الانبعاثات المرتبطة بتكلس الكربونات لإنتاج المغنيسيوم الأساسي على أنها انبعاثات غازات احتباس حراري ناجمة عن إنتاج المغنيسيوم.

5-2-5-4 إعداد متسلسلة زمنية متسقة

فيما يتعلق بالإحصائيات الكلية لإنتاج المغنيسيوم، ستكون هذه البيانات متوافرة عن تاريخ المصنع. ومع ذلك ففي بعض الأحيان، قد لا تتوافر بيانات الإنتاج التاريخية نظرًا للافتقار إلى السجلات الأولية أو التغييرات التي طرأت على هيكل الصناعة في فترة انتقالية. في هذه الحالة، يمكن استخدام بيانات الإنتاج من مصادر دولية.

ربما تكون هناك موضوعات متعلقة بوضع متسلسلة زمنية لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج المغنيسيوم الأساسي، وذلك لأن هذه الانبعاثات قد لا يكون قد تم الإبلاغ عنها قبل سنة 2006 (الخطوط التوجيهية للإبلاغ لم ترد في *الخطوط التوجيهية المنقحة للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ لسنة 1996* (الهيئة، 1997). ومع ذلك، فبالنسبة لمعظم منشآت إنتاج المغنيسيوم الأساسي يمكن الافتراض أن مستوى انبعاثات ثاني أكسيد الكربون يكون ثابت بشكل نسبي طوال الوقت على أساس طن المغنيسيوم المنتج. وفيما يتعلق بانبعاثات سداسي فلوريد الكبريت، من *الممارسة السليمة* لمقترب المستوى 1 مضاعفة بيانات الأنشطة التاريخية بمعامل الانبعاث الافتراضي أو الوطني/دون الوطني المستخدم حاليًا لإعداد سلسلة زمنية متسقة. جدير بالذكر أن معاملات الانبعاث الخاصة بالمصنع ستقل مع مرور الوقت نتيجة للوعي البيئي والعوامل الاقتصادية والممارسات والتقنيات المتطورة.

بما أن صناعة المغنيسيوم لم تستخدم غازات الغطاء HFC-134a وFK 5-1-12 بدرجة كبيرة في أي بلد قبل 2003، لذا فمن المحتمل أن الانبعاثات التاريخية ستكون صفر. ومع الأخذ في الاعتبار تعقد الإبلاغ عن الانبعاثات المرتبطة باستخدام هذه الغازات، فإن وضع متسلسلة زمنية متسقة سيمثل تحديًا للقائمين على الحصر.

من *الممارسة السليمة* تقييم معاملات الانبعاث التاريخي الملائمة باتباع الخطوط التوجيهية الواردة في المجلد 1 الفصل 5. ولضمان الاتساق مع مرور الوقت، فمن *الممارسة السليمة* إعادة حساب تقديرات الانبعاثات باستخدام الأساليب الجديدة والمستخدمة سابقًا لضمان أن أي أنظمة في الانبعاثات تكون حقيقية ولا تحدث نتيجة للتغييرات التي تطرأ على منهجيات التقدير. من *الممارسة السليمة* توثيق الافتراضات في كل الحالات وأرشفتها لدي القائم على الحصر.

3-5-4 تقدير أوجه عدم التيقن

انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من الإنتاج الأساسي

على مستوى المصنع، يجب أن يتم بشكل جيد توثيق استخدام وتحليل/نوع المادة الخام، بالإضافة إلى أطنان المغنيسيوم التي يتم إنتاجها. بيانات الأنشطة التي يتم الإبلاغ عنها مباشرة، والمطلوبة لأساليب المستوى 2 والمستوى 3 لكل الغازات، تكون دقيقة في نطاق أقل من 5 في المائة. على مستوى الحصر الوطني، يمكن مقارنة دقة أنشطة إنتاج المغنيسيوم وبيانات الأنشطة ببيانات إحصائيات الإنتاج الوطنية الأخرى (أي ± 5 في المائة). ويمكن أن تكون هناك درجة عدم دقة إضافة عبر تقدير نسبة الإنتاج التي لم يتم الإبلاغ عنها مباشرة.

عمليات تشكيل المغنيسيوم (الأساسي والثانوي)

سداسي فلوريد الكبريت

في مقترب المستوى 1، يحدث عدم التيقن من جمع الإنتاج من القطاعات الثانوية المختلفة واستخدام معامل الانبعاث الافتراضي. على سبيل المثال، ربما لا يمكن تقسيم البيانات الوطنية لعمليات التشكيل على قطاعي التشكيل بالقوالب والتشكيل بالثقل على الرغم من اختلاف معدلات انبعاث سداسي فلوريد الكبريت. وبذلك فهذا المقترب ينجم عنه افتراضيًا نسبة تقريبية صارمة للغاية للانبعاثات الحقيقية. إذا تم الوضع في الاعتبار أن عمليات التشكيل والتناول المختلفة ربما تستخدم تركيزات لسداسي فلوريد الكبريت في غاز الغطاء تختلف حسب رتب الحجم، فقد تختلف درجة عدم التيقن باستخدام أسلوب المستوى 1 حسب رتب الحجم. بالنسبة لأساليب المستوى 1 والمستوى 2، قد يكون هناك مستو من عدم التيقن مرتبط بافتراض أن 100 في المائة من سداسي فلوريد الكبريت المستخدم ينبعث مرة أخرى. في عملية تشكيل نموذجية، يجب أن تكون درجة عدم التيقن في هذه الافتراض في نطاق 30 في المائة (باتوس وآخرون، 2003).

بالنسبة لأسلوب المستوى 2، توجد درجة عدم تيقن منخفضة مرتبطة باستخدام سداسي فلوريد الكبريت على مستوى المصنع، وذلك لأن استخدام سداسي فلوريد الكبريت يتم قياسه بسهولة وبدقة من بيانات الشراء. (يعتبر تقدير عدم التيقن الذي يقل عن 5 في المائة عادة ملائمًا للبيانات التي تم الإبلاغ عنها مباشرة).

بالنسبة لأسلوب المستوى 3، تنشأ درجات عدم التيقن من مراقبة دقة/معايرة المعدة. أساليب تحليل الغاز النموذجية، مثل طريقة فورير للكشف الطيفي المحول باستخدام الأشعة تحت الحمراء (FTIR)، تعمل عمومًا بدرجة دقة مقدرة تصل إلى ± 10 في المائة. بالإضافة إلى طريقة فورير للكشف الطيفي المحول باستخدام الأشعة تحت الحمراء وأساليب التحليل المشابهة، قد تكون هناك درجة عدم تيقن تنشأ عن مشكلات مرتبطة بالعينات التمثيلية والمعايرة التي يمكن أن تزيد درجة عدم التيقن الكلية لطريقة فورير للكشف الطيفي المحول باستخدام الأشعة تحت الحمراء إلى ±20 في المائة.

HFC-134a وFK 5-1-12 ومنتجات التحلل (مثل البيروكربونات)

كما هو الحال بالنسبة لأسلوب المستوى 3 لسداسي فلوريد الكبريت، فإن درجات عدم التيقن الرئيسية مرتبطة بمراقبة دقة/معايرة المعدة في العمليات التي تستخدم غازات الغطاء HFC-134a أو FK 5-1-12. وتصل درجات عدم التيقن إلى ±10 في المائة تقريبًا.

الغازات الحاملة

أكبر درجة عدم تيقن مرتبطة بمقترب المستوى 1 الذي لا يهتم بانبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن غازات الغطاء. ويعتبر ذلك حقيقًا للغاية إذا كانت المنشآت تستخدم مزيج غاز حمل مليء بثاني أكسيد الكربون. والمستويات الأخرى لها نفس درجات عدم التيقن المتعلقة بسداسي فلوريد الكبريت.

4-5-4 ضمان الجودة / مراقبة الجودة والإبلاغ والتوثيق

1-4-5-4 ضمان الجودة / مراقبة الجودة

من *الممارسة السليمة* إجراء فحوصات مراقبة الجودة كما وردت في المجلد 1، الفصل 6 وأن يقوم خبير بمراجعة تقديرات الانبعاثات. كما يمكن إجراء فحوصات إضافية لمراقبة الجودة، كما ورد في المجلد 1، الفصل 6، وإجراءات ضمان الجودة لاسيما مع أساليب المستوى الأعلى. يوصى بأن يستخدم القائمون على الحصر إجراءات ضمان الجودة / مراقبة جودة لمستوى أعلى للفئات الرئيسية كما هو محدد في المجلد 1 و الفصل 4.

يوضح القسم التالي إجراءات إضافية لإنتاج المغنيسيوم:

مقارنة تقديرات الانبعاثات باستخدام مقاربات مختلفة

إذا تم حساب الانبعاثات باستخدام بيانات من مصانع مفردة، يجب أن يقارن القائمون على الحصر تقديرات الانبعاثات المحسوبة باستخدام بيانات إنتاج المغنيسيوم على المستوى الوطني أو (في حالة سداسي فلوريد الكبريت) بيانات الاستهلاك الوطني لاستخدام المغنيسيوم. وينبغي تسجيل نتائج المقارنة والتحقق من أي اختلافات.

مراجعة بيانات مستوى المصنع

يجب أرشفة المعلومات التالية الخاصة بالمصنع جيدًا لتسهيل المراجعة المستقلة:

- أنوع عمليات وأحجام إنتاج المغنيسيوم؛
- إنتاج المغنيسيوم (عند استخدام المعاملات) واستهلاك/تحلل غاز الغطاء الذي يمكن أن يساهم في احتمالية الاحترار العالمي (سداسي فلوريد الكبريت وHFC-134a وFK 5-1-12 وثاني أكسيد الكربون وما إلى ذلك)؛
- نتائج ضمان الجودة / مراقبة الجودة على مستوى المصنع (بما في ذلك توثيق العينات وأسلوب القياس ونتائج القياس لبيانات مستوى المصنع)؛
- نتائج مراقبة الجودة / ضمان الجودة الذي أجرته إحدى الهيئات المتكاملة (اتحاد صناعة مثل اتحاد المغنيسيوم الدولي)؛
- أسلوب التقدير والحسابات؛ و
- إن أمكن، قائمة افتراضات تخصيص الاستخدام الوطني لسداسي فلوريد الكبريت أو HFC-134a أو FK 5-1-12 أو غازات الغطاء الأخرى ذات الأهمية أو الإنتاج على مستوى المصنع.

يجب أن يحدد القائمون على الحصر ما إذا كان قد تم استخدام معايير قياس دولية أو وطنية للإبلاغ عن بيانات إنتاج المغنيسيوم أو استهلاك غاز الغطاء الذي يساهم في الاحترار الحراري (سداسي فلوريد الكبريت أو HFC-134a أو FK 5-1-12) في المصانع الفردية. في حالة عدم اتباع أساليب معيارية وإجراءات ضمان جودة / مراقبة جودة، يجب إعادة النظر في استخدام بيانات الأنشطة هذه.

مراجعة بيانات الأنشطة الوطنية

يجب تحديد مراجع وتقييم بيانات ضمان الجودة / مراقبة الجودة المرتبطة بالبيانات المرجعية لإنتاج المغنيسيوم. يجب أن يتأكد القائمون على الحصر من أن الاتحاد أو الهيئة التجارية التي قدمت بيانات الإنتاج الوطنية قد استخدم إجراءات ضمان جودة / مراقبة جودة مقبولة أم لا. في حالة اعتبار إجراءات ضمان الجودة / مراقبة الجودة مقبولة، يجب أن يحدد القائمون على الحصر أنشطة مراقبة الجودة كجزء من وثائق ضمان الجودة / مراقبة الجودة.

تقييم معاملات الانبعاث

عند استخدام معاملات خاصة بالبلد/المصنع، يجب أن يراجع القائمون على الحصر مستوى مراقبة الجودة المرتبط بالبيانات المستخدمة. من *الممارسات السليمة* أن يراجع القائمون على الحصر المعاملات الافتراضية على المستوى الوطني مع المعاملات المستخدمة على مستوى المصنع لتحديد ما إذا كانت تمثل الانبعاثات بشكل حقيقي.

مراجعة النظراء

يجب أن يعمل القائمون على الحصر على مشاركة خبراء صناعة المغنيسيوم في مراجعة كاملة لتقدير الحصر، مع الأخذ في الاعتبار الموضوعات المتعلقة بالسرية. وربما تكون بيانات الإنتاج التاريخية أقل حساسية لكشفها للجماهير من البيانات الحالية ويمكن استخدامها لمراجعة النظراء الداخلية للانبعاثات التي تحدث على مستوى المصنع.

مراجعة انبعاثات سداسي فلوريد الكبريت

يجب أن يجمع القائمون على الحصر كمية سداسي فلوريد الكبريت المستخدمة بواسطة قطاعات الصناعة المختلفة (مثل المغنيسيوم والمعدات الكهربية) ومقارنة هذه القيمة مع إجمالي استخدام سداسي فلوريد الكبريت في البلد، والذي تم الحصول عليه من بيانات الإنتاج وبيانات الاستيراد/التصدير. ويوفر ذلك حدًا أقصى للانبعاثات المحتملة.[16]

4-5-4-2 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.

لتحسين الشفافية، من *الممارسة السليمة* الإبلاغ عن تقديرات الانبعاثات الناجمة عن فئة مصدر المغنيسيوم بشكل منفصل حسب قطاعات الصناعة مثل الإنتاج الأساسي والإنتاج الثانوي والتشكيل.

ويمكن أن توفر المعلومات الإضافية التالية درجة معقولة من الشفافية في الإبلاغ:

الإبلاغ المباشر

- عدد مصانع المغنيسيوم التي تُبلغ؛
- أنوع العمليات الصناعية وعملية التصنيع المستخدمة؛
- المغنيسيوم ومنتجات المغنيسيوم التي تم إنتاجها؛
- انبعاثات سداسي فلوريد الكبريت المرتبطة بقطاع المغنيسيوم؛
- استخدام غازات الغطاء الواقية الأخرى يمكن أن تساهم في احتمالية الاحترار العالمي؛ و
- بيانات (ومرجع) معامل الانبعاث لكل غاز غطاء واقي يمكن أن يساهم في احتمالية الاحترار العالمي.

التقدير الوطني الذي يعتمد على المبيعات للانبعاثات المحتملة لغاز الغطاء

- استهلاك (مرجع) سداسي فلوريد الكبريت الوطني؛
- الاستخدام الوطني لمركب HFC-134a في قطاع المغنيسيوم؛
- الاستخدام الوطني لمركب FK 5-1-12 في قطاع المغنيسيوم؛
- افتراضات تخصيص سداسي فلوريد الكبريت وHFC-134a وFK 5-1-12 المستخدم في المغنيسيوم؛
- التقدير بالنسبة المئوية للاستخدام الوطني لسداسي فلوريد الكبريت وHFC-134a وFK 5-1-12 المستخدم في المغنيسيوم (المرجع)؛ و
- أي افتراضات أخرى.

في معظم البلدان، يتم تمثل صناعة المغنيسيوم بواسطة عدد صغير من المصانع. في هذه الصناعة، يمكن اعتبار بيانات مستوى الأنشطة وانبعاثات غاز الغطاء (المرتبطة مباشرة بمستويات الأنشطة) معلومات سرية وقد يخضع الكشف للجمهور لمعايير السرية.

16 ربما لا يمكن في كل الحالات أن توفر بيانات الاستهلاك المجمعة تلك حدًا عاليًا على الانبعاثات. وحسب الخصائص الوطنية للصناعة التي تستهلك سداسي فلوريد الكبريت، يمكن أن تكون الانبعاثات الفعلية لسداسي فلوريد الكبريت في بعض السنوات أكثر من استهلاك سداسي فلوريد الكبريت. على سبيل المثال، يمكن أن يكون الاستهلاك في التشكيل بالقوالب للمغنيسيوم منخفضًا للغاية، وقد لا يكون هناك تصنيع كبير لأشباه الموصلات، لكن ربما يوجد مخزون كبير لسداسي فلوريد الكبريت في المعدات الكهربية تراكم مع مرور السنوات. في هذه الحالة، فإن التسريب من المخزون بالإضافة إلى الانبعاثات الناجمة عن الاستغناء عن المعدة يمكن أن يؤدي إلى انبعاثات فعلية تتجاوز استهلاك سداسي فلوريد الكبريت (الانبعاثات المحتملة). انظر أيضًا القسم 8-2 الخاص بانبعاثات سداسي فلوريد الكبريت الناجمة عن المعدات الكهربية.

6-4 إنتاج الرصاص

1-6-4 مقدمة

عمليات الإنتاج الأساسي

يوجد نوعان من العمليات الرئيسية لإنتاج سبائك الحديد الخشنة من مركزات الرصاص. النوع الأول هو التلبيد/الصهر، والذي يتكون من خطوات متتابعة للتلبيد والصهر ويمثل 78 في المائة من إنتاج الرصاص الأساسي. والنوع الثاني هو الصهر المباشر، والذي يُحد من خطوة التلبيد ويمثل نسبة 22 في المائة المتبقية من إنتاج الرصاص الأساسي في العالم المتقدم. (سجاردين، 2003)

في عملية التلبيد/الصهر، يقوم التلبيد الأولي بمزج مركزات الرصاص مع اللبيدات المعاد تدويرها وصخر الجير والسيليكا والأكسجين والخبث الذي يحتوي على كمية كبيرة من الرصاص لإزالة الكبريت والمعادن المتطايرة من خلال الاحتراق (الصناعة التعدينية، 1995). والعملية التي تنتج تحميص اللبيدت تتكون من أكسيد الرصاص والأكسيدات المعدنية الأخرى تؤدي إلى انبعاث أكسيد الكبريت وثاني أكسيد الكربون المرتبط بالطاقة من الغاز الطبيعي المستخدم لإشعار أكسيدات الرصاص (وزارة الطاقة الأمريكية (DOE)، 2002). ثم يتم بعد ذلك وضع تحميص اللبيدات في فرن صهر مع الخامات التي تحتوي على معادن أخرى وهواء ومنتجات ثانوية لوحدة الصهر وفحم الكوك التعديني (الصناعة التعدينية، 1995). يحترق فحم الكوك حيث يتفاعل مع الهواء ويُنتج أحادي أكسيد الكربون الذي يختزل بالفعل أكسيد الرصاص بالتفاعل الكيميائي (وزارة الطاقة الأمريكية، 2002). تحدث عملية الصهر في فرن صهر عادي أو فرن صهر إمبريالي، وتؤدي عملية اختزال أكسيد الحديد خلال العملية إلى انبعاث ثاني أكسيد الكربون (سجاردين، 2003). وتؤدي عملية التلبيد إلى إنتاج سبائك الرصاص المنصهرة (الصناعة التعدينية، 1995).

في عملية الصهر المباشر، يتم تجاوز خطوة التلبيد ويتم إدخال مركزات الرصاص والمواد الأخرى في الفرن الذي يتم صهرهم فيه وأكسدتهم (سجاردين، 2003). ويتم استخدام مجموعة متنوعة من الأفران لعمليات الصهر المباشر، مع استخدام أفران إيساسملت-أوسملت وكوينيوم-شومان-لورجي وكالدو لحمام الصهر وفرن كيفشيت للصهر بالوميض. ويتم استخدام عدد من عوامل التحفيز، من بينها الفحم وفحم الكوك التعديني والغاز الطبيعي في العملية بكميات مختلفة لكل فرن، وذلك يؤدي بدوره إلى مستويات مختلفة من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لكل نوع من الأفران (سجاردين، 2003؛ وكالة تطوير الرصاص (LDA)، 2002). توفر عملية الصهر المباشر مزايا بيئية واقتصادية محتملة عبر تفادي عملية التلبيد ولذلك فمن المتوقع أن تشكل جزءًا متناميًا من إنتاج الرصاص المكرر الأساسي في المستقبل (وكالة تطوير الرصاص، 2002).

عملية الإنتاج الثانوي

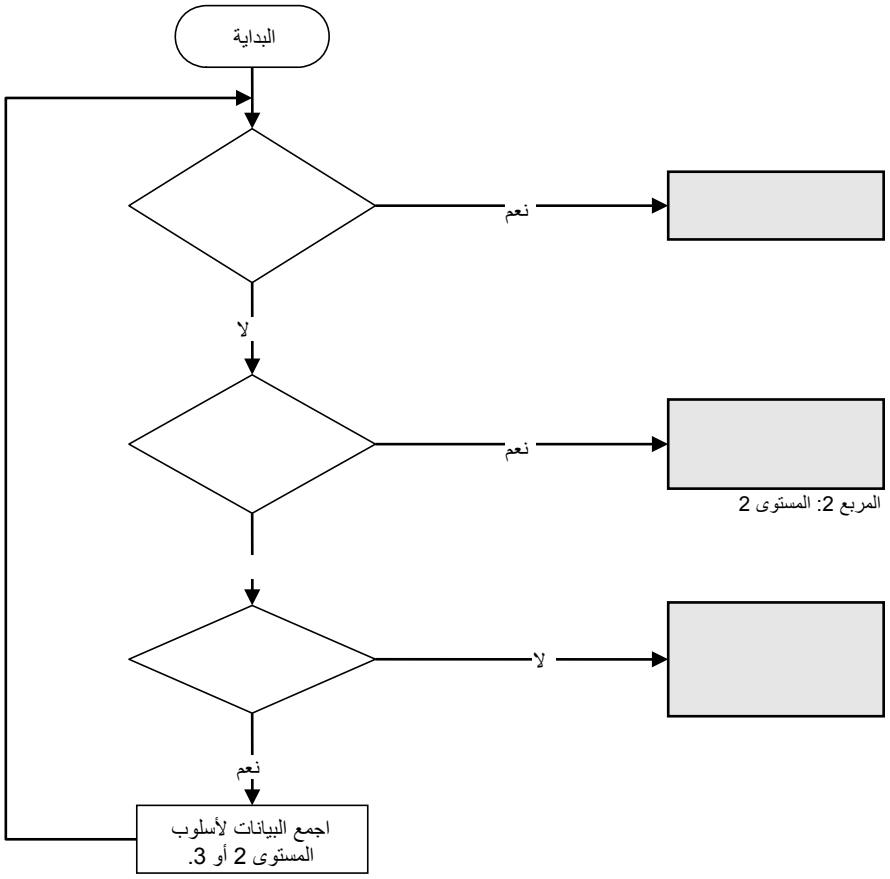
يعني الإنتاج الثانوي للرصاص المكرر معالجة الرصاص المعاد تدويره لإعداده لإعادة الاستخدام. ويتم الحصول على معظم الرصاص المعاد تدويره من بطاريات حمض الرصاص الخردة. ويتم سحق بطاريات حمض الرصاص إما باستخدام مطارق وإدخالها في عملية الصهر مع أو بدون نزع المركبات الكبريتية أو يتم صهرها بالكامل (سجاردين، 2003). يمكن استخدام كل أفران الصهر التقليدية، أفران الصهر التقليدية والأفران القوسية الكهربية وأفران المقاومة الكهربية والأفران الترديدية وافران إيساسملت وأفران كوينيوم-شومان-لورجي وأفران كيفشيت لصهر هذه البطاريات وخردة الرصاص الأخرى المعاد تدويرها (سجاردين، 2003). وكما هو الحال مع الأفران المستخدمة في الإنتاج الأساسي لسبائك الرصاص، تولد هذه الأفران مستويات مختلفة من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون نتيجة لاستخدامها كميات وأنواع مختلفة لعوامل الاختزال. وعوامل الاختزال الأساسية هي الفحم والغاز الطبيعي وفحم الكوك التعديني، على الرغم من أن أفران المقاومة الكهربية تستخدم فحم الكوك النفطي (سجاردين، 2003).

2-6-4 موضوعات منهجية

1-2-6-4 اختيار الأسلوب

تعرض *الخطوط التوجيهية للهيئة* ثلاثة أساليب لحساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الرصاص. ويعتمد اختيار أسلوب *الممارسة السليمة* على الظروف الوطنية كما هو موضح في شجرة القرارات، الشكل 4-15. يحسب أسلوب المستوى 1 الانبعاثات الناجمة عن معاملات الانبعاث العامة المستخدمة على إجمالي إنتاج البلد من الرصاص وهو أقل الأساليب دقة. لذلك فهو ملائم فقط عندما يكون إنتاج الرصاص هو *الفئة الرئيسية*. ويستخدم أسلوب المستوى 3 بيانات مواد العملية الخاصة بالبلد لعملية الإنتاج الأساسي والثانوي مضاعفة في محتويات الكربون الملائمة لمواد العملية. ويتطلب أسلوب المستوى 3 بيانات الانبعاثات أو الأنشطة التي تم قياسها والخاصة بالمنشأة.

الشكل 4-15 شجرة القرارات لتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من إنتاج الرصاص



ملاحظة:

أسلوب المستوى 1

أبسط أسلوب للتقدير هو مضاعفة معاملات الانبعاث الافتراضية في إنتاج الرصاص. عندما تكون البيانات المتوافرة هي فقط إحصائيات إنتاج الرصاص على المستوى الوطني، فمن *الممارسة السليمة* استخدام معاملات الانبعاث الافتراضية. تحسب المعادلة 4-32 إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الرصاص بجمع الانبعاثات حسب المصدر وحساب الانبعاثات الناجمة عن المعالجة المسبقة للمادة الأولية الثانوية.
إذا تعذر التفريق بين عمليات الإنتاج، يجب استخدام معامل الانبعاث الافتراضي. يفترض معامل الانبعاث الافتراضي أن 80 في المائة من الإنتاج (بما في ذلك الأساسي والثانوي) يتم صهره باستخدام أفران الصهر الإمبريالية أو أفران الصهر، في حين يتم صهر نسبة الـ 20 في المائة المتبقية باستخدام أسلوب الصهر المباشر في أفران كيفيت وأوسملت وكوينيوم-شومان-لورجي. ويتسق هذا الافتراض مع بيانات إنتاج الرصاص العالمية (سجاردين، 2003).

المعادلة 4-32
انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الرصاص

$$E_{CO2} = DS \bullet EF_{DS} + ISF \bullet EF_{ISF} + S \bullet EF_S$$

حيث:

E_{CO2} = انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الرصاص، طن

DS = كمية الرصاص التي تم إنتاجها باستخدام أسلوب الصهر المباشر، طن

EF_{DS} = معامل الانبعاث لأسلوب الصهر المباشر، طن ثاني أكسيد الكربون/طن منتج الرصاص

ISF = كمية الرصاص التي تم إنتاجها من فرن الصهر الإمبريالي، طن

EF_{ISF} = معامل الانبعاث لفرن الصهر الإمبريالي، طن ثاني أكسيد الكربون/طن منتج الرصاص

S = كمية الرصاص الذي تم إنتاجه من المواد الثانوية، طن

EF_S = معامل الانبعاث للمواد الثانوية، طن ثاني أكسيد الكربون/طن منتج الرصاص

يوضح الجدول 4-21 معاملات انبعاث ثاني أكسيد الكربون المستخدمة في المعادلة 4-32.

أسلوب المستوى 2

يُقر أسلوب المستوى 2 بوجود اختلافات جوهرية في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لإنتاج الرصاص حسب منهجية الإنتاج ومصدر المواد الخام، سواءً من مصادر ثانوية مثل البطاريات المعاد تدويرها أو من الإنتاج الأساسي من الخامات. يمكن إجراء معالجة مسبقة لمصادر الرصاص الثانوية لإزالة الشوائب الناجمة عن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. ويمكن حساب الانبعاثات باستخدام معاملات الانبعاث الخاصة بالبلد اعتمادًا على استخدام عوامل الاختزال وأنواع الفرن ومواد العملية الأخرى ذات الأهمية. يمكن إعداد العوامل اعتمادًا على محتويات الكربون المستخدمة مع هذه المواد. يوفر الجدول 4-22 محتويات الكربون التي يمكن استخدامها لتحديد المعاملات الخاصة بالبلد. وقد تتوافر هذه البيانات من الهيئات الحكومية المسؤولة عن إحصائيات الطاقة أو التصنيع أو الاتحادات التجارية أو اتحادات الصناعة أو الشركات المفردة لإنتاج الرصاص .يعتبر المستوى 2 أكثر دقة من المستوى 3 لأنه يأخذ في الاعتبار المواد وتنوع الأفران المستخدمة في قطاع الرصاص التي تساهم في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لبلد ما بدلاً من افتراض ممارسات عالمية على مستوى الصناعة.

أسلوب المستوى 3

في حالة توافر بيانات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التي تم قياسها بالفعل من منشآت الرصاص، يمكن تجميع هذه البيانات واستخدمها مباشرة لحساب الانبعاثات على المستوى الوطني باستخدام أسلوب المستوى 3. ستعادل الانبعاثات الوطنية الإجمالية مجموع الانبعاثات التي تم الإبلاغ عنها من كل منشأة. في حالة عدم توافر بيانات الانبعاثات الخاصة بمنشأة، يجب حساب الانبعاثات من البيانات الخاصة بمصنع معين الناجمة عن عوامل الاختزال الفردية ومواد العملية الأخرى. ولتحقيق مستوى من الدقة أعلى من المستوى 2، من *الممارسة السليمة* إعداد تقديرات للانبعاثات على مستوى المصنع لأن المصانع يمكن أن تكون بينها اختلافات جوهرية من حيث التقنية، لاسيما تقنية الفرن. قد تتوافر هذه البيانات من الهيئات الحكومية المسؤولة عن إحصائيات الطاقة أو التصنيع أو الاتحادات التجارية أو اتحادات الصناعة، لكن يمكن جمعها بشكل أفضل من البيانات التي تقدمها الشركات المفردة لإنتاج الرصاص.

4-2-6-2 اختيار معامل الانبعاثات

أسلوب المستوى 1

عندما تكون البيانات الوحيدة المتوافرة هي إحصائيات إنتاج الرصاص، فمن *الممارسة السليمة* استخدام معامل الانبعاث الافتراضي 0.52 طن ثاني أكسيد الكربون/طن رصاص (**سجاردين، 2003**). يجب استخدام هذا المعامل الافتراضي فقط في حالة عدم توافر المعلومات الخاصة بالكميات النسبية للرصاص الذي يتم إنتاجه من المواد الثانوية والمواد الأساسية. في حالة توافر المعلومات، يجب حساب الانبعاثات باستخدام المعاملات الملائمة الواردة في الجدول 4-21. (سجاردين، 2003). تتسم درجة عدم التيقن في المعامل الافتراضي بأنها عالية وتختلف حسب مزيج أساليب الإنتاج والنسبة المئوية للمعاجلة الثانوية. علاوة على ذلك، يفترض معامل الانبعاث الافتراضي أن 80 في المائة من الإنتاج العالمي للرصاص (بما في ذلك الأساسي والثانوي) يتم صهره باستخدام أفران الصهر الإمبريالية أو أفران الصهر، في حين يتم صهر نسبة الـ 20 في المائة المتبقية باستخدام أسلوب الصهر المباشر في أفران كيفيت وأوسملت وكوينيوم-شومان-لورجي (سجاردين، 2003).

الجدول 4-21
معاملات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون العامة لإنتاج الرصاص حسب المصدر ونوع الفرن
(طن ثاني أكسيد الكربون/طن منتج)

من إنتاج فرن الصهر الإمبريالي	من إنتاج الصهر المباشر	من معالجة المواد الخام الثانوية	معامل الانبعاث الافتراضي (80%)
0.59	0.25	0.2	0.52
المصدر: سجاردين (2003)			

أسلوب المستوى 2

يتيح هذا الأسلوب فرصة تعديل معاملات الانبعاث لكي تعكس التغييرات التي تحدث من العادات المفترضة اعتمادًا على البيانات الخاصة بالمصنع لمحتوى الكربون الخاص بهذه المواد وحسب نوع الفرن. ويجب استخدام محتويات الكربون الافتراضية الواردة في الجدول 4-22 إذا كان لا يتوافر لدى القائم على الحصر المعلومات المتعلقة بظروف منشآت الرصاص، لكن تتوافر لديه بيانات أنشطة تفصيلية لمواد العملية. لقد تم اشتقاق القيم الافتراضية الواردة في الجدول 4-22 من القيم الافتراضية الواردة في الجدولين 1-2 و1-3 في المجلد 2، الفصل 1 ويجب الرجوع إليها للحصول على معلومات إضافية.

الجدول 4-22 محتوى الكربون الخاص بالمادة المستخدمة في إنتاج الرصاص (كجم كربون/كجم)	
مواد العملية	**محتوى الكربون**
غاز أفران الصهر	0.17
الفحم الكربوني*	0.91
الفحم[1]	0.67
قار الفحم	0.62
فحم الكوك	0.83
غاز فرن الكوك	0.47
فحم التفحيم	0.73
إلكترودات كربون الفرن القوسي الكهربي[2]	0.82
كربون شحنة الفرن القوسي الكهربي [3]	0.83
زيت الوقود[4]	0.86
غاز فحم الكوك	0.83
الغاز الطبيعي	0.73
فحم الكوك النفطي	0.87
المصدر: المراجع الخاصة ببيانات محتوى الكربون وردت في الجدولين 1-2 و 1-3 في المجلد 2، الفصل 1.	
ملاحظات:	
[1] افتراض فحم قاري آخر	
[2] على فرض 80 في المائة من فحم الكوك النفطي و20 في المائة من قار الفحم	
[3] على افتراض فحم كوك فرن فحم الكوك	
[4] على افتراض وقود الديزل/الغاز	
*يمكن حساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن الفحم التفحيمي باستخدام قيم محتوى الكربون، لكن يجب الإبلاغ عنها على أنها صفر في حصر غازات الاحتباس الحراري الوطني. (انظر القسم 1-2 من المجلد 1).	

أسلوب المستوى 3

يعتمد أسلوب المستوى 3 على التقديرات المجمعة للانبعاثات أو استخدام المستوى 2 على مستوى المصنع. يجب أن يضمن القائم على الحصر أن كل منشأة قد وثقت معاملات الانبعاث ومحتويات الكربون المستخدمة وأن معاملات الانبعاث هذه تبين العمليات والمواد المستخدمة في المنشأة. يتطلب أسلوب المستوى 3 محتويات الكربون ومعدلات كتلية الاستهلاك/الإنتاج لكل مواد العمليات وعمليات النقل التي تتم خارج الموقع مثل الواردة في الجدول 4-22. في حين يوضح الجدول 4-22 محتويات الكربون الافتراضية، فمن *الممارسة السليمة* في المستوى 3 تعديل هذه القيم لكي تعكس التغييرات التي تطرأ على مستوى المصنع من القيم الافتراضية الممثلة في الجدول. والمعاملات الافتراضية الواردة في الجدول 4-22 ملائمة فقط لأسلوب المستوى 3 إذا كان المعلومات الخاصة بالمصنع تشير إلى أنها تتطابق مع الظروف الفعلية. ومن المتوقع أن بالنسبة لأسلوب المستوى 3 فإن البيانات الخاصة بالمصنع ستشتمل على كل من بيانات محتوى الكربون وبيانات معدل كتلة الاستهلاك/الإنتاج، ولذلك لا يمكن استخدام القيم الافتراضية الواردة في الجدول 4-22 على أسلوب المستوى 3 في معظم الحالات.

3-2-6-4 اختيار بيانات الأنشطة

أسلوب المستوى 1

يتطلب أسلوب المستوى 1 كمية إنتاج الرصاص في البلد وإن أمكن الكمية المنتجة حسب نوع الفرن. وقد تتوافر هذه البيانات من الوكالات الحكومية المسؤولة إحصائيات الطاقة أو التصنيع أو الاتحادات التجارية أو اتحادات الصناعة أو الشركات المفردة لإنتاج الرصاص .ثم يتم بعد ذلك مضاعفة هذه الأطنان في معامل الانبعاث الملائم الوارد في الجدول 4-21 لتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن القطاع أو المعامل الافتراضي في حالة عدم توافر نوع الفرن.

أسلوب المستوى 2

يتطلب أسلوب المستوى 2 إجمالي كميات عوامل الاختزال ومواد العملية الأخرى المستخدمة في إنتاج الرصاص في البلد. وقد تتوافر هذه البيانات من الهيئات الحكومية المسؤولة عن إحصائيات الطاقة أو التصنيع أو الاتحادات التجارية أو اتحادات الصناعة أو الشركات المفردة لإنتاج الرصاص .ثم يمكن مضاعفة هذه الكميات في محتويات الكربون الملائمة الواردة في الجدول 4-22 ويتم جمعها لتحديد إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من القطاع. ومع ذلك فمن المفضل استخدم بيانات الأنشطة المجمعة على مستوى المصنع (المستوى 3). إذا لم تكن هذه *الفئة الرئيسية* ولم تتوافر بيانات تخص إجمالي معاملات الاختزال على مستوى الصناعة ومواد العملية، يمكن تقدر الانبعاثات باستخدام مقترب المستوى 1.

أسلوب المستوى 3

يتطلب أسلوب المستوى 3 جمع وتوثيق وحصر بيانات الأنشطة أو الانبعاث الخاصة بالمنشأة. في حالة عدم توافر بيانات الانبعاثات، يتطلب أسلوب المستوى 3 جمع بيانات الأنشطة على مستوى المصنع وجمعها للقطاع. يمكن من خلال هذه الطريقة تحديد كميات عوامل الاختزال ونوع الفرن المستخدم بشكل أكثر دقة. قد تتوافر هذه البيانات من الهيئات الحكومية المسؤولة عن إحصائيات الطاقة أو التصنيع أو الاتحادات التجارية أو اتحادات الصناعة، لكن يمكن جمعها بشكل أفضل من البيانات التي تقدمها الشركات المفردة لإنتاج الرصاص. كما تتيح هذا المقترب أيضًا دقة إضافية بالسماح للشركات المفردة بتوفير بيانات خاصة بالمصنع أكثر دقة و/أو باستخدام المزيد من معاملات الانبعاث المرتبطة لكي تعكس محتويات الكربون وأنوع الفرن التي يمكن أن تختلف عن المعاملات الافتراضية المستخدمة في أسلوب المستوى 2.

4-2-6-4 الاستيفاء

عند تقدير الانبعاثات الناجمة عن فئة المصدر هذه، توجد مخاطرة لازدواجية الحساب أو الحذف في العمليات الصناعية واستخدامات المنتجات أو قطاع الطاقة. وكدليل عام، يجب الإبلاغ عن كافة انبعاثات العمليات الصناعية الناجمة عن إنتاج الرصاص في قطاع العمليات الصناعية واستخدامات المنتجات.

5-2-6-4 إعداد متسلسلة زمنية متسقة

يجب حساب الانبعاثات الناجمة عن إنتاج الرصاص باستخدام نفس الأسلوب كل عام في المتسلسلة الزمنية. في حالة عدم توافر بيانات لدعم أسلوب المستوى 3 لكل سنوات المتسلسلة الزمنية، يجب إعادة حساب كل هذه الثغرات وفقًا للخطوط التوجيهية الواردة في المجلد 1، الفصل 5، إعادة حساب المتسلسلة الزمنية واتساقها.

3-6-4 تقدير أوجه عدم التيقن

تنشأ حالات عدم التيقن في إنتاج الرصاص في المقام الأول من حالات عدم التيقن المرتبطة ببيانات الأنشطة وحالة عدم التيقن المرتبطة بمعامل الانبعاث. ويوفر الجدول 4-23 نظرة عامة على درجات عدم التيقن من معاملات الانبعاث وبيانات الأنشطة.

1-3-6-4 حالات عدم التيقن في معامل الانبعاثات

ربما تصل درجة عدم التيقن من معاملات الانبعاث الافتراضية المستخدمة في المستوى 1 إلى ±50 في المائة. ومن المتوقع أن تصل درجة عدم التيقن من محتويات الكربون بالمستوى 2 إلى ±15 في المائة. ومن المتوقع أن معاملات انبعاث الخاصة بوحدة المستوى 3 ستكون في نطاق 5 في المائة في حالة توفر بيانات محتوى الكربون الخاصة بالمصنع.

2-3-6-4 حالات عدم التيقن في بيانات الأنشطة

يجب توافر إحصائيات الإنتاج الوطنية ومن المحتمل أن درجة عدم التيقن الخاصة بها تصل إلى ± 10 في المائة. بالنسبة للمستوى 2، فمن المتوقع أن تكون درجة عدم التيقن لإجمالي كمية عوامل الاختزال ومواد العملية المستخدمة لإنتاج الرصاص في نطاق 10 في المائة. يتطلب المستوى 3 معلومات خاصة بالمصنع حول بيانات الإنتاج (تصل درجة عدم التيقن بها إلى 5 في المائة). كما من المتوقع أن درجة عدم التيقن لبيانات الانبعاث الفعلية للمستوى 3 ستكون في نطاق ±5 في المائة.

الجدول 4-23		
المستوى 1	بيانات الإنتاج الوطنية معاملات الانبعاث الافتراضية معاملات الانبعاث حسب نوع العملية	±10% ±50% ±20%
المستوى 2	كميات وأنواع معامل الاختزال المستخدمة محتويات الكربون الافتراضية الخاصة بالمادة	± 10% ± 15%
المستوى 3	محددة بواسطة الشركة = بيانات مواد العملية بيانات الميثان وثاني أكسيد الكربون التي تم قياسها الخاصة بالمصنع معاملات الانبعاث الخاصة بالمصنع	± 5% ± 5% ± 5%

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

1-4-6-4 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 6وإجراءات ضمان الجودة، لا سيما في حالة استخدام أساليب مستوى أعلى لتحديد الانبعاثات الناجمة عن فئة المصدر هذه. يوصى بأن تقوم هيئات 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، الفصل 6 فيما يلي إجراءات معينة ذات صلة بفئة المصدر هذه.

مراجعة معاملات الانبعاث

يجب أن يقارن القائمون على الحصر معاملات الانبعاث الوطنية المجمعة مع المعاملات الافتراضية التي تقدمها الهيئة من أجل تحديد ما إذا كان المعامل الوطني معقولاً بالنسبة للمعامل الافتراضي للهيئة. يجب تفسير الاختلافات التي توجد بين المعاملات الوطنية والمعاملات الافتراضية وتوثيقها، لاسيما إذا كانت تمثل ظروفًا مختلفة.

فحص بيانات الأنشطة الخاصة بالمصنع

بالنسبة للبيانات الخاصة بالموقع، يجب أن يراجع القائمون على الحصر أي اختلافات بين المواقع لمعرفة ما إذا كانت تعكس أي اختلافات أو أساليب قياس مختلفة أو ناتجة عن أي اختلافات حقيقية في الانبعاثات أو الظروف التشغيلية أو التقنية المستخدمة. بالنسبة لإنتاج الرصاص، يجب أن يقارن القائمون على الحصر بيانات المصنع مع المصانع الأخرى.

يجب أن يضمن القائمون على الحصر أن بيانات الأنشطة ومعاملات الانبعاث قد تم وضعها وفقًا لأساليب القياس المعتمدة والمعترف بها دوليًا. إذا أخفقت ممارسات القياس بالالتزام بهذه المعايير، فيجب تقييم استخدام معاملات الانبعاث وبيانات الأنشطة هذه بعناية، وإعادة دراسة تقديرات عدم التيقن والمؤهلات الموثقة. عند استخدام مقياس عالٍ للقياس وضمان الجودة / مراقبة الجودة في معظم الموقع، فمن المحتمل أيضًا أن تتم مراجعة تقديرات الانبعاثات لأسفل.

مراجعة الخبراء

يجب أن يعمل القائمون على الحصر على أن تشتمل عملية المراجعة على المنظمات التجارية الصناعية المرتبطة بإنتاج الرصاص. يجب أن تبدأ هذه العملية في مرحلة مبكرة من الحصر لتوفير إدخال لوضع ومراجعة الأساليب والحصول على البيانات.

كما أن مراجعات الأطراف الأخرى مفيدة لفئة المصدر هذه، لاسيما فيما يتعلق بالجمع المبدئي للبيانات وعمل القياس والنسخ والحساب والتوثيق.

فحص بيانات الأنشطة

بالنسبة لكل المستويات، يجب أن يرجع القائمون على الحصر إلى المجلد 2. الطاقة، للتأكد من عدم حذف أو ازدواجية حساب الانبعاثات الناجمة عن عوامل الاختزال ومواد العملية (الفحم وفحم الكوك والغاز الطبيعي وما إلى ذلك).

يجب أن يفحص القائمون على البحث أي اختلافات بين البيانات من مصانع مختلفة لتحديد ما إذا كانت هذه الاختلافات تعكس أخطاء أو اختلاف في أساليب القياس أو تنتج عن اختلافات حقيقية في الانبعاثات أو الظروف التشغيلية أو التقنية. ويرتبط ذلك بشكل رئيسي بالتقديرات الخاصة بالمصنع لكميات معاملات الاختزال أو محتوى الكربون الذي تم الإبلاغ عنه لمواد العملية.

كما يتعين على القائمين على الحصر مقارنة التقديرات المجمعة على مستوى المصنع بإجماليات الصناعة لمعرفة مقدار استهلاك مواد العملية عند توافر مثل بيانات التجارة هذه.

2-4-6-4 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، ينبغي أن يشتمل الحصر على ملخصات للأساليب المستخدمة ومراجع لبيانات المصدر، وبذلك تكون الانبعاثات التي تم الإبلاغ عنها شفافة ويمكن تتبع خطوات حسابها.

أسلوب المستوى 1

بالإضافة إلى الانبعاثات المقدرة، من *الممارسة السليمة* الإبلاغ عن إجمالي إنتاج الرصاص حسب العملية ومعامل الانبعاث المعني المستخدم.

أسلوب المستوى 2

من *الممارسة السليمة* توثيق الانبعاثات المقدرة والتي تم حسابها وكل بيانات الأنشطة ومحتويات الكربون الخاصة بها وأي افتراضات أو بيانات تبرر القيم البديلة. يجب أن يكون هناك تفسير واضح للارتباط بالمجلد 2، الطاقة، للتأكد من عدم حدوث ازدواجية في الحساب أو حذف للانبعاثات.

أسلوب المستوى 3

من *الممارسة السليمة* توثيق الانبعاثات المحسوبة ومصدر كل البيانات، مع الأخذ في الاعتبار الحاجة إلى حماية سرية بيانات منشآت معينة إذا كانت البيانات حساسة للنشاط التجاري أو تخضع للملكية. بالإضافة إلى ذلك، على القائمين على الحصر لكل المستويات توثيق كل المعلومات المطلوبة لإعادة التقدير، بالإضافة إلى إجراءات ضمان الجودة/مراقبة الجودة.

7-4 إنتاج الزنك

1-7-4 مقدمة

عمليات الإنتاج الأساسي

يوجد ثلاثة أنواع لإنتاج الزنك الأولي. الأسلوب الأول هو العملية التعدينية التي تسمى التقطير الكهربي-الحراري. ويتم استخدام هذه العملية لجمع المُركز المحمص ومنتجات الزنك الثانوية في تغذية لبيدات يتم إحراقها لإزالة الزنك والهالوجينات والكادميوم والشوائب الأخرى. يتم جمع لبيد الزنك الناتج الغني بالأوكسيد مع فحم الكوك التعديني في فرن ارتدادي كهربائي يعمل على اختزال أكسيدات الزنك ويُنتج زنك متبخر يتم احتجازه في مكثف فارغ. وتؤدي عملية الاختزال إلى إطلاق انبعاثات ثاني أكسيد الكربون غير المولدة للطاقة. ويتم استخدام عملية التقطير الحراري-الكهربي في الولايات المتحدة وإسبانيا. (سجاردين، 2003؛ المكتب الأوروبي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة، 2001)

والطريقة الثانية لإنتاج الزنك هي عملية تعدينية حرارية تشتمل على استخدام فرن الصهر الإمبريالي، والذي يسمح بالمعالجة الآنية للرصاص ومركزات الزنك. وتؤدي العملية إلى الإنتاج الآني للرصاص والزنك، علاوة على إطلاق انبعاثات ثاني أكسيد الكربون غير المولدة للطاقة. ينبغي أن تكون مادة اختزال الفحم/فحم الكوك التعديني المستخدمة في هذه العملية مخصصة لإنتاج الزنك والرصاص حتى يتم حساب الانبعاثات دون ازدواجية الحساب. ويؤدي التخصيص الذي يعتمد على الكتلة إلى معامل يبلغ 0.74 طن فحم كوك/طن زنك. (سجاردين، 2003؛ المكتب الأوروبي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة، 2001)

والأسلوب الثالث لإنتاج الزنك هو عمليات التحليل الكهربي، وهي عبارة عن أسلوب تعديني هيدروجيني. في هذه العملية يتم تكلس كبريتيد الزنك، مما يؤدي إلى إنتاج أكسيد الزنك. ثم يتم تصريف أكسيد الزنك في شكل حمض الكبريتيك وتنقيته لإزالة شوائب الحديد والنحاس والكادميوم. ثم يتم سحب الزنك من المحلول باستخدام عملية التحليل الكهربي. ولا تؤدي عملية التحليل الكهربي إلى انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المولدة للطاقة. (سجاردين، 2003؛ المكتب الأوروبي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة، 2001)

عملية الإنتاج الثانوي

يوجد أكثر من تقنية تعدينية-هيدروجينية وتعدينية-حرارية يمكن استخدامها لاستعادة معدن الزنك من العديد من المواد. والأسلوب المفضل لموقف ما يعتمد على مصدر الزنك (مستوى التلوث وتركيز الزنك) والاستخدام النهائي المطلوب للزنك الذي تم استرداده. وعادة ما تتكون العملية من تركيز الزنك (عبر الفصل الكيميائي و/أو الفيزيائي) والتلبيد والصهر والتكرير. في بعض الحالات، تتم إزالة الزنك عالي الدرجة من العملية بعد التركيز الفيزيائي ويتم استهلاكه بواسطة صناعات أخرى، من بينها تصنيع الحديد والفولاذ وتصنيع النحاس وتشكل قوالب الزنك، دون المرور عبر الخطوات الباقية في العملية. (سجاردين، 2003)

وتتشابه خطوات التلبيد والصهر والتكرير للخطوات المستخدمة في عملية إنتاج الزنك الأولي، وبذلك يتم اعتبار بعض عمليات الصهر المعينة مطلقة للانبعاثات، في حين أن خطوتي التلبيد والصهر يعتبران غير مطلقي للانبعاثات من ناحية انبعاثات ثاني أكسيد الكربون غير المولدة للطاقة. عندما تشتمل خطوة التركيز على استخدام مادة اختزال تحتوي على كربون ودرجات حرارة عالية لتبخير أو تدخين الزنك من مواد المصدر، يمكن أن ينتج عن العملية انبعاثات ثاني أكسيد الكربون غير مولدة للطاقة. وعملية واليز كلين تدخين أو اختزال الخبث عبارة عن أسلوبي تركيز. تشتمل عملية واليز كلين، المستخدمة في تركيز الزنك في رواسب وخبث وغبار المدخنة والمواد الأخرى التي تحتوي على الزنك، تشتمل على استخدام فحم الكوك التعديني كمادة اختزال. ومع ذلك تتم إعادة أكسدة الزنك المختزل خلال العمليات وكما يتم استخدام فحم الكوك التعديني كمصدر للحرارة خلال العملية. وعملية تدخين أو اختزال الخبث، التي تُستخدم فقط لتركيز الزنك في الخبث المنصهر من صهر الزنك والنحاس، تشتمل على استخدام الفحم أو مصدر كربوني آخر كمادة اختزال. (سجاردين، 2003؛ المكتب الأوروبي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة، 2001)

2-7-4 موضوعات منهجية

1-2-7-4 اختيار الأسلوب

تعرض *الخطوط التوجيهية للهيئة* العديد من المقاربات المعنية بحساب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الزنك. ويعتمد اختيار أسلوب *الممارسة السليمة* على الظروف الوطنية كما هو موضح في شجرة القرارات، الشكل 4-16. ويمكن استخدام أسلوب المستوى 3 في حالة توافر بيانات الانبعاثات التي تم قياسها والخاصة بالمصنع. يستخدم أسلوب المستوى 2 معاملات الانبعاث الخاصة بالبلد لعمليات الإنتاج الأساسي والثانوي. ويتسم أسلوب المستوى 1 بالسهولة، ويمكن أن يؤدي إلى حدوث أخطاء نتيجة اعتماده على الافتراضات بدلاً من البيانات الفعلية. يحسب أسلوب المستوى 1 الانبعاثات الناجمة عن معاملات الانبعاث العامة المستخدمة على إجمالي إنتاج البلد من الزنك وهو أقل الأساليب دقة. يجب استخدام هذا الأسلوب فقط عندما يكون إنتاج الرصاص هو *الفئة الرئيسية*.

أسلوب المستوى 1

وأبسط أسلوب للتقدير هو مضاعفة معاملات الانبعاث الافتراضية في نوع منتج الزنك (المعادلة 4-33). عندما تكون البيانات المتوافرة هي فقط إحصائيات إنتاج الزنك على المستوى الوطني، فمن *الممارسة السليمة* استخدام معاملات الانبعاث الافتراضية. في حالة عدم توافر بيانات خاصة بالمادة لحساب الانبعاثات باستخدام منهجية المستوى 2، لكن نوع العملية معروف، يستطيع القائم على الحصر حساب الانبعاثات باستخدام المعادلة 4-34.

المعادلة 4-33
انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الزنك (المستوى 1)

$$E_{CO2} = Zn \bullet EF_{default}$$

حيث:

E_{CO2} = انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الزنك، طن

Zn = كمية الزنك الذي تم إنتاجه، طن

$EF_{default}$ = معامل الانبعاث الافتراضي، طن ثاني أكسيد كربون/طن *زنك* منتج

المعادلة 4-34
انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الزنك (المستوى 1)

$$E_{CO2} = ET \bullet EF_{ET} + PM \bullet EF_{PM} + WK \bullet EF_{WK}$$

حيث:

E_{CO2} = انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن إنتاج الزنك، طن

ET = كمية الزنك التي تم إنتاجها عبر التقدير الكهربي-الحراري، طن

EF_{ET} = معامل الانبعاث للتقطير الحراري-الكهربي، طن ثاني أكسيد الكربون/طن الزنك المنتج

PM = كمية الزنك التي تم إنتاجها بواسطة العملية التعدينية-الحرارية (عملية فرن الصهر الإمبريالي)، طن

EF_{PM} = معامل الانبعاث للعملية التعدينية-الحرارية ، طن ثاني أكسيد الكربون/طن الزنك المنتج

WK = كمية الزنك التي تم إنتاجها عبر عملية واليز كلين، طن

EF_{WK} = معامل الانبعاث لعملية واليز كلين، طن ثاني أكسيد الكربون/طن الزنك المنتج

أسلوب المستوى 2

يمكن حساب الانبعاثات باستخدام معامل الانبعاث الخاص بالبلد اعتمادًا على إحصائيات المصنع التي تم تجميعها المتعلقة باستخدام عوامل الاختزال، ويتم إعداد أنواع الفرن ومواد العملية الأخرى الهامة اعتمادًا على معاملات الانبعاث الافتراضية المستخدمة مع هذه المواد. وقد تتوافر هذه البيانات من الوكالات الحكومية المسؤولة عن إحصائيات الطاقة أو التصنيع أو الاتحادات التجارية أو اتحادات الصناعة أو الشركات المفردة لإنتاج الزنك .يعتبر المستوى 2 أكثر دقة من المستوى 3 لأنه يأخذ في الاعتبار المواد وتنوع الأفران المستخدمة في قطاع الزنك التي تساهم في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لبلد ما بدلاً من افتراض ممارسات على مستوى الصناعة.

أسلوب المستوى 3

في حالة توافر بيانات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون التي تم قياسها بالفعل من منشآت الزنك، يمكن تجميع هذه البيانات واستخدمها مباشرة لحساب الانبعاثات على المستوى الوطني باستخدام أسلوب المستوى 3.

4-2-7-2 اختيار معامل الانبعاثات

أسلوب المستوى 1

معامل الانبعاث للعملية التعدينية-الحرارية (فرن الصهر الإمبريالي) عبارة عن معامل انبعاث مجمع وموزون يشمل الإنتاج الأساسي والثانوي في أوروبا (سجاردين، 2003)، ولم تتوافر بيانات لتحديد معامل الانبعاث للعملية الكهربية-الحرارية. وتم إعداد معامل انبعاث يعتمد على كمية فحم الكوك المستهلكة لطن غبار الفرن القوسي الكهربي المستهلك في فرن واليز كلين، وذلك اعتمادًا على توازن المواد الذي حدده فيكلند-وايت (2000)، حيث وجد فيكلند-وايت أن 400 كجم من فحم الكوك يتم استهلاكها لكل طن متري من غبار الفرن القوسي الكهربي المستهلك.

الجدول 4-24
معاملات الانبعاث الخاصة بإنتاج الزنك للمستوى 1

العملية	معامل الانبعاث	المصدر
واليز كلين (طن ثاني أكسيد الكربون/طن زنك)	3.66	محدد من فيكلند-وايت سي (200) استخدام تحليل دورة الحياة (LCA) للتحليل البيئي لإعادة تدوير الفولاذ المجلفن). أي.إس.أي.جي. إنترناشيونال. المجلد 40 رقم 3:.299-292
العملية التعدينية-الحرارية (فرن الصهر الإمبريالي) (طن ثاني أكسيد الكربون/طن زنك)	0.43	سجاردين، 2003، معاملات انبعاث ثاني أكسيد الكربون للاستخدام غير المولد للطاقة في المعادن غير الحديدية، صناعة سبائك الحديد والمعادن الحيوية. معهد كوبرنيكس، أوترخت، هولندا. يونيو/حزيران 2003.
العملية الكهربية-الحرارية	غير معروفة	
المعامل الافتراضي (طن ثاني أكسيد الكربون/طن زنك)	1.72	يعتمد المعامل الافتراضي على وزن معاملات الانبعاث غير المعروفة (60% صهر إمبريالي، 40% واليز كلين)

أسلوب المستوى 2

يتطلب أسلوب المستوى 2 حساب معامل الانبعاث الخاص بالبلد اعتمادًا على إجمالي كمية عوامل الاختزال ومواد العملية الأخرى التي تحتوي على الكربون المستخدمة في إنتاج الزنك في البلد. يجب أن تعتمد معاملات الانبعاث هذه الخاصة بالبلد على إحصائيات المصنع المجمعة الخاصة باستخدام عوامل الاختزال وأنواع الفرن ومواد العملية الأخرى الهامة. وقد تم إعداد معامل الانبعاث اعتمادًا على كمية فحم الكوك التعديني المستهلك لطن غبار الفرن القوسي الكهربي المستهلك: 0.4 طن فحم كوك/طن غبار الفرن القوسي الكهربي المستهلك (فيكلند-وايت، 2000). في حالة توافر بيانات الأنشطة، يمكن استخدام معامل الانبعاث 1.23 طن غبار الفرن القوسي الكهربي لطن الزنك لحساب الانبعاثات. عند إنتاج الزنك من غبار الفرن القوسي الكهربي في فرن واليز كلين، فإن تعقيدات العملية توحي بأن معاملات الانبعاث تكون أكثر دقة إذا ما اعتمدت على كمية غبار الفرن القوسي الكهربي المستهلكة بدلاً من إجمالي كمية الزنك المُنتج. وذلك لأن كمية مواد الاختزال (فحم الكوك التعديني) المستهلكة تعتمد مباشرة على الكمية ومحتوى الزنك لغبار الفرن القوسي الكهربي المستهلك. ويتم استخدام معدة وزن في عملية واليز كلين للتحكم في كمية فحم الكوك التعديني التي يتم إدخالها في الكلين (سجاردين، 2003؛ المكتب الأوروبي لمنع التلوث ومكافحته المتكاملة، 2001)

4-2-7-3 اختيار بيانات الأنشطة

أسلوب المستوى 1

يتطلب أسلوب المستوى 1 فقط كمية الزنك المنتجة في البلد ونوع العملية، إن أمكن. وتتوافر هذه البيانات من الوكالات الحكومية المسؤولة إحصائيات الطاقة أو التصنيع أو الاتحادات التجارية أو اتحادات الصناعة أو الشركات المفردة لإنتاج الزنك .ثم يمكن مضاعفة هذه الأطنان في معاملات الانبعاث الافتراضية لتقدير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

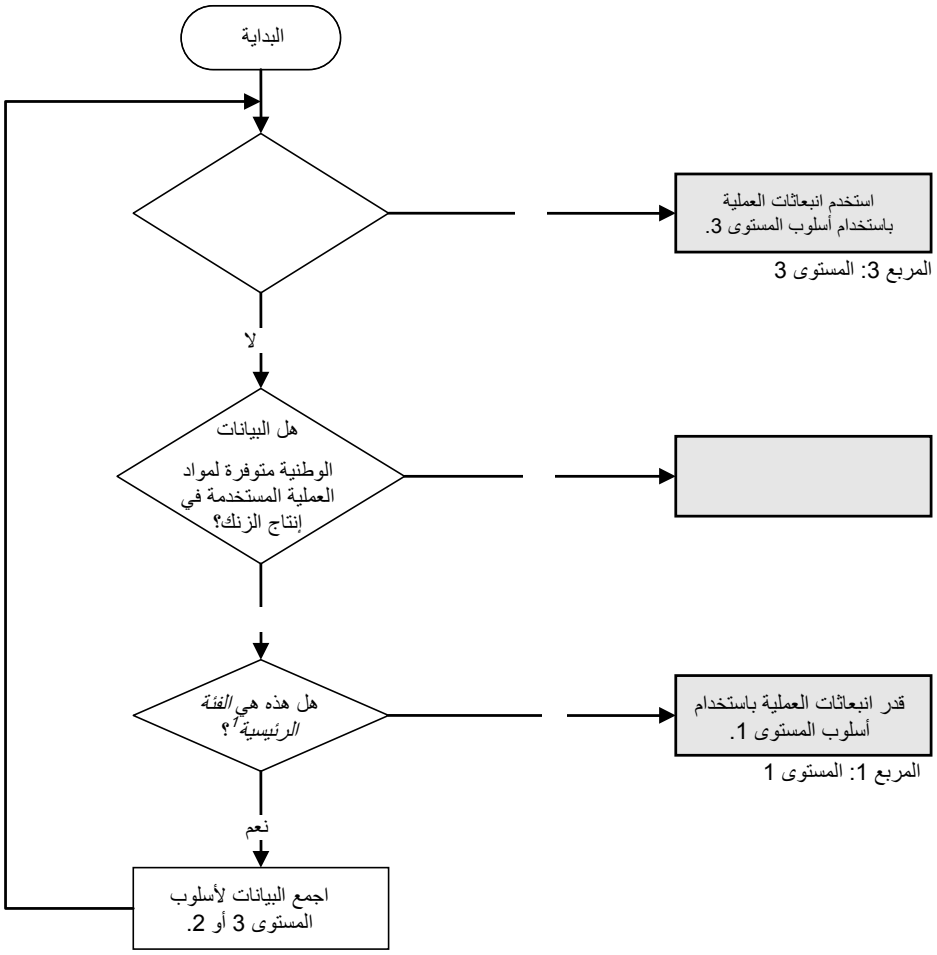
أسلوب المستوى 2

يتطلب أسلوب المستوى 2 حساب معامل الانبعاث الخاص بالبلد اعتمادًا على إجمالي كمية عوامل الاختزال ومواد العملية الأخرى التي تحتوي على الكربون المستخدمة في إنتاج الزنك في البلد. وقد تتوافر هذه البيانات من الوكالات الحكومية المسؤولة عن إحصائيات الطاقة أو التصنيع أو الاتحادات التجارية أو اتحادات الصناعة أو الشركات المفردة لإنتاج الزنك .ثم يمكن مضاعفة معاملات الانبعاث الخاصة بالبلد هذه في كمية الإنتاج لتحديد إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من القطاع. إذا لم تكن هذه *الفئة الرئيسية* ولم تتوافر بيانات تخص إجمالي معاملات الاختزال على مستوى الصناعة ومواد العملية، يمكن تقدر الانبعاثات باستخدام المستوى 1.

أسلوب المستوى 3

يتطلب أسلوب المستوى 3 جمع وتوثيق وحصر بيانات الانبعاث الخاصة بالمنشأة التي تم قياسها، إن وجدت. ومع ذلك، يمكن أيضًا استخدام بيانات الأنشطة التي تم تجميعها على مستوى المصنع، مع معاملات انبعاث منفصلة لكل مصنع مضاعفة في الإنتاج الخاص بالمصنع. إذا لم تكن هذه *الفئة الرئيسية* ولم تتوافر بيانات تخص إجمالي معاملات الاختزال على مستوى الصناعة ومواد العملية، يمكن تقدر الانبعاثات باستخدام المستوى 1.

الشكل 4-16 شجرة القرارات لتقييم انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من إنتاج الزنك



ملاحظة:

4-2-7-4 الاستيفاء

عند تقدير الانبعاثات الناجمة عن فئة المصدر هذه، توجد مخاطرة لازدواج الحساب أو الحذف في العمليات الصناعية أو قطاع الطاقة. جدير بالذكر أن معامل انبعاث المستوى 1 يفترض أنه يتم احتجاز انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن احتراق العديد من أنواع الوقود لإنتاج الحرارة في عمليات التكلس والتلبيد والتصريف والصهر والتنقية والتكرير في ثاني أكسيد الكربون من فئة انبعاث احتراق الوقود الحفري. عند استخدام منهجيات المستوى 2 أو 3، يمكن تجنب ازدواجية الحساب. ويتم حساب الانبعاثات الناجمة عن إنتاج فحم الكوك، والتي تعتبر أكبر مصدر لاحتمالية ازدواجية الحساب، في القسم 4-2 ويتم الإبلاغ عنها في قطاع الطاقة.

5-2-7-4 إعداد متسلسلة زمنية متسقة

يجب حساب الانبعاثات الناجمة عن إنتاج الزنك باستخدام نفس الأسلوب كل عام في المتسلسلة الزمنية. في حالة عدم توافر بيانات لدعم أسلوب المستوى 3 لكل الأعوام في المتسلسلة الزمنية، يجب إعادة حساب كل هذه الثغرات وفقًا للخطوط التوجيهية الواردة في المجلد 1، التوجيهات العامة والإبلاغ.

3-7-4 تقدير أوجه عدم التيقن

تنشأ حالات عدم التيقن في إنتاج الزنك في المقام الأول من حالات عدم التيقن المرتبطة ببيانات الأنشطة وحالة عدم التيقن المرتبطة بمعاملات الانبعاث. ويوفر الجدول 4-25 نظرة عامة على درجات عدم التيقن من معاملات الانبعاث وبيانات الأنشطة.

1-3-7-4 حالات عدم التيقن في معامل الانبعاثات

ربما تصل درجة عدم التيقن من معاملات الانبعاث الافتراضية المستخدمة في المستوى 1 إلى ±50 في المائة. ومن المتوقع أن تصل درجة عدم التيقن من معاملات الانبعاث الخاصة بالبلد بالمستوى 2 إلى ±15 في المائة. ومن المتوقع أن معاملات انبعاث الخاصة بوحدة المستوى 3 ستكون في نطاق 5 في المائة في حالة توفر بيانات محتوى الكربون الخاصة بالمصنع.

2-3-7-4 حالات عدم التيقن في بيانات الأنشطة

يجب أن تتوافر بيانات الإنتاج الوطنية وأن تبلغ نسبة عدم التيقن المحتملة بها ±10 في المائة. بالنسبة لمستوى 2، فمن المتوقع أن تكون درجة عدم التيقن لإجمالي كمية عوامل الاختزال ومواد العملية المستخدمة لإنتاج الرصاص في نطاق 10 في المائة. ومن المتوقع أن تبلغ نسبة عدم التيقن من بيانات الانبعاث الفعلية للمستوى 3 ±5 في المائة.

الجدول 4-25

الأسلوب	مصدر البيانات	نطاق عدم التيقن
المستوى 1	بيانات الإنتاج الوطنية	± 10%
	معاملات الانبعاث الافتراضية	± 50%
	معاملات الانبعاث الخاصة بالعملية	± 20%
المستوى 2	البيانات الوطنية لمواد العملية ومعامل الاختزال	± 10%
	معاملات الانبعاث الخاصة بالبلد	± 15%
المستوى 3	محددة بواسطة المنشأة = بيانات مواد العملية	± 5%
	بيانات ثاني أكسيد الكربون التي تم قياسها والخاصة بالمنشأة	± 5%
	معاملات الانبعاث الخاصة بالمنشأة	± 5%

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

1-4-7-4 ضمان الجودة / مراقبة الجودة

من *الممارسة السليمة* إجراء فحوصات مراقبة الجودة كما وردت في المجلد 1، الفصل 6 وأن يقوم خبير بمراجعة تقديرات الانبعاثات. بالإضافة إلى الخطوط التوجيهية الواردة في المجلد 1، فيما يلي إجراءات معينة ذات صلة بفئة المصدر هذه.

مراجعة معاملات الانبعاث

يجب أن يقارن القائمون على الحصر معاملات الانبعاث الوطنية المجمعة مع المعامل الافتراضي الذي تقدمه الهيئة من أجل تحديد ما إذا كان المعامل الوطني معقولاً بالنسبة للمعامل الافتراضي للهيئة. يجب تفسير الاختلافات التي توجد بين المعاملات الوطنية والمعامل الافتراضي وتوثيقها، لاسيما إذا كانت تمثل ظروفًا مختلفة.

فحص بيانات الأنشطة الخاصة بالمصنع

بالنسبة للبيانات الخاصة بالموقع، يجب أن يراجع القائمون على الحصر أي اختلافات بين المواقع لمعرفة ما إذا كانت تعكس أي اختلافات أو أساليب قياس مختلفة أو ناتجة عن أي اختلافات حقيقية في الانبعاثات أو الظروف التشغيلية أو التقنية المستخدمة. بالنسبة لإنتاج الزنك، يجب أن يقارن القائمون على الحصر بيانات المصنع مع المصانع الأخرى.

يجب أن يضمن القائمون على الحصر أن بيانات الأنشطة ومعاملات الانبعاث قد تم وضعها وفقًا لأساليب القياس المعتمدة والمعترف بها دوليًا. إذا أخفقت ممارسات القياس بالالتزام بهذه المعايير، فيجب تقييم استخدام معاملات الانبعاث وبيانات الأنشطة هذه بعناية، وإعادة دراسة تقديرات عدم التيقن والمؤهلات الموثقة. عند استخدام مقياس عالٍ للقياس وضمان الجودة / مراقبة الجودة في معظم الموقع، فمن المحتمل أيضًا أن تتم مراجعة تقديرات الانبعاثات لأسفل.

مراجعة الخبراء

يجب أن يعمل القائمون على الحصر على أن تشتمل عملية المراجعة على المنظمات التجارية الصناعية المرتبطة بإنتاج الزنك. يجب أن تبدأ هذه العملية في مرحلة مبكرة من الحصر لتوفير إدخال لوضع ومراجعة الأساليب والحصول على البيانات.

كما أن مراجعات الأطراف الأخرى مفيدة لفئة المصدر هذه، لاسيما فيما يتعلق بالجمع المبدئي للبيانات وعمل القياس والنسخ والحساب والتوثيق.

فحص بيانات الأنشطة

لكل المستويات يجب أن يتأكد القائمون على الحصر من حذف أو ازدواجية حساب الانبعاثات الناجمة عن عوامل الاختزال ومواد العملية (الفحم وفحم الكوك والغاز الطبيعي وما إلى ذلك) كانبعاثات مرتبطة بالطاقة.

يجب أن يفحص القائمون على البحث أي اختلافات بين البيانات من مصانع مختلفة لتحديد ما إذا كانت هذه الاختلافات تعكس أخطاء أو اختلاف في أساليب القياس أو تنتج عن اختلافات حقيقة في الانبعاثات أو الظروف التشغيلية أو التقنية. ويرتبط ذلك بشكل رئيسي بالتقديرات الخاصة بالمصنع لكميات معاملات الاختزال أو محتوى الكربون الذي تم الإبلاغ عنه لمواد العملية.

كما يتعين على القائمين على الحصر مقارنة التقديرات المجمعة على مستوى المصنع بإجماليات الصناعة لمعرفة مقدار استهلاك مواد العملية عند توافر مثل بيانات التجارة هذه.

2-4-7-4 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، ينبغي أن يشتمل الحصر على ملخصات للأساليب المستخدمة ومراجع لبيانات المصدر، وبذلك تكون الانبعاثات التي تم الإبلاغ عنها شفافة ويمكن تتبع خطوات حسابها.

أسلوب المستوى 1

بالإضافة إلى الانبعاثات المقدرة، من *الممارسة السليمة* الإبلاغ عن إجمالي إنتاج الزنك حسب العملية ومعامل الانبعاث المعني المستخدم.

أسلوب المستوى 2

من *الممارسة السليمة* توثيق الانبعاثات المقدرة والتي تم حسابها وكل بيانات الأنشطة ومعاملات الانبعاث الخاصة بها وأي افتراضات أو بيانات تبرر معاملات الانبعاث البديلة.

أسلوب المستوى 3

من *الممارسة السليمة* توثيق الانبعاثات المحسوبة ومصدر كل البيانات، مع الأخذ في الاعتبار الحاجة إلى حماية سرية بيانات منشآت معينة إذا كانت البيانات حساسة للنشاط التجاري أو تخضع للملكية. بالإضافة إلى ذلك، على القائمين على الحصر لكل المستويات توثيق كل المعلومات المطلوبة لإعادة التقدير، بالإضافة إلى إجراءات ضمان الجودة/مراقبة الجودة.

المراجع

القسم 4-2

EMEP/CORINAIR. Emission Inventory Guidebook – 2005, European Environment Agency, .EEA (2005) Technical report No 30. Copenhagen, Denmark, (December 2005). Available from web site see: http://reports.eea.eu.int/EMEPCORINAIR4/en

European IPPC Bureau (2001). Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Best Available Techniques **Reference Document on the Production of Iron and Steel, December 2001**. http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm

International Iron and Steel Institute (2004). Steel Statistical Yearbook 2004: International Iron and Steel Institute, COMMITTEE ON ECONOMIC STUDIES, Brussels.

Pipatti, R. (2001). Greenhouse Gas Emissions and Removals in Finland, Report No. 2094, VTT Technical Research Centre of Finland, Espoo, 2001. http://virtual.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2001/T2094.pdf

Schoenberger, H. (2000). European Conference on "The Sevilla Process: A Driver for Environmental Performance in Industry" Stuttgart, 6 and 7 April 2000, BREF on the Production of Iron and Steel - conclusion on BAT, Dr. Harald Schoenberger, Regional State Governmental Office Freiburg, April 2000.

القسم 4-3

FFF (2000). The Norwegian Ferroalloy Producers Research Association, "Emission factors standardized at meeting", Oslo 2000.

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.

Lindstad, T. (2004). 'CO_2 Emissions from the Production of Silicon Alloys', STF80A04019, SINTEF, Trondheim 2004.

Olsen, S.E., Monsen, B.E. and Lindstad, T. (1998). 'CO_2 Emissions from the Production of Manganese and Chrome Alloys in Norway', Electric Furnace Conference Proceedings Vol. 56, Iron & Steel Society, Warrendale PA 1998, pp 363-369.

Olsen, S.E. (2004). 'CO_2 Emissions from the Production of Manganese Alloys in Norway', STF80A04010, SINTEF, Trondheim 2004.

القسم 4-4

IAI (2000). International Aluminium Institute, International Aluminium Institute (2000) 'Life Cycle Assessment of Aluminium'

IAI (2001). International Aluminium Institute, Perfluorocarbon Emissions Reduction Programme 1990 - 2000, 2001, available at http://www.world-aluminium.org/iai/publications/documents/pfc2000.pdf.

IAI (2005a). International Aluminium Institute, The Aluminium Sector Greenhouse Gas Protocol, http://www.world-aluminium.org/environment/climate/ghg_protocol.pdf, 2005.

IAI (2005b). International Aluminium Institute, survey on composition of production materials, 2005 (unpublished)

IAI (2005c). International Aluminium Institute, Annual Anode Effect Survey 2003, www.world-aluminium.org, 2005.

U.S. EPA and IAI (2003), U.S. Environmental Protection Agency and International Aluminium Institute, USEPA/IAI Protocol for Measurement of PFCs from Primary Aluminium Production, EPA 43-R-03-006, May 2003.

القسم 4-5

Bartos, S., Kantamaneni, R., Marks, J. and Laush, C. (2003). "Measured SF_6 Emissions from Magnesium Die Casting Operations," Magnesium Technology 2003, Proceedings of The Minerals, Metals & Materials Society (TMS) Conference, March 2003.

Gjestland, H. and Magers, D. (1996). "Practical usage of sulphur hexafluoride for melt protection in the magnesium die casting industry" Proceedings of the 53rd International Magnesium Conference, 1996, Ube City, Japan

IPCC (2001). Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton, J.T.,Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881pp.

Milbrath, D. (2002). "Development of 3M™ Novec™ 612 Magnesium Protection Fluid as a Substitute for SF_6 Over Molten Magnesium," International Conference on SF_6 and the Environment: Emission Reduction Technologies, November 21-22, 2002, San Diego, CA.

Tranell, G and Engh, T.A. (2004). "Alternatives to SF_6 for the Magnesium Processor – A Technical, Environmental and Economic Assessment", Proceedings of the 61st Annual International Magnesium Association Conference, May 2004, New Orleans, LA, USA.

القسم 4-6

DOE (2002). Mining Industry of the Future: Energy and Environmental Profile of the U.S. Mining Industry. Prepared by BCS, Inc for the U.S. Department of Energy's Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, December 2002.

LDA (2002). Technical Notes: Primary Extraction of Lead., Lead Development Association International. Internet: http://www.ldaint.org/technotes1.htm

Metallurgical Industry (1995). AP 42, Fifth Edition, Volume I, Chapter 12, http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch12/index.html

Sjardin, M. (2003). CO_2 Emission Factors for Non-Energy Use in the Non-Ferrous Metal, Ferroalloys and Inorganics Industry. Copernicus Institute, Utrecht, The Netherlands, June 2003.

القسم 4-7

European IPPC Bureau (2001). Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Best Available Techniques **Reference Document on the Non Ferrous Metals Industries, December 2001**. http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm

Sjardin, M. (2003). CO_2 Emission Factors for Non-Energy Use in the Non-Ferrous Metal, Ferroalloys and Inorganics Industry. Copernicus Institute, Utrecht, The Netherlands, June 2003.

Viklund-White C. (2000). The Use of LCA for the Environmental Evaluation of the Recycling of Galvanized Steel. *ISIJ International*. Volume 40 No. 3: 292-299.