الوكالة الدولية للطاقة الذرية

سلسلة الطاقة النووية

رقم No. NP-T-1.12

مقدمة في استخدام منهجية المشروع الدولي المعني بالمفاعلات النووية ودورات الوقود الابتكارية (إنبرو) في تقييم نُظم الطاقة النووية

IAEA
الوكالة الدولية للطاقة الذرية

منشورات سلسلة الطاقة النووية الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية

هيكل سلسلة الوكالة الخاصة بالطاقة النووية

الوكالة الدولية للطاقة الذرية مختصة بموجب المادتين الثالثة – ألف، والثامنة - جيم من نظامها الأساسي بأن تشجع تبادل المعلومات العلمية والتقنية المتعلقة بالاستخدامات السلمية للطاقة الذرية. وتوفر المنشورات الصادرة ضمن **سلسلة الوكالة الخاصة بالطاقة النووية** معلومات في مجالات القوى النووية، ودورة الوقود النووي، والتصرف في النفايات المشعة، والإخراج من الخدمة، ومعلومات عن المسائل العامة المتصلة بكل المجالات المذكورة أعلاه. ويتألف هيكل سلسلة الوكالة الخاصة بالطاقة النووية من ثلاثة مستويات: **١ - المبادئ الأساسية والأهداف؛ ٢ - الأدلة؛ ٣- التقارير التقنية.**

ويبين منشور **المبادئ الأساسية للطاقة النووية** مسوغات ورؤية استخدام الطاقة النووية في الأغراض السلمية.

وتشرح منشورات **أهداف سلسلة الطاقة النووية** التوقعات التي يتعين تلبيتها خلال مراحل التنفيذ المختلفة في شتى المجالات.

وتوفر أدلة سلسلة الطاقة النووية توجيهات رفيعة المستوى بشأن كيفية تحقيق الأهداف المرتبطة بمختلف المواضيع والمجالات التي تنطوي على استخدام الطاقة النووية في الأغراض السلمية.

وتوفر **التقارير التقنية ضمن سلسلة الطاقة النووية** معلومات إضافية تتضمن تفاصيل أكثر عن الأنشطة المرتبطة بمختلف المجالات التي تعالجها سلسلة الوكالة الخاصة بالطاقة النووية.

ويُرمز إلى منشورات سلسلة الوكالة الخاصة بالطاقة النووية على النحو التالي: الأمان بصفة عامة **(NG)**؛ والقوى النووية **(NP)**؛ والوقود النووي **(NF)**؛ والتصرف في النفايات المشعة والإخراج من الخدمة **(NW)**. وبالإضافة إلى ذلك تتاح المنشورات باللغة الإنكليزية في موقع شبكة الإنترنت الخاص بالوكالة:

http://www.iaea.org/Publications/index.html

وللحصول على المزيد من المعلومات يرجى الاتصال بالوكالة على عنوانها البريدي التالي:

IAEA at PO Box 100, Vienna International Centre, 1400 Vienna, Austria

والدعوة موجَّهة إلى جميع مستعملي منشورات سلسلة الوكالة الخاصة بالطاقة النووية لإبلاغ الوكالة بالخبرة المكتسبة من استخدامها بما يكفل أن تبقى قادرة على تلبية احتياجات المستعملين. ويمكن تقديم المعلومات عن طريق موقع الوكالة على شبكة الإنترنت أو بالبريد العادي على العنوان المبيَّن أعلاه، أو بواسطة البريد الإلكتروني على العنوان التالي: Official.Mail@iaea.org.

مقدمة في استخدام منهجية المشروع الدولي المعني بالمفاعلات النووية ودورات الوقود الابتكارية (إنبرو) في تقييم نُظم الطاقة النووية

الدول التالية أعضاء في الوكالة الدولية للطاقة الذرية:

الاتحاد الروسي
إثيوبيا
أذربيجـــان
الأرجنتين
الأردن
أرمينيا
إريتريا
إسبانيا
أستراليا
إستونيا
إسرائيل
أفغانستان
إكوادور
ألبانيـا
ألمانيا
الإمارات العربية المتحدة
إندونيسيا
أنغـولا
أوروغواي
أوزبكستان
أوغنـدا
أوكرانيا
إيران (جمهورية-الإسلامية)
أيرلندا
أيسلنـدا
إيطاليا
باراغـواي
باكستان
بالاو
البحرين
البرازيل
البرتغال
بلجيكا
بلغاريا
بليز
بنغلاديش
بنمـا
بنـن
بوتسوانا
بوركينا فاسو
بوروندي
البوسنة والهرسك
بولندا
بوليفيا
بيرو
بيلاروس
تايلند
تركيا
تشاد
تونـس
جامايكـا
الجبل الأسود
الجزائر
جزر مارشال
الجماهيرية العربية الليبية
جمهورية أفريقيا الوسطى
الجمهورية التشيكية
الجمهورية الدومينيكية
الجمهورية العربية السورية
جمهورية الكونغو الديمقراطية
جمهورية تنزانيا المتحدة
جمهورية كوريـا
جمهورية مقدونيا اليوغوسلافية سابقاً
جمهورية مولدوفـا
جنوب أفريقيا
جورجيـا
الدانمرك
رومانيا
زامبيـا
زمبابـوي
سري لانكا
السلفـادور
سلوفاكيا
سلوفينيا
سنغافورة
السنغـال
السودان
السويد
سويسرا
سيراليون
سيشيل
شيلي
صربيا
الصين
طاجيكستان
العـراق
عُمان
غابـون
غانا
غواتيمـالا
فرنسا
الفلبيـن
فنزويـلا
فنلندا
فييت نام
قبرص
قطـر
قيرغيزستان
كازاخستان
الكاميرون
الكرسي الرسولي
كرواتيـا
كمبوديـا
كندا
كوبا
كوت ديفوار
كوستاريكـا
كولومبيـا
الكونغو
الكويـت
كينيـا
لاتفيا
لبنـان
لختنشتاين
لكسمبورغ
ليبيريـا
ليتوانيا
ليسوتو
مالطـا
مالـي
ماليزيـا
مدغشقـر
مصر
المغـرب
المكسيك
ملاوي
المملكة العربية السعودية
المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وأيرلندا الشمالية
منغوليـا
موريتانيا
موريشيـوس
موزامبيق
موناكـو
ميانمـار
ناميبيـا
النرويج
النمسا
نيبال
النيجـر
نيجيريا
نيكاراغوا
نيوزيلندا
هايتـي
الهند
هندوراس
هنغاريا
هولندا
الولايات المتحدة الأمريكية
اليابان
اليمـن
اليونان

وافق المؤتمر الخاص بالنظام الأساسي للوكالة الدولية للطاقة الذرية الذي عُقد في المقر الرئيسي للأمم المتحدة بنيويورك في ٢٣ تشرين الأول/أكتوبر ١٩٥٦ على النظام الأساسي للوكالة الذي بدأ نفاذه في ٢٩ تموز/يوليه ١٩٥٧. ويقع المقر الرئيسي للوكالة في فيينا. ويتمثل هدفها الرئيسي في "تعجيل وتوسيع مساهمة الطاقة الذرية في السلام والصحة والازدهار في العالم أجمع".

سلسلة الوكالة الخاصة بالطاقة النووية رقم NP-T-1.12

مقدمة في استخدام منهجية المشروع الدولي المعني بالمفاعلات النووية ودورات الوقود الابتكارية (إنبرو) في تقييم نُظم الطاقة النووية

تقرير المشروع الدولي المعني بالمفاعلات النووية ودورات الوقود الابتكارية (إنبرو)

الوكالة الدولية للطاقة الذرية
فيينا، ٢٠١١

ملاحظة بشأن حقوق النشر

جميع منشورات الوكالة العلمية والتقنية محميّة بموجب أحكام الاتفاقية العالمية لحقوق النشر بشأن الملكية الفكريّة بصيغتها المعتمدة في عام ١٩٥٢ (برن) والمنقّحة في عام ١٩٧٢ (باريس). وقد تم تمديد حق النشر منذ ذلك الحين من جانب المنظمة العالمية للملكية الفكرية (جنيف) ليشمل الملكية الفكرية الإلكترونية والافتراضية. ويجب الحصول على إذن باستخدام النصوص الواردة في منشورات الوكالة بشكل مطبوع أو إلكتروني، استخداماً كلياً أو جزئياً؛ ويخضع هذا الإذن عادةً لاتفاقات حقوق النشر والإنتاج الأدبي. ويُرحَّب بأي اقتراحات تخصّ عمليات الاستنساخ والترجمة لأغراض غير تجارية، وسيُنظَر فيها على أساس كل حالة على حدة. وينبغي توجيه أي استفسارات إلى قسم النشر التابع للوكالة (IAEA Publishing Section) على العنوان التالي:

Sales and Promotion, Publishing Section
International Atomic Energy Agency
Vienna International Centre
P O Box 100
1400 Vienna, Austria
رقم الفاكس: 29302 2600 1 43+
رقم الهاتف: 22417 2600 1 43+
البريد الإلكتروني: sales.publications@iaea.org
الموقع الشبكي: http://www.iaea.org/books

© الوكالة الدولية للطاقة الذرية، ٢٠١١
طُبع من قبل الوكالة الدولية للطاقة الذرية في النمسا
أيلول/سبتمبر ٢٠١١

STI/PUB/1478
ISBN 978–92–0ï620410–8
ISSN 1995–7807

تصدير

بدأ تنفيذ المشروع الدولي المعني بالمفاعلات النووية ودورات الوقود الابتكارية (إنبرو) في عام ٢٠٠١ بناء على قرار المؤتمر العام للوكالة الدولية للطاقة الذرية في عام ٢٠٠٠ (GC(44)/RES/21). واستمر منذ ذلك الحين التصديق على أنشطة مشروع إنبرو بقرارات من المؤتمر العام للوكالة والجمعية العامة للأمم المتحدة.

وفيما يلي أهداف مشروع إنبرو:

- المساعدة على كفالة إتاحة الطاقة النووية من أجل الإسهام على نحو مستدام في بلوغ غاية تلبية الاحتياجات من الطاقة في القرن الحادي والعشرين؛
- الجمع بين حائزي ومستعملي التكنولوجيا حتى يتسنى لهم العمل معاً في بحث الإجراءات الدولية والوطنية المطلوبة لضمان استدامة الطاقة النووية من خلال ابتكارات في التكنولوجيا و/أو الترتيبات المؤسسية.

وتحقيقاً لهذه الأهداف، وضع مشروع إنبرو مجموعة من المبادئ الأساسية والمتطلبات الخاصة بالمستعملين والمعايير إلى جانب أسلوب للتقييم، وهي تشكل الأساس الذي تقوم عليه منهجية إنبرو لتقييم استدامة نُظم الطاقة النووية الابتكارية. وتم وضع دليل إنبرو الذي يضم تسعة مجلدات لتوفير توجيهات إضافية بشأن استعمال منهجية إنبرو؛ ويتألف الدليل من مجلد يلقي نظرة عامة على الموضوع وثمانية مجلدات تتناول مجالات الاقتصاديات والتدابير المؤسسية (البنية الأساسية) والتصرف في النفايات، ومقاومة الانتشار، والحماية المادية، والبيئة (بما في ذلك أثر عوامل الإجهاد واستنفاد الموارد). وأمان المفاعلات ومرافق دورة الوقود النووي.

ولمساعدة الدول الأعضاء على تطبيق منهجية إنبرو، يجري وضع مجموعة دعم تقييم نظم الطاقة النووية. ويشمل ذلك قاعدة بيانات (تحتوي على بيانات المدخلات اللازمة للتقييم)، وتوفير دورات للتدريب على منهجية إنبرو وأمثلة للتقييمات الشاملة.

ويتضمن هذا المنشور توجيهات بشأن الطريقة التي يمكن بها لمجموعة متنوعة من المستعملين المحتملين، بمن فيهم مطورو التكنولوجيا النووية، والمستعملون المتمرسون، ومستعملو التكنولوجيا لأول مرة المحتملون ('المستجدون') لمختلف الأغراض. وبعض المعلومات التي يتضمنها هذا الدليل تهم جميع المستعملين وبعضها تقتصر أهميته على فئات مختلفة من المستعملين. وبالتالي فإن كل قسم يشمل بياناً يوضح الجمهور المستهدف من القسم المعني.

ويمكن الاطلاع على معلومات عن مشروع إنبرو في هذا الموقع على شبكة الإنترنت: www.iaea.org/INPRO.

وموظف الوكالة المسؤول عن هذا المنشور هو R. Beatty من شُعبة الطاقة النووية.

المحتويات

١- مقدمة ١
١-١- تعريف تقييم نظام الطاقة النووية ١
١-٢- مستعملو منهجية إنبرو المحتملون ١
١-٣- تاريخ تطوير منهجية إنبرو ٢
١-٤- خصائص منهجية إنبرو ٢
١-٥- مجموعة دعم تقييم نظم الطاقة النووية ٣
١-٦- الهيكل ٣

٢- نظرة عامة على منهجية إنبرو ٤
٢-١- مفهوم التنمية المستدامة وعلاقته بتخطيط نظم الطاقة ومنهجية إنبرو ٤
٢-٢- الطابع الكلي لمنهجية إنبرو ٥
٢-٣- متطلبات منهجية إنبرو ٦

٣- تطبيقات منهجيات إنبرو ١٠
٣-١- نطاق وعمق الدراسات التي تستخدم منهجية إنبرو ١٠
٣-٢- إجراء تقييم شامل وكامل النطاق لنظام الطاقة النووية ١١
٣-٣- إجراء عمليات تقييم نظم الطاقة النووية ١٢
٣-٤- إجراءات المتابعة بعد تقييم نظام الطاقة النووية ١٤
٣-٥- توثيق عمليات تقييم نظم الطاقة النووية ١٤
٣-٦- استعراض تقييم نظام الطاقة النووية ١٥

٤- استخدام منهجية إنبرو في البلدان المستجدة ١٥
٤-١- استخدام نهج متدرج ١٥
٤-٢- زيادة الوعي بقضايا الطاقة النووية المستدامة ١٦
٤-٣- التقييم المحدود لنُظم الطاقة النووية ١٧
٤-٤- تطبيقات تقييم نظم الطاقة النووية في المستقبل ٢٠
٤-٥- العلاقة بين أدوات تخطيط نظم الطاقة ومنهجية إنبرو ونهج المعالم الأساسية في البلدان المستجدة ٢٠

٥- عمليات تقييم نظم الطاقة النووية التي يجريها مستعملو التكنولوجيا المتمرسون ٢٤
٥-١- فوائد إجراء تقييم لنُظم الطاقة النووية بالنسبة للمستعملين المتمرسين ٢٤
٥-٢- مواصفات نظام الطاقة النووية ونطاق تقييم نظام الطاقة النووية وفريق التقييم ٢٧

٥-٣- إجراء عمليات تقييم نُظم الطاقة النووية ٢٨
٥-٤- مصادر المعلومات ٢٩
٥-٥- مقارنة خيارات نُظم الطاقة ٣٠
٥-٦- نُضج خيارات نُظم الطاقة النووية ٣٢
٥-٧- تجميع وتلخيص نتائج عمليات تقييم نُظم الطاقة النووية ٣٣
٥-٨- التعامل مع مرافق نُظم الطاقة النووية غير المحلية ٣٣

٦- عمليات تقييم نُظم الطاقة النووية التي يجريها مطورو التكنولوجيا ٣٤
٦-١- مقدمة..... ٣٤
٦-٢- نطاق تقييم نظام الطاقة النووية وفريق التقييم ٣٤
٦-٣- تمييز ونُضج التطوير ٣٦
٦-٤- تجميع نتائج عمليات تقييم نُظم الطاقة النووية لمقارنة خيارات نُظم الطاقة النووية .. ٣٧

٧- ملاحظات ختامية ٣٧

المرفق الأول: طريقة مقارنة خيارات نُظم الطاقة النووية ٣٩

مسرد المصطلحات ٤١
المراجع ٤٥
المساهمون في الصياغة والاستعراض ٤٧
هيكل سلسلة منشورات الطاقة النووية التي تصدرها الوكالة..... ٤٩

١ - مقدمة

ينطبق هذا القسم على كل مستعملي منهجية إنبرو المحتملين، بمن فيهم مطورو التكنولوجيا النووية، ومستعملو التكنولوجيا النووية المتمرسون، والمستعملون المستجدون.

وتتيح الوكالة الكثير من الأدوات والخدمات لمساعدات الدول الأعضاء على إنشاء وتعهد برامج للقوى النووية. ويوجد تقريباً لدى كل وحدة تنظيمية في الوكالة خدمات محددة في مجال اختصاصها الفني متاحة للدول الأعضاء بطرق شتى، من قبيل بعثات الوكالة إلى البلدان، والجلسات التدريبية، والوثائق الشاملة التي تعالج مسائل بعينها، ومنتديات لمناقشة مواضيع مهمة، وما إلى ذلك. وهذه الأدوات والخدمات التي تقدمها الوكالة يمكن أن يقيمِّها مختلف المستعملين، مثل مطوري التكنولوجيا ومستعملي الطاقة النووية المتمرسين، كل حسب أهدافه. ومنهجية إنبرو هي إحدى تلك الأدوات. وهناك ثلاثة أنواع مختلفة، وإن كانت متكاملة، من الأدوات التي تهم بشكل خاص البلدان المستجدة، وهي أدوات تخطيط نُظم الطاقة؛ والأداة المقدمة من خلال نهج 'المعالم الأساسية'؛ ومنهجية إنبرو. ويتناول القسم ٤-٥ من هذا المنشور العلاقة بين هذه الأدوات الثلاث.

ويتضمن هذا المنشور توجيهات للجمهور بمختلف أطيافه حول استعمال منهجية إنبرو في تقييم نُظم الطاقة النووية. ويمكن تصميم تلك التقييمات حسب احتياجات وأهداف مختلف المستعملين. ويتناول القسم ١-٦ الخطوط العريضة لتقرير إنبرو.

١-١- تعريف تقييم نظام الطاقة النووية

يستخدم تقييم نظام الطاقة النووية منهجية إنبرو لتقييم نظام معيَّن من نُظم الطاقة النووية بطريقة كلية من أجل تأكيد استدامته في المدى البعيد أو لتحديد المسائل أو الثغرات التي يتعيَّن معالجتها (وذلك مثلاً عن طريق تحديد الإجراءات التي يلزم اتخاذها لتحويل نظام الطاقة النووية إلى خيار مستدام لإمدادات الطاقة). ويشكل تقييم نظام الطاقة النووية بذلك أداة تساعد المستعملين على البت في كيفية تنفيذ برامج القوى النووية أو تعهدها أو توسيعها بطريقة مستدامة.

١-٢- مستعملو منهجية إنبرو المحتملون

يتضمن هذا المنشور توجيهات بشأن تطبيق منهجية إنبرو على النحو المحدد في دليل إنبرو [١]. وفي ضوء مختلف فئات المستعملين الذين من المحتمل أن يقوموا بإجراء تقييم لنظام الطاقة النووية، وبالنظر إلى أن تقييم نظام الطاقة النووية يمكن إجراؤه لأغراض مختلفة (المرجع [٥])، يقدِّم هذا المنشور توجيهات لثلاث فئات نموذجية مختلفة من المستعملين:

- مطورو التكنولوجيا النووية الذين يفترض أنهم يستعملون منهجية إنبرو لتوجيه تطوير التكنولوجيا؛
- مستعملو الطاقة النووية المتمرسون الذين لديهم برامج راسخة للقوى النووية ويفترض أنهم يستعملون عمليات تقييم نظم الطاقة النووية لتقييم استدامة نُظم الطاقة النووية القائمة لديهم و/أو المساعدة على اتخاذ قرارات بشأن توسيع نظم الطاقة النووية من خلال نشر مرافق نووية إضافية؛
- البلدان التي تشرع في تشييد برامج نووية جديدة ويمكنها استعمال منهجية إنبرو لزيادة وعيها بالمسائل الطويلة الأجل المتعلقة بنُظم الطاقة النووية المستدامة ولدعم عمليات التخطيط التي تجريها.

ويفترض عموماً أن مستعملي منهجية إنبرو أشخاص يعملون في جمعيات أكاديمية ومنظمات حكومية وجامعات ومعاهد بحثية. ويستطيع هؤلاء المستعملون بفضل الوعي الذي يكتسبونه من استخدام منهجية إنبرو إسداء المشورة لصناع القرار في البلدان حول المسائل المتعلقة بالطاقة النووية على الأجل الطويل.

ويقع على البلد الذي يستخدم القوى النووية التزام طويل الأجل يشمل عدة أجيال، ويقبل عواقب يمكن أن تمتد إلى أكثر من ١٠٠ سنة (انظر مثلاً المرجع [٢]). ويمكن خلال تلك الفترة توقع ابتكارات في التكنولوجيا والمؤسسات تؤثر على برنامج القوى النووية في البلد وما لديه من خيارات. مثال ذلك أن تلك الفترة الزمنية قد تشهد تطوير جيلين أو ثلاثة أجيال أو أكثر من المفاعلات، ويمكن توقع الكثير من التغيرات الارتقائية. ويجب أيضاً أن يكون برنامج الطاقة النووية المحلي قادراً على التكيُّف مع التغيرات العالمية، بما في ذلك، على سبيل المثال، توفر مصادر اليورانيوم، وتوريد الخدمات والمكونات النووية، والتعاون المتعدد الأطراف في مجالات من قبيل خدمات دورة الوقود، والمسائل الأخرى، مثل معايير عدم الانتشار والأمان والأمن. وحُددت في مشروع إنبرو عدة مشاريع تعاونية[١] تتناول تلك الجوانب العالمية وتعالج أيضاً تصميم مرافق القوى النووية في المستقبل.

١-٣- تاريخ تطوير منهجية إنبرو

أنشئ مشروع إنبرو في عام ٢٠٠٠ بناء على قرارات من المؤتمر العام للوكالة (GC(44)/RES/21). وطوَّر مشروع إنبرو في مرحلته الأولى التي انتهت في حزيران/يونيه ٢٠٠٦ مجموعة من المتطلبات ووضع أسلوباً للتقييم، وهي تؤلف معاً منهجية إنبرو استناداً إلى مدخلات ساهم بها أكثر من ٣٠٠ خبير في مختلف التخصصات، بما في ذلك دراسات استعراضية أجراها المحفل الدولي للجيل الرابع من المفاعلات. وتطورت المنهجية بمرور الوقت:

- في عام ٢٠٠٣، نشرت المجموعة الأولى من متطلبات منهجية إنبرو [٣].
- في عام ٢٠٠٤، نشرت مجموعة منقحة ومحققة من المتطلبات [٤] استناداً إلى ١٤ دراسة حالة.
- في عام ٢٠٠٧، نشرت المجلدات السبعة الأولى من دليل إنبرو [١] التي تغطي مجالات الاقتصاديات والتدابير المؤسسية (البنية الأساسية)، والتصرف في النفايات، ومقاومة الانتشار، والحماية المادية، والأثر البيئي، وتوفر الموارد، لتقديم توجيهات مفصَّلة بشأن إجراء عمليات تقييم نظم الطاقة النووية.
- في نهاية عام ٢٠٠٨، تم استكمال دليل إنبرو [١] ليشمل المجلدين الثامن والتاسع اللذين يتناولان مجال أمان المفاعلات النووية ومرافق دورة الوقود.

وشملت منهجية إنبرو في أثناء تطويرها وتوثيقها كماً هائلاً من المعلومات واستخدمت نهجاً كلياً، على النحو المبين في القسمين ١-٤ و٢-٢؛ ولابد أن لهذه المعلومات قيمتها بالنسبة لمطوري التكنولوجيا النووية ومستعمليها المتمرسين فضلاً عن المستعملين المستجدين.

١-٤- خصائص منهجية إنبرو

وضعت منهجية إنبرو لمعالجة العيوب السابقة والشواغل العامة التي تدعي في العادة أن القوى النووية:

- باهظة التكلفة؛
- غير مأمونة؛
- لا تقدم حلاً طويل الأجل للنفايات النووية؛

---

(١) تتاح معلومات عن مشاريع إنبرو التعاونية في موقع إنبرو على شبكة الويب: www.iaea.org/INPRO.

— تساهم في الانتشار النووي؛
— مستهدفة من الإرهابيين؛
— غير سليمة أو مستدامة بيئياً.

وبالتالي فقد حددت منهجية إنبرو ستة مجالات للتقييم (موضحة بمزيد من التفصيل في القسم ٢-٣) يرتبط كل منها بأحد تلك الشواغل:

— الاقتصاديات؛
— أمان المفاعلات النووية ومرافق دورة الوقود؛
— التصرف في النفايات؛
— مقاومة الانتشار؛
— الحماية المادية (الأمن)؛
— البيئة (أثر عوامل الإجهاد؛ وتوفر الموارد).

وتحدد مجالات التقييم الستة المذكورة أعلاه متطلبات موجهة أساساً لمصممي المرافق النووية. وبالإضافة إلى ذلك فقد حددت منهجية إنبرو مجالاً للتقييم يتناول الجوانب المرتبطة بالتدابير المؤسسية أو البنية الأساسية (مثل الأُطر القانونية) المطلوبة لبرامج القوى النووية ويجب أن يضعها البلد بشكل مستقل، وذلك مثلاً من خلال حكومته و/أو مشغلي المرافق النووية و/أو الصناعة النووية الوطنية.

ويستخدم تقييم نظام الطاقة النووية نهجاً كلياً (يتناوله القسم ٢-٢ بمزيد من التفصيل) يتطلب النظر في نظام كامل للطاقة النووية يتألف من مفاعلات ومرافق دورة الوقود الأمامية والخلفية على امتداد كل دورة عمر المرفق من 'المهد إلى اللحد' ويعالج كل مجالات إنبرو السبعة.

ومنهجية إنبرو أداة ثبت نجاحها في تقييم نظم الطاقة النووية. واستخدمت هذه المنهجية وقت كتابة هذا الدليل في إجراء ستة تقييمات وطنية لنظم الطاقة النووية وتقييم دولي واحد لنظم الطاقة النووية بمشاركة من ثمانية بلدان (المرجع [٥]).

١-٥- مجموعة دعم تقييم نظم الطاقة النووية

أشارت التعليقات الأوَّلية [٥] التي أبداها مستعملو منهجية إنبرو إلى الحاجة إلى مجموعة لدعم تقييم نظم الطاقة النووية لمساعدة المستعملين على تطبيق المنهجية. وتشمل عناصر هذه المجموعة قاعدة بيانات تتضمن المدخلات المطلوبة لإجراء عمليات تقييم نظم الطاقة النووية، وحلقات عمل تدريبية، و/أو وحدات نموذجية، وأمثلة لتقييمات شاملة.

ويمثل هذا التقرير عنصراً واحداً من مجموعة دعم تقييم نظم الطاقة النووية. ويمكن لأمانة مشروع إنبرو استخدام مجموعة الدعم في مساعدة الدول الأعضاء على تطبيق منهجية إنبرو بما يلبي احتياجاتها على أفضل وجه.

١-٦- الهيكل

يتضمن القسم ٢ لمحة عامة تتناول منهجية إنبرو بمزيد من التفصيل، بما في ذلك مناقشة موجزة للصلة بين مفهوم التنمية المستدامة وتخطيط نظم الطاقة ومنهجية إنبرو.

ويبين القسم ٣ مختلف أنواع تقييمات نظم الطاقة النووية والإجراءات العامة المتبعة في تقييم نظم الطاقة النووية.

ويتضمن القسم ٤ توجيهات محددة موجهة إلى البلدان التي ستشرع في إنشاء برامج للطاقة النووية (تسمى أيضاً 'البلدان المستجدة')، ويعرض القسم ٥ توجيهات لمستعملي التكنولوجيا المتمرسين، ويتضمن القسم ٦ توجيهات لمطوري التكنولوجيا.

ويعرض القسم ٧ بعض الملاحظات الختامية.

ويرد في المرفق الأول بعض الأفكار الأوَّلية عن كيفية تجميع نتائج تقييمات نظم الطاقة النووية ومقارنة مختلف خيارات نُظم الطاقة النووية.

٢ - نظرة عامة على منهجية إنبرو

ينطبق هذا القسم على كل مستعملي منهجية إنبرو المحتملين، بمن فيهم مطورو التكنولوجيا النووية ومستعملو التكنولوجيا المتمرسين والمستعملون المستجدون. ويبين القسم العلاقة بين منهجية إنبرو ومفهوم التنمية المستدامة والطابع الكلي لمنهجية إنبرو. وأخيراً، يبين هذا القسم بإيجاز متطلبات منهجية إنبرو في كل المجالات السبعة.

٢-١- مفهوم التنمية المستدامة وعلاقته بتخطيط نظم الطاقة ومنهجية إنبرو

نبه تقرير برونتلاند [٦] الذي صدر في عام ١٩٨٧ بعنوان مستقبلنا المشترك العالم إلى الحاجة الملحة إلى إحراز تقدم صوب تحقيق التنمية الاقتصادية التي يمكن ضمان استمرارها بدون استنفاد الموارد الطبيعية أو الإضرار بالبيئة. وعرّف التقرير التنمية المستدامة بأنها:

تنمية تلبي احتياجات الأجيال الحالية دون الإضرار بقدرة الأجيال القادمة على تلبية احتياجاتها.

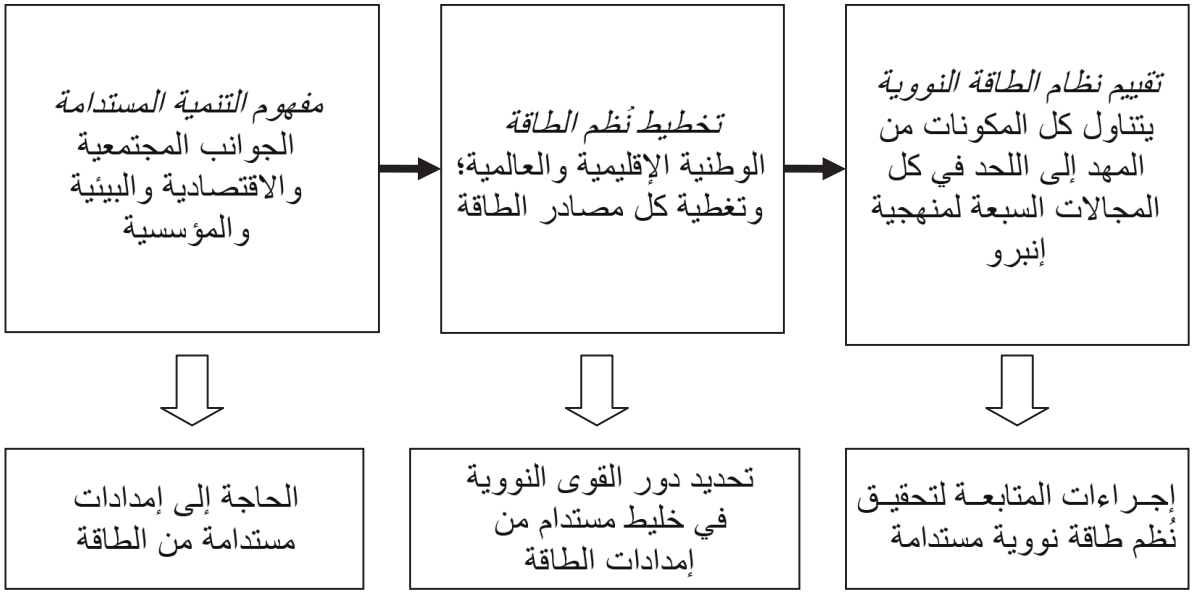
واعترف تقرير برونتلاند بأن ضمان الإنصاف العالمي يتطلب نمواً اقتصادياً وأكد أن استمرار ذلك النمو لا يمكن تحقيقه إلا بالعمل في الوقت ذاته على حماية البيئة والحفاظ على الموارد غير المتجددة، ويعني ذلك بعبارة أخرى التنمية المستدامة اجتماعياً وبيئياً واقتصادياً (يطلق عليها الركائز الثلاث للمفهوم). واتسع هذا المفهوم أكثر من خلال العديد من الأنشطة المرتبطة بالأمم المتحدة، مثل جدول أعمال القرن ٢١، واللجنة المعنية بالتنمية المستدامة، وتقييم الطاقة في العالم.

ومن النتائج المهمة التي أسفرت عنها تلك الأنشطة إدراك أهمية إتاحة الطاقة بتكلفة ميسورة من أجل تحقيق التنمية المستدامة. ويتاح اليوم العديد من مصادر الطاقة، بما في ذلك أنواع الوقود الأحفوري، والطاقة الكهرمائية، والمصادر المتجددة الأخرى (الرياح والطاقة الشمسية وغيرهما) فضلاً عن الطاقة النووية. ويمكن استخدام دراسات 'تخطيط نظم الطاقة' لاختيار المجموعة المثلى من مصادر الطاقة المتاحة في بلد معيَّن (وكذلك على المستويين الإقليمي والعالمي). ويمكن أيضاً استخدام تلك الدراسات لتحديد الدور الأمثل للقوى النووية في ذلك الخليط من إمدادات الطاقة (انظر أيضاً القسم ٣-٢).

ويمكن لنُظم الطاقة النووية القائمة على الانشطار الذري أن توفر مصدراً مستداماً للطاقة القادرة على تلبية أي توقعات معقولة لاحتياجات الطاقة العالمية على امتداد مئات السنوات باستخدام تكنولوجيات (مثل دوائر الوقود النووي المغلقة مع إعادة التدوير والمفاعلات المولدة السريعة) التي جرى بالفعل اختبارها والبرهنة عليها تطبيقياً على الأقل على نطاق محطات القوى التجريبية. ولكن القلق، كما جاء في المقدمة (القسم ١-٤)، يساور العديد من الجماعات والأفراد بين عامة الجمهور ووسائط الإعلام والحقل السياسي والأوساط العلمية بشأن استخدام القوى النووية وتحديات استدامتها، بما في ذلك المخاوف المرتبطة بالأمان والنفايات المشعة والقدرة على المنافسة الاقتصادية؛ وهناك اتجاه أيضاً لربط التطبيق السلمي للطاقة النووية بانتشار الأسلحة النووية، والقلق من إمكانية حدوث هجمات إرهابية (انظر مثلاً المرجعين [٧، و٨]). وتعالج

منهجية إنبرو هذه المخاوف عن طريق تحديد الأهداف الإنمائية لنُظم الطاقة النووية ومتطلباتها التي إذا تحققت تماماً ستبرر الادعاء بأن نظم الطاقة النووية تمثل حقاً نظاماً مستداماً لإمدادات الطاقة، وستساعد بذلك على كفالة إتاحة الطاقة النووية التي تسهم على نحو مستدام في تلبية احتياجات الطاقة في القرن الحادي والعشرين.

وهكذا فقد ارتبطت منهجية إنبرو منذ البداية بمفهوم التنمية المستدامة. واعتبر مشروع إنبرو أن الابتكار هو السبيل لتحقيق استدامة نُظم الطاقة النووية من منظور تطويرها ونشرها. ويعرض الشكل ١ وصفاً تخطيطياً للصلة بين تخطيط نُظم الطاقة وتقييم نظم الطاقة النووية باستخدام منهجية إنبرو ومفهوم التنمية المستدامة.



الشكل ١: العلاقة بين مفهوم التنمية المستدامة وتخطيط نظم الطاقة وتقييم نظم الطاقة النووية

وكما يتبيَّن من الشكل ١ فإن مفهوم التنمية المستدامة يؤكد الحاجة إلى إمدادات مستدامة من الطاقة. ويراعي تخطيط نظام الطاقة كل خيارات إمدادات الطاقة المتاحة على المستويات الوطنية والإقليمية والعالمية لتحديد دور القوى النووية في نظم إمدادات الطاقة المستدامة. وتتيح الوكالة عدة نماذج حاسوبية لدولها الأعضاء لإجراء ذلك التخطيط لنُظم الطاقة [٩]. وأخيراً فإن تقييم نظام الطاقة النووية يتناول نظام الطاقة النووية المختار في كل المجالات ذات الصلة لتأكيد مدى استدامته أو لتحديد الحاجة إلى إجراءات للمتابعة من أجل تحقيق نظام مستدام للطاقة النووية. مثال ذلك أن نظام الطاقة النووية غير الآمن أو الذي يسهم في نشر الأسلحة النووية ولا يفي مثلاً بمتطلبات الأمان أو مقاومة الانتشار المحددة في منهجية إنبرو لن يكون مقبولاً في الأجل الطويل، ولا يمثل بالتالي نظاماً مستداماً للطاقة.

٢-٢- الطابع الكلي لمنهجية إنبرو

تستخدم منهجية إنبرو، كما جاء في المقدمة، نهجاً كلياً لتقييم استدامة نظم الطاقة النووية. وتبين الفقرات التالية خصائص هذا النهج الكلي.

ونظام الطاقة النووية حسب ما هو محدد في منهجية إنبرو يشمل كل عناصر نظام الطاقة النووية، بما في ذلك المفاعل، والمرحلة الاستهلالية من دورة الوقود بدءاً بالتعدين والتجهيز ثم التحويل والإثراء وصنع الوقود، وكذلك مرافق المرحلة النهائية من دورة الوقود، بما في ذلك إعادة التجهيز عند الاقتضاء، والتصرف في النفايات والإخراج من الخدمة. ويتعيَّن تقييم الدورة العمرية الكاملة لكل تلك العناصر من 'المهد إلى اللحد'. وفي إطار منهجية إنبرو، يشمل نظام الطاقة النووية أيضاً البنية الأساسية والاعتبارات المؤسسية، مثل الأُطر القانونية، وشبكة الكهرباء، والقدرة الصناعية، والموارد البشرية.

وتشمل منهجية إنبرو تحديداً التصميمات الابتكارية للمرافق النووية التي تمثل تحولاً جذرياً عن محطات القوى القائمة بالفعل، والتصميمات المتطورة، مثل التصميمات التي تتطور من المحطات القائمة (العاملة). وبالتالي يمكن استخدام منهجية إنبرو لتقييم النُظم التي يجري بحث نشرها في الأجل القريب والنُظم التي يجري تطويرها في الأجل الأبعد.

وكما يبين القسم التالي بمزيد من التفصيل فقد حددت المتطلبات في سبعة مجالات، هي الاقتصاديات والتدابير المؤسسية (البنية الأساسية)، والتصرف في النفايات، ومقاومة الانتشار، والحماية المادية، والبيئة (أثر عوامل الإجهاد وتوفر الموارد)، ومتطلبات الأمان، لتحقيق استدامة نظم الطاقة النووية أو الحفاظ عليها. والغرض من هذه المتطلبات هو كفالة النظر في كل المسائل المرتبطة باستدامة نظم الطاقة النووية.

والخلاصة أنه عند استخدام النهج الكلي لمنهجية إنبرو يتم النظر في نظام كامل للطاقة النووية، أي المفاعل والمرحلتين الاستهلالية والنهائية لدورة الوقود النووي، بما في ذلك التدابير المؤسسية (البنية الأساسية) خلال دورة عمره الكاملة، مع مراعاة كل المسائل ذات الصلة باستدامة نظام الطاقة النووية.

٢-٣- متطلبات منهجية إنبرو

تصنَّف متطلبات منهجية إنبرو تبعاً لهرمية أو بنية المبادئ الأساسية، والمتطلبات الخاصة بالمستعملين، والمعايير التي تتألف من مؤشرات وحدود للقبول.

وتحدد 'المبادئ الأساسية' في مجال معيَّن مثل الاقتصاديات، أهدافاً أو غايات يتعيَّن بلوغها حتى يكون نظام الطاقة النووية مستداماً على الأجل الطويل. وتحدد 'المتطلبات الخاصة بالمستعملين' ما ينبغي القيام به لتحقيق هدف أو غاية 'المبدأ الأساسي'، وهي موجَّهة إلى مؤسسات محددة معنية بتطوير القوى النووية ونشرها وتشغيلها، مثل المطورين/المصممين، والحكومات، ومشغلي المرافق، والصناعات الداعمة. ويستخدم المقيِّمون 'المعايير' لتحديد ما إن كانت المؤسسات المحددة المشاركة في برنامج القوى النووية تلبي 'المتطلبات الخاصة بالمستعملين' وبالتالي 'المبادئ الأساسية'. والسمات العامة لمنهجية إنبرو يعرضها المجلد ١ من دليل إنبرو [١].

ووضع مشروع إنبرو مبدأ أساسياً واحداً في مجال الاقتصاديات، وينص هذا المبدأ على أن الطاقة النووية وما يرتبط بها من منتجات يجب أن تكون متاحة وبتكلفة ميسورة، من حيث المبدأ، لكل المستعملين المحتملين. ولكي تكون الكهرباء أو الحرارة التي يولدها نظام الطاقة النووية مستدامة في بلد ما (أو في إقليم ما أو على المستوى العالمي) ينبغي أن تكون قادرة على المنافسة مع تكلفة مصادر الطاقة البديلة المتاحة محلياً، مثل مصادر الطاقة المتجددة (المائية والشمسية وطاقة الرياح، وما إلى ذلك) أو محطات الوقود الحيوي. ولا بد أيضاً أن يتسنى جمع كل الأموال المطلوبة للاستثمار في تصميم وإنشاء وتشغيل نُظم الطاقة النووية وأن يكون خطر الاستثمار فيها مقبولاً مقارنة بالاستثمارات في مشاريع الطاقة الوطنية الأخرى. وأخيراً، ينبغي أن تتسم نُظم الطاقة النووية الابتكارية بالمرونة التي تمكنها من استيفاء متطلبات الأسواق المختلفة (أو المتغيرة). وفي مجال الاقتصاديات، توجه متطلبات منهجية إنبرو أساساً إلى مصممي/مطوري التكنولوجيا النووية، وكذلك بدرجة ما إلى الحكومات. ويتناول المجلد ٢ من دليل إنبرو [١] مجال الاقتصاديات.

وحدد مشروع إنبرو مبدأً أساسياً واحداً في مجال التدابير المؤسسية (أو البيئة الأساسية)، ويتطلب هذا المبدأ الأساسي تحديد الجهود اللازمة لإنشاء (وصيانة) البنية الأساسية الكافية في بلد يعتزم إنشاء (أو مواصلة أو توسيع) نظام للطاقة النووية. وينبغي تحقيق ذلك من خلال الترتيبات الإقليمية والدولية التي لا بد أن تكون متاحة لتلك البلدان. وتعترف المتطلبات الخاصة بالمستعملين التي تقابل هذا المبدأ بالحاجة إلى ما يلي:

- وضع إطار قانوني وطني ملائم والحفاظ عليه، بما في ذلك تحديد الالتزامات الدولية؛
- تحديد البنية الأساسية الصناعية والاقتصادية اللازمة لبرنامج القوى النووية؛
- تحديد التدابير الملائمة المطلوبة لضمان القبول العام والالتزام السياسي؛
- الاهتمام بتوفير الموارد البشرية الكافية.

ومتطلبات منهجية إنبرو المتعلقة بالتدابير المؤسسية موجهة في المقام الأول إلى الحكومات ومشغلي المرافق النووية والصناعات الوطنية. ويتناول المجلد ٣ من دليل إنبرو [١][٢] التدابير المؤسسية.

ووضعت في مجال التصرف في النفايات أربعة مبادئ أساسية مستمدة من المبادئ الأساسية التسعة التي وضعتها الوكالة بشأن التصرف في النفايات المشعة.[٣] وبذلك فإن تحقيق نظام مستدام للطاقة النووية يتطلب الحفاظ على توليد النفايات النووية، حسب التصميم، عند أدنى حدوده الممكنة عملياً، ويجب إدارة النفايات بطريقة تكفل مستوى مقبولاً من الحماية للصحة البشرية والبيئة بصرف النظر عن وقت ومكان حدوث تأثيرات، ويجب إدارة النفايات بما يكفل عدم فرض أعباء لا داعي لها على الأجيال المقبلة، على أن تؤخذ في الاعتبار علاقات الترابط بين كل خطوات توليد النفايات والتصرف فيها. وتفضي هذه المبادئ الأساسية بدورها إلى متطلبات تقتضي من المستعملين ما يلي:

- التقليل إلى أدنى حد من توليد النفايات، مع التركيز على النفايات التي تحتوي على مكونات سامة طويلة العمر وتنقل في بيئة مستودعات (الحالة النهائية/الأخيرة)؛
- الحد من التعرض للإشعاع والمواد الكيميائية الناجمة عن النفايات؛
- تحديد حالة نهائية آمنة بصورة دائمة لكل النفايات، ونقل النفايات إلى هذه الحالة النهائية في أقرب وقت ممكن؛
- تصنيف النفايات والتأكد من أن الخطوات الوسيطة لا تعرقل أو تُعقد تحقيق الحالة النهائية؛
- مراكمة الأصول لإدارة كل النفايات في دورة العمر حتى يمكن تغطية التبعات المتراكمة في أي مرحلة من مراحل الدورة العمرية.

ومتطلبات منهجية إنبرو في مجال التصرف في النفايات ليست موجهة فقط إلى مصممي ومشغلي المرافق النووية (بما في ذلك المفاعلات ومرافق صنع الوقود، وما إلى ذلك) ومرافق التصرف في النفايات (بما في ذلك تخزين النفايات وحرقها وما إلى ذلك)، ولكنها موجهة أيضاً إلى الحكومات. ويتناول المجلد ٤ من دليل إنبرو [١] التصرف في النفايات.

وفي مجال مقاومة الانتشار، وضع مشروع إنبرو مبدأً أساسياً واحداً يقتضي القيام دوماً الحفاظ على سمات داخلية إلى جانب اتخاذ تدابير خارجية في نظام الطاقة النووية طيلة دورة عمره. وتتألف السمات الداخلية في نظام الطاقة النووية من الخصائص التقنية للتصميم، مثل سهولة التفتيش، بينما تشمل التدابير الخارجية التزامات الدول، مثل اتفاقات الضمانات. وتقتضي المتطلبات الخاصة بالمستعملين المتصلة بذلك أن

---

(٢) يناقش القسم ٤-٥ العلاقة بين منهجية إنبرو ونهج المعالم الأساسية.

(٣) هذه المبادئ محددة في المرجع [١٠]، وحلت محلها بعد ذلك مبادئ الأمان الأساسية [١١] التي نشرت في عام ٢٠٠٦.

تضع الدول إطاراً قانونياً كافياً وتحافظ عليه، وأن يقلل المصممون إلى أدنى حد من جاذبية المواد النووية، وأن يكون من الصعب تحويل مسار المواد النووية أو اكتشافها بسهولة، ووضع حواجز متعددة للحيلولة دون تحويل مسار المواد النووية، واتخاذ تدابير لضمان فعالية التكاليف. وتوجه متطلبات منهجية إنبرو في مجال مقاومة الانتشار أساساً إلى الحكومات والمصممين. ويتناول المجلد ٥ من دليل إنبرو [١] مقاومة الانتشار.

ووضع مشروع إنبرو مبدأ اساسياً واحداً في مجال الحماية المادية (أو الأمن)، وينص هذا المبدأ الأساسي على فعالية وكفاءة تنفيذ نظام للحماية المادية طيلة الدورة العمرية الكاملة لنظام الطاقة النووية. وتتبع المتطلبات الخاصة بالمستعملين في هذا المضمار من المبادئ الأساسية الواردة في الاتفاقية المعدَّلة المتعلقة بالحماية المادية للمواد النووية. وتغطي هذه المبادئ المجالات العامة الأربعة لنظام الحماية المادية، وهي: (١) الإطار التشريعي والتنظيمي؛ (٢) تحديد مواقع المرافق النووية وتخطيطها وتصميمها، مع مراعاة الحماية المادية؛ (٣) تصميم نظام حماية مادية لاتقاء الأعمال الإيذائية؛ (٤) التخطيط لحالات الطوارئ والتخفيف من آثار الأعمال الإيذائية. وترمي متطلبات الحماية المادية بالدرجة الأولى إلى تقييم المرافق النووية الجديدة التي سيجري تركيبها في المستقبل. ومتطلبات منهجية إنبرو في مجال الحماية المادية موجَّهة أساساً إلى الحكومات ومشغلي المرافق النووية. ويتناول المجلد ٦ من دليل إنبرو [١] الحماية المادية.

ويشمل مجال البيئة في منهجية إنبرو جانبين، هما:

— المخرجات التي تنطلق من نظام الطاقة النووية إلى البيئة وتمثل عوامل إجهاد بيئي، مثل تصريف النويدات المشعة أو المواد الكيميائية السامة؛
— مدخلات نظام الطاقة النووية التي قد تفضي إلى استنفاد الموارد الطبيعية، مثل اليورانيوم أو الزركونيوم، وغيرهما.

وبالتالي فقد وضع مشروع إنبرو مبدأين أساسين في هذا المجال. ويتطلب المبدأ الأساسي الأول مستوى مقبولاً من الأثر البيئي للمرافق النووية على البشر والبيئة، ويقتضي المبدأ الأساسي الثاني تأكيد توفر الموارد المادية المطلوبة لتشغيل نظام الطاقة النووية على الأجل الطويل واستخدامها على الوجه الأمثل. ويرتبط بالمبدأ الأساسي البيئي الأول متطلبين خاصين بالمستعملين، والهدف منهما هو إبقاء عوامل الإجهاد البيئي، مثل إطلاق المواد المشعة من المرفق النووي وأثر تلك المواد، في حدود المعايير ذات الصلة[٤] (مثل الحدود التنظيمية الوطنية) بالإضافة إلى تطبيق مفهوم 'أدنى مستوى يمكن بلوغه عملياً'.[٥] والمتطلب الأول الخاص بالمستعملين فيما يتعلق بالمبدأ الأساسي البيئي الثاني يقتضي توفر المواد الانشطارية والمخصَّبة اللازمة لصنع الوقود النووي، وتوفر المواد المطلوبة لإنشاء وتشغيل المرافق النووية لفترة لا تقل عن ١٠٠ سنة، فضلاً عن الاستخدام المحسَّن لتلك المواد مقارنة بالنُظم النووية العاملة في عام ٢٠٠٤. وأما المتطلب الثاني الخاص بالمستعملين فيقتضي أساساً إنتاج ما يكفي من الطاقة المطلوبة لإنشاء وتشغيل النظام النووي. ومتطلبات منهجية إنبرو في مجال البيئة موجهة بالدرجة الأولى إلى القائمين بتصميم نُظم الطاقة النووية. وتعالج البيئة في المجلد ٨ من دليل إنبرو [١].

ووضع مشروع إنبرو أربعة مبادئ أساسية في مجال الأمان النووي استناداً إلى مبادئ الأمان الأساسية [١١] الخاصة بالوكالة، ومتطلبات المرافق، مثل متطلبات مرافق المفاعلات المتقدمة للماء الخفيف، واستناداً إلى استقراء الاتجاهات الراهنة التي تفترض زيادة كبيرة في القوى النووية في القرن الحادي والعشرين. ويتطلب المبدأ الأساسي الأول تعزيز تطبيق مفهوم الدفاع في العمق مع زيادة استقلالية مختلف مستويات الحماية في إطار استراتيجية الدفاع في العمق. والمتطلبات الخاصة بالمستعملين في هذا المضمار

---

(٤) يقصد بمصطلح 'ذات الصلة' المعمول بها وقت إنشاء المرفق النووي الجديد.

(٥) يتناول القسم ٤-٣-٢ من المجلد ١ من المرجع [١] هذا المفهوم بمزيد من التفصيل.

هي توصيات بشأن الطريقة التي يمكن بها للمصممين والمطورين تحقيق مستوى أعلى من الأمان مقارنة بمستوى الأمان في التصميم المرجعي (وهو في هذه الحالة آخر تصميم للمرافق النووية العاملة حتى نهاية عام ٢٠٠٤) من خلال تكثيف استخدام مفهوم الدفاع في العمق في كل مستوى من مستوياته الخمسة. والمبدأ الأساسي الثاني وما يقابله من متطلبات تتعلق بالمستعملين يقتضي من المصممين النظر، عند الاقتضاء، في زيادة استخدام النُظم السلبية وسمات الأمان المتأصلة للتقليل إلى أدنى حد من المخاطر والقضاء عليها عند الإمكان. ويحدد المبدأ الأساسي الثالث هدفاً رفيع المستوى يقتضي من المصممين تخفيض مستويات مخاطر المرافق النووية من حيث تعرض العاملين والجمهور للإشعاع بحيث لا تختلف عن مستويات المخاطر الناشئة عن المرافق الصناعية الأخرى المنشأة لأغراض مماثلة (مثل محطات القوى التي تعمل بالفحم أو مصافي النفط). ويقتضي المبدأ الأساسي الرابع ومتطلباته الخاصة بالمستعملين مستوى كافياً من البحوث التطويرية المتعلقة بالتصميمات النووية الجديدة للارتقاء بمعرفة خصائص محطات القوى وقدرات الأدوات التحليلية على الأقل إلى نفس مستوى الثقة المرتبط بالمحطة المرجعية (وهي آخر تصميم لمحطة عاملة حتى نهاية عام ٢٠٠٤).

وتقيَّم المبادئ الأساسية الأول والثاني والرابع أساساً عن طريق مقارنة المرفق موضوع التقييم بتصميم مرجعي، وهو في هذه الحالة مرفق نووي عامل حتى نهاية عام ٢٠٠٤. ومتطلبات منهجية إنبرو في مجال الأمان تقتصر تقريباً على مصممي نُظم الطاقة النووية. وفي حين أن المبادئ الأساسية والمتطلبات المتعلقة بالمستعملين في مجال الأمان يمكن تطبيقها على المفاعلات ومرافق دورة الوقود فإن الاختلافات بين تلك المرافق تقتضي استخدام معايير مختلفة. ولذلك يُعَالَج مجال الأمان في مجلدين من دليل إنبرو [١]، هما المجلد ٨ الذي يتناول أمان المفاعلات، والمجلد [٩] الذي يتناول أمان مرافق دورة الوقود.

وتم وضع معيار واحد على الأقل لكل مطلب من المتطلبات الخاصة بالمستعملين في منهجية إنبرو المبيَّنة بإيجاز أعلاه حتى يتمكن المقيِّمون الذي يستخدمون المنهجية من التحقق من استيفاء المشارك المعني (المشاركين المعنيين) مثل المصممين والمشغِّلين والحكومات والصناعات الوطنية، للمتطلبات الخاصة بالمستعملين. وفي حالة الوفاء بكل المتطلبات الخاصة بالمستعملين في كل مبدأ أساسي فإن نظام الطاقة النووية الذي يجري تقييمه سيحقق الهدف/الغاية من المبدأ الأساسي ذي الصلة.

وإذا كان نظام معيَّن من نُظم الطاقة النووية في خطة معيَّنة من خطط نُظم الطاقة المرجعية يفي بكل معايير إنبرو في كل المجالات عند تقييمه بطريقة كلية وشاملة فإن نظام الطاقة النووية في هذه الحالة يمثل نظاماً مستداماً للطاقة (انظر الشكل ١). ويمكن أن ترتبط خطة نظام الطاقة بخطة وطنية أو سيناريو إقليمي للطاقة أو سيناريو عالمي للطاقة.

والجدير بالملاحظة أنه حتى في حالة عدم الوفاء بكل متطلبات منهجيات إنبرو فإن نظاماً معيَّناً للطاقة النووية قد يمثل نظاماً ممتازاً لإمدادات الطاقة لفترة زمنية معيَّنة. على أنه ينبغي أن تتخذ في الوقت المناسب إجراءات لتحويل نظام الطاقة النووية إلى نظام مستدام، بما يتفق إلى حد ما مع مفهوم التحسين المتواصل. ولا تحدد نتائج تقييم نظام الطاقة النووية تفاصيل الإجراءات المطلوبة، وإنما تشير إلى الحاجة إلى اتخاذ إجراءات، وتوضح المسائل المحددة التي لابد من معالجتها.

ومن المهم الإشارة إلى أن متطلبات منهجية إنبرو لا تمثل معياراً من معايير الوكالة، وإنما توفر وسيلة لتقييم مدى استدامة نظام الطاقة النووية في سياق خطة النظام المرجعي للطاقة.

٣ - تطبيقات منهجيات إنبرو

ينطبق هذا القسم على كل مستعملي منهجية إنبرو المحتملين، بمن فيهم مطورو التكنولوجيا، ومستعملو التكنولوجيا المتمرسون، والمستعملون المستجدون. ويتضمن هذا القسم توجيهات بشأن كيفية استخدام منهجية إنبرو ويعرض إجراءات عامة بشأن طريقة إجراء تقييم شامل لنظام الطاقة النووية.

٣-١- نطاق وعمق الدراسات التي تستخدم منهجية إنبرو

يمكن من حيث المبدأ استخدام منهجية إنبرو بدرجات متفاوتة من العمق والنطاق. مثال ذلك أنه يمكن تطبيقها في الآتي:

- دراسة منهجية إنبرو في كل المجالات، مع التركيز على الرسائل الرئيسية للمبادئ الأساسية والمتطلبات الخاصة بالمستعملين (ولكن بدون إجراء تقييم)، أي استخدام المنهجية كأداة للتعلم من أجل 'زيادة الوعي بالمسائل الطويلة الأجل المتعلقة بنُظم الطاقة النووية المستدامة'؛
- إجراء 'تقييم محدود النطاق لنظام الطاقة النووية'، مثل التقييم المتعمق لنظام الطاقة النووية أو لمكون واحد من مكوناته (المرفق) في مجالات مختارة من مجالات منهجية إنبرو على مستوى المعايير، إلى جانب استعراض كل المجالات الأخرى؛
- إجراء 'تقييم شامل كامل النطاق' ومتعمق لنظام الطاقة النووية بحيث يغطي كل مكونات النظام، وكل مجالات المنهجية على مستوى المعايير.

ويتناول القسم ١-٢ المستعملين المحتملين لمنهجية إنبرو ويشملون مطوري التكنولوجيا النووية ومستعملي التكنولوجيا المتمرسين والمستعملين المستجدين. ويمكن استخدام كل تطبيقات منهجية إنبرو الثلاثة المبيَّنة أعلاه في مختلف مراحل تطوير برامج القوى النووية الجديدة (يناقشها القسم ٤ بمزيد من التفاصيل) في البلدان المستجدة. ويحقق التطبيقان الثاني والثالث من تطبيقات منهجية إنبرو المبينة أعلاه فائدة أكبر للمستعملين المتمرسين ومصممي التكنولوجيا النووية.

ويرد فيما يلي عرض مفصل لمختلف تطبيقات منهجية إنبرو مع مراعاة تعليقات البلدان التي أجرت بالفعل تلك الدراسات [٥].

وبالنظر إلى الطابع الكلي لمنهجية إنبرو (القسم ٢-٢) يمكن أن تستفيد البلدان المستجدة في المضمار النووي من دراسة وثائق مشروع إنبرو لكي تبني في مرحلة مبكرة وعيها بالمسائل المتعددة الطويلة الأجل التي يتعيَّن النظر فيها عند إنشاء نظام مستدام للطاقة النووية. وبطبيعة الحال فإن ذلك لا يحكم على استدامة البرنامج النووي الوطني على الأجل الطويل، ولكنه يمكن أن يساهم بمدخلات تساعد على اتخاذ القرار وصياغة سياسة وطنية للطاقة (تناقش بمزيد من الإسهام في القسم ٤).

ومن المتوقع أن يساعد إجراء 'تقييم محدود النطاق لنظام الطاقة النووية' أساساً مطوري التكنولوجيا النووية الذين لا يهتمون إلاّ بمكون واحد (المرفق) من مكونات نظام الطاقة النووية، من قبيل تصميم المفاعل الذي يكون قيد التطوير، و/أو مجالات مختارة. وقد يرغب المقيمون في بحث مجال الاهتمام المحدود لتحديد الثغرات أو المشاكل التي لا بد من معالجتها. مثال ذلك أنه قد يتعيَّن تقييم تصميم مفاعل في مجال الاقتصاديات لتحديد قدرته على المنافسة الاقتصادية، ووضع افتراضات معيَّنة بشأن تكلفة الوقود، وتكلفة التصرف في النفايات، وما إلى ذلك. وينبغي أيضاً عند إجراء ذلك التقييم المحدود النطاق لنظام الطاقة النووية التحقق من مجالات إنبرو الأخرى ومكونات نظام الطاقة النووية بما يكفل عدم تأثير الابتكارات المقترحة سلباً على مجالات إنبرو أو المكونات الأخرى ولضمان تكوين رؤية متوازنة وكلية. ويمكن أيضاً أن يكون التقييم

المحدود النطاق لنظام الطاقة النووية مفيداً للبلدان المستجدة في أثناء المرحل المتقدمة من تطوير برنامج القوى النووية (يناقش بمزيد من الإسهاب في القسم ٤-٣).

والنوع الثالث من أنواع تقييم نُظم الطاقة النووية، وهو 'التقييم الشامل الكامل النطاق'، يشمل تقييم كل مجالات إنبرو (الاقتصاديات، والنفايات، والأمان، وما إلى ذلك) على مستوى المعايير، والغرض منه هو تحديد مدى استدامة نظام مختار من نُظم الطاقة النووية، بما في ذلك خياراته. وإذا حدد ذلك التقييم ثغرات في برنامج القوى النووية، ينبغي تحديد إجراءات للمتابعة من أجل المضي قدما نحو تحويل نظام الطاقة النووية إلى نظام مستدام للطاقة النووية.

٣-٢- إجراء تقييم شامل وكامل النطاق لنظام الطاقة النووية

يتطلب إجراء تقييم كامل النطاق لنظام الطاقة النووية عموماً استيفاء الشروط المسبَّقة التالية:

- إجراء دراسة لخطط نظام الطاقة من أجل تحديد دور أو مساهمة الطاقة النووية في تلبية الاحتياجات المتوقعة من الطاقة في البلد (أو على المستوى الإقليمي أو العالمي)؛
- تكوين فريق للتقييم؛
- تحديد نظام الطاقة النووية استناداً إلى دور القوى النووية المحدد في خطة نظام الطاقة؛
- تحديد نطاق تقييم نظام الطاقة النووية والغرض منه.

٣-٢-١- تخطيط نظام الطاقة

لا يشكل تخطيط نظام الطاقة جزءاً من تقييم نظام الطاقة النووية في حد ذاته، ولكنه شرط أساسي ينبغي استيفاؤه قبل إجراء التقييم. وينبغي علاوة على ذلك استخدام آخر خطة للطاقة بالنظر إلى أن الطلب المتوقع على الطاقة وخيارات الإمدادات المتاحة تتغيُّر بمرور الوقت. ويحدد تخطيط نظام الطاقة الدور المستقبلي أو المساهمة المحتملة للطاقة النووية في تلبية الزيادة المتوقعة في الطلب على الطاقة في البلد المعني [٩].

وكما يتبيَّن من الشكل ٢ فإن نتائج التقييم الكامل النطاق لنظام الطاقة النووية قد تؤثر على تخطيط نظام الطاقة وقد تتطلب تعديل خطة الطاقة. مثال ذلك أنه يتعين تعديل خطة الطاقة إذا كانت خطة الطاقة تفترض تاريخاً معيَّناً لإدخال الطاقة النووية ولكن تقييم نظام الطاقة النووية يخلص إلى أن إنشاء البنية الأساسية الضرورية يتطلب وقتاً أطول. ويناقش تخطيط نظم الطاقة بمزيد من التفصيل في المرجع [١] (الفصل ٥ من المجلد ١ من دليل إنبرو) والمرجع [٩]. ويمكن الاستعانة بالوكالة في تخطيط نظم الطاقة.

٣-٢-٢- فريق التقييم

يبدأ تقييم نظام الطاقة النووية بتجميع وتدريب الفريق اللازم للتقييم. وكما لوحظ فإن الهدف الأصلي لمنهجية إنبرو هو إجراء تقييم شامل وكلي لنظم الطاقة النووية، مع مراعاة كل مجالات إنبرو، بما في ذلك التدابير المؤسسية (البنية الأساسية) وكل مكونات نظام الطاقة النووية من 'المهد إلى اللحد'، ويشمل ذلك تقييم المفاعل والمرحلة الاستهلالية من دورة الوقود، بدءاً بالتعدين والمرحلة النهائية، بما في ذلك التصرف في النفايات والإخراج من الخدمة.

ويتطلب إجراء ذلك التقييم الشامل الكامل النطاق لنظام الطاقة النووية مشاركة من عدد من الأفراد الذين يتمتعون بخبرة في مختلف مجالات منهجية إنبرو ولديهم بعض المعرفة بالمرافق النووية التي تشمل نظام الطاقة النووية؛ وفريق التقييم مطلوب حتى يمكن النظر في كل المجالات. وهؤلاء الأشخاص في العادة خبراء من المؤسسات الحكومية والجامعات والجمعيات الأكاديمية ومعاهد البحوث. وقد يكون بعض الخبراء أعضاء في فريق التقييم بينما قد يساهم خبراء آخرون في تقييم نظام الطاقة النووية من وقت لآخر حسب ما

تستدعيه الحاجة. على أنه يجب تكليف الأفراد داخل فريق التقييم نفسه بالمسؤولية عن مجال أو أكثر مجالات منهجية إنبرو حتى يمكن تغطية كل المجالات. ولا بد أيضاً من تعيين مدير للفريق أو المشروع يتولى المسؤولية العامة عن تقييم نظام الطاقة النووية. ويتعيَّن على فريق التقييم بلورة فهم مشترك لمنهجية إنبرو ولنظام الطاقة النووية موضوع التقييم، ولنطاق تقييم نظام الطاقة النووية، وللتقييم نفسه حتى يمكن إجراء تقييم متسق وشامل.

والاتصال الفعال مهم بدرجة كبيرة لنجاح تقييم نظام الطاقة النووية، بما في ذلك الاتصالات الداخلية بين أعضاء الفريق، فضلاً عن الاتصالات الخارجية بين الفريق وأمانة مشروع إنبرو [٦]، وبين الفريق ومخططي الطاقة، وبين الفريق والخبراء الآخرين الذين يشاركون في الدراسة أو يقدمون لها معلومات بين الحين والآخر.

٣-٢-٣- تحديد مواصفات نظام الطاقة النووية

كما جاء من قبل فإن تقييم نظام الطاقة النووية يتطلب تحديد مواصفات نظام الطاقة النووية. وقد يكون نظام الطاقة النووية قائماً بالفعل أو من المزمع إنشاؤه. وينبغي من حيث المبدأ أن يشمل ذلك كل المرافق المطلوبة لإنتاج القوى النووية بصرف النظر عما إذا كانت داخل البلد أو خارجه. ومن الأسباب الداعية إلى ذلك معالجة المسائل المثيرة للقلق بشأن احتمال مساهمة البرامج المحلية التي تستخدم مرافق في بلدان أخرى، مثل المرافق التي تورد إمدادات الوقود أو اليورانيوم، في إلحاق أضرار بالبلد المورد وذلك مثلاً في شكل خسائر بيئية. ويشمل نظام الطاقة النووية عدداً من محطات القوى النووية التي ربما يجري بالفعل تشغيل بعضها، وعدد من محطات القوى النووية المزمع دخولها طور التشغيل وفقاً لإطار زمني محدد في خطة الطاقة المرجعية، ودورة الوقود المتصلة بها. ويمكن أن تشمل خيارات نُظم الطاقة النووية أنواعاً مختلفة من المفاعلات ودورات الوقود. ويمكن لفريق التقييم نفسه أن يحدد نظام الطاقة النووية أو يمكن تحديده من خلال دراسة لخطط الطاقة.

٣-٢-٤- نطاق تقييم نظام الطاقة النووية

نوقشت مختلف النطاقات الممكنة لتقييم نُظم الطاقة النووية في القسم ٣-١. ويتطلب إجراء تقييم شامل وكامل النطاق لنظام الطاقة النووية من حيث المبدأ نظاماً كاملاً للطاقة النووية وكل مرافق دورة الوقود من المهد إلى اللحد، وينبغي النظر بتعمق في كل مجالات إنبرو (على مستوى المعايير).

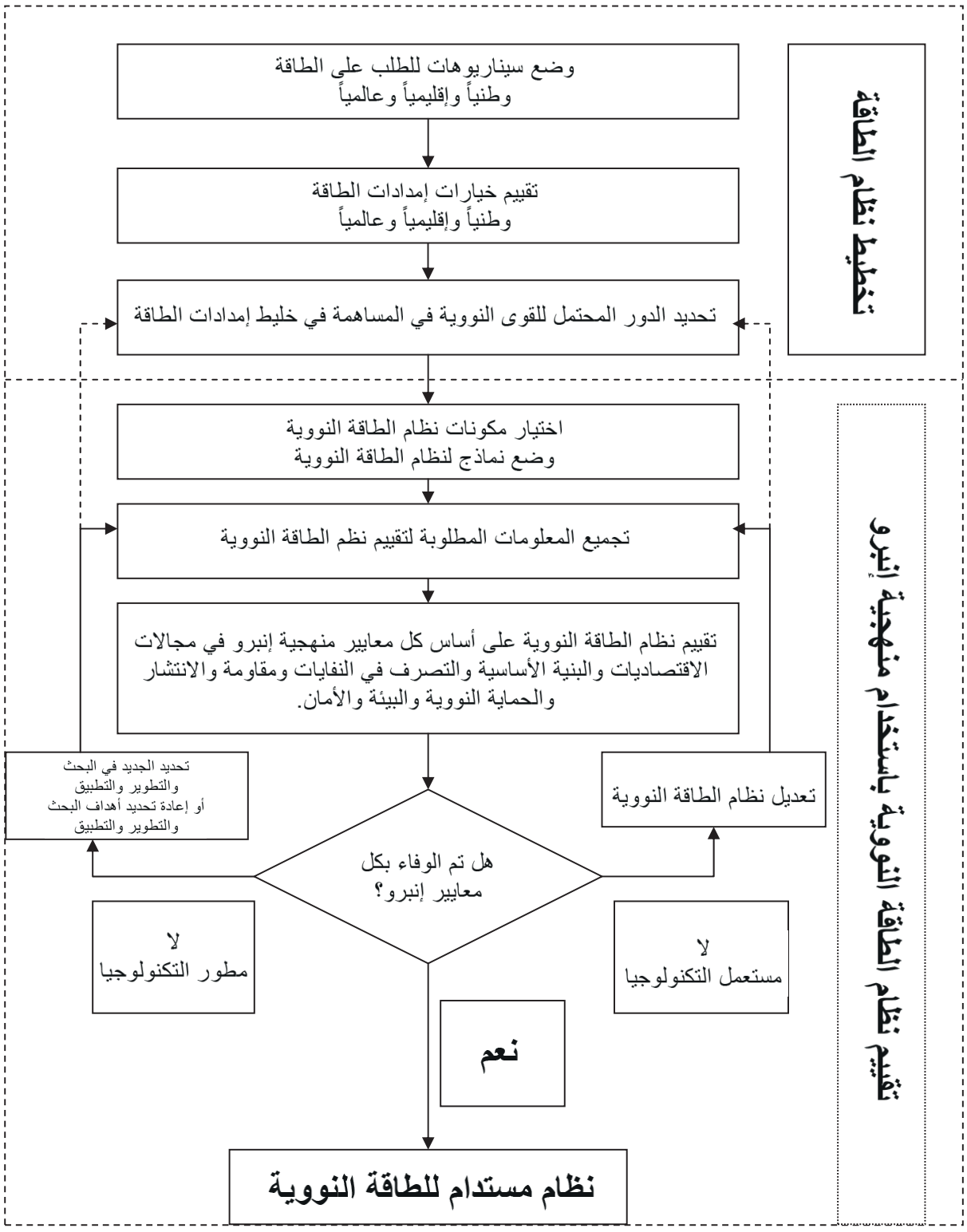
٣-٣- إجراء عمليات تقييم نظم الطاقة النووية

بافتراض إجراء تخطيط لنظام الطاقة على النحو اللازم لتحديد نظام للطاقة النووية (انظر الشكل ٢) وعلى افتراض أن نطاق التقييم المصاحب لذلك محدد على الأقل بصورة أوَّلية، وبافتراض تحديد فريق للتقييم، ينبغي أن يبدأ الفريق بالتعرف على منهجية إنبرو. وينبغي لكل أعضاء الفريق قراءة كل الأقسام ذات الصلة في هذا المنشور وفي المجلد ١ من دليل إنبرو [١]. وينبغي لكل الأشخاص المكلفين بمسؤولية في مجال معيَّن من مجالات منهجية إنبرو دراسة المجلد ذي الصلة بذلك المجال في دليل إنبرو [١].

وينبغي أن يشارك الفريق، كمجموعة، في الجلسات التدريبية التي تقدمها أمانة مشروع إنبرو في إطار مجموعة دعم تقييم نظم الطاقة النووية (انظر القسم ١-٥). وينبغي في إطار ذلك التدريب أن تطرح على المدربين الأسئلة التي يحددها أعضاء الفريق نتيجة لدراستهم الذاتية. ولابد أن يفضي التدريب إلى فهم مشترك لمختلف القضايا. وينبغي أيضاً في أثناء التدريب تحديد مصادر المعلومات المطلوبة لتقييم نظام

(٦) تتولى أمانة مشروع إنبرو المسؤولية عن فريق مشروع إنبرو التابع للوكالة.

الطاقة النووية، بما في ذلك استعراض بنوك معلومات الوكالة. وينبغي الحفاظ على الاتصالات مع فريق مشروع إنبرو التابع للوكالة[٧] في أثناء قيام الفريق بإجراء التقييم، وبخاصة لحسم التساؤلات ومناقشة ما ينشأ من مسائل.



الشكل ٢: خطوات تخطيط نظم الطاقة وتقييم نظم الطاقة النووية على نطاق كامل باستخدام منهجية إنبرو (المجلد ١ من المرجع [١])

(٧) يتخذ فريق الوكالة/إنبرو مقره في مكتب الوكالة في فيينا، النمسا. ويتألف الفريق من خبراء على دراية بمنهجية إنبرو.

٣-٤- إجراءات المتابعة بعد تقييم نظام الطاقة النووية

يسفر التقييم الكامل لنظام الطاقة النووية عن تأكيد استيفاء نظام الطاقة النووية موضوع التقييم لكل معايير منهجية إنبرو ويكون نظام الطاقة النووية في هذه الحالة مستداماً، أو تحديد عدم تلبيته كل المعايير، وبالتالي ينبغي تحديد إجراءات متابعة لمعالجة الثغرات المحددة. وهناك العديد من مسارات العمل الممكنة في هذه الحالة تبعاً لما إن كان القائم بالتقييم مطور للتكنولوجيا أو مستعمل/مطبق للتكنولوجيا.

وفي حالة مطوري التكنولوجيا، يمكن أن تشمل الإجراءات إعادة صياغة أهداف البحث والتطوير أو تحديد المزيد من أنشطة البحث والتطوير والتطبيق الضرورية لنظام الطاقة النووية (أو مكوناته) لتلبية كل معايير منهجية إنبرو على افتراض جاذبية الجوانب الأخرى في نظام الطاقة النووية (أو المكون).

وإذا لم تكن معلومات معيَّنة عن التصميم المطلوب لتقييم معيار منهجية إنبرو غير متاحة في المرحلة الأولى من التطوير، ينبغي تحديد إجراءات لمتابعة الحصول على تلك البيانات في الوقت المناسب. ويناقش القسم ٦ هذه الحالة بمزيد من الإسهاب.

ويعني الخط المتقطع على يسار الشكل ٢ (بين إطار 'تحديد البحث والتطوير والتطبيق' و'تحديد الدور المحتمل للقوى النووية') إمكانية إعادة تحديد دور القوى النووية في خليط الطاقة نتيجة لنجاح البحث والتطوير والتطبيق، ويمكن أن يسفر ذلك مثلاً عن زيادة مساهمة الطاقة النووية.

وفي حالة مستعملي التكنولوجيا، يمكن أن تشمل إجراءات المتابعة ما يلي:

- اختيار نظام بديل للطاقة النووية (أو مرفق نووي بديل) قادر على تلبية كل متطلبات منهجية إنبرو، مثل إنشاء وحدة أصغر (مُحكمة أكثر) تحقق مردوداً اقتصادياً أفضل؛
- تعديل خطط الطاقة النووية، وذلك مثلاً لتأخير إدخال محطات قوى نووية جديدة؛
- قبول نظام الطاقة النووية كمصدر مؤقت مقبول للطاقة ودعوة مطوري التكنولوجيا في الوقت ذاته للابتكار من أجل تحسين أداء المكونات التي يمكن إضافتها أو استبدالها في نظام الطاقة النووية في المستقبل.

وينبغي ألاّ يسفر الافتقار إلى البيانات المتاحة المطلوبة لتقييم معيار منهجية إنبرو تلقائياً عن الحكم بعدم الامتثال لذلك المعيار، وينبغي في تلك الحالة التماس الدعم من أمانة مشروع إنبرو (انظر المناقشة المفصلة في القسم ٥).

ويرتبط الخط المتقطع الواقع إلى يمين الشكل ٢ بالنقطة الثانية أعلاه المتعلقة بتعديل دور القوى النووية في خطة نظام الطاقة.

٣-٥- توثيق عمليات تقييم نظم الطاقة النووية

يتعيَّن توثيق نتائج تقييم نظام الطاقة النووية في تقرير يتضمن معلومات تتعلق على الأقل بما يلي:

- هدف تقييم نظام الطاقة النووية ونطاقه؛
- خطة الطاقة المرجعية قيد النظر والدور المتوقع للقوى النووية؛
- نظام الطاقة النووية المختار للتقييم؛
- النهج العام الذي يسير عليه فريق التقييم؛
- مصادر المعلومات المتعلقة بكل مجال من مجالات منهجية إنبرو في الدراسة؛
- الاستنتاجات العامة التي يتم التوصل إليها بشأن كل مجال من مجالات منهجية إنبرو في الدراسة على مستوى المتطلبات الخاصة بالمستعملين والمبادئ الأساسية، والأساس المنطقي الذي تستند إليه تلك الاستنتاجات؛

— تفاصيل الأحكام التي يتم التوصل إليها بشأن كل معيار من المعايير المقيَّمة والأساس المنطقي الذي تستند إليه تلك الأحكام، ويمكن عرضها في ملحق؛
— التوصيات، بما في ذلك توصيات بشأن الإجراءات المتخذة في حالة تحديد ثغرات؛
— التعليقات المعروضة على فريق مشروع إنبرو التابع للوكالة بشأن عملية التقييم والتوصيات بشان تحسين منهجية إنبرو ومجموعة دعم تقييم نظم الطاقة النووية باستخدام منهجية إنبرو.

٣-٦- استعراض تقييم نظام الطاقة النووية

قد يرغب فريق التقييم بمجرد الانتهاء من الدراسة في عرض تقريره على فريق إنبرو التابع للوكالة لمراجعته. ويوصى في تلك الحالة بمناقشة جدول المحتويات والمعلومات المقرر إدراجها في التقرير في مرحلة مبكرة مع فريق مشروع إنبرو وعرض مسودة التقرير على الفريق لاستعرضها قبل وضع اللمسات الأخيرة على التقرير.

٤ - استخدام منهجية إنبرو في البلدان المستجدة

ينطبق هذا القسم على البلدان المستجدة في المضمار النووي. ويتضمن القسم توجيهات بشأن تطبيق نهج متدرج في استخدام منهجية إنبرو كأداة للتعلم من أجل بناء الوعي بالقضايا النووية الطويلة الأجل وكذلك عند إجراء عمليات تقييم نظم الطاقة النووية.

وتستفيد البلدان المهتمة ببرامج الطاقة النووية المستدامة من رصد الاتجاهات النووية في العالم للوقوف على آثارها المحلية. وقد تستعين البلدان بمستشارين من المؤسسات الحكومية والجامعات والجمعيات الأكاديمية ومعاهدة البحوث فضلاً عن الخبراء الاستشاريين ذوي الخبرة في المجال النووي لدعم اتخاذ القرار على المستوى الرفيع. ويمكن لهؤلاء المستشارين استخدام منهجية إنبرو كأداة لتقييم مدى استدامة نظام الطاقة النووية لمدة تتراوح بين خمسين وأكثر من مائة سنة في المستقبل. وقد تستخدم المنهجية أيضاً كأداة تعليمية في الجامعات والمدارس الفنية التي لديها برامج للقوى النووية أسوة بما هو قائم بالفعل في عدد من الدول الأعضاء في مشروع إنبرو.

ويمكن أيضاً لبناء الوعي عن طريق تطبيق منهجية إنبرو أن يساهم في دراسات الجدوى التي يتم إجراؤها في أثناء صياغة سياسة الطاقة الوطنية. وينبغي أن تبرر تلك السياسة إدراج القوى النووية في نظم إمدادات الطاقة النووية وأن توضح كل خيارات إمدادات الطاقة المخاطر المصاحبة لها. ومن الأساسي لتلك السياسة أن تبحث الجوانب الطويلة الأجل للقوى النووية، مثل التصرف في النفايات، ويستصوب القيام بذلك لضمان القبول العام للقوى النووية على الأجل الطويل.

وتتضمن وثائق منهجية إنبرو في المرجع [١] (القسم ٣-٤- ١ من المجلد ٣ من دليل إنبرو) وصفاً موجزاً للسمات الرئيسية لتلك السياسة. وبالإضافة إلى ذلك فإن جداول المدخلات التي تشكل جزءاً من مجموعة دعم تقييم نظم الطاقة النووية (انظر القسم ١-٥) تتضمن العديد من وصلات إلكترونية بمواقع شبكية تحتوي على نصوص بعدة لغات لسياسات الطاقة النووية الوطنية التي تعَد أمثلة للممارسات السليمة.

٤-١- استخدام نهج متدرج

من المعترف به أن تطبيق منهجية إنبرو في إجراء تقييم كامل النطاق لنُظم الطاقة النووية يمثل جهداً كبيراً في البلدان المستجدة لأنها تركز على إنشاء هياكلها الأساسية النووية الوطنية. ولذلك يُقترح 'نهج متدرج' في تطبيق منهجية إنبرو. والنهج المتدرج في تطبيق منهجية إنبرو يمكن تعريفه بأنه اختيار تقييم

مجموعة معيَّنة من مبادئ إنبرو الأساسية والمتطلبات الخاصة بالمستعملين، والمعايير أفقياً (من خلال التركيز على مجموعة مختارة من مجالات منهجية إنبرو) ورأسياً (عن طريق اختيار عمق تقييم المتطلبات) بما يتناسب مع المعلومات المتاحة لنظام الطاقة النووية، وعدد متطلبات إنبرو التي يرغب المستعملون في تقييمها، ومستوى التفاصيل المنشودة في النتائج والاستنتاجات. ويحدد ذلك مستوى الجهد المطلوب.

ويرتبط التدرج المقترح أساساً بالحالة التي يكون قد وصل إليها تطوير البرنامج الوطني للقوى النووية في البلد المستجد. ويكفي في بداية برنامج القوى النووية التعرف على جوهر منهجية إنبرو (التي يُعبر عنها في رسائل رئيسية وفي خلفية مبادئها الأساسية وكذلك في المتطلبات الخاصة بالمستعملين في كل مجالات إنبرو) لإلقاء نظرة عامة على القضايا الطويلة الأجل المتعلقة بالقوى النووية. ويمكن أن يشكِّل ذلك النشاط جزءاً من 'بناء الوعي' في البلد المعني. ويمكن النظر بمرور الوقت في الكم المتزايد من التفاصيل المنبثقة عن معايير منهجية إنبرو. ويمكن إجراء تقييم محدود النطاق لنظام الطاقة النووية إذا توفرت الموارد البشرية الضرورية في البلد المعني. ويمكن بعد ذلك الشروع في تقييم كامل النطاق لنظام الطاقة النووية في ظل استمرار نضج البرنامج النووي. ويتكون هذا المستوى من النضج في العادة من خلال الخبرة التي يكتسبها البلد في تخطيط محطات القوى النووية واقتنائها وتشغيلها. ولا يعتبر البلد مستعملاً جديداً بمجرد اكتسابه الخبرة في تلك الأنشطة. وتستخدم تطبيقات منهجية إنبرو فلسفة 'التعلم من خلال الممارسة'.

ويتوقف عمق استخدام منهجية إنبرو على نوع المؤسسة المعنية. وينبغي أن تطور الجمعيات الأكاديمية والجامعات والمنظمات البحثية المعلومات الأساسية المستخدمة لدعم التوصيات المعروضة على صناع القرار، وبالتالي تتطلب معرفة مفصلة بالقضايا النووية التي تعالجها منهجية إنبرو. ومن المهم لصناع القرار وكبار مستشاريهم إدراك الجانب الكلي لمنهجية إنبرو، وهو جانب يؤكد الحاجة إلى تلبية الأهداف المحددة في المبادئ الأساسية لكل مجالات منهجية إنبرو من أجل كفالة استدامة برامج القوى النووية.

٤-٢- زيادة الوعي بقضايا الطاقة النووية المستدامة

من أهم الأنشطة التي ينبغي أن يقوم بها أي بلد يُقدم على إنشاء برنامج وطني للطاقة النووية زيادة وعيه بالقضايا الطويلة الأجل ذات الصلة بنظام الطاقة النووية المستدامة. ويمكن استخدام منهجية إنبرو لتحقيق هذا الغرض بفضل نهجها الشامل والكلي.

ويتضمن كل مجلد من المجلدات التسعة التي يتألف منها دليل إنبرو [١] قدراً كبيراً من المعلومات الأساسية[٨] يمكن أن تساعد على تعريف القارئ بالمواضيع المحددة في كل مجال من مجالات منهجية إنبرو. وبالإضافة إلى ذلك فإنه يتضمن إحالات مرجعية لدعم الوثائق. ويمكن في إطار النهج المتدرج أن يتعرف الأشخاص المعنيون ببرامج القوى النووية الذي يشغلون مستويات ملائمة في المؤسسات الوطنية (الأكاديمية على وجه الخصوص) على منهجية إنبرو في المجالات التي يتولون المسؤولية عنها. ويكفي في هذه المرحلة المبكرة من البرنامج فهم المبادئ الأساسية في كل مجال. وسيتعيَّن بعد ذلك في الوقت المناسب بحث التفاصيل المتصلة بالمتطلبات الخاصة بالمستعملين وأخيراً مستويات معايير منهجية إنبرو. وجدير بالملاحظة أن إجراء تقييمات فعلية غير ضروري لبناء الوعي، ولكن تكفي دراسة المعلومات الأساسية في كل مجال. ولا يلزم إصدار وثائق أو تقارير رسمية في إطار هذه الجهود الرامية إلى بناء الوعي ولكن يترك ذلك لكل دولة عضو على حدة.

(٨) من المزمع إعداد منشور جديد منفصل يحتوي فقط على المعلومات الأساسية (المرجع [١]).

٤-٢-١- تكوين الفريق

يمكن أن يتألف الفريق من مجموعة أفراد من الأوساط الأكاديمية والمؤسسات الحكومية ممن لديهم بعض المعرفة الأساسية بكل مجال من مجالات منهجية إنبرو، بما في ذلك الاقتصاديات، والتدابير المؤسسية (البنية الأساسية)، والتصرف في النفايات، ومقاومة الانتشار، والحماية المادية، والبيئة والأمان. وعلى الرغم من أن معرفة تكنولوجيا القوى النووية بالتفصيل ليست ضرورية، ينبغي أن يستفيد البلد من قاعدة معارفه القائمة. وبالتالي إذا كان البلد لديه بالفعل خبرات نووية في مجالات من قبيل تشغيل مفاعلات البحوث فسوف يكون من المفيد الاستعانة بأفراد من تلك البرامج.

٤-٢-٢- نظام الطاقة النووية المحدد

لا يحدد في ذلك النشاط أي نظام بعينه للطاقة النووية حيث يفترض أن كل القضايا النووية تبحث بدون النظر في التصميم المحدد للمرافق النووية.

٤-٢-٣- الدعم المقدَّم من أمانة مشروع إنبرو

كما جاء في القسم ١ -٥ فإن أمانة مشروع إنبرو تقدِّم تدريباً على منهجية إنبرو في إطار مجموعة دعم تقييم نُظم الطاقة النووية. ويمكن إقامة حلقات عمل في البلد المعني لعرض وشرح منهجية إنبرو والتعريف بالمعلومات الأساسية الواردة في دليل إنبرو [١].

٤-٣- التقييم المحدود لنظم الطاقة النووية

تبعاً لطور التطوير الذي يصل إليه البرنامج النووي الوطني ومدى توفر الموارد والقدرات التقنية الوطنية الملائمة يمكن للبلد إجراء تقييم محدود النطاق لنظام الطاقة النووية. وكما جاء في القسم ٢-٣ فإن مجالات منهجية إنبرو السبعة تشمل متطلبات موجَّهة إلى مختلف فئات أصحاب المصلحة في برامج القوى النووية. ومتطلبات منهجية إنبرو في بعض المجالات، مثل الأمان، موجهة أساساً إلى مصممي المرافق النووية. على أن المجالات الأخرى، مثل المجالات التي تتعامل مع التدابير المؤسسية والتصرف في النفايات والاقتصاديات، تنطبق على كل البلدان لأنها موجَّهة إلى المؤسسات المعنية بتطوير برامج القوى النووية (بما فيها الحكومات، والمشغلون، والصناعات الوطنية). ولذلك يستصوب للبلدان المستجدة إجراء تقييم متعمق لهذه المجالات الثلاثة المحددة باستخدام المجلدات ٢ و٣ و٤ من دليل إنبرو [١] على التوالي. وينبغي تغطية كل المجالات الأخرى في منهجية إنبرو بمستوى محدود من العمق لضمان تكوين نظرة متوازنة.

٤-٣-١- مواصفات نظم الطاقة النووية

ينبغي تحديد نظام الطاقة النووية بالمستوى التفصيلي المطلوب للتقييم. ويتضمن دليل إنبرو (القسم ٥-٣ من المجلد ١ من المرجع [١]) توجيهات بشأن تحديد نظم الطاقة النووية. وينبغي أن يتناول تحديد مواصفات نظم الطاقة النووية ما إذا كان سيجري إنشاء نظام كامل ومرافق للتصرف في النفايات داخل البلد موضوع الدراسة، والنظر أيضاً في دورة الوقود المستخدمة. مثال ذلك أنه إذا كان البلد ينظر في استخدام دورة وقود نووي شاملة ولمرة واحدة، يمكن طرح الافتراضات التالية:

- إنشاء المفاعلات ومرافق التصرف في النفايات ذات الصلة والضرورية هي وحدها التي ستقع داخل البلد.
- شراء الوقود من الخارج والتصرف في الوقود المستهلك والنفايات المشعة الأخرى داخل البلد.
- عدم النظر إلاّ في مرافق نظام الطاقة النووية الواقعة داخل البلد.

٤-٣-٢- فوائد عمليات تقييم نظم الطاقة النووية المحدودة النطاق للبلدان المستجدة

يمكن لأي بلد تأكيد استدامة برنامج القوى النووية على الأجل الطويل في نظام توفير إمدادات الطاقة عندما تؤخذ في الاعتبار شروط حدية من قبيل الاقتصاديات، والحاجة إلى أمن الإمدادات، وتوفر مصادر الطاقة البديلة، وما إلى ذلك. ويمكن للبلد تحسين فهم الإجراءات المطلوبة للحفاظ على برنامج للقوى النووية المستدامة من خلال النظر في القضايا الطويلة الأجل المتصلة بالتدابير المؤسسية (البنية الأساسية[٩])، مثل الإطار القانوني، والموارد البشرية، ودور الصناعة الوطنية، والالتزام السياسي، والقبول العام. ويساعد التعامل مع مسألة النفايات النووية على النحو المحدد في منهجية إنبرو البلد على بلورة فهم أفضل للالتزامات الطويلة الأجل المرتبطة بواجباته إزاء التصرف في النفايات والخيارات التي قد تكون متاحة لتخفيف العبء عن كاهل الأجيال المقبلة.

وسوف تزداد معرفة الأشخاص المساهمين في الدراسة بالمواضيع النووية ذات الصلة عن طريق إجراء تقييم لنظام الطاقة النووية. وبالتالي توفر عمليات تقييم نظم الطاقة النووية فرصة من أجل "التعلم بالممارسة".

٤-٣-٣- فريق التقييم المطلوب لتقييم نظام الطاقة النووية المحدود النطاق

يجب عند إجراء تقييم محدود النطاق لنظام الطاقة النووية أن يكون لدى البلد القدرة التحليلية والموارد البشرية اللازمة لجمع البيانات المطلوبة وتحليلها وإدارتها. وعادة ما توجد هذه البيانات في المؤسسات الأكاديمية أو البحثية. وإذا كان نطاق التعمق في تقييم نظام الطاقة النووية مقصوراً على مجالات الاقتصاديات والتدابير المؤسسية (البنية الأساسية) والتصرف في النفايات من بين مجالات منهجية إنبرو فإن ذلك يتطلب في البداية تكوين فريق مؤلف من رئيس للفريق وأفراد من ذوي الخبرة الفنية في تلك المجالات الثلاثة.

وكما ورد في القسم ٣، ينبغي عموماً أن يكون البلد قد أجرى دراسة لتخطيط نظام الطاقة وأن تكون هذه الدراسة قد حدَّدت دور القوى النووية في تلبية الطلب المتوقع على الطاقة في ذلك البلد. ويمكن أن يضم فريق التقييم الخبراء الذين شاركوا في إجراء هذه الدراسة التخطيطية، لأنهم يكتسبون الخبرة الفنية والدراية الملائمة باقتصاد البلد وفهم قدرته الصناعية. ويمكن أيضاً توقع استخدام المعلومات التي يتم تجميعها لدراسة تخطيط الطاقة والمخرجات التي تسفر عنها تلك الدراسة كمدخلات للمساهمة في تقييم نظام الطاقة النووية، لا سيما في مجالي الاقتصاديات والتدابير المؤسسية.

٤-٣-٤- دعم فريق تقييم نظام الطاقة النووية من فريق مشروع إنبرو التابع للوكالة

يتطلب البدء في إجراء تقييم محدود النطاق لنظام الطاقة النووية مشاركة فريق تقييم في جلسات تدريبية تقدمها أمانة مشروع إنبرو كجزء من مجموعة دعم تقييم نظم الطاقة النووية بما يناسب مجالات منهجية إنبرو المتعلقة بالاقتصاديات والتدابير المؤسسية (البنية الأساسية) والتصرف في النفايات (انظر القسم ١-٥). ويمكن في هذه الجلسات التدريبية أن يطرح أعضاء الفريق على المدربين الأسئلة التي يتوصلون إليها من خلال دراستهم الذاتية لدليل إنبرو [١]. ولابد أن يفضي التدريب إلى فهم مشترك للمسائل ذات الصلة. وينبغي أيضاً تحديد مصادر المعلومات المطلوبة لتقييم نظام الطاقة النووية خلال التدريب. ومع مضي الفريق

---

(٩) يتناول المجلد ٣ من المرجع [١] موضوع البنية الأساسية. وبالإضافة إلى ذلك يتضمن المجلدان ٥ و٦ من المرجع [١] المتطلبات المحددة بشأن التدابير المؤسسية لمقاومة الانتشار، والأمن.

قُدماً في التقييم، ينبغي الحفاظ على الاتصال بفريق إنبرو التابع للوكالة، وبخاصة لحسم التساؤلات ومناقشة ما ينشأ من قضايا.

وينبغي بعد انتهاء مرحلة التدريب أن يحدد الفريق الوكالة الحكومية الوطنية المسؤولة عن تخطيط الطاقة والاتصال بتلك الوكالة للحصول منها على معلومات عن خطة الطاقة والدور المحتمل للقوى النووية. ويمكن أيضاً لممثلين من تلك الوكالة الوطنية الاشتراك في عضوية الفريق ولكن ينبغي في حالة عدم اشتراكهم في عضويته أن يبقوا على الأقل متاحين لمساعدة الفريق حسب الحاجة.

٤-٣-٥- إجراء تقييم محدود النطاق لنظام الطاقة النووية

يمكن لفريق التقييم أن يبدأ بدراسة عرض مجمل لمنهجية إنبرو (المجلد ١ من دليل إنبرو [١]) مع التركيز على أسلوب التقييم على النحو المحدد في الفصلين ٤ و٥ من ذلك المنشور. وكما جاء من قبل ينبغي أن ينظر البلد بتعمق في ثلاثة فقط من مجالات منهجية إنبرو ، وهي الاقتصاديات (المحدد في المجلد ٢ من المرجع [١])، والتدابير المؤسسية المحددة أساساً في (المجلد ٣ وجزئياً في المجلدين ٥ و٦ من المرجع [١])، والتصرف في النفايات (المجلد ٤ من المرجع [١]). ومتطلبات منهجية إنبرو في هذه المجالات الثلاثة موجهة بالدرجة الأولى إلى المنظمات المحلية والحكومات والمشغلين والصناعات الوطنية المعنية ببرامج القوى النووية.

وأُعدت بالفعل جداول لوغاريتمات مجالات إنبرو الثلاثة المتعلقة بالاقتصاديات، والتصرف في النفايات، والبنية الأساسية،[١٠]، كجزء من مجموعة دعم تقييم نُظم الطاقة النووية، لتوفير أمثلة لبيانات المدخلات المطلوبة للتقييم.

ويتاح برنامج يعتمد على صحائف إكسل (يسمى أداة الدعم الاقتصادي لتقييم نُظم الطاقة النووية) ويحتوي على كل المعادلات المستخدمة في حساب البارامترات الاقتصادية، من قبيل تكلفة الوحدة الكهربائية على مدار العمر التشغيلي، وأرقام الجدارة المالية، مثل معدل العائد الداخلي، المستخدمة في التحليل الاقتصادي المبيَّن في المرجع [١] (المرفق ألف من المجلد ٢ من دليل إنبرو) للمساعدة على إجراء التقييم الاقتصادي.

وبالإضافة إلى ذلك تشمل مجموعة دعم تقييم نُظم الطاقة النووية جداول إلكترونية تبين قيم المدخلات الضرورية وأمثلة لتلك البيانات (معظمها وصلات بالمواقع ذات الصلة على شبكة الإنترنت). ويمكن للمقيم استخدام تلك الأدوات الداعمة في إجراء دراسة بارامترية لتحديد الشروط الاقتصادية الطويلة الأجل اللازمة لإنشاء نظام مستدام للطاقة النووية في البلد. وتشمل بعض الأمثلة مقارنة تكاليف إنتاج الكهرباء (والتدفئة) من نظام الطاقة النووية بتكاليف مصادر الطاقة البديلة المتاحة في البلد، ومدى جاذبية الاستثمار الطويل الأجل في المنشآت النووية ومدى مقبولية الخطر المصاحب لها. ويمكن للمقيِّم عن طريق فرز البيانات المتاحة من جهات التوريد (مثل بيانات أسعار المنشآت النووية ومواعيد الإنشاء، وما إلى ذلك) أن يؤكد مدى قدرة خيار نظام الطاقة النووية على توفير إمدادات الطاقة في البلد. وفي حالة عدم توفر بيانات من تخطيط نظام الطاقة المحدد في البلد، يمكن أيضاً استخدام بيانات التكلفة المستخدمة في دراسات تخطيط الطاقة المشار إليها في المجلد ٢ من دليل إنبرو [١]، و/أو بيانات التكلفة الواردة في المثال المعروض في الفصل ٤ من المجلد من ٢ من دليل إنبرو. ويمكن بدلاً من ذلك بحث البيانات المستمدة من الدراسات الاقتصادية الشاملة المتاحة في منشورات من قبيل دراسة معهد ماساشوستس [١٢] أو مختلف الدراسات التي نشرتها وكالة الطاقة النووية

---

(١٠) يجري وضع جداول مدخلات مماثلة في كل مجالات إنبرو الأخرى كجزء من مجموعة دعم تقييم نُظم الطاقة النووية.

التابعة لمنظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي (المرجعان [١٣ و١٤]) والرابطة النووية العالمية [١٥].

وإذا كان البلد يبحث عدة خيارات تتعلق بموردي المرافق النووية فإن بالإمكان توقع اهتمام موردي التكنولوجيا المحتملين بتوفير معلومات اقتصادية تمثيلية. وفي هذا السياق، ينبغي توخي الحذر من أجل كفالة تمثيل تكاليف التخلص من النفايات تمثيلاً كافياً في التحليل الاقتصادي ومراعاة عدد محطات القوى التي من المتوقع أن يقوم البلد بنشرها.

ويتألف تقييم مجال التدابير المؤسسة (البينة الأساسية) باستخدام منهجية إنبرو من تحديد ما إذا كانت المؤسسات داخل البلد كافية لضمان استدامة نظام الطاقة النووية وقدرته على التكيُّف مع الاتجاهات العالمية في المستقبل. ويُتوقع بالتالي أن يتصل فريق التقييم بمختلف الإدارات الحكومية (أو الوكالات النووية إن وجدت) لتحديد الوضع الراهن في المجالات ذات الصلة. وتتيح مجموعة دعم تقييم نُظم الطاقة النووية جداول مدخلات إلكترونية (من أمانة مشروع إنبرو) تتضمن وصلات بمواقع على شبكة الإنترنت تحتوي على أمثلة لبنى أساسية نووية راسخة. وسوف تساهم دراسة تلك الأمثلة في بناء المعرفة داخل البلد. وينبغي عدم الخلط بين هذا النشاط ونهج المعالم الأساسية [١٦] الذي يضع خارطة طريق لتطوير البنية الأساسية الضرورية لأول محطة للقوى النووية في البلد وأسلوب لإجراء تقييم رسمي لمدى تقدمه نحو تحقيق هذا الهدف.

وفي مجال التصرف في النفايات، يطلب عموماً من فريق التقييم إجراء تقييم لواقع الحال في البلد. ويرتبط بعض متطلبات منهجية إنبرو في هذا المجال بحالة المرافق العاملة للتصرف في النفايات، بينما تهتم متطلبات أخرى اهتماماً أكبر بحالة التخطيط. ونظراً لاستبعاد وجود مرافق مهمة للتصرف في النفايات لدى البلد المستجد فإن على فريق التقييم أن يعنى بحالة التخطيط في أول تقييم يقوم بإجرائه؛ ويتوقع أن يتصل فريق التقييم بمختلف الإدارات الحكومية لتحديد ذلك. وتوجد في مجال التصرف في النفايات جداول مدخلات إلكترونية مماثلة للجداول المبيَّنة أعلاه في مجال الاقتصاديات والتدابير المؤسسية (البنية الأساسية). وسوف يزيد التقييم في مجال التصرف في النفايات الحاجة إلى النظر في مسائل الاستدامة على الأجل الطويل للتقليل إلى أدنى حد من العبء الملقى على عاتق الأجيال المقبلة.

٤-٣-٦- توثيق عمليات تقييم نظم الطاقة النووية

ينبغي اتباع الخطوط التوجيهية الواردة في القسم ٣-٢ عند توثيق عمليات تقييم نظم الطاقة النووية المحدودة النطاق. وتركز هذه الوثائق على المجالات التي سيجري تقييمها بتعمق، وينبغي أيضاً فحص مجالات إنبرو الأخرى لكفالة تكوين صورة كلية ومتوازنة.

٤-٤- تطبيقات تقييم نظم الطاقة النووية في المستقبل

بعد أن يكون البلد قد اكتسب الخبرة في تخطيط محطات القوى النووية واقتنائها وتشغيلها يمكن لصناع القرار فيه أن يقرروا أنه اكتسب معرفة بالقوى النووية تكفي لإجراء تقييم شامل وكامل النطاق لنظام الطاقة النووية. ويرد وصف عام لذلك في القسم ٣-٢ ويتناوله القسم ٥ بمزيد من التفصيل.

٤-٥- العلاقة بين أدوات تخطيط نظم الطاقة ومنهجية إنبرو ونهج المعالم الأساسية في البلدان المستجدة

يتناول هذا القسم العلاقة بين تخطيط نظام الطاقة [٩]، ومنهجية إنبرو [١] ونهج المعالم الأساسية [١٦]. ويشكل تخطيط نظام الطاقة وتقييم نظام الطاقة النووية أداتين لتناول اعتبارات القوى النووية على الأجل البعيد، بينما يرتبط نهج المعالم الأساسية بالأنشطة على الأجل القريب.

٤-٥-١- تخطيط نظم الطاقة

ينبغي أن تكون أول خطوة في أي برنامج جديد للقوى النووية إجراء دراسة لخطط نظام الطاقة [٩]. وإذا كانت هذه الدراسة تشير إلى دور واضح (في المستقبل) للقوى النووية في نظام إمدادات الطاقة في البلد فإن الخطوة المنطقية التالية تتمثل في تعريف فريق مؤلف من مستشاري صناع القرار في البلد بالقضايا الرئيسية المتعلقة بالقوى النووية. وسوف يتعيَّن بعد ذلك على هؤلاء المستشارين (الذين يفترض أنهم ينتمون إلى جمعيات أكاديمية ومؤسسات بحثية) ضمان إحاطة صناع القرار بمعلومات كافية عن تلك القضايا وآثارها والحاجة إلى إدخال تعديلات على البرنامج الوطني في المستقبل.

٤-٥-٢- منهجية إنبرو والمستعملون المستجدون

يمكن للمستشارين بناءً على ما سبق استعمال منهجية إنبرو الموثقة في المرجع [١] لبناء الوعي بقضايا الطاقة النووية الطويلة الأجل كما جاء في القسمين ٤-١ و٤-٢. ويمكن لذلك النشاط الذي يرمي إلى بناء الوعي أن يساعد على فهم الإجراءات المطلوبة للاستعداد للاتجاهات العالمية في دورة الوقود النووي، مثل تزويد البنى الأساسية بأكبر قدر ممكن من المرونة التي تساعدها على التكيُّف مع تلك الاتجاهات في المستقبل.

وبعد أن يقطع البلد المستجد شوطاً معقولاً في برنامجه ويكون قد اكتسب بذلك مستوى كافياً من المعرفة بالقضايا النووية يمكن تحقيق فوائد إضافية من خلال إجراء تقييم محدود النطاق لنظام الطاقة النووية. وينطبق ذلك بالتأكيد على الحالة بعد النجاح في بدء أول محطة للقوى النووية. ويتوقف إجراء تقييم محدود النطاق لنظام الطاقة النووية على الموارد البشرية المتاحة والخبرة الفنية في البلد.

ويُعَدّ البلد ملماً بالمعرفة اللازمة وقادراً إجراء تقييم شامل وكامل النطاق لنظام الطاقة النووية بعد أن يكون قد اكتسب الخبرة في التخطيط لمحطة القوى النووية واقتنائها وتشغيلها.

٤-٥-٣- نهج المعالم الأساسية

يتطلب إدخال أول محطة للقوى النووية في بلد ما معالجة جملة مسائل تتعلق بالبنية الأساسية. ويعرض المرجعان [١٦، و١٧] نهجاً منظماً يسمى 'نهج المعالم الأساسية' يبين كيفية إنشاء بنية أساسية كافية لأول محطة للقوى النووية. ويوفر نهج المعالم الأساسية توجيهات عملية لصناع القرار بشأن تطوير برامج القوى النووية الوطنية على الأجل القريب (في غضون ما يتراوح بين ١٥ و٢٠ سنة). ووفقاً لهذا النهج، ينبغي تركيب أول محطة للقوى النووية على ثلاث مراحل ينتهي كل منها بمعلم أساسي. ويتم بلوغ المعلم الأساسي الأول عندما يكون البلد جاهزاً للالتزام الواعي ببرنامج للقوى النووية، ويتم بلوغ المعلم الأساسي الثاني عندما يكون البلد جاهزاً لطلب تقديم عروض لأول محطة للقوى النووية، والثالث عندما يكون جاهزاً لإدخال أول محطة للطاقة النووية في الخدمة وتشغيلها. وحُددت في كل مرحلة من هذه المراحل الثلاث ١٩ مسألة (انظر الجدول ١) لابد أن ينظر فيها البلد المستجد. وتشمل كل مسألة من هذه المسائل التسع عشرة شروطاً محددة لمساعدة البلدان على تحديد كيفية بلوغ كل معلم من المعالم الأساسية الثلاثة (انظر الشكل ٣).

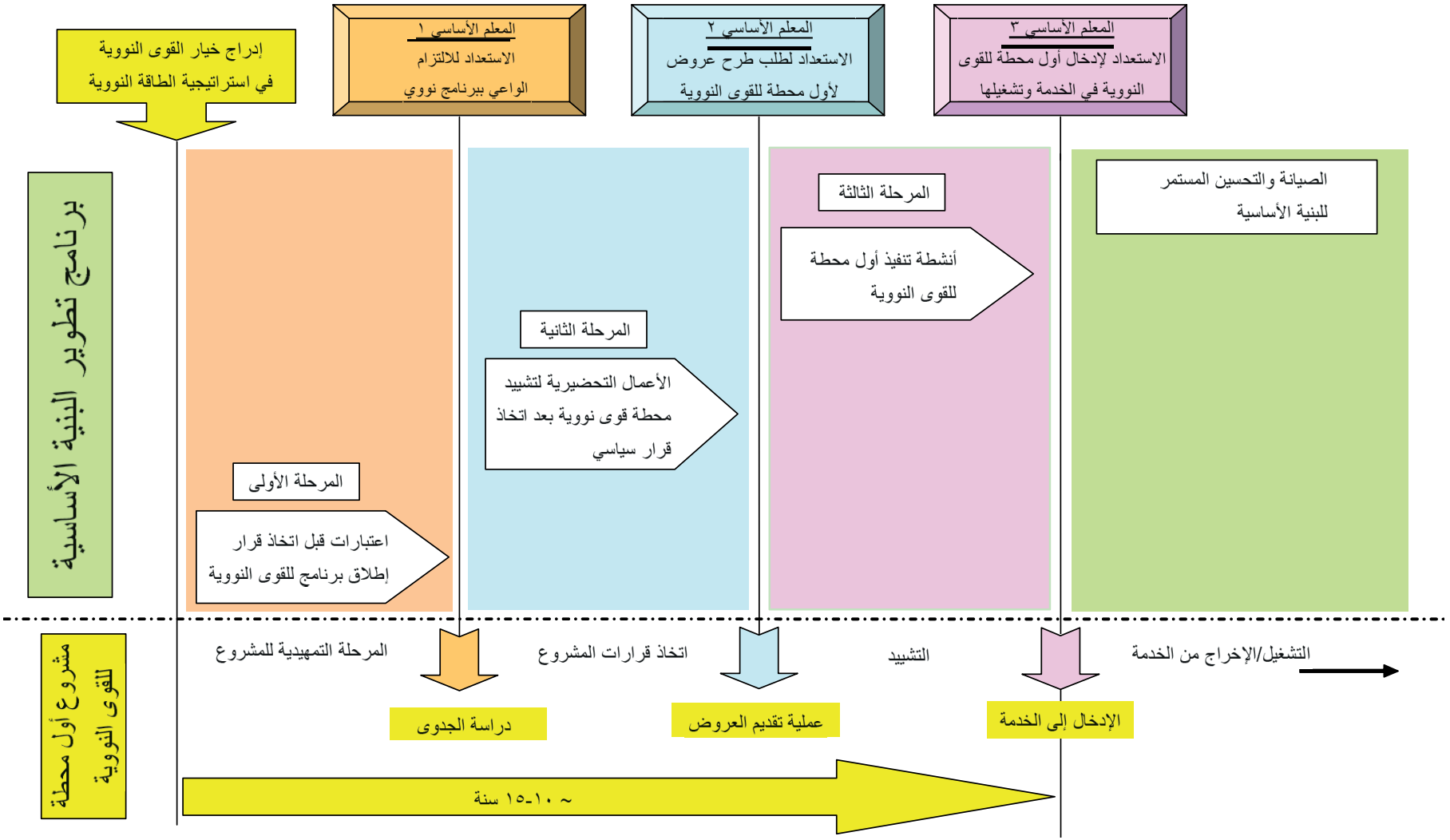
وتنسق مجموعة البنى الأساسية النووية المتكاملة دعم الوكالة للدول الأعضاء في مجال تطوير البنية الأساسية النووية (http://www.iaea.org/NuclearPower/Infrastructure/) . ويقدَّم الدعم أساساً من خلال:

- وضع وثائق الخطوط التوجيهية؛
- المساعدة على إجراء التقييمات الذاتية؛
- إيفاد بعثات لاستعراض البنى الأساسية النووية المتكاملة؛
- برنامج الوكالة للتعاون التقني؛

— حلقات العمل الإقليمية والدولية بشأن القضايا المتعلقة بتطوير البنية الأساسية.

الجدول ١: القضايا التي ينطوي عليها تطوير بنية أساسية وطنية للقوى النووية

• الموقف الوطني	• تنمية الموارد البشرية
• الأمان النووي	• اشتراك أصحاب المصلحة
• الإدارة	• الموقع ومرافق الدعم
• الأموال والتمويل	• حماية البيئة
• الإطار التشريعي	• التخطيط للطوارئ
• الضمانات	• الأمن والحماية المادية
• الإطار التنظيمي	• دورة الوقود النووي
• الحماية من الإشعاع	• النفايات المشعة
• شبكة الكهرباء	• دور الصناعة
	• الشراء



الشكل ٣: المعالم الأساسية في تطوير بنية أساسية وطنية للقوى النووية

وتمثل بعثات استعراض البنية الأساسية النووية المتكاملة استعراضات نظيرة خارجية منسَّقة يجريها فريق من خبراء دوليين بناءً على طلب الدول الأعضاء. وهذه البعثات يمكن استخدامها لتقييم حالة التقدم الذي يحرزه بلد ما في تنفيذ برنامجه للقوى النووية باتباع نهج المعالم الأساسية.

٤-٥-٤- استنتاجات

يعرض الشكل ٤ صورة مبسَّطة للعلاقة بين أدوات تخطيط نُظم الطاقة وعمليات تقييم نُظم الطاقة النووية ونهج المعالم الأساسية بالنسبة للبلدان المستجدة. ويبين الشكل أن تخطيط نظام الطاقة ومنهجية إنبرو أداتان لمعالجة الاعتبارات الطويلة الأجل المرتبطة باستدامة نظم الطاقة النووية. وينطوي نهج المعالم الأساسية على أنشطة في المدى القريب، وهي أنشطة مطلوبة لتنفيذ أول محطة للقوى النووية ولتزويد البلد بمنهجية منظمة لتقييم مدى استعداده لتنفيذ برنامج نووي سلمي بأمان وأمن وكفاءة. ويتضح من الشكل أيضاً أن تخطيط نظام الطاقة يساهم بالمدخلات اللازمة لمنهجية إنبرو ونهج المعالم الأساسية.

وينبغي تأكيد تفاوت المدى الزمني في تلك الأدوات الثلاث. وينظر نهج المعالم الأساسية بالدرجة الأولى إلى الفترة الزمنية من بداية اتخاذ قرار بشأن استطلاع إمكانية إدخال الطاقة النووية في الشبكة الوطنية حتى البدء في أول محطة للقوى النووية، وهي عملية قد تستغرق ٢٠ سنة. وأما تخطيط نظام الطاقة، وهو نشاط متواصل، فيستشرف في العادة ٣٠ سنة في المستقبل. وينبغي أن يغطي تقييم نظام الطاقة النووية دور القوى النووية وما يصاحبها من أنشطة نووية على امتداد فترة تتراوح بين ٥٠ و١٠٠ سنة في المستقبل، أو على الأقل حتى نهاية القرن الحادي والعشرين، ويمكن إجراؤه دورياً بعد إنشاء أول محطة للقوى النووية ودخولها الخدمة.

٥ - عمليات تقييم نظم الطاقة النووية التي يجريها مستعملو التكنولوجيا المتمرسون

ينطبق هذا القسم على البلدان التي لديها خبرة في استعمال التكنولوجيا.

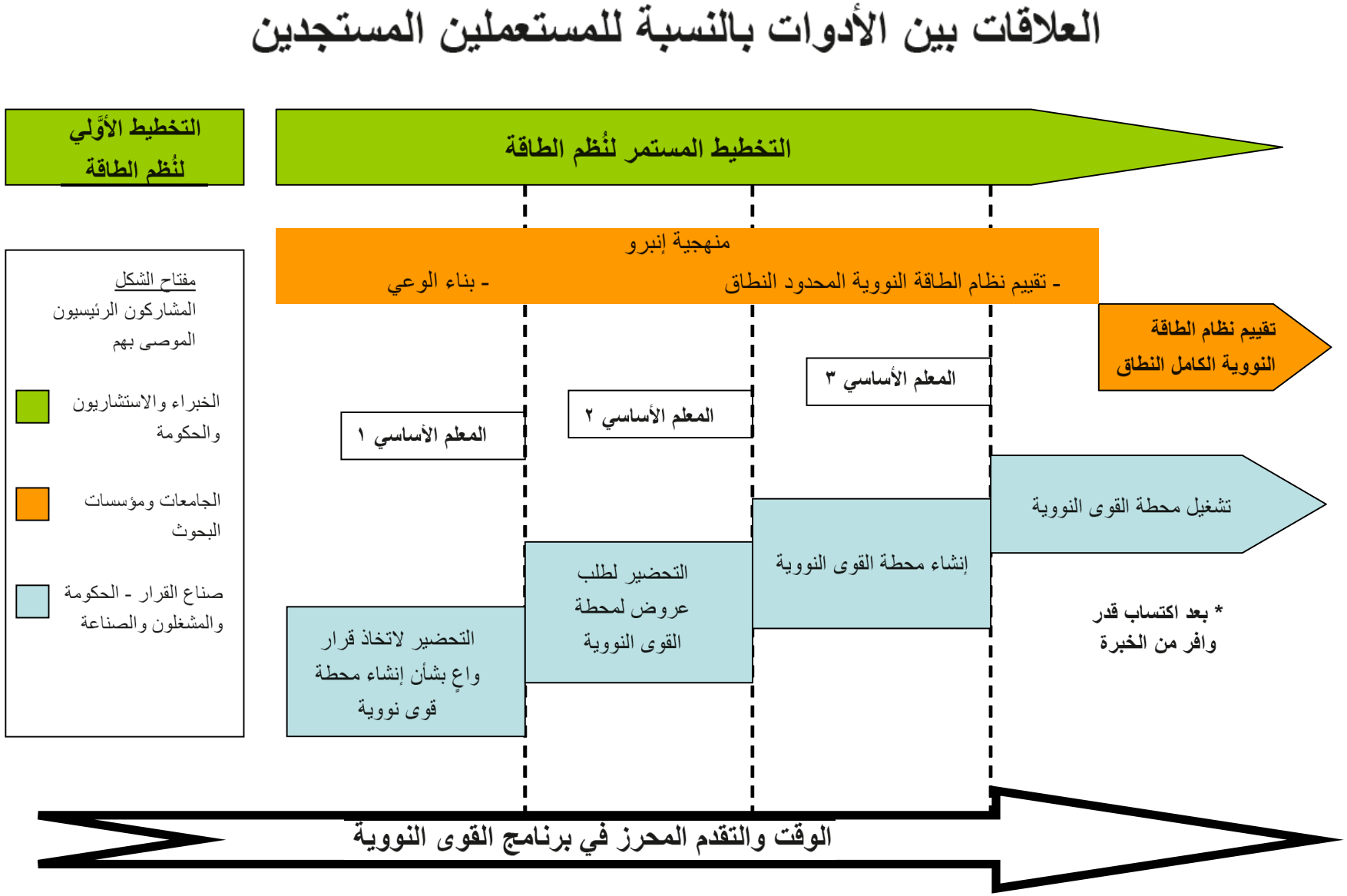
٥-١- فوائد إجراء تقييم لنُظم الطاقة النووية بالنسبة للمستعملين المتمرسين

يمكن لمستعملي التكنولوجيا المتمرسين (البلدان التي لديها برامج قوى نووية راسخة) استعمال منهجية إنبرو لفحص نظم الطاقة النووية عند النظر في الإبقاء على نظم الطاقة النووية القائمة أو توسيعها، وذلك مثلاً باستبدال المحطات التي خرجت من الخدمة أو نشر محطات أكثر للقوى النووية لتحديد ثغرات الاستدامة الطويلة الأجل. وإذا حُددت الثغرات، يمكن للمستعمل اقتراح إجراءات متابعة لمعالجة تلك الثغرات؛ وهي إجراءات يمكن للمستعمل اتخاذها أو قد يتعيَّن معالجتها من جانب مورد التكنولوجيا.

ويمكن أيضاً لمستعملي التكنولوجيا المتمرسين استخدام منهجية إنبرو لتقييم مدى جاهزية (نضج) نظم معينة من نظم الطاقة النووية أو مكون من المكونات التي يمكن النظر في نشرها مستقبلاً. ومن الممكن أيضاً استخدام منهجية إنبرو لمقارنة خيارات التكنولوجيا وتحديد المزايا والمساوئ النسبية لمختلف الخيارات للمساعدة في تحديد الخيار المفضل.

وفيما يلي الفوائد التي تعود على مستعملي التكنولوجيا المتمرسين من استخدام منهجية إنبرو:

- توفير قاعدة منهجية وشاملة لتقييم الخيارات؛
- كفالة مراعاة كل القضايا المهمة من خلال النظر في كل المكونات وكل المجالات وبالتالي تجنُّب المزالق؛
- تحديد الثغرات التي يتعيَّن سدها بمرور الوقت لتحويل نظام الطاقة النووية إلى نظام مستدام؛
- تحديد مجالات التآزر المحتملة بين مختلف مجموعات نُظم الطاقة النووية.


العلاقات بين الأدوات بالنسبة للمستعملين المستجدين
التخطيط الأوَّلي لنُظم الطاقة
التخطيط المستمر لنُظم الطاقة
منهجية إنبرو
- بناء الوعي
- تقييم نظام الطاقة النووية المحدود النطاق
تقييم نظام الطاقة النووية الكامل النطاق
مفتاح الشكل
المشاركون الرئيسيون الموصى بهم
الخبراء والاستشاريون والحكومة
الجامعات ومؤسسات البحوث
صناع القرار - الحكومة والمشغلون والصناعة
المعلم الأساسي ١
المعلم الأساسي ٢
المعلم الأساسي ٣
التحضير لاتخاذ قرار واعٍ بشأن إنشاء محطة قوى نووية
التحضير لطلب عروض لمحطة القوى النووية
إنشاء محطة القوى النووية
تشغيل محطة القوى النووية
* بعد اكتساب قدر وافر من الخبرة
الوقت والتقدم المحرز في برنامج القوى النووية

٥-٢- مواصفات نظام الطاقة النووية ونطاق تقييم نظام الطاقة النووية وفريق التقييم

يفترض أن البلدان التي لديها خبرة في استعمال التكنولوجيا ترغب في إجراء تقييم لنُظم الطاقة النووية لغرض محدد. وهذا الغرض يحدد نطاق التقييم، مثل مجالات منهجية إنبرو التي يتعيَّن تغطيتها، وتحديد مكونات نظام الطاقة النووية والمرافق التي سيشملها نظام الطاقة النووية. والبلد الذي لديه خبرة في استعمال التكنولوجيا هو تحديداً البلد الذي:

— يحوز ويشغل محطة واحدة على الأقل من محطات القوى النووية لمدة زمنية طويلة، وربما عدة محطات؛
— لديه برنامج جارٍ وخبرة على جانب كبير من العمق في مجالات العمليات وشراء الوقود وربما التصنيع، والتصرف في النفايات وإصدار التراخيص.

وتحديداً فإن ذلك البلد ليس مطوراً لتكنولوجيا الطاقة النووية على الرغم من أنه قد يتمتع أو لا يتمتع ببعض المقدرة في المرحلة الاستهلالية لدورة الوقود، ومن المؤكد أن لديه بعض الخبرة ذات الصلة بالتصرف في النفايات النووية. ويوجد أيضاً لدى ذلك البلد بنية أساسية متطورة بشكل جيد ويتوقع أن يفي بمعظم متطلبات منهجية إنبرو في مجال التدابير المؤسسية (البنية الأساسية).

مثال ذلك أن البلد المستعمل قد يكون لديه عدد من المحطات النووية العاملة وكذلك محطات قوى أخرى (الطاقة الكهرومائية والأحفورية) وقد يرغب في إجراء تقييم لنُظم الطاقة النووية القائمة لديه للوقوف على مدى توفر مقومات الاستدامة للنظام القائم لتمكينه مثلاً من المساهمة في مناقشات السياسات بشأن خيارات الطاقة المستدامة للبلد. يتألف نظام الطاقة النووية الوطني في هذه الحالة من عدد محدود من المكونات، وهذه المكونات هي المفاعلات ومرافق التصرف في النفايات داخل البلد، بالإضافة إلى أي مكونات استهلالية داخل البلد، مثل تعدين اليورانيوم وصنع الوقود. ولكي يكتمل التقييم، لابد من معالجة كل المجالات، بما في ذلك التدابير المؤسسية (البنية الأساسية) حتى وإن بدا لأول وهلة أن هناك ما يدعو إلى القلق بشكل خاص إزاء مجال آخر محدد من مجالات منهجية إنبرو لسبب أو لآخر. وبالنظر إلى أن الاهتمام الرئيسي ينصب على مسألة الاستدامة من المتوقع أن يشمل التقييم أي مرافق استهلالية أو ختامية والعمليات الواقعة خارج البلد حتى تكتمل الصورة.

ومن الأمثلة الأخرى البلدان التي تنظر في نشر وحدات نووية إضافية. وفي تلك الحالة قد ينصّب الاهتمام الرئيسي للمستعمل على المسائل المتصلة بنشر وحدات إضافية، بما في ذلك مثلاً الاعتبارات الاقتصادية والاعتبارات البيئية والآثار المترتبة على التصرف في النفايات والآثار المتعلقة بالمرحلة الاستهلالية لدورة الوقود. ولذلك قد يشمل نطاق تقييم نظام الطاقة النووية في ذلك البلد كل مجالات منهجية إنبرو، وقد يشمل المفاعلات القائمة والمفاعلات الجديدة المقترحة، ومرافق المرحلة الاستهلالية، ومرافق التصرف في النفايات المطلوبة لإدارة النفايات الناتجة عن نظام الطاقة النووية. وتشمل أيضاً التدابير المؤسسية (البنية الأساسية) استعراض الوضع الراهن للبنى الأساسية النووية الوطنية وبالتالي معالجة مسائل من قبيل الحاجة إلى موظفين إضافيين مدرَّبين على تشغيل المفاعلات الجديدة وتقديم الإشراف من السلطة التنظيمية.

ويمكن في أي من الحالتين افتراض إمكانية حصول البلد على الخبرة المحلية في كل مجالات منهجية إنبرو ويمكنه بالتالي تكوين فريق للتقييم يتمتع بالخبرة الضرورية للنظر في كل مجالات منهجية إنبرو. ولا بد أيضاً لذلك البلد أن يكون على دراية بالمنظمات النووية الدولية، مثل الوكالة الدولية للطاقة الذرية، وأن يكون مطلعاً على منشوراتها.

ونفترض في سائر هذا القسم، لأغراض التوجيه، مجموعة محددة من الظروف استناداً إلى المثال الثاني المذكور أعلاه. وبذلك يفترض أن مستعمل التكنولوجيا المتمرس هو بلد لديه هيئة واحدة أو أكثر من هيئة تشغِّل عدداً من الوحدات النووية التي سيصل بعضها إلى نهاية عمره التشغيلي في غضون مدة التخطيط. والغرض من إجراء تقييم لنظام الطاقة النووية هو المساهمة بمدخلات في مناقشات السياسات بشأن ما إذا كان ينبغي للبلد دعم الاستخدام المستمر والمتزايد للقوى النووية.

وبالنظر إلى أن بعض المحطات العاملة حالياً تقترب من نهاية أعمارها التشغيلية فإن تقييم نظام الطاقة النووية يهتم ببحث مسألة إحلال المحطات القديمة وإضافة محطات جديدة. والغرض من التقييم هو تغطية كل مجالات منهجية إنبرو ونظام الطاقة النووية الذي يتألف من محطات القوى النووية، والمرافق الاستهلالية (التعدين، والتحويل، والإثراء، وصنع الوقود) وكل المرافق ذات الصلة بالتصرف في النفايات. ويفترض أيضاً على سبيل المثال أن (التعدين والتحويل والإثراء وصنع الوقود) وكل المرافق ذات الصلة بالتصرف في النفايات. ويفترض أيضاً على سبيل المثال أن التعدين والتحويل ومرافق الإثراء تقع خارج البلد المستعمل (مرافق خارجية) وأن المرافق تشتري ما يقرب من ٥٠ في المائة من وقودها من مصنعي الوقود المحليين على أساس عقود توريد طويلة الأجل، و٥٠ في المائة تقريباً من مصنعي الوقود الخارجيين بموجب عقود توريد قصيرة الأجل. ويتمتع البلد ومرافقه بخبرة راسخة في التخطيط، والاقتصاديات، والشؤون التنظيمية، وإصدار التراخيص، والتقييم البيئي، والشراء، والتجهيز المؤقت للنفايات المشعة وتخزينها، فضلاً عن التخزين المؤقت للوقود المستهلك، وما إلى ذلك. وبعبارة أخرى فإن هناك قاعدة واسعة من الخبرة التي يمكن التعويل عليها في إجراء تقييم لنظام الطاقة النووية.

وينبغي أن يتناول التقييم كل مجالات منهجية إنبرو. وحتى عندما توجد لدى ذلك البلد بالفعل بنية أساسية محددة بشكل جيد ينبغي أن يشمل التقييم أيضاً مجال منهجية إنبرو ذي الصلة لضمان عدم ترك أي مسائل معلَّقة، وكذلك لبحث آثار التوسيع الممكن لأسطوله النووي باستخدام البنية الأساسية الوطنية، بما في ذلك الموارد البشرية والتدريب وغير ذلك.

ويتطلب إجراء التقييم تكوين فريق مؤلف من رئيس للفريق وأعضاء يتمتعون بالخبرة في كل مجال من مجالات منهجية إنبرو. وهناك مجموعة متنوعة من النُهج التي يمكن اتباعها عند إنشاء ذلك الفريق. مثال ذلك أن الفريق يمكن أن يجمع بين كبار الموظفين من الإدارات الحكومية والأوساط الأكاديمية وممثلي الجمعيات المهنية ذات الصلة. ويمكن دعم هؤلاء الموظفين بموظفين مبتدئين يكلفون بمهمة تجميع المعلومات التي يستعرضها فريق التقييم نفسه. على أن الفريق يحتاج إلى رئيس قوي يتولى إدارة المشروع ويعمل بشكل متفرغ تقريباً، ويتعيَّن تكليف شخص واحد على الأقل في الفريق بالمسؤولية الرئيسية عن كل مجال من مجالات منهجية إنبرو.

٥-٣- إجراء عمليات تقييم نظم الطاقة النووية

كما جاء في القسم ٣-٢ فإن نقطة الانطلاق في إجراء تقييم لنُظام الطاقة النووية هي خطة نظام الطاقة التي تحدد دور الطاقة النووية وتستخدم بالتالي في تحديد نظام الطاقة النووية الذي سيجري تقييمه.

ويمكن لفريق التقييم أن يعمل بعدة طرق. فإذا كان الفريق يتألف مثلاً من أعضاء متفرغين ولديه موظفون متخصصون في الدعم فإن بإمكانه أخذ زمام المبادرة في تجميع المعلومات المطلوبة لإجراء التقييم. وسوف يحتاج عند القيام بذلك إلى معلومات من مختلف المنظمات التي يتألف منها المجتمع النووي المحلي، مثل هيئة المرافق والجهة المنظمة، والجهة المسؤولة عن صنع الوقود، والإدارات الحكومية المختصة، وما إلى ذلك. والنهج الآخر الذي يمكن للفريق اتباعه هو أن يطلب من مختلف المنظمات التي يتألف منها المجتمع النووي المحلي تقديم دراسات تقيِّم مجالات بعينها. مثال ذلك أنه يمكن للفريق أن يطلب من هيئة المرافق تقييم قدرة الطاقة النووية على المنافسة الاقتصادية باستخدام المعايير ومتطلبات المستعملين في مجال الاقتصاديات

المحدد في منهجية إنبرو. وبصرف النظر عن النهج المتبع فسوف يلزم استخدام مدخلات من منظمات خارجية، بما في ذلك الحصول على دعم من المنظمات الخارجية التي تقدِّم خدمات الإثراء والتحويل وصنع الوقود للمرافق والحصول على دعم من الوكالة.

وللشروع في العمل سيتعيَّن على الفريق بمجرد تكوينه أن يحدد أسلوب عمله وسيتعيَّن عليه التعرف على منهجية إنبرو عن طريق قراءة هذه الوثيقة والمجلد ١ من دليل إنبرو [١]. وسيتعيَّن أيضاً على كل عضو من أعضاء الفريق المسؤولين عن مجالات معيَّنة من مجالات منهجية إنبرو قراءة المجلد الذي يعنيهم من دليل إنبرو [١] والذي يتحملون المسؤولية عنه. وكما جاء في القسم ١-٥ من المتوقع أن تتاح مجموعة دعم تقييم نُظم الطاقة النووية في الوقت المناسب. وسوف تشمل هذه المجموعة أمثلة لعمليات تقييم نُظم الطاقة النووية الكاملة النطاق. ولا تتاح حالياً أمثلة كافية من الوثائق التفصيلية، ولكن ينبغي على الفريق استعراض تلك الأمثلة بمجرد توافرها.

ويتعيَّن على الفريق في مرحلة مبكرة من العملية أن يجتمع عدة مرات لكفالة تكوين فهم مشترك لمنهجية إنبرو والاتفاق على النهج الذي سيسير عليه في إجراء التقييم، ولتحديد الجهات التي سيتصل بها داخل المجتمع النووي المحلي، وما إلى ذلك. وينبغي أيضاً الاتصال بفريق مشروع إنبرو التابع للوكالة منذ البداية واستمرار ذلك الاتصال في أثناء إجراء التقييم من أجل معالجة القضايا والمسائل ذات الصلة وضماناً للمساعدة، عند اللزوم، في الحصول على المعلومات من المنظمات الخارجية.

وحالما يتعرف الفريق على منهجية إنبرو والمهام المكلَّف بها، يتعيَّن عليه أن يقرر ما إن كان ينبغي أن يشارك في عملية تدريبية مع فريق مشروع إنبرو التابع للوكالة. وبصرف النظر عن هذا القرار، لا بد أن يتصل رئيس الفريق بأمانة مشروع إنبرو ويؤكد استخدام فريق التقييم لأفضل المعلومات المتاحة، أي آخر نسخة من دليل إنبرو [١]، وأحدث قاعدة بيانات تتعلق بمنهجية إنبرو، وغير ذلك. وكما لوحظ في القسم ٧ من هذا المنشور فإن دليل إنبرو [١] سيراجع في الوقت المناسب. وينبغي أن يراعي فريق التقييم هذه المعلومات المحدَّثة في تقييمه لنظام الطاقة النووية.

وبينما يسير العمل قُدماً في تقييم نُظم الطاقة النووية من المهم لفريق التقييم الاحتفاظ باتصالات مستمرة بين أعضاء الفريق، وذلك مثلاً عن طريق عقد اجتماعات استعراضية منتظمة لبلورة فهم متسق ومتكامل لعملية الاستعراض نفسها وللنتائج التي يتم التوصل إليها. ويتحمل فريق التقييم المسؤولية عن جودة التقييم وتوثيقه.

٥-٤- مصادر المعلومات

يفترض، كما جاء في القسم ٥-٢، أن التقييم يتعلق بنظام للطاقة النووية يشمل مرافق يجري تشغيلها بالفعل، فضلاً عن محطات قوى نووية جديدة سيجري تركيبها وتشغيلها في البلد. ولابد في حالة المرافق القائمة سواء أكانت داخل البلد نفسه أو في بلد آخر (يفترض إجراء عمليات التعدين والتحويل والإثراء وبعض عمليات صنع الوقود خارج البلد) أن يتاح قدر كبير من المعلومات المطلوبة للتقييم.

مثال ذلك أن المرافق المحلية لديها معلومات مطلوبة للتقييم، وهذه المعلومات تتعلق بتكاليف العمر التشغيلي لمحطات القوى النووية القائمة وغيرها من أنواع المحطات الجاري تشغيلها، ومعدلات الخصم المستخدمة في تحليلاتها الاقتصادية، وغيرها. وينبغي أيضاً أن تتاح معلومات من المرافق وجهات صنع الوقود المحلية بشأن إطلاق المواد والأداء البيئي، وما إلى ذلك. وينبغي أن تكون ممارسات التصرف في النفايات معروفة، وينبغي أن تتيح هيئة المرافق خطط التصرف في النفايات. ويعني عدم وجود تلك الخطط أن هناك ثغرة واضحة ينبغي تحديدها.

وينبغي أن تكون الجهة المنظمة قادرة على توفير معلومات عن ثقافة الأمان، وينبغي أن يكون لدى المرافق العاملة معلومات متاحة عن استعراضات الأقران التشغيلية، وما إلى ذلك.

وينبغي إتاحة معلومات من المنظمات الخارجية بشأن التعدين والتحويل والإثراء وصنع الوقود، وكذلك معلومات عن الأداء البيئي وخطط التصرف في النفايات، والبنية الأساسية، وغير ذلك، من الشركات نفسها أو من السلطات التنظيمية الوطنية في البلدان التي توجد فيها تلك المرافق. وإذا واجه فريق التقييم صعوبة في تقييم تلك المعلومات مباشرة، ينبغي أن تكون هيئة المرافق قادرة على الحصول على تلك المعلومات بالنيابة عن فريق التقييم لأنها الجهات التي تتعامل مع هؤلاء الموردين الخارجيين. وبذلك لن يكون الحصول على المعلومات المطلوبة لتقييم المرافق العاملة بالفعل مسألة بالغة الصعوبة.

وفيما يتعلق بمحطات القوى النووية الجديدة يتعيَّن الاتصال بالبائعين للحصول مباشرة أو من خلال هيئة المرافق على المعلومات ذات الصلة بمجالات الاقتصاديات والأمان والبيئة. ومن المتوقع في مجال الأمان، مثلاً، أن تكشف المحطات الجديدة عن تحسينات مقارنة بالمحطات القائمة، ولا بد أن يكون في وسع البائعين المحتملين توفير المعلومات لإثبات تحسن الأمان. ومن المتوقع في مجال التصرف في النفايات أن تتاح لدى البائعين معلومات عن جهود الحد من النفايات، وإن كان الحصول على معظم المعلومات في مجال التصرف في النفايات يتم من خلال المصادر المحلية، وهيئة المرافق، والجهة المنظمة، وأي منظمات وطنية معنية بالتصرف في النفايات. ويفترض أن تخضع المحطات القائمة لضمانات الوكالة وإمكانية الاتصال بالوكالة نفسها بشأن مقاومة الانتشار في المرافق العاملة ومحطات القوى النووية الجديدة المقترحة التي ما زالت في طور الدراسة. ويمكن للوكالة أيضاً أن تساعد في توفير معلومات عن استعراضات الأقران التي تكون قد أُجريت بشأن ثقافة الأمان.

ومن الواضح أن أي محطات نووية جديدة سيتعيَّن عليها الالتزام بالمتطلبات التنظيمية الوطنية المتعلقة بالأمان، والبيئة، والحماية المادية، ومقاومة الانتشار، والتصرف في النفايات، وإمكانية الاتصال بالمنظم الوطني بشأن مجالات منهجية إنبرو. وفي مجال البنية الأساسية، ينبغي أن يكون في وسع المنظمات المحلية مثل هيئة المرافق والجهة المنظمة والجمعية النووية الوطنية والمعاهد التعليمية وغيرها تقديم المساعدة. وأخيراً فإن قاعدة البيانات المتعلقة بالمعلومات التي يجري تجميعها في إطار مجموعة دعم تقييم نُظم الطاقة النووية ستكون مفيدة بمجرد توفرها.

وتشير الآراء المستمدة من دراسات التقييم التي أُجريت حتى الآن إلى أن مستعملي التكنولوجيا المتمرسين يستفيدون من التوجيهات المتعلقة ببعض المواضيع المحددة، بما فيها استخدام منهجية إنبرو لمقارنة الخيارات. وتناقش هذه المواضيع بإيجاز أدناه في الأقسام من ٥-٥ إلى ٥-٨.

٥-٥- مقارنة خيارات نُظم الطاقة

يتناول المرجع [١] (القسم ٤-٤-٤ والمرفق باء من المجلد ١ من دليل إنبرو) بعض الأفكار لمقارنة نتائج تقييم نُظم الطاقة النووية. ولم يتم إجراء أي أعمال إضافية في هذا المضمار منذ تجميد نص دليل إنبرو في عام ٢٠٠٨. على أنه في إطار التحضير لهذا الدليل نشأت بعض الأفكار الإضافية التي نعرضها أدناه.

وفيما يتعلق بالمثال الوارد في القسم ٥-١ أعلاه فإننا نفترض أن أحد الأُسس المنطقية يتمثل في مقارنة خيار التكنولوجيا المجرَّبة في المفاعلات لاختيار الخيار المرجعي المفضَّل. وهكذا فإن تقييم نُظم الطاقة النووية باستخدام خيارات مختلفة للمفاعلات ينبغي إجراؤه لتحديد ما إن كانت كل خيارات المفاعلات الجاري النظر فيها تفضي إلى نظام مستدام للطاقة. ويفترض لأغراض التبسيط أنه يجري النظر في خيارين فقط. وفي هذه الحالة يمكن توقع ثلاث نتائج لتقييم نُظم الطاقة النووية:

- الحالة ١: خيار واحد مستدام والخيار الثاني غير مستدام؛
- الحالة ٢: كلا الخيارين غير مستدامين؛
- الحالة ٣: كلا الخيارين مستدامان.

وفيما يلي مناقشة لهذه الحالات الثلاث.

٥-٥-١- الحالة ١

إذا كان خيار واحد مستداماً (أي أنه يفي بكل معايير منهجية إنبرو) وخيار آخر غير مستدام، فمن الطبيعي توقع تفضيل الخيار المستدام. ومع ذلك، كما لوحظ في القسم ٢-٣ من هذا التقرير، قد يمثل تقييم معيَّن لنُظم الطاقة النووية نظاماً مؤقتاً متميزاً شريطة اتخاذ إجراءات لتحويله إلى نظام مستدام للطاقة على الأجل الأطول. ولذلك ينبغي عند مقارنة خيارين من خيارات المفاعلات، أحدهما يتفق مع الاستدامة والآخر لا يتفق معها، أن ينظر فريق التقييم في مجال منهجية إنبرو الذي ينطوي على ثغرات والإجراءات المطلوب اتخاذها لسد تلك الثغرات وتحويل الخيار غير المستدام إلى خيار مستدام. وإذا كانت الإجراءات تمثل تحدياً كبيراً يفضَّل حينئذ الخيار المستدام. وإذا لم تكن الإجراءات المطلوبة صعبة التنفيذ فإن خيار عدم الامتثال قد يعتبر مقبولاً كخيار مؤقت، وبالتالي يظل الخياران موضع خلاف، وفي هذه الحالة ينبغي أن تؤخذ في الاعتبار المناقشة المتعلقة بالحالة ٣.

٥-٥-٢- الحالة ٢

إذا لم يكن أيٍ من الخيارين مستداماً، ينبغي تحديد الإجراءات المطلوبة لسد الثغرات والمضي بالخيارات نحو الاستدامة. وإذا كانت هذه الإجراءات بالنسبة لأحد الخيارات تمثل تحدياً كبيراً ولكن ليس بالنسبة للخيار الآخر فإن هذا الخيار الثاني يكون هو المفضل. مثال ذلك أنه يمكننا أن نتساءل عما إذا كانت هناك فروق كبيرة بين الخيارات في مجال أو آخر وما إن كانت جوانب الريبة في إجراء التقييم أكبر في أحد الخيارات مقارنة بالخيار الآخر. وإذا كان الأمر كذلك فسوف يكون من السهل نسبياً التفريق بين الخيارين. وأما إذا لم تكن هناك فروض كبيرة واضحة فإن مقارنة الخيارات قد تنطوي على إشكاليات أكبر وقد يتعذَّر التمييز بينها على أساس الإجراءات المطلوبة لتحويل كل من الخيارين نحو الاستدامة. وينبغي في تلك الحالة أن تؤخذ في الاعتبار المناقشات المتعلقة بالحالة ٣.

٥-٥-٣- الحالة ٣

يعتبر الخياران في هذه الحالة مستدامين (أو لا يمكن التمييز بينهما على أساس الاستدامة مثلما في الحالتين الأولى والثانية)، وبالتالي لا يمكن استخدام مسألة الاستدامة للتمييز بين الخيارات. ويتعيَّن في هذه الحالة النظر في عوامل أخرى غير عامل الاستدامة. وقد يسلِّط تقييم نُظام الطاقة النووية الضوء أو قد لا يسلطه على هذه العوامل لأن الغرض من وضع منهجية إنبرو حتى الآن هو تقييم استدامة نُظم الطاقة النووية. وبمجرد تحديد مدى الاستدامة فإن استخدام منهجية إنبرو قد ينطوي على إشكاليات.

وتتطلب محاولة التمييز بين الخيارات باستخدام نتائج تقييم نُظم الطاقة النووية أن يحدد فريق التقييم العوامل التي سيستخدمها للتمييز بين الخيارات. وعموماً قد تتعذر المفاضلة بين الخيارات في بعض مجالات منهجية إنبرو. وربما يمثل الأمان أحد تلك المجالات في منهجية إنبرو حيث يتوقع أن تفي كل المفاعلات بالمعايير الدولية. وينبغي في كل الحالات أن تقتصر التوصية أولاً على بضع مجالات من مجالات منهجية إنبرو عند مقارنة الخيارات. وتتوقف المجالات المختارة على المقيِّم، وإن كان من المرجع ترشيح مجالات الاقتصاديات والتدابير المؤسسية (البنية الأساسية) وربما التصرف في النفايات.

ومن المهم في مجال الاقتصاديات طرح أسئلة مثل: ما هو الخيار الذي ينطوي على أقل تكلفة للوحدة الكهربائية عل امتداد العمر التشغيلي؟ وما هو الخيار الذي يمثل أقل خطر استثماري؟ وهل توجد فروق واضحة أم أن الفروق تدخل ضمن حدود الريبة المصاحبة للبيانات المقدَّمة من الموردين المحتملين، وبخاصة المعلومات التي لا تشكل جزءاً من العرض المقدَّم؟

وتشمل الأسئلة المطلوبة في مجال التدابير المؤسسية (البنية الأساسية) ما يلي: هل يتطلب أحد الخيارات استثماراً إضافياً كبيراً في التدريب مثلاً أو في البنية الأساسية اللازمة للدعم لأن ذلك الخيار يمثل تغييراً كبيراً في التكنولوجيا؟ وهل يتيح أحد الخيارات نطاقاً أوسع للمشاركة المحلية؟

وتشمل الأسئلة المطلوب طرحها في مجال التصرف في النفايات ما يلي: هل يطرح أحد الخيارات تحديات أكبر في تحديد الحالات النهائية وبناء القدرة المحلية على نقل النفايات إلى الحالة النهائية؟

وسوف يقدِّم موردو التكنولوجيا بطبيعة الحال معلومات تثبت تفوق الأداء في مجال أو آخر، وسوف يتعيَّن على المقيِّم أن يأخذ تلك المعلومات في الحسبان. ويمكن للمقيِّم من خلال إجراء تقييم لنُظم الطاقة النووية أن يصدر حكماً على صحة تلك الادعاءات وما إذا كان يتعيَّن النظر في بعض العوامل التعويضية.

وختاماً فإن الغرض من منهجية إنبرو حتى الآن هو أساساً لتقييم نُظم الطاقة النووية على أساس الاستدامة. وبالتالي فإن استخدام تقييم نُظم الطاقة النووية للمفاضلة بين الخيارات استناداً إلى أُسس أخرى قد ينطوي على بعض الصعوبات.

٥-٦- نُضج خيارات نُظم الطاقة النووية

يتوقع من البلد الذي لديه خبرة في استعمال التكنولوجيا، وهو تحديداً ليس مطوراً للتكنولوجيا ويستخدم منهجية إنبرو لمقارنة الخيارات، أن يهتم بنضج الخيارات قيد النظر. ومن الواضح أن البلد المستعمل للتكنولوجيا سيتعيَّن عليه في مرحلة ما أن يأخذ بالتكنولوجيا التي لم تنتشر بعد في البلد. مثال ذلك أنه حالما يصل مفاعل معيَّن إلى نهاية عمره، لا يستبعد كثيراً استبداله بنفس المفاعل.

وفي حالة الأخذ بخيار ما لنشره في المدى القريب، وليكن مثلاً في غضون السنوات الخمس أو العشر المقبلة، ينبغي أن يفضل فريق التقييم بقوة التكنولوجيا المجربة، أي التكنولوجيا المرخصة بالفعل والمعمول بها في بلد المنشأ. وبذلك ينبغي عموماً استبعاد النظر في الخيارات غير المجرَّبة، أي الخيارات غير المستخدمة بالفعل في بلد المنشأ.

وفي بعض الظروف قد ينظر مستعمل التكنولوجيا المتمرس في إنشاء أول محطة من نوعها إذا كانت تبشر بمستوى كبير من الأداء الجيد مقارنة بالخيارات الأخرى في مجال الاقتصاديات على سبيل المثال. وفي تلك الظروف، يتعيَّن على فريق التقييم أن يضمن أن كل المعنيين لديهم صورة واضحة عن المخاطر المقترنة ببناء أول محطة من نوعها وكفالة مراعاة أي مخاطر في التقييم،[١١] وكذلك الحد من المخاطر بطريقة أو بأخرى وذلك مثلاً من خلال فرض شروط تعاقدية ملائمة.

وإذا كان المستعمل يبحث التكنولوجيا التي يمكن تطبيقها في المستقبل الأبعد، أي التي يبحث مثلاً في نشرها في غضون ٢٠ سنة فإن الريبة المصاحبة لعدم نُضج التصميم قد لا تتسم بنفس القدر من الأهمية ولكنها على الرغم من ذلك تمثل مشكلة. وفي تلك الظروف، ينبغي أن يكون في وسع مورِّد التكنولوجيا تقديم معلومات إلى المقيِّم لإثبات أن التكنولوجيا ستكون قد جرِّبت تجارياً بحلول الوقت الذي يتخذ فيه قرار بشأن نشرها فعلياً (انظر القسم ٤-٣-٣ من المجلد ١ من دليل إنبرو [١]، لا سيما الجدول ٤-٣ في ذلك المجلد). وإذا كان الإطار الزمني للتطوير الذي وضعه المورِّد متعارض مع خطة النشر التي يضعها مستعمل التكنولوجيا فإن بحث ذلك الخيار يلغى في العادة بسبب عدم إمكانية تجريب التكنولوجيا بحلول الموعد المقرر لنشرها.

وعندما يستخدم بلد تكنولوجيا مجربة جديدة على ذلك البلد مثل استخدام مفاعل جديد أو مرفق جديد لدورة الوقود، لا بد من وجود خطة لتطوير القدرة المحلية اللازمة اعتماداً على الخبرة الدولية، وبخاصة

---

(١١) انظر مثلاً المرجع [١]، القسم ٣-٤ من المجلد ٢ من دليل إنبرو، وبخاصة المناقشة المتعلقة بمعايير منهجية إنبرو رقم ٣-١ و٣-٢ و٣-٣ في المجلد ٢، والقسم ٤-٤-٣ من المجلد ١ في دليل إنبرو.

خبرة البلد المورِّد. وينبغي أن تكون الخطة معقولة للمقيِّم، ويتعيَّن تحديد إجراءات للمتابعة في حالة عدم توفر تلك الخطة.

٥-٧- تجميع وتلخيص نتائج عمليات تقييم نُظم الطاقة النووية

يناقش المرجع [١] (القسم ٤-٤-٤ والمرفق باء من المجلد ١ من دليل إنبرو) بعض الأفكار المتعلقة بتجميع نتائج عمليات تقييم نُظم الطاقة النووية. وقد يحقق تجميع النتائج أكبر فوائده عند محاولة تلخيص نتائج عمليات تقييم نُظم الطاقة النووية لصناع القرار. ولم تتم حتى الآن أي أعمال تطويرية ملموسة في عمليات التجميع. وتشير النتائج المستخلصة من عمليات تقييم نُظم الطاقة النووية التي أُجريت حتى الآن [٥] إلى أن التجميع العددي تكتنفه بعض الصعوبات.

ولذلك يوصى مستعملو التكنولوجيا بالتوقف مؤقتاً عن استخدام التجميع العددي كأداة لمقارنة الخيارات. ويمكن بدلاً من ذلك مقارنة الخيارات ببساطة عن طريق تلخيص الفروق الرئيسية في مجالات الاهتمام الرئيسي في منهجية إنبرو. وكما لوحظ من قبل فإن استخدام تقييم نظام الطاقة النووية استناداً إلى منهجية إنبرو في التمييز بين الخيارات قد تعترضه بعض الصعوبات.

ويعرض المرفق الأول بعض الأفكار الأوَّلية المتعلقة بتجميع ومقارنة نتائج تقييم خيارات نُظم الطاقة النووية.

٥-٨- التعامل مع مرافق نُظم الطاقة النووية غير المحلية

ينبغي عند إجراء تقييم كامل لنُظم الطاقة النووية بغرض تأكيد استدامتها النظر في كل مكونات (مرافق) نظام الطاقة النووية. وليس مستغرباً في الكثير من عمليات تقييم نظم الطاقة النووية وجود بعض المكونات خارج البلد. مثال ذلك أن البلد إذا كان يستخدم تقييم نظام الطاقة النووية كأداة لاتخاذ القرارات بشأن نشر محطة للقوى النووية فإن محطة القوى النووية ومرافق التصرف في النفايات المرتبطة بها ربما تكون وحدها هي التي تقع داخل البلد بينما تقع مكونات إمدادات وقود المرحلة الاستهلالية لدورة الوقود (التعدين والتحويل والإثراء ومرافق صنع الوقود) خارج البلد. على أن التوصل إلى نتيجة بشأن استدامة نظام الطاقة النووية يتطلب إدراج كل مكونات نظام الطاقة النووية في التقييم. ويتعيَّن الحصول على المعلومات المطلوبة للتقييم من البلدان التي تقع فيها مختلف المرافق.

ومن المثالي أن تقيِّم البلدان المورِّدة معايير منهجية إنبرو فيما يخص المرافق الواقعة فيها، وتزويد فريق التقييم المحلي بالنتائج، بما في ذلك الوثائق الداعمة. وتقوم حالياً الأطراف الموقِّعة على اتفاقية الأمان المشتركة والاتفاقية المتعلقة بأمان النفايات المشعة وأمان الوقود المستهلك بتجميع الكثير من المعلومات المطلوبة لعمليات تقييم نُظم الطاقة النووية بما يتفق مع متطلبات استعراضات الأقران لهاتين الاتفاقيتين. ولا يتوقع أن يشكل تقديم تلك المعلومات إلى فرق التقييم في البلدان الأخرى عبئاً كبيراً على مقدِّم المعلومات على الرغم من أن ذلك يتطلب بذل بعض الجهد على الأقل بسبب اختلاف صيغ تقديم المعلومات. وقد تتمكَّن أمانة مشروع إنبرو من المساعدة في الحصول على المعلومات ذات الصلة. ويقوم أيضاً الكثير من المنظمات النووية حالياً بنشر المعلومات ذات الصلة على مواقعها في شبكة الإنترنت. وبالإضافة إلى ذلك وكما لوحظ في القسم ٥-٤ من التقرير، ينبغي أن يكون الموردون التجاريون مستعدين لتزويد العملاء المحتملين بالمعلومات المطلوبة لتقييم نُظم الطاقة النووية.

وفي حالة مقارنة مرفق دورة الوقود النووي الذي سيشيد داخل البلد مع نفس نوع المرفق الذي سيشيد خارج البلد في المستقبل، يوصى بتحديد النتائج المتماثلة التي يتوصل إليها التقييمين المتعلقين بالمرفقين من حيث كل متطلبات إنبرو المتصلة بالتصميم في مجالات منهجية إنبرو ذات الصلة بالأمان، ومقاومة الانتشار، والحماية المادية، والبيئة، والتصرف في النفايات. ويعني ذلك أن الموقع النهائي للمرفق سواء أكان داخل البلد

أو خارجه ينبغي ألاّ يؤثر على نتائج التقييم. وفيما يتعلق بمتطلبات منهجية إنبرو المتصلة بمواقع بعينها، وذلك مثلاً في مجال الحماية المادية، أو التي يعالجها البلد بنفسه، من قبيل الاقتصاديات والتدابير المؤسسية (البنية الأساسية)، يتوقع اختلاف نتائج تقييم المرفق الواقع داخل البلد عن نتائج تقييم المرفق الواقع خارجه.

٦ - عمليات تقييم نُظم الطاقة النووية التي يجريها مطورو التكنولوجيا

ينطبق هذا القسم على مطوري التكنولوجيا. والتوجيهات الواردة في هذا القسم عامة نوعاً ما. ومطورو التكنولوجيا لديهم عملياتهم وأدواتهم المستخدمة في تخطيط ورصد تطوير التكنولوجيا. ومن المتوقع عند استخدام منهجية إنبرو أن يقدَّم المطورون أمثلة للممارسات السليمة التي يمكن استخدامها لتحسين دليل إنبرو [١] وهذا الدليل (والعكس صحيح).

٦-١- مقدمة

يتناول هذا القسم استخدام منهجية إنبرو في سياق تطوير التكنولوجيا. وترتبط متطلبات منهجية إنبرو بهدف توفير إمدادات الطاقة المستدامة. وإذا تحققت في نظام معيَّن للطاقة النووية كل المعايير في كل مجالات المنهجية فإن هذا النظام يُعد نظاماً مستداماً للطاقة النووية. وفي حالة عدم استيفاء كل الشروط يتعيَّن حينئذ تحديد الإجراءات المطلوبة لتحقيق استدامة نظام الطاقة النووية.

ويمكن لمطوري التكنولوجيا استخدام منهجية إنبرو لتقييم استدامة نظام معيَّن للطاقة النووية بطريقة مختلفة اختلافاً طفيفاً عن الطريقة التي يستخدمها مستعملو التكنولوجيا. والمطورون الذين يعملون في استقلال عن منهجية إنبرو يحددون أهداف التطوير المتمثلة في تحسين أداء نظام معيَّن للطاقة النووية أو بعض أجزائه في مجال معيَّن. وخلافاً لمستعملي التكنولوجيا فإن المطورين يمكنهم فقط مقارنة أهداف التطوير بمتطلبات منهجية إنبرو لاستبانة ما إذا كان التطوير المقترح يتفق مع هدف تطوير الطاقة المستدامة. وبدقيق العبارة يمكن للمقيِّم أن يتحقق من كل معيار من معايير إنبرو للتأكد من أن التطوير المستهدف يفي بحد القبول في منهجية إنبرو. وإذا كانت أهداف التطوير تلبي أو تتجاوز كل حدود قبول إنبرو فإن نظام الطاقة النووية يُعد نظاماً مستداماً ضمن الشروط الحدية للتقييم. وإذا استنتج المقيِّم أن أهداف التطوير لا تفي ببعض حدود قبول إنبرو أو لا تغطيها، أي إذا حُددت بعض الثغرات في برنامج التطوير، ينبغي أن يعيد المطوَّر صياغة الأهداف مضيفاً إليها أهدافاً جديدة عند اللزوم.

وعلاوة على ذلك فإن المطوّر يمكنه عن طريق تقييم نظام الطاقة النووية في كل مجالات منهجية إنبرو التي تستخدم تطويراً مقترحاً أن يحدد ما إذا كانت أهداف التطوير المحددة في أحد المجالات يمكن أن تنطوي على آثار معاكسة في مجال آخر من مجالات منهجية إنبرو. ويُفترض في هذه الحالة الأخيرة تعديل تلك الأهداف والخطط حتى يتفق ذلك التطوير مع هدف تحقيق نظام مستدام للطاقة.

٦-٢- نطاق تقييم نظام الطاقة النووية وفريق التقييم

مثلما في حالة مستعملي التكنولوجيا المتمرسين يحدد الاستخدام المتوقع لنتائج التقييم نطاق التقييم الذي يجريه مطورو التكنولوجيا. ويفترض أن مطور التكنولوجيا يرغب في تقييم نظام مقترح للطاقة النووية، في مرحلة ما من مراحل التطوير، لكي يحدد ما إذا كان نظام الطاقة النووية، بمجرد الانتهاء من تطويره، يمثل نظاماً مستداماً للطاقة النووية. وهذا هو الغرض الرئيسي من إجراء تقييم لنظام الطاقة النووية باستخدام منهجية إنبرو. وينبغي أن يعالج التقييم كل مجالات منهجية إنبرو وأن ينظر في كل مكونات نظام الطاقة النووية.

وعلى سبيل المثال، يمكن افتراض أن مطور التكنولوجيا مهتم بالتطوير الارتقائي للمفاعل. ويتعيَّن على المطور لكي يضمن أن ذلك المفاعل يمكن أن يشكل مكوناً ضمن نظام مستدام للطاقة أن يقيِّم استدامة نظام مرجعي للطاقة النووية يستخدم فيه ذلك المفاعل، على أن يؤخذ في الاعتبار كل المكونات وكل مجالات منهجية إنبرو وخطة مرجعية للطاقة. وينبغي في حالة ذلك المطور أن تكون خطة الطاقة المرجعية ممثلة للسوق الذي يتوقع المطور دخول المنافسة فيه.

وتحدَّد المعايير الواردة في دليل إنبرو [١] ما هو مطلوب لتحقيق استدامة نظام الطاقة النووية. ولذلك لابد أن يحرص المطور على عدم تعارض أهداف التطوير المحددة لمفاعل ما مع معايير منهجية إنبرو. مثال ذلك أن أهداف التطوير في مجال الاقتصاديات يمكن أن تكون هي أساساً نفس حدود قبول منهجية إنبرو المحددة للسوق المستهدفة. والسوق الرئيسية المستهدفة يمكن أن تكون السوق المحلية للمطور. ويتعيَّن على المطور في هذه السوق أن يحدد مصادر الطاقة المنافسة واستخدام مصادر الطاقة المنافسة لوضع حدود القبول الاقتصادي. وإذا كانت أهداف التطوير تفي على الأقل بهذه الحدود فإن ذلك يعني استيفاء معايير منهجية إنبرو. وقد تتجاوز أهداف التطوير حدود القبول، ولكن ينبغي ألاّ تقصر عن بلوغ تلك الحدود. على أنه عند تطوير المفاعلات يتعيَّن النظر في كل مجالات منهجية إنبرو وعدم الاقتصار على مجال الاقتصاديات. وبذلك عندما تعرض مقترحات متعددة للنظر فيها، مثل مقترحات تعزيز الأمان، وتعزيز الأداء البيئي، وما إلى ذلك، يتم استعراض أثر تنفيذ العرض المقترح لتقدير تأثيره على مجالات منهجية إنبرو الأخرى، لا سيما الأداء الاقتصادي، وهكذا فإن مشروع إنبرو، وبخاصة معايير منهجية إنبرو، تستخدم لاختبار مقترحات تطويرية بعينها للتأكد من أن المفاعل بمجرد تطويره يمكن أن يشكل جزءاً من نظام مستدام للطاقة.

ويستخدم 'التقييم' في هذا المثال لتوجيه التطوير حتى يمكن إجراء تصميم متوازن تراعى فيه كل مجالات منهجية إنبرو السبعة. وبذلك يفترض أن يتألف فريق التقييم من كبار المستشارين والمديرين للإشراف على تطوير المفاعل واستعراضه باستخدام معايير منهجية إنبرو والمتطلبات الخاصة بالمستعملين كمعالم إرشادية.

وكما لوحظ أعلاه فإن تقييم الاستدامة يتطلب من المطوِّر استخدام خطة طاقة مرجعية. ولأغراض التطوير، ينبغي أن تكون الخطة المرجعية ممثلة للطلب المتوقع على الطاقة في السوق المستهدفة، وينبغي أن تمثل ما يمكن أن تساهم به القوى النووية إذا تحققت تماماً أهداف التطوير. ويعني ذلك أن الخطة ينبغي أن تعبِّر عما يمكن تحقيقه مقابل الخطة المرجعية المعتمدة. ومن الاعتبارات المهمة في تلك الخطة الطلب المتوقع على موارد اليورانيوم وبالتالي الحاجة إلى استخدام دورات متطورة للوقود لتوسيع تلك الموارد. وتناقش مسألة موارد اليورانيوم بإيجاز في المرجع [١] (القسم ٥-٤ من المجلد ١ من دليل إنبرو) وينبغي أن يأخذ أي مطور من مطوري تكنولوجيا المفاعلات في الحُسبان أن توسيع موارد اليورانيوم قد يصبح في الوقت المناسب اعتباراً مهماً.

ومن الأمثلة الأخرى أن المطور قد يفكر في استخدام دورات الوقود المتطورة مستنداً في ذلك إلى افتراض الطلب على تلك الدورات والمفاعلات المرتبطة بها في الوقت المناسب. ويمكن للمطور في هذه الحالة استخدام معايير منهجية إنبرو لتحديد أهداف للتطوير بحيث يصبح نظام الطاقة النووية المعتمد على دورة وقود متطورة، وكذلك المفاعلات المرتبطة به، مستداماً بمجرد اكتمال تطويره. وبذلك تستخدم نفس أهداف التطوير الشاملة ولكن بافتراض اختلاف الشروط الحدية. وتقتضي المعايير الاقتصادية في كلا المثالين أن تكون تكلفة الطاقة المتولِّدة من نظام الطاقة النووية قادرة على المنافسة مع البدائل المتاحة؛ ويتعيَّن في كلتا الحالتين تلبية معايير التصرف في النفايات، وما إلى ذلك.

ولذلك تشكل متطلبات منهجية إنبرو من منظور التطوير حسب ما هو محدَّد في دليل إنبرو [١] المساهمة الرئيسية في عملية التطوير. ويترك الأمر بعد ذلك للمطور لتحديد كيفية تلبية تلك المتطلبات.

غير أن ثمة اعتراف في عمليات تقييم نُظم الطاقة النووية التي أُجريت حتى الآن [٥] بأن بعض التعليقات الإضافية على مواضيع بعينها يمكن أن تساعد مطوري التكنولوجيا. وتناقش هذه المواضيع على نطاق محدود أدناه.

٦-٣- تمييز ونُضج التطوير

وضعت منهجية إنبرو أساساً في الوقت الراهن لتقييم نُظم الطاقة النووية على أساس استدامتها. ولذلك فإن استخدام تقييم نظام الطاقة النووية للتمييز بين خيارات نُظم الطاقة النووية استناداً إلى أُسس أخرى قد ينطوي على بعض الصعوبات. وبالإضافة إلى ذلك تستخدم متطلبات منهجية إنبرو، كما لوحظ أعلاه، لتحديد أهداف تطوير نظام معيَّن أو يمكن في المقابل إذا كانت أهداف التطوير متفقة تماماً مع متطلبات إنبرو اعتبار كل تلك النُظم متكافئة. على أن التجربة تكشف عن أن تحديد الهدف يختلف عن تحقيقه. والتحدي الحقيقي أمام مطور التكنولوجيا لا يكمن في تحديد أهداف التطوير التي تعبِّر عن متطلبات منهجية إنبرو وتتفق معها، بل يكمن في تلبية كل متطلبات منهجية إنبرو في آن واحد.

ويسود في المرحلة الأولى من التطوير قدر كبير من الريبة حول إمكانية تحقيق هدف معيَّن. وكلما ازدادت الريبة، كلما استُبعدت في الواقع احتمالات تحقيق أهداف التطوير بالكامل. وتناقش هذه المسائل في القسمين ٤-٤- و٤-٥ من المجلد ١ من دليل إنبرو [١].

ويمكن النظر إلى عمليات التطوير باعتبارها أساليبَ للحد من الريبة. وتحدَّد الأهداف في بداية عملية التطوير. وينبغي أن تكون هذه الأهداف واقعية يمكن تحقيقها من خلال جهود معيَّنة للتطوير على النحو المحدَّد في خطة التطوير. ولذلك فإن التوقعات أو الأحكام الأوَّلية تفترض إمكانية تحقيق الأهداف. وإذا كانت الأهداف، كما جاء أعلاه، تتفق مع متطلبات منهجية إنبرو في كل المجالات فإن نظام الطاقة النووية سيكون، بمجرد تطويره، نظاماً مستداماً للطاقة.

وبينما تمضي عملية التطوير قُدماً وتتقلص الريبة من المهم استعراض الأحكام والتوقعات المتعلقة بتحقيق أهداف التطوير استناداً إلى الحالة الراهنة للمعرفة. وإذا كان يبدو في أثناء المضي قُدماً في عملية التطوير أن بعض الأهداف لن تتحقق على الرغم من أنها لا تخرج عن حدود القبول المحددة في المعايير ذات الصلة فإن ذلك يماثل تحديد الثغرات. وكلما ازدادت الثغرات المحددة في أثناء المضي قُدماً بعملية التطوير كلما ازدادت صعوبات النتائج التي من المتوقع أن يسفر عنها التطوير من زاوية الاستدامة. ومن الناحية الأخرى، إذا ظلت الأحكام المتعلقة بتحقيق الأهداف استناداً إلى المعلومات المتاحة إيجابية في أثناء المضي قُدماً بالتطوير فإن ذلك يعني ازدياد احتمالات نجاح برنامج التطوير من منظور الاستدامة في نهاية المطاف.

وإذا كان هناك ابتكاران متماثلان من حيث أهداف التطوير وقطع أحدهما شوطاً أكبر من الآخر على مسار التطوير فإن الابتكار الأكثر نضجاً هو الذي سيصل على الأرجح أولاً إلى أهداف التطوير. ويعني ذلك أن الابتكارات التكنولوجية الأكثر نُضجاً تعتبر عموماً محفوفة بمخاطر أقل عندما تتشابه أهداف التطوير. ويجب عند مقارنة خيارات التطوير مراعاة تكلفة برنامج التطوير المقترح واحتمالات عدم نجاح ذلك التطوير نجاحاً كاملاً. وكلما ازدادت عموماً مخاطر التطوير المقترح وكلما ازدادت تكاليف التطوير، كلما ازدادت الفائدة المتوقعة من الابتكار. لذلك إذا كان من المتوقع أن يفضي خياران من خيارات التطوير إلى فوائد متماثلة وكان أحد هذين الخيارين في مرحلة مبكرة من التطوير و/أو يتطلب التطوير تكلفة أكبر فإن الخيار الأكثر نضجاً والأقل تكلفة هو في العادة الخيار المفضَّل.

على أنه يجب الاعتراف أيضاً بأن بعض مشاريع التطوير قد تكون مبررة باستخدام جملة اعتبارات استراتيجية قد تهيمن على اعتبارات أخرى، من قبيل ما هو وارد أعلاه. مثال ذلك أن إجراء أنشطة التطوير قد يكون بهدف الحفاظ على القدرات الوطنية أو الإبقاء على أحد الخيارات متاحاً كشكل من أشكال التأمين. وهذه الاعتبارات مشروعة ولكنها لا تدخل مباشرة ضمن متطلبات منهجية إنبرو.

٦-٤- تجميع نتائج عمليات تقييم نُظم الطاقة النووية لمقارنة خيارات نُظم الطاقة النووية

لم يوضع حتى الآن نهج مفضَّل لتجميع النتائج ولكن بعض الأفكار، كما لوحظ في القسم ٥-٧ من هذا التقرير، ترد في المرجع [١] (القسم ٤-٤-٤ والمرفق باء من المجلد ١ من دليل إنبرو) وفي المرفق الأول من هذا التقرير. واستناداً إلى المناقشة الواردة في القسم ٦-٣، ينبغي أن يتوخى مطور التكنولوجيا الحذر عند محاولة تجميع النتائج عددياً للوصول إلى عدد صحيح من أرقام الجدارة التي يمكن استخدامها للمفاضلة بين الخيارات. وأهم فائدة لإجراء عمليات تقييم نُظم الطاقة النووية هي تكوين رؤية مفصَّلة من خلال إجراء تقييم كلي لجميع مجالات منهجية إنبرو. وقد تساهم عملية إجراء وتوثيق التقييم بنفس القدر من الأفكار التي تتيحها النتائج نفسها.

٧ - ملاحظات ختامية

وضعت منهجية إنبرو على امتداد فترة استغرقت ست سنوات. وتستخدم هذه المنهجية حالياً في عدد محدود من عمليات تقييم نُظم الطاقة النووية [٥]. وتشير ردود الأفعال من تلك التقييمات إلى أن منهجية إنبرو أداة مفيدة وأن النتائج التي تحصل عليها فرق التقييم تبرر الوقت المستثمر من الفريق في إجراء عمليات التقييم. وأشارت التعليقات أيضاً إلى الحاجة إلى مجموعة دعم تقييم نُظم الطاقة النووية لمساعدة المقيِّمين. ويمثل هذا المنشور جزءاً واحداً من مجموعة الدعم.

في ظل ازدياد الخبرة المكتسبة من استخدام منهجية إنبرو لإجراء عمليات تقييم لنُظم الطاقة النووية، من المتوقع أن تفضي المعلومات المستمدة من تلك الدراسات إلى تحسينات في المنهجية ووثائقها التي تشمل هذا الدليل. ومن المتوقع في الوقت الراهن إصدار نسخة جديدة من دليل إنبرو [١] بعد تعديله لمراعاة المعلومات المستمدة من المجموعة الأولى من الدراسات، في الوقت المناسب وربما في مطلع عام ٢٠١١ أو عام ٢٠١٢. وسوف يراعى ويستفاد في النُسخ اللاحقة من دليل إنبرو [١] وهذا المنشور من التطبيقات المقبلة للمنهجية ودراسات العينات أو دراسات الحالة المرجعية التي ستدرج أيضاً في مجموعة دعم عمليات تقييم نُظم الطاقة النووية. ومن المقترح أيضاً تكوين فريق مستعملي إنبرو لتوجيه التطوير المتواصل للمنهجية.

المرفق الأول
طريقة مقارنة خيارات نُظم الطاقة النووية

ألف-١- تقييم خيارات تطوير نُظم الطاقة النووية (مطورو التكنولوجيا)

فيما يلي الخطوات المقترحة لتقييم خيارات نُظم الطاقة النووية (أو مكوناتها) الجاري تطويرها لتجميع نتائج التقييم ذات الصلة، مثل الأحكام المختلفة المتعلقة بإمكانات خيارات نُظم الطاقة النووية، ولتحديد الخيارات المثلى:

- البحث عن كل خيار من خيارات نُظم الطاقة النووية في كل معيار؛ ومقارنة الحكم على كل معيار لكل خيار في كل مجالات إنبرو أو في مجالات إنبرو المفضَّلة.
- في حالة المعايير المتفق عليها، مثل الامتثال لحدود القبول، يحدَّد ما إذا كان خيار نظام الطاقة النووية يفوق الخيارات الأخرى في استيفاء حدود القبول. ويحاول مطور التكنولوجيا أن يضع تصنيفاً لأهمية ذلك المعيار بمستويات مختلفة من الامتثال في خيارات نُظم الطاقة النووية، مثل تصنيفه إلى 'كبير' أو 'غير مهم'. ويُصنف تفوق خيارات نُظم الطاقة النووية إلى تقديرات من قبيل 'أفضل قليلاً' أو 'أفضل كثيراً'.
- في حالة المعايير التي تعتبر غير ممتثلة كأن تكون مثلاً 'غير منطوية على إمكانات' استناداً إلى المعلومات المتاحة، أو 'غير منطوية على إمكانات' بسبب عدم توفر بيانات (في تلك المرحلة)، يصنَّف كل معيار على حدة باعتباره ثغرة. ويمكن للتقديرات أن تمثل ثغرة 'يسهل سدها' بقليل من الجهد (وتحدَّد التكاليف إن أمكن) وقدر معيَّن من النجاح (تقدَّر احتمالات النجاح) أو 'يتعذَّر سدها' حيث تكلف كثيراً من الجهد ولا تسفر عن نتائج مؤكدة.
- إغفال كل المعايير التي لا تكشف عن أي فرق بين الخيارات والتركيز على المعايير التي تتيح أحكاماً مختلفة بشأن خيارات نُظم الطاقة النووية.
- وضع قائمة بكل المعايير التي يتفوق فيها أحد خيارات نُظم الطاقة النووية على الخيارات الأخرى المتباينة من حيث تصنيفاتها إن أمكن، وذلك مثلاً فيما يتعلق بمستويات الأهمية والتفوق فضلاً عن الثغرات القائمة، بما في ذلك تصنيف الجهد المطلوب لسد الثغرات واحتمالات النجاح.
- تلخيص نتائج مقارنات خيارات نُظم الطاقة النووية وذلك مثلاً بتحديد الجهد الإجمالي اللازم لسد كل الثغرات في كل خيار وعن طريق مناقشة جوانب التفوق المصنَّفة لكل خيار.

ألف-٢- تقييم خيارات نُظم الطاقة النووية المتاحة تجارياً (مستعملو التكنولوجيا):

فيما يلي الخطوات المقترحة لتقييم مختلف خيارات نُظم الطاقة النووية (أو مكوناتها) التي تتألف من نتائج تقييم التكنولوجيا المجرَّبة ونتائج التقييم المجمَّعة ذات الصلة، مثل الأحكام المختلفة المتعلقة بإمكانات خيارات نُظم الطاقة وكيفية تحديد الخيار الأمثل.

- تحديد ترتيب للأهمية التي تتسم بها مجالات منهجية إنبرو واختيار المجالات الأهم أو المفضلة.

- البحث عن كل خيار من خيارات نُظم الطاقة النووية في كل معيار (في أهم المجالات) ومقارنة حكم كل معيار على كل خيار في مجالات إنبرو المفضلة.
- فيما يتعلق بالمعايير المتفق عليها، مثل الامتثال لحدود القبول، يحدَّد الخيار الأفضل من حيث استيفاء تلك الحدود. ويمكن مرة أخرى وضع تصنيف لأهمية المعيار ومدى تفوقه من حيث الحكم المتعلق به (على النحو المقترح أعلاه في حالة تطوير التكنولوجيا).
- إذا لم يكشف معيار إنبرو عن أي امتثال بسبب الافتقار إلى البيانات المتاحة، مثل المعلومات المتعلقة بتصميم المرفق النووي، يتم الاتصال بأمانة مشروع إنبرو للحصول على تلك البيانات. ومن المثالي إتاحة كل البيانات للمقيِّمين حتى يتسنى لهم إصدار حكم بشأن إمكانات نظام الطاقة النووية في استيفاء متطلبات منهجية إنبرو. على أنه في حالة عدم توفر تلك البيانات في أثناء إجراء تقييم نظام الطاقة النووية، لا بد من محاولة تحديد أهمية المعيار؛ وفي حالة عدم ترجيح أهمية المعيار، يستبعد ذلك المعيار من عملية المقارنة؛ وإذا تبيَّن أنه مهم، تحدَّد احتمالات عدم امتثال خيار نظام الطاقة النووية لذلك المعيار. وينبغي في كل الحالات تحديد إجراءات لمتابعة الحصول على البيانات المطلوبة.
- يعني عدم الامتثال وجود ثغرة استناداً إلى الحكم عليه بأنه 'غير منطوي على أي إمكانات'، وتحدَّد في هذه الحالة الجهود المطلوبة واحتمالات سد تلك الثغرة (على النحو المقترح أعلاه في تطوير التكنولوجيا). ويستبعد الخيار إذا كان الجهد المتوقع مفرطاً.
- إغفال كل المعايير التي لا تكشف عن أي فرق بين الخيارات، والتركيز على المعايير التي تقدِّم أحكاماً مختلفة بشأن خيارات نُظم الطاقة النووية.
- إعداد قائمة بكل المعايير التي يتفوق فيها أحد خيارات نُظم الطاقة النووية على الخيارات الأخرى، بما في ذلك وضع تصنيف لمدى تفوق المعيار وأهميته، والمعايير التي توجد بها ثغرات استناداً إلى الحكم بعدم انطوائها على أي إمكانات، بما في ذلك تصنيف الجهود المطلوبة لسد الثغرات واحتمالات النجاح، وأخيراً المعايير التي لا تتاح بيانات عنها.
- تلخيص نتائج مقارنات خيارات نُظم الطاقة النووية عن طريق مناقشة جوانب التفوق المصنَّفة في كل خيار وتحديد الجهد الإجمالي اللازم لسد الثغرات في كل خيار، وبحث المعايير التي لا تتاح بيانات عنها.

مسرد المصطلحات

حد القبول (acceptance limit) يتألف معيار منهجية إنبرو (انظر تعريف 'معيار') من 'مؤشر' (انظر تعريف 'مؤشر') وحد للقبول. وحد القبول هو هدف نوعي أو كمي تحدَّد على أساسة قيمة المؤشر الذي يقارنه مقيِّم إنبرو ويفضي إلى حكم بالمقبولية (ناجح/راسب، جيد/رديء، أفضل/أسوأ).

تحليل (Analysis) 'التحليل' هو عملية تستخدم فيها أدوات نوعية أو كمية من قبيل النماذج الحاسوبية للحصول أساساً على نتائج عددية يمكن استخدامها كمدخلات في 'تقييم' إنبرو (انظر تعريف 'تقييم'). ومن الأمثلة النموذجية لعمليات 'التحليل' تحليل الأمان القطعي و/أو الاحتمالي للمرافق النووية الذي يلزم الحصول منه على نتائج لاستخدامها كمدخلات في تقييم مشروع إنبرو للأمان حسب ما هو مبيَّن في المرجع [١] (المجلدان ٨ و٩ من دليل إنبرو).

مجال منهجية المشروع الدولي المعني بالمفاعلات النووية ودورات الوقود الابتكارية (إنبرو) (area of INPRO methodology) تتناول عمليات التقييم التي يتم إجراؤها باستخدام منهجية إنبرو 'المجالات' التالية: الاقتصاديات، والتدابير المؤسسية (البنية الأساسية)، والتصرف في النفايات، ومقاومة الانتشار، والحماية المادية، والبيئة (أثر عوامل الإجهاد ومدى توفر الموارد)، وأمان المفاعلات النووية، ومرافق دورة الوقود النووي.

تقييم (Assessment) يعرَّف 'تقييم' نظام الطاقة النووية (انظر تعريف 'نظام الطاقة النووية') بأنه عملية يجريها مقيِّمو مشروع إنبرو لجمع المعلومات اللازمة من تقارير التحليل والوثائق الأخرى ذات الصلة مثل توصيفات التصميم، والتحقق من استيفاء معايير إنبرو (انظر تعريف 'معيار').

المرحلة الختامية لدورة الوقود النووي (back end of the nuclear fuel cycle) تشمل معالجة وإعادة معالجة الوقود النووي المستعمل (المستهلك) بعد تصريفه من المفاعل. ويفضي ذلك في دورة الوقود النووي المغلقة (انظر تعريف 'دورة الوقود النووي المغلقة' إلى إعادة صنع وقود جديد. وتشمل المرحلة الختامية في كل أنواع دورات الوقود التصرف النهائي في النفايات المشعة القوية.

مبدأ أساسي (basic principle) يحدِّد 'المبدأ الأساسي' في منهجية إنبرو غاية أو هدفاً لكل مجال (انظر تعريف 'مجال') يتعيَّن تحقيقه لكي يصبح نظام الطاقة النووية مستداماً (انظر تعريف 'استدامة') على الأجل الطويل، ويعني ذلك إمكانية تشغيله على الأقل حتى نهاية القرن الحادي والعشرين.

مفاعل مولِّد (breeder reactor) 'المفاعل المولِّد' هو مفاعل نووي تُطلق فيه طاقة الوقود عن طريق انشطار المادة الانشطارية (أي اليورانيوم - ٢٣٥، واليورانيوم - ٢٣٣، والبلوتونيوم) بينما تُنتج في نفس الوقت مواد انشطارية (أكثر من استهلاكها) عن طريق أسر النيترونات في المادة الخصبة (أي اليورانيوم ٢٣٨ والثوريوم - ٢٣٢). ويطلق على نسبة المادة الانشطارية المتولِّدة إلى المادة الانشطارية المستهلكة نسبة التوالد، ويجب أن تكون أكبر من واحد في 'المفاعل' (يطلق عليه محوِّل إذا كانت النسبة أصغر من ١).

دراسة حالة (case study) أجرى أعضاء مشروع إنبرو في مرحلته الأولى عدة 'دراسات حالة' للتثبت من صحة منهجية إنبرو. واختير عموماً في 'دراسة الحالة'نظام طاقة نووية نموذجي وأُجري تقييم له، وتم بالتالي التحقق من جدوى المبادئ الأساسية والمتطلبات الخاصة بالمستعملين ومعايير منهجية إنبرو.

دورة الوقود النووية المغلقة (closed nuclear fuel cycle) هي دورة الوقود التي تعاد فيها معالجة الوقود المستعمل (المستهلك) لاستخلاص المواد المترسبة القابلة للانشطار (والخصبة) التي يعاد بعد ذلك تحويلها إلى وقود جديد يعاد إدخاله إلى المفاعل (انظر أيضاً تعريف 'دورة الوقود النووي المفتوحة').

معيار (criterion) 'المعيار' يمكّن المقيِّم من التحقق مما إذا كانت الجهة التي توجه لها متطلبات المستعملين ذات الصلة (انظر تعريف 'متطلب خاص بالمستعمل') قد استوفى المطلوب. ويتكون المعيار من مؤشر وحد للقبول.

دفاع في العمق (defence in depth) يوفر الدفاع في العمق استراتيجية بشأن تدابير الأمان وسمات المنشآت النووية لمنع الحوادث والحد من عواقبها المحتملة والتخفيف منها في حالة فشل الوقاية. ويتميَّز الدفاع في العمق بخمسة مستويات للحماية: المستوى ١ يتعامل مع منع الواقعات الشاذة والحوادث؛ والمستوى ٢ للسيطرة على التشغيل الشاذ وكشف الأعطال؛ والمستوى ٣ للسيطرة على الحوادث ضمن الأساس التصميمي؛ والمستوى ٤ للسيطرة على الظروف الصعبة التي تتعرض لها المحطة، بما في ذلك منع توالي الحوادث والتخفيف من عواقب الحوادث العنيفة؛ والمستوى ٥ للتخفيف من العواقب الإشعاعية للانبعاثات الضخمة من المواد المشعة.

تصميم ارتقائي (evolutionary design) 'التصميم الارتقائي' للمرفق النووي هو تصميم متقدِّم تحسَّن عن التصميمات القائمة (يعني 'التصميم القائم' في منهجية إنبرو تصميم محطة عاملة حتى نهاية عام ٢٠٠٤) من خلال تعديلات صغيرة أو متوسطة، مع التركيز بقوة على مواصلة 'التثبت' من التصميم للتقليل إلى أدنى حد من المخاطر التكنولوجية (انظر أيضاً تعريف 'تصميم ابتكاري').

المرحلة الاستهلالية لدورة الوقود النووي (front end of the nuclear fuel cycle) تشمل المرحلة الاستهلالية في دورة الوقود النووي مرافق تعدين/تجهيز اليورانيوم (أو الثوريوم) وتحويله وإثرائه وصنع عناصر الوقود.

المحفل الدولي للجيل الرابع من المفاعلات (Generation IV International Forum) أسست وزارة الطاقة في الولايات المتحدة هذا المحفل في عام ٢٠٠١ بالاشتراك مع الأرجنتين والبرازيل وكندا وفرنسا واليابان وجمهورية كوريا والمملكة المتحدة، وانضمت إليهم بعد ذلك جنوب أفريقيا وسويسرا والاتحاد الأوروبي والاتحاد الروسي والصين. وقام فريق خبراء دولي باختيار ستة أنواع من المفاعلات النووية المتقدمة (يطلق عليها مفاعلات الجيل الرابع) وتكنولوجيا دورات الوقود الخاصة بها للاشتراك في تطويرها خلال السنوات الخمس عشرة أو الخمس والعشرين المقبلة، وهي: المفاعلات السريعة المبرَّدة بالغاز، ومفاعلات الصوديوم السريعة، والمفاعلات السريعة المبرَّدة بالرصاص، ومفاعلات الأملاح المصهورة، والمفاعلات فائقة الحرجية المبرَّدة بالماء، ومفاعلات درجات الحرارة المرتفعة.

كلي (holistic) يقتضي مصطلح 'كلي' في إطار منهجية إنبرو أن يتناول المقيِّم نظام الطاقة النووية بأكمله، بما في ذلك كل المرافق النووية من التعدين والتجهيز حتى المستودعات النهائية للنفايات النووية والنظر أيضاً في المدة العمرية الكاملة لكل هذه المرافق وتقييم كل مجالات منهجية إنبرو.

مؤشر (Indicator) يشكل المؤشر جزءاً من المعيار (انظر تعريف 'معيار'). ويستخدم نوعان من 'المؤشرات' في منهجية إنبرو: المؤشرات العددية والمؤشرات المنطقية. ويُعرض 'المؤشر' المنطقي عادة في شكل سؤال يتطلب رداً بالإيجاب (نعم) أو بالسلب (لا) في التقييم. ويستند في العادة 'المؤشر' العددي إلى قيمة تقاس أو تُحسب للتعبير عن خاصية في نظام الطاقة النووية، من قبيل احتمالات إصابة قلب المفاعل بتلف شديد بعد وقوع حادث.

أمان متأصل (inherent safety) يتسم المرفق النووي بخاصية الأمان المتأصل مقابل الخطر المحتمل إذا كان من المستحيل وقوع الخطر مادياً بحكم التصميم. مثال ذلك أن الغرفة التي لا تحتوي على أي مواد قابلة للاحتراق تعتبر آمنة بطبيعتها ضد الحريق.

تصميم ابتكاري (innovative design) 'التصميم الابتكاري' للمرفق النووي هو تصميم متقدِّم يشمل تغييرات مفاهيمية جذرية في نُهج التصميم أو نسق مكونات النظام بالمقارنة مع التصميمات القائمة (يعني 'التصميم القائم' في إطار منهجية إنبرو تصميم المحطة العاملة حتى نهاية عام ٢٠٠٤).

منهجية إنبرو (INPRO methodology) منهجية المشروع الدولي المعني بالمفاعلات النووية ودورات الوقود الابتكارية (إنبرو) تم تطويرها في المرحلة الأولى من مشروع إنبرو. وتتألف المنهجية من متطلبات متسلسلة في شكل هرمي (المبادئ الأساسية والمتطلبات الخاصة بالمستعملين والمعايير)، وهي موجَّهة إلى مختلف أصحاب المصلحة في برامج القوى النووية: مصممو/مطورو التكنولوجيا النووية، ومشغلو المرافق النووية، والحكومات التي لديها برامج للقوى النووية، والصناعات الوطنية المعنية بتلك البرامج.

نظام الطاقة النووية (nuclear energy system) يتألف 'نظام الطاقة النووية' من كل المرافق النووية في المرحلتين الاستهلالية والختامية لدورة الوقود، مثل التعدين والتجهيز والتحويل والإثراء وصنع الوقود، والمفاعلات، ومرافق التصرف في النفايات، وإعادة المعالجة، والمستودعات النهائية للنفايات النووية. ويمكن أن يحتوي نظام الطاقة النووية على مرافق نووية ارتقائية وابتكارية.

تقييم نظام الطاقة النووية (nuclear energy system assessment) تقييم نظام الطاقة النووية باستخدام منهجية إنبرو يتحقق من استدامة نظام الطاقة النووية ويحدد، في حالة وجود ثغرات، مدى الحاجة إلى اتخاذ إجراءات لمتابعة تحقيق الاستدامة.

دورة الوقود النووي المفتوحة (open nuclear fuel cycle) 'دورة الوقود المفتوحة' (أو دورة وقود المرة الواحدة) هي دورة وقود لا يعاد فيها تدوير الوقود بعد استخدامه في المفاعل. ويحتفظ بالوقود المستعمل أو (المستهلك) في أماكن تخزين مؤقتة قبل نقله إلى مستودع نهائي.

نظام سلبي (passive system) 'النظام السلبي' هو نظام (أمان) للمفاعل يتكون من مكونات سلبية (تعمل مثلاً بفعل الجاذبية) ولا يتطلب تشغيلها أي مدخلات خارجية أو فعالة (مثل المضخات أو الصمامات التي تعمل بمحركات).

ثقافة أمان (safety culture) أدخل الفريق الدولي للأمان الدولي النووي مصطلح 'ثقافة الأمان' في عام ١٩٨٦. ويقصد بهذا المصطلح مجموعة الخصائص والمواقف المعيَّنة لدى المنظمات والأفراد التي تضمن أن قضايا الوقاية والأمان تلقى ما تستحقه من عناية بسبب أهميتها.

استدامة (Sustainability) عرَّفت اللجنة العالمية المعنية بالبيئة والتنمية (برونتلاند) في عام ١٩٨٧ التنمية المستدامة بأنها "تنمية تلبي احتياجات الأجيال الحالية دون الإضرار بقدرة الأجيال القادمة على تلبية احتياجاتها". وإمدادات الطاقة المستدامة شرط أساسي مهم لكي يحقق بلد ما تنمية مستدامة. وتمثل الطاقة النووية أحد خيارات نظام إمدادات الطاقة المستدامة. والهدف الرئيسي لمشروع إنبرو هو المساعدة على كفالة إتاحة الطاقة النووية للمساهمة في تلبية الاحتياجات من الطاقة في القرن الحادي والعشرين بطريقة مستدامة. ووضعت منهجية إنبرو للتحقق من استدامة نُظم الطاقة النووية. ونظام الطاقة النووية يكون مستداماً، أي أنه يعمل مثلاً على الأقل حتى نهاية القرن الحادي والعشرين، إذا كان يفي بكل معايير إنبرو في كل مجالات منهجية إنبرو.

متطلب خاص بالمستعمل (user requirement) تحدد 'متطلبات المستعملين' في إطار منهجية إنبرو ما يتعيَّن على أصحاب مصلحة بعينهم (أو مستعملين بعينهم) مثل المصممين أو المشغلين أو الحكومات أو الصناعات الوطنية في برامج الطاقة النووية القيام به لتحقيق استدامة البرامج. ويتحقق المقيِّمون من استيفاء المتطلبات الخاصة بالمستعملين عن طريق تقييم المعايير ذات الصلة.

المراجع

[1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Guidance for the Application of an Assessment Methodology for Innovative Nuclear Energy Systems, INPRO Manual, IAEA-TECDOC-1575, Rev. 1, IAEA, Vienna (2008).

[2] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Choosing the Nuclear Power Option: Factors to be Considered, STI/PUB/1050, IAEA, Vienna (1998).

[3] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Guidance for the Evaluation of Innovative Nuclear Reactors and Fuel Cycles, Report of Phase 1A of the International Project on Innovative Nuclear Reactors and Fuel Cycles (INPRO), IAEATECDOC-1362, IAEA, Vienna (2003).

[4] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Methodology for the Assessment of Innovative Nuclear Reactors and Fuel Cycles, Report of Phase 1B (first part) of the International Project on Innovative Nuclear Reactors and Fuel Cycles (INPRO), IAEA-TECDOC-1434, IAEA, Vienna (2004).

[5] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Lessons Learned from Nuclear Energy Systems Assessment (NESA) using the INPRO Methodology, IAEA-TECDOC-1636, IAEA, Vienna (2009).

[6] BRUNDTLAND COMMISSION, “Our Common Future”, World Commission on Environment and Development, Oxford University Press, Oxford (1987).

[7] Nuclear power: The critical issue of safety, The Economist, March 21–27 (2009) 65.

[8] Proliferation and nuclear power: Food for thought, The Economist, March 21–27 (2009) 66.

[9] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Sustainable Energy for the 21st Century, IAEA Tools and Methodologies for Energy System Planning and Nuclear Energy System Assessments, IAEA, Vienna (2009). www.iaea.org/INPRO

[10] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Principles of Radioactive Waste Management, IAEA Safety Series No. 111-F, IAEA, Vienna (1995).

[١١] الاتحاد الأوروبي للطاقة الذرية، ومنظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة، والوكالة الدولية للطاقة الذرية، ومنظمة العمل الدولية، والمنظمة البحرية الدولية، ووكالة الطاقة النووية التابعة لمنظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي، ومنظمة الصحة للبلدان الأمريكية، وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة، ومنظمة الصحة العالمية، مبادئ الأمان الأساسية، سلسلة معايير الأمان الصادرة عن الوكالة، رقم SF-1، الوكالة الدولية للطاقة الذرية، فيينا (٢٠٠٧).

[12] MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY, The Future of Nuclear Power, An Interdisciplinary MIT Study, MIT (2003).

[13] OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, The Economics of the Nuclear Fuel Cycle, Nuclear Energy Agency, OECD, Paris (1994).

[14] OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, Projected Costs of Generating Electricity (2010), Nuclear Energy Agency, OECD, Paris (2010).

[15] WORLD NUCLEAR ASSOCIATION, The Economics of Nuclear Power, www.world-nuclear.com/info/inf02.html (2009).

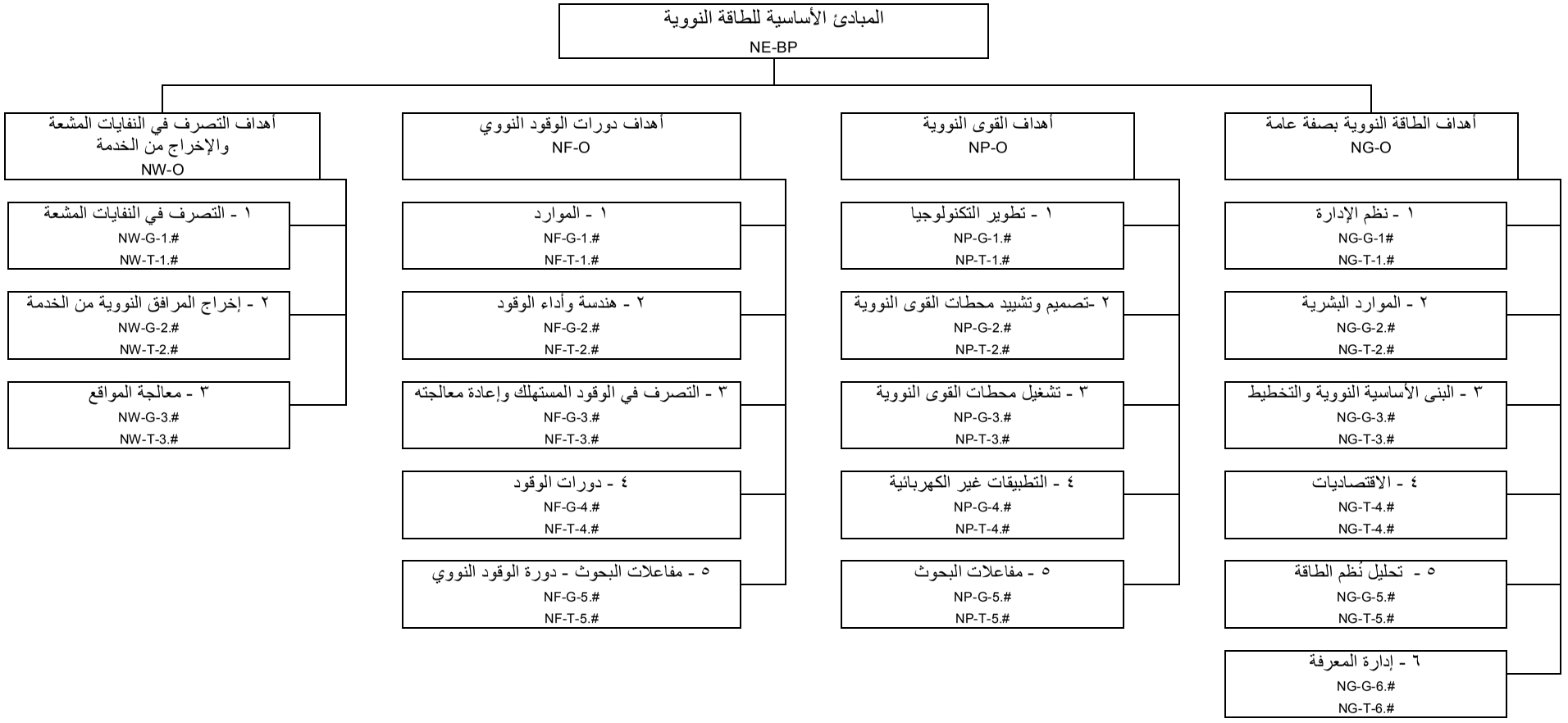
[16] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Milestones in the Development of a National Infrastructure for Nuclear Power, IAEA Nuclear Energy Series No. NG-G-3.1, IAEA, Vienna (2007).

[17] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Evaluation of the Status of National Nuclear Infrastructure Development, IAEA Nuclear Energy Series No. NG-T-3.2, IAEA, Vienna (2008).

المساهمون في الصياغة والاستعراض

Allan, C.	International Atomic Energy Agency
Beatty, R.	International Atomic Energy Agency
Depisch, F.	International Atomic Energy Agency
Gowin, P.	International Atomic Energy Agency
Hayashi, H.	International Atomic Energy Agency
Khartabil, H.	International Atomic Energy Agency
Korinny, A.	International Atomic Energy Agency
Kovacic, D.	International Atomic Energy Agency
Pane, J.	International Atomic Energy Agency
Sokolov, Y.	International Atomic Energy Agency
Starz, A.	International Atomic Energy Agency

هيكل سلسلة منشورات الطاقة النووية التي تصدرها الوكالة



المفتاح

BP: المبادئ الأساسية

O: الأهداف

G: الأدلة

T: التقارير التقنية

Nos. :1-6 مسميات المواضيع

#: رقم الدليل أو التقرير (١، ٢، ٣، ٤، إلى آخره)

أمثلة

NG-G-3.1: الطاقة النووية بصفة عامة (NG)، دليل، البنى الأساسية النووية والتخطيط (الموضوع ٣)، # ١

NP-T-5.4: القوى النووية (NP)، تقرير (T) مفاعلات البحوث (الموضوع ٥)، # ٤

NF-T-3.6: الوقود النووي (NF) تقرير (T) التصرف في الوقود المستهلك وإعادة معالجته، # ٦

NW-G-1.1: التصرف في النفايات المشعة والإخراج من الخدمة (NW)، دليل، النفايات المشعة (الموضوع ١)، # ١

11-05376

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY
VIENNA
ISBN 978–92–0–620410–8
ISSN 1995–7807