

تقرير
لجنة الأمم المتحدة العلمية
المعنية بآثار الإشعاع الذري

الجمعية العامة
الوثائق الرسمية : الدورة السابعة والثلاثون
الملحق رقم ٤٥ (A/37/45)



الأمم المتحدة

تقرير
لجنة الأمم المتحدة العلمية
المغنية بآثار الاشعاع الذري

الجمعية العامة
الوثائق الرسمية : الدورة السابعة والثلاثون
الملحق رقم ٤٥ (A/37/45)



الأمم المتحدة
نيويورك ١٩٨٢

ملاحظة

تتألف رموز وثائق الأمم المتحدة من حروف وأرقام .
ويعني إيراد أحد هذه الرموز الاحالة الى إحدى وثائق

الأمم المتحدة

[الأصل : بالانكليزية]
[٩ آب / أغسطس ١٩٨٢]

المحتويات

<u>الصفحة</u>	<u>الفقرات</u>	
١	١٠ - ١	أولا - مقدمة
٤	٦٢ - ١١	ثانيا - موجز النتائج الرئيسية
٤	٣٩ - ١٢	ألف - تقديرات مستويات الاشعاع وجرعاته
٥	١٩ - ١٥	١ - المصادر الطبيعية
٥	٣٩ - ٢٠	٢ - المصادر التي هي من صنع الانسان
١٢	٦٢ - ٤٠	باء - تطورات جديدة في البيولوجيا الاشعاعية
١٢	٤٨ - ٤٣	١ - الآثار الوراثية الجينية
١٣	٦٢ - ٤٩	٢ - الآثار الجسمية
١٨	٢٣٥ - ٦٣	ثالثا - النص الأساسي للتقرير
١٨	٧٠ - ٦٤	ألف - الكميات والوحدات
١٩	١٦٩ - ٧١	باء - مستويات الاشعاع وجرعاته
١٩	٧٧ - ٧١	١ - نماذج تقدير الجرعات
		٢ - التعرض للاشعاع الطبيعي ، بما في ذلك المصادر المعدلة تكنولوجيا ، وللمنتجات الاستهلاكية المصدر للاشعاع
٢٣	١١٦ - ٧٨	٣ - حالات التعرض للاشعاع الناجمة عن التفجيرات النووية
٣٤	١٢٣ - ١١٧	٤ - حالات التعرض للاشعاع نتيجة لانتاج الطاقة النووية
٣٦	١٣٨ - ١٢٤	٥ - حالات التعرض المهني
٤٢	١٤٥ - ١٣٩	٦ - حالات التعرض الطبي
٤٤	١٥٦ - ١٤٦	٧ - ملخص وأستنتاجات
٤٧	١٦٩ - ١٥٧	

المحتويات (تابع)

<u>الصفحة</u>	<u>الفقرات</u>	
٥١	٢٣٥ - ١٧٠	..... جيم - آثار الاشعاع
٥١	١٨٨ - ١٧٠	..... ١ - الآثار الجينية للاشعاع
		..... ٢ - الآثار غير العشوائية للتعرض للاشعاع على
٥٧	٢٠٦ - ١٨٦	..... الأنسجة العادية
٦٣	٢٢١ - ٢٠٧	..... ٣ - تقصير العمر الناجم عن الأشعة
		..... ٤ - الآثار البيولوجية للاشعاع مجتمعاً مع
٦٨	٢٣٢ - ٢٢٢	..... العوامل الأخرى
٧٠	٢٣٥ - ٢٣٣	..... ٥ - الموجز والنتائج

التذييلات

٧٢	.....	الأول - قائمة بأسماء أعضاء الوفود الوطنية
		الثاني - قائمة بأسماء الموظفين العلميين والخبراء الاستشاريين الذين تعاونوا مع
٧٥	.....	اللجنة في اعداد التقرير
٧٦	.....	الثالث - قائمة بالتقارير التي تلقتها اللجنة

١ - تقدم لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع الذري (١) ، منذ انشائها فسي سنة ١٩٥٥ ، تقارير سنوية الى الجمعية العامة ، كما تقدم على فترات غير منتظمة تقارير أكثر شمولاً مع مرفقات علمية مفصلة . وهذا هو التقرير الثامن في سلسلة تلك التقارير الموضوعية (٢) . وهو يتألف من موجز ونص رئيسي يجلان النتائج التي انتهت اليها مناقشات اللجنة ، واثني عشر مرفقا تستعرض بتفصيل كبير الاجراءات والمعلومات العلمية التي تستند اليها تلك النتائج .

٢ - وعلى الرغم من أن اللجنة حاولت القيام بتغطية منظمة لكل المسائل التي عهد اليها الاهتمام بها ، فان هذا التقرير لا يشتمل على جميع مصادر التعرض الاشعاعي والآثار الاشعاعية . وفي ضوء الأعمال السابقة ، يتناول هذا التقرير بالتحديد الموضوعات التي ارتئي أنها تحتاج الى النظر فيها بسبب تطور المعرفة العلمية ذات العلاقة . وعلى ذلك ، فقد استكملت فقط بعض مرفقات تقرير عام ١٩٧٧ ؛ وأعيد تقييم البعض الآخر بدرجة كبيرة نظرا لمرور سنوات عديدة من التطور ؛ وهناك أمور أخرى ينظر فيها أساسا للمرة الأولى .

(١) أنشأت الجمعية العامة للجنة العلمية في دورتها العاشرة . وقد حددت صلاحيات اللجنة في القرار ٩١٣ (د - ١٠) . وكانت اللجنة في الأصل مكونة من الدول الأعضاء الآتية : اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية ، الأرجنتين ، استراليا ، البرازيل ، بلجيكا ، تشيكوسلوفاكيا ، السويد ، فرنسا ، كندا ، مصر ، المكسيك ، المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وايرلندا الشمالية ، الهند ، الولايات المتحدة الامريكية ، اليابان . وقد وسعت عضوية اللجنة فيما بعد بموجب قرار الجمعية العامة ٣١٥٤ جيم (د - ٢٨) ، لتشمل الدول الأخرى التالية : ألمانيا (جمهورية - الاتحادية) ، اندونيسيا ، بولندا ، بيرو ، السودان .

(٢) للاطلاع على التقارير الموضوعية السابقة للجنة أنظر الوثائق الرسمية للجمعية العامة ، الدورة الثالثة عشرة ، الملحق رقم ١٧ (A/3838) ؛ المرجع نفسه ، الدورة السابعة عشرة ، الملحق رقم ١٦ (A/5216) ؛ المرجع نفسه ، الدورة التاسعة عشرة ، الملحق رقم ١٤ (A/5814) ؛ المرجع نفسه ، الدورة الحادية والعشرون ، الملحق رقم ١٤ (A/6314 و Corr.1) ؛ المرجع نفسه ، الدورة الرابعة والعشرون ، الملحق رقم ٣ (A/7613 و Corr.1) ؛ المرجع نفسه ، الدورة الثانية والعشرون ، الملحق رقم ٢٥ (A/8725 و Corr.1) ؛ المرجع نفسه ، الدورة الثانية والثلاثون ، الملحق رقم ٤٠ (A/32/40) . وسوف يشار الى تلك الوثائق في هذا السياق بوصفها تقارير الأعوام ١٩٥٨ و ١٩٦٢ و ١٩٦٤ و ١٩٦٦ و ١٩٧٢ و ١٩٧٧ على التوالي . وقد صدر أيضا تقرير عام ١٩٧٢ مع تذييلاته ومرفقاته العلمية بوصفه : " الإشعاع المؤين : المستويات والآثار " ، المجلد الأول : المستويات (منشورات الأمم المتحدة ، رقم المبيع E.27.IX.17) ، والمجلد الثاني ، الآثار (منشورات الأمم المتحدة ، رقم المبيع E.27.IX.18) . ونشر تقرير عام ١٩٧٧ مع تذييلاته ومرفقاته العلمية بوصفه : " مصادر وآثار الإشعاع المؤين " (منشورات الأمم المتحدة ، رقم المبيع E.77.IX.1) .

٣ - واتباعا للأسلوب الذى جرى العمل به في الماضي ، فلن يقدم الى الجمعية العامة سوى النص الرئيسي لهذا التقرير . أما التقرير الكاظم مشفوطا بالتقارير العلمية فقد جرى توفيره في نفس الوقت بوصفه منشورا منفصلا (٣) لتوزيعه على نطاق واسع على المجتمع العلمي ، الذى تلقى التقارير السابقة للجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الاشعاع الذرى بوصفها مصادر موشوفا بها للمعلومات والتقييم المستقلين . وترغب اللجنة في أن توجه اهتمام الجمعية العامة الى أن فصل النص الرئيسي للتقرير عن مرفقاته العلمية لا يقصد به الا التيسير . بيد أن الأدلة المستندية الواردة في المرفقات كأساس لاستنتاجات اللجنة تعد ذات أهمية كبرى .

٤ - وقد جرى اعداد هذا التقرير أثناء دورات اللجنة من السابعة والعشرين الى الحادية والثلاثين . وفي الدورة السابعة والعشرين ، قام م . كليمك (تشيكوسلوفاكيا) بوظيفة الرئيس ، وف . أ . ستيف (جمهورية ألمانيا الاتحادية) بوظيفة نائب الرئيس ، وك . ساندرام (الهند) بوظيفة المقرر . وأدى نفس الوظائف ف . أ . ستيف (جمهورية ألمانيا الاتحادية) ، وز . جافوروفسكي (بولندا) ، ود . بننسون (الأرجنتين) ، في الدورتين الثامنة والعشرين والتاسعة والعشرين . وأخيرا ، أدى ز . مافوروفسكي (بولندا) ، ود . بننسون (الأرجنتين) ، وت . كوماتورى (اليابان) ، وظائف الرئيس ، ونائب الرئيس ، والمقرر ، على التوالي ، أثناء الدورتين الثلاثين والحادية والثلاثين . وقد عقدت جميع هذه الدورات في فيينا .

٥ - وجرى القيام بأعمال اللجنة في جلسات حضرها علماء متخصصون قاموا ، بوصفهم ممثلين رسميين أو مستشارين علميين للوفود الوطنية ، بالنظر في ورقات العمل التي أعدتها الأمانة العامة بناء على طلب اللجنة ، وبمناقشتها وتعديلها . ويرد في التذييل الأول أسماء هؤلاء الاخصائيين الذين حضروا دورة واحدة أو أكثر أثناء اعداد التقرير .

٦ - وقام بمساعدة اللجنة في أعمالها عدد صغير من الموظفين العلميين فضلا عن الخبراء الاستشاريين المعينين من قبل الأمين العام . وفي حين أن اللجنة ، باعتمادها هذا التقرير ، تتحمل المسؤولية الكاملة عن مضمونه ، فانها ترغب في التعبير عن شكرها للمساعدة التي قدمها هؤلاء العلماء الذين تولوا مسؤولية الاستعراض الأولي وتحليل البيانات . وترد أسماء هؤلاء العلماء والخبراء الاستشاريين في التذييل الثاني . وتدين اللجنة بالكثير لتعاونهم ومشورتهم التقنية .

٧ - ويرد في التذييل الثالث المعلومات التي تلقتها أمانة اللجنة فيما بين ٢٣ نيسان /ابريل ١٩٧٧ و ٢٦ آذار /مارس ١٩٨٢ من الدول الأعضاء في الأمم المتحدة ، وأعضاء الوكالات المتخصصة والوكالة الدولية للطاقة الذرية ، فضلا عما تلقت من هذه الوكالات نفسها . أما المعلومات التي وردت من قبل فقد أوردت في تقارير سابقة قدمت الى الجمعية العامة . وقد حصلت اللجنة على جميع هذه البيانات بصفة رسمية ، وجرى استكمالها بالكثير من المعلومات المنشورة في المطبوعات العلمية المعروفة كما جرى تفسيرها في ضوء تلك المعلومات . وفي حالات قليلة جدا استخدمت أيضا الأعمال غير المنشورة التي ساهم بها العلماء بصفة فردية ، أو جرى الحصول على المعلومات من أفراد أو منظمات ردا على طلبات محددة من اللجنة . وتعترف اللجنة ، مع التقدير ، بهذه الاسهامات .

٨ - وقد حضر دورات اللجنة خلال الفترة قيد الاستعراض ممثلون للوكالة الدولية للطاقة الذرية ، ومنظمة الصحة العالمية ، وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة ، واللجنة الدولية المعنية بالحماية من الإشعاع ، واللجنة الدولية المعنية بوحدات ومقاييس الإشعاع . وتعتبر اللجنة ، مع الامتثال ، بمساهماتهم في المناقشات التي جرت في معرض اعداد هذا التقرير .

٩ - وقد وضعت اللجنة ، تمثيلا مع ولايتها ، خططا لمواصلة استعراضها لمستويات الإشعاع التي يتعرض لها سكان العالم في الوقت الحاضر ، أو التي قد يتعرضون لها في المستقبل ، وللأثار والمخاطر التي يمكن أن تنجم عن هذا التعرض . وتقر اللجنة أن تبقى تحت الفحص الدقيق المجالات التي ستبرز بوصفها مجالات تستحق اهتماما خاصا لصلتها العلمية بالموضوع ، أو لأهميتها العلمية . وتعتقد اللجنة أن مثل تلك الدراسات ستقدم أيضا اسهاما هاما في أنشطة برنامج الأمم المتحدة للبيئة الذي تلتزم اللجنة الاحتفاظ بصلات وظيفية وثيقة معه .

١٠ - وتوجه اللجنة في الفروع التالية النتائج الرئيسية التي تم التوصل اليها في هذا التقرير في ضوء التقارير الموضوعية السابقة ، ثم تفحص بالتفصيل نتيجة الدراسات التي أجريت في مجالات محددة في الميدانين الفيزيائي والبيولوجي على السواء .

ثانياً - موجز النتائج الرئيسية

١١ - وضع هذا التقرير على نحو يمتد من قراءته على مختلف مستويات التفصيل والتعميق . ويلخص هذا الفصل أهم نتائج الاستقصاءات الواسعة النطاق التي أجريت في مختلف الميادين ، وخاصة في ضوء التقارير السابقة المقدمة الى الجمعية العامة . ويهدف النص الى تركيز الضوء على الاتجاهات الرئيسية التي تبنت على مر السنين على هيئة تقييمات اجمالية وشاملة .

ألف - تقديرات مستويات الاشعاع وجرعاته

١٢ - استعرضت اللجنة منهجياً في هذا التقرير ، على غرار التقارير السابقة ، مصادر الاشعاع المؤين التي من شأنها أن تعرض الانسان للاشعاع ، وهي المصادر الطبيعية ، والانفجارات النووية ، ونتاج الطاقة النووية ، واستخدام الاشعاع في الأفراس الطبية والصناعية وفي أمراض البحوث ، والمنتجات الاستهلاكية المشعة . وجرى النظر في كل من حالات التعرض المهني (أي حالات التعرض التي تحدث في أثناء العمل) ، وحالات التعرض غير المهني . وجرى التعبير عن النتائج الخاصة بكل مصدر من مصادر الاشعاع المؤين بطريقتين . فمن ناحية ، أعطيت النتائج فيما يتعلق بالجرعات الفردية ، التي تبين من وجهة نظر فردية الأهمية النسبية لنوع العمل ، أو مكان الإقامة ، أو لمعادن معينة . ومن ناحية أخرى ، فقد استخدمت أيضاً الجرعات الجماعية . وحيث أن تلك الجرعات تشكّل مجموع الجرعات الفردية الناتجة عن مصدر معين ، فانها تعتبر بمثابة رقم قياسي للأثر الصحي الكلي لهذا المصدر . ويتيح استخدام الجرعات الجماعية إجراء مقارنة بين الأثر الناجم عن عدد كبير من المصادر المتباينة وبين الممارسات التي من شأنها أن تؤدي الى حدوث الاشعاع المؤين .

١٣ - وقد تبنت اللجنة لدى بدء نشاطها افتراضاً أساسياً لفرض تقديرات الجرعات ، لا يزال مستخدماً في الوقت الحاضر ، وهو الافتراض بوجود تناسب مباشر بين الجرعات وبين احتمال حدوث الآثار (كالأضرار السرطانية أو الجينية) فيما يتعلق بالمستويات المنخفضة نسبياً من الجرعات ومعدل الجرعات التي هي موضع البحث عموماً في هذا التقرير . والقصد من هذا الافتراض هو أن يطبق على أعداد كبيرة من السكان تتألف من أفراد من الجنسين وفي مختلف الأعمار ، وليس على فرد واحد . ولا يتعارض هذا الافتراض مع الحجم الكبير من البيانات التجريبية والبيانات المتعلقة بالأمراض الوبائية . وهناك من الأسباب ما يدعو الى الاعتقاد بأنه لا يقلل من قيمة الخطر الذي تنطوي عليه الجرعات المنخفضة أو معدلات الجرعات التي هي موضع اهتمام اللجنة ، بل لعده يخالي في تقدير هذا الخطر .

١٤ - ويختلف هذا التقرير عن التقارير السابقة فيما يتعلق بجانب هام واحد . ذلك أن اللجنة ، بدلا من أن تقدر الجرعات الممتصة بالنسبة لعدد محدود فقط من الأنسجة الهامة (مثل الغدد التناسلية ، والرئتين ، ونخاع العظم) ، تربط الآن بين الجرعات في جميع الأعضاء والأنسجة ، في تعبير عن الجرعة يطلق عليه " مكافئ الجرعة الفعالة " (أنظر الفقرات من ٦٦ الى ٦٩) الذي تعتقد اللجنة انه يمثل درجة أفضل كامل الخطر الناجم عن تعرض السكان . ونتيجة لذلك ، فان التقديرات الحالي للأهمية النسبية لبعض المواد المشعة قد تغير في بعض الحالات بالمقارنة مع التقارير السابقة للجنة .

١ - المصادر الطبيعية

١٥ - ان أكبر ما يسهم في المتوسط السنوي للجرعات التي يتلقاها الجنس البشري هو مصادر الاشعاع الطبيعية ، التي تشمل على مصادر خارجية ، مثل الأشعة الكونية والمواد المشعة في الأرض وفي مواد البناء ، والمصادر الداخلية الناتجة عن استنشاق أو تناول مواد مشعة تحدث طبيعيا في الهواء والغذاء . ومن المسلم به الآن أن الاستنشاق هو أهم معبر للاشعاع ، يليه الأشعة الخارجية وابتلاع المواد المشعة . ويميز معظم مكافئ الجرعة الفعالة الناجم عن الاستنشاق الى عنصر الرادون ، وهو غاز خامل مشع يتواجد غالبا في تركيزات الهواء العالية نسبيا داخل المباني .

١٦ - ومن الخصائص المميزة للاشعاع الطبيعي هي أنه يشمل جميع سكان العالم ، وان التعرض له كان وما زال يحدث بمعدل ثابت نسبيا على مدى فترة طويلة من الزمن . ولهذه الأسباب فإنه قد يستخدم كمستوى مرجعي للمقارنة مع مصادر الاشعاع المؤين التي هي من صنع الانسان .

١٧ - وتتوقف الجرعة التي يتلقاها شخص معين من المصادر الطبيعية للاشعاع على عدد من الأحوال ، من بينها محل الإقامة ، ونوع المسكن ، وارتفاعه . على أن نطاق الجرعات الفردية الآتية من مصادر طبيعية يعد ، بالنسبة لمعظم سكان العالم ، ضيقا الى حد ما ، حيث أن من المرجح انه يتراوح فقط ما بين نصف وضعف متوسط القيمة .

١٨ - وعلى الرغم من ذلك ، فإنه حينما ينظر على انفراد في أحد مكونات الجرعة المستمدة من مصادر طبيعية ، يكشف عامة أن بعض الأفراد يتعرضون لمستويات أعلى بكثير من المتوسط . ومن أمثلة الأفراد المعنيين أولئك الذين يعيشون في مناطق تكون التربة والصخور فيها غنية بالمواد المشعة الطبيعية ، وأولئك الذين يعيشون في مبان ذات تركيزات عالية من عنصر الرادون ، وأولئك الذين يعيشون على ارتفاعات عالية فوق مستوى البحر ، وأولئك الذين يأكلون مواد غذائية تحتوى على تركيزات جد عالية من المواد المشعة .

١٩ - وقد استعرضت اللجنة من قبل حالات التعرض الناتجة عن المصادر الطبيعية للاشعاع في تقاريرها للأعوام ١٩٥٨ و ١٩٦٢ و ١٩٦٦ و ١٩٧٢ و ١٩٧٧ . ونظرا لتزايد عدد المقاييس ، فقد أصبحت تقديرات الجرعات أكثر دقة ، لاسيما فيما يتعلق بالاشعاع الخارجي . وفي هذا التقرير ، يؤكد التعبير عن الجرعة على أساس مكافئ الجرعة الفعالة أهمية الاستنشاق كمعبر للاشعاع . وفي المتوسط ، يحسب الآن حوالي نصف مكافئ الجرعة الفعالة من المصادر الطبيعية على أنه ناجم عن وجود عنصر الرادون في الهواء داخل المباني .

٢ - المصادر التي هي من صنع الانسان

٢٠ - تتنوع حالات التعرض لمصادر الاشعاع الطبيعية تنوعا ضئيلا من عام لآخر وتشمل جميع سكان العالم بنفس المدى تقريبا . وعلى العكس من ذلك ، فان المصادر التي هي من صنع الانسان قد تتنوع تنوعا كبيرا مع الوقت ، وقد تختلف صور التعرض الناجمة عن ذلك اختلافا جوهريا من مجموعة سكانية الى مجموعة أخرى .

(أ) الإشعاع الطبي

٢١ - يحتل الإشعاع الطبي في الوقت الحاضر المرتبة الأولى من حيث الكمية بين مصادر التمرين البشرية للإشعاع التي هي من صنع الانسان . ويستخدم الإشعاع في الطب لأغراض التشخيص (على سبيل المثال ، الأشعة السينية أو الفحوص الطبية النووية) ولمعالجة الأمراض ، وخاصة الأمراض السرطانية . وتتباين الجرعات التي يحصل عليها المرضى تباينا كبيرا : من الضئيلة جدا ، كما هي الحال بالنسبة للكثير من الفحوص التشخيصية ، الى العالية جدا ، كتلك التي تعطى في حالات العلاج الطبي بالأشعة . ولما كان التعرض لأغراض طبية ينطوي عادة على تعريض مناطق محدودة من الجسم للإشعاع ، فقد تمدر في الماضي مقارنة هذا النوع من التعرض بالأنواع الأخرى . ويستهدف استخدام مكافئ الجرعة الفعالة في هذا التقرير التقليل من هذه الصعوبة .

٢٢ - وتتنوع الجرعات الفردية السنوية من الصفر ، بالنسبة للمريض غير المعرض للإشعاع والذي لا يخضع لأي تعرض تشخيصي أو علاجي ، الى عدة عشرات الآلاف من المرات من المتوسط السنوي للجرعة من المصادر الطبيعية ، وهي التي تعطى للمرضى الذين يعالجون بالأشعة . وفي ظل تلك الظروف ، لا يكون متوسط الجرعات ذا أهمية كبيرة ، على الرغم من أن الجرعات الجماعية قد تعطى بعض المؤشرات فيما يتعلق بالآثار الناجمة عن المصادر الطبية . وفي البلدان الصناعية ، يبلغ مكافئ الجرعات الفعالة السنوي الناتج عن الأشعة السينية والإشعاع التشخيصي في الطب النووي ما يناهز نصف الجرعات الجماعية السنوية من المصادر الطبيعية . ولم تقدر اللجنة الاسهام الناجم عن تعريض المرضى للأشعة لأغراض علاجية . بيد انه ستكون هناك حاجة الى تقدير هذا العنصر بطريقة مختلفة ان أنه ينطبق عامة على الأشخاص الذين يكونون في مراحل متأخرة من العمر ، والذين ينخفض احتمال تعرضهم لعواقب طويلة الأجل أو عواقب كامنة تحدث بفعل الإشعاع نظرا لمتوسط عمرهم الذي يكون محدودا بدرجة أكبر .

٢٣ - وقد توفرت الآن فقط بيانات من البلدان النامية ، ويمعزى ذلك جزئيا الى التعاون مع منظمة الصحة العالمية . وتشير هذه البيانات الى انخفاض تواتر الفحص في تلك البلدان بنحو عشر مرات عما هو عليه في البلدان الصناعية . ونتيجة لذلك ، فان المكافئ السنوي للجرعة الجماعية الفعالة المطبق على التعرض الطبي في أنحاء العالم قد يبلغ خمس المكافئ السنوي للجرعة الجماعية الفعالة من المصادر الطبيعية للإشعاع . وعلى الرغم من أن الجرعات الفردية التي يتلقاها العمال المشتغلون في الاستخدامات الطبية للإشعاع قد تكون كبيرة ، فان اجمالي الاسهام المهني في الجرعة الجماعية لا يعد هاما اذا ما قورن بالاسهام الناجم عن تشخيص المرضى ، نظرا للعدد القليل نسبيا من العمال موضع الدراسة .

٢٤ - وقد سبق للجنة أن قدمت البيانات المتعلقة بالإشعاع الطبي في تقاريرها الصادرة في الأعوام ١٩٥٨ و ١٩٦٢ و ١٩٧٢ و ١٩٧٧ . بيد انه نظرا لقلة المعلومات المتوفرة ، وعدم التيقن فيما يتعلق بتقدير الجرعات ، ليس من السهل تقدير الاتجاهات المتعلقة بالجرعة الجماعية خلال تلك الأعوام . وقد أجرى في البلدان الصناعية عدد متزايد من الفحوص خلال تلك الأعوام ؛ ومن ناحية أخرى فان التحسن المستمر للأجهزة الذي طرأ خلال تلك الفترة لا بد وأن يكون قد أدى الى انخفاض الجرعة في الفحص الواحد . وربما يكون هذان الاتجاهان قد حققا توازنا فيما بينهما الى حد ما .

ولأغراض عمليات المقارنة التي أجريت في هذا التقرير ، افترضت اللجنة وجود جرعة جماعية سنوية ثابتة تقريبية ناجمة عن التعرض الطبي .

(ب) التفجيرات النووية

٢٥ - كانت المواد المشعة الاصطناعية الناجمة عن تجارب الأسلحة النووية في الجو هي السبب وراء تلوث البيئة الواسع النطاق . وقد جرى مبدئيا حقن طبقة الجو العليا بالكثير من هذه المواد ، ثم تحولت من هناك ببطء الى الطبقة السفلى ثم الى الأرض في عملية يشار اليها عادة بوصفها السقطة . وتؤدي النويدات المشعة الناجمة عن السقطة الى حدوث تعرض عن طريق الاستنشاق في الوقت الذي يكون فيه في الهواء على المستوى الأرضي ، أو عن طريق الاشعاع الخارجي أو الابتلاع حينما تستقر على النباتات أو في التربة .

٢٦ - وتجرى التفجيرات النووية منذ عام ١٩٤٥ . ونفذت برامج مكثفة للتجارب النووية في الجو خلال الفترة ما بين ١٩٥٤ و ١٩٥٨ ، ومن ١٩٦١ الى ١٩٦٢ . ومنذ عام ١٩٦٤ جرى المزيد من التفجيرات الجوية ، كان آخرها في تشرين الأول / اكتوبر ١٩٨٠ . وأجريت تفجيرات نووية جوفية ولا تزال تجرى ، الا أن التلوث البيئي الناجم عنها يعد بسيطا نسبيا . وكما فعلت اللجنة في جميع تقاريرها السابقة ، فقد قدرت الاشعاع الذي تعرض له سكان العالم نتيجة للتجارب النووية الجوية . وعلى الرغم من أن التفجيرات النووية تتسبب في انتاج عدة مئات من النويدات المشعة ، فان المثلث منها فقط يسهم اسهاما كبيرا في التعرض البشري ، ان أن معظمها يتحلل خلال وقت قصير ، أو تنتج بكميات ضئيلة جدا . وفي هذا التقرير ، نظرت اللجنة في ٢١ نويدة مشعة ، بما فيها اليود - ١٣١ ، والسترنشيوم - ٩٠ ، والسييزيوم - ١٣٧ ، والكربون - ١٤ . ونظرا للتباين الواسع في الوقت الذي يستغرقه تحلل النويدات المختلفة ، فان انبعاث الجرعات الناجمة عن التجربة النووية يحدث بمعدلات مختلفة بعد الانفجار . وعلى سبيل المثال ، فان الجرعات الناجمة عن اليود - ١٣١ تنبعث في غضون اسبوعين ، وتلك الناجمة عن كل من السترنشيوم - ٩٠ ، والسييزيوم - ١٣٧ تظل تنبعث خلال بضعة عقود ، في حين أن تلك الناجمة عن الكربون - ١٤ تظل تنبعث خلال آلاف السنين .

٢٧ - ويتوقف معدل الجرعات أيضا ، في أي وقت معين ، على المكان الذي يجري النظر فيه . فهناك تباين في السقطة ناجم عن القرب أو البعد عن خط الاستواء ، يتسبب في جعل الجرعات في نصف الكرة الجنوبي بوجه عام أقل منها في نصف الكرة الشمالي بمعامل يبلغ حوالي أربعة . وبالإضافة الى ذلك ، فان السقطة المحلية (بالقرب من موقع التجربة) تسببت أحيانا في زيادة الجرعات الفردية بالنسبة للمجموعات الصغيرة من السكان .

٢٨ - والجرعات الجماعية السنوية المعبر عنها كنسبة مئوية من متوسط التعرض للظروف الطبيعية تهيئ مثلا للاتجاه السنوي للتعرض الناجم عن التجارب النووية . ويبيّن الشكل الأول (أ) الاتجاه الطويل الأجل ، المستمد من البيانات التي يحتوى عليها هذا التقرير والتقارير السابقة للجنة . وكانت هناك زيادة حادة في الجرعات الجماعية السنوية في أوائل الستينات ، أدت الى حدوث ذروة في عام ١٩٦٣ تقابل حوالي ٧ في المائة من متوسط التعرض للمصادر الطبيعية . وفي عام ١٩٦٦ انخفضت الجرعة السنوية الى ما يقرب من ٢ في المائة من المتوسط السنوي للتعرض للمصادر

الطبيعية ، وهي في الوقت الحاضر أقل من ١ في المائة . وبافتراض عدم وجود المزيد من التفجيرات ، ستصبح الجرعات السنوية في المستقبل أقل فأقل حتى تتلاشى تماما .

٢٩ - ومتوسط الجرعات الجماعية السنوية التي يتلقاها سكان العالم في وقت معين ، كما هو مبين في الشكل الأول (أ) ، هو نتيجة جميع التفجيرات التي وقعت حتى ذلك الوقت . ومن المهم أيضا دراسة اتجاه النصيب الجماعي من الجرعات الى حين حدوث التحلل الكامل للنويدات المشعة الناتجة عن كل عام من أعوام التجارب . ويظهر ذلك في الشكل الأول (ب) الذي يبين أن التفجيرات في العامين ١٩٦١ و ١٩٦٢ كانت المساهم الأكبر في الأثر الاجمالي للسقطة الناجمة عن تجارب الأسلحة التي أجريت حتى الآن .

٣٠ - في الشكل الأول (ب) ، يعبر عن الجرعات الجماعية على أساس عدد أيام تعرض سكان العالم للاشعاع الطبيعي الذي يسبب نفس الأثر . فلو أن الجرعات التي تلقاها سكان العالم كانت قد وجهت بمعدل ثابت يساوي متوسط التعرض للمصادر الطبيعية للاشعاع ، بدلا من حدوث ذلك بمعدل منخفض وغير منتظم على مدى بضعة آلاف من السنين ، فإن اجمالي الجرعة الجماعية سيكون ساويا لما يتم تلقيه الآن من مصادر طبيعية في حوالي ٤ أعوام . وعلى ذلك يمكن القول بأن الأثر الناجم عن السقطة يماثل ذلك الناجم عن حوالي ٤ سنوات من التعرض للظروف الطبيعية العادية . ويمكن استنباط الجرعات الجماعية التي تم انبعاثها حتى الآن من الشكل الأول (أ) ، وهي تصل الى نحو ٤ر٠ سنة من التعرض للمصادر الطبيعية . أما الباقي ، وهو حوالي ٣ر٣ سنوات من التعرض للظروف الطبيعية ، فإنه يماثل الجرعات الناجمة عن السقطة والتي سيجرى انبعاثها الى أن تتحلل تماما النويدات المشعة التي أطلقت . وستظل نسبة تبلغ خمسون في المائة من الأثر المتخلف عن السقطة تنبعث بمعدل ضئيل خلال الفترة القادمة التي تتراوح ما بين ٢٠٠٠ و ٣٠٠٠ عام .

(ج) إنتاج الطاقة النووية

٣١ - ازداد عدد المفاعلات النووية الحاملة منذ التقرير السابق للجنة ، ليشتمل ، في سنة ١٩٧٩ ، على ٢٣٥ مفاعلا ، بلغ مجموع طاقتها النووية المولدة القائمة حوالي ١٢٠ جينغاواط . ونتاج الطاقة الكهربائية عن طريق المفاعلات النووية يفترض مسبقا وجود دورة وقود تنطوي على خطوات كثيرة . وهذه الخطوات هي : تمدين وتفريز اليورانيوم ؛ والتحويل الى مختلف الأشكال الكيميائية ؛ وزيادة النظير اليورانيوم - ٢٣٥ (في بعض الحالات) ؛ وتركيب عناصر الوقود ؛ ونتاج الطاقة في المفاعلات النووية ؛ وإعادة تجهيز الوقود المشع (في بعض الحالات) ؛ ونقل المواد بين مختلف المنشآت ؛ والتخلص في آخر الأمر من الفضلات المشعة . وقد قامت اللجنة ، في كل خطوة رئيسية من خطوات دورة الوقود النووي ، بتقييم الجرعات بالنسبة للعامل فضلا عن الجرعات فيما يتعلق بأفراد الجمهور .

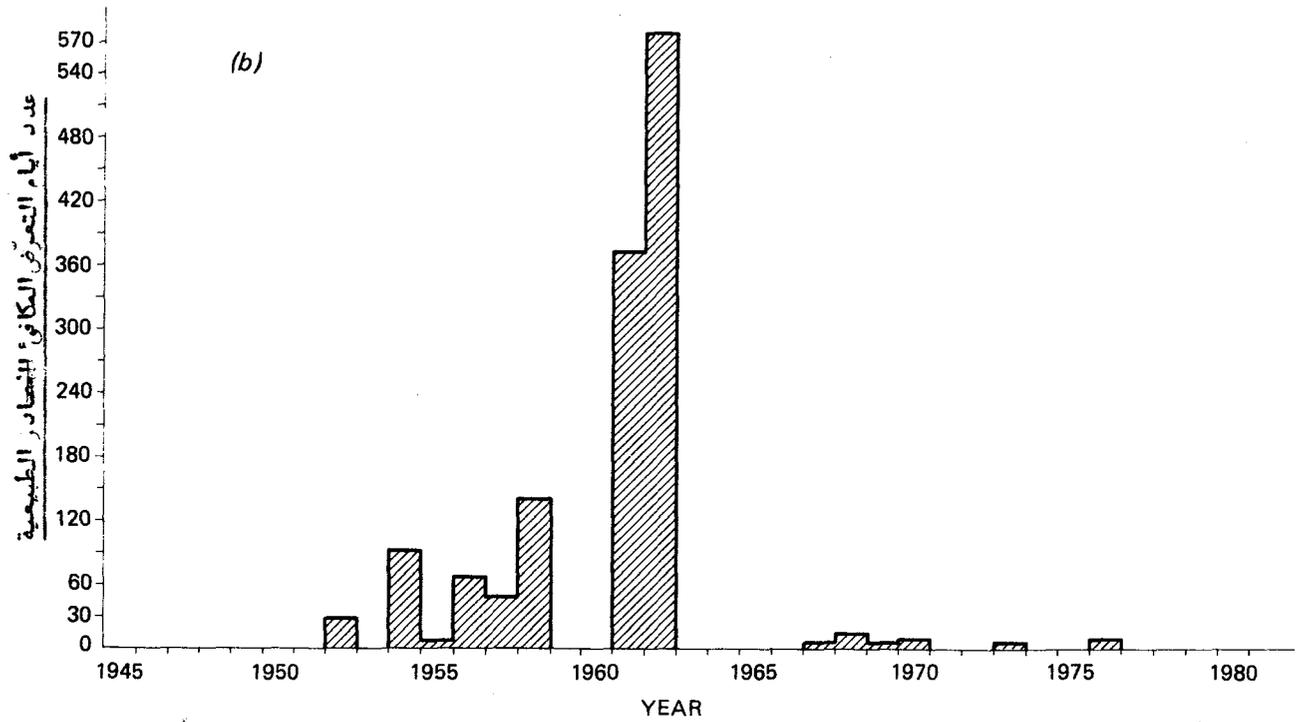
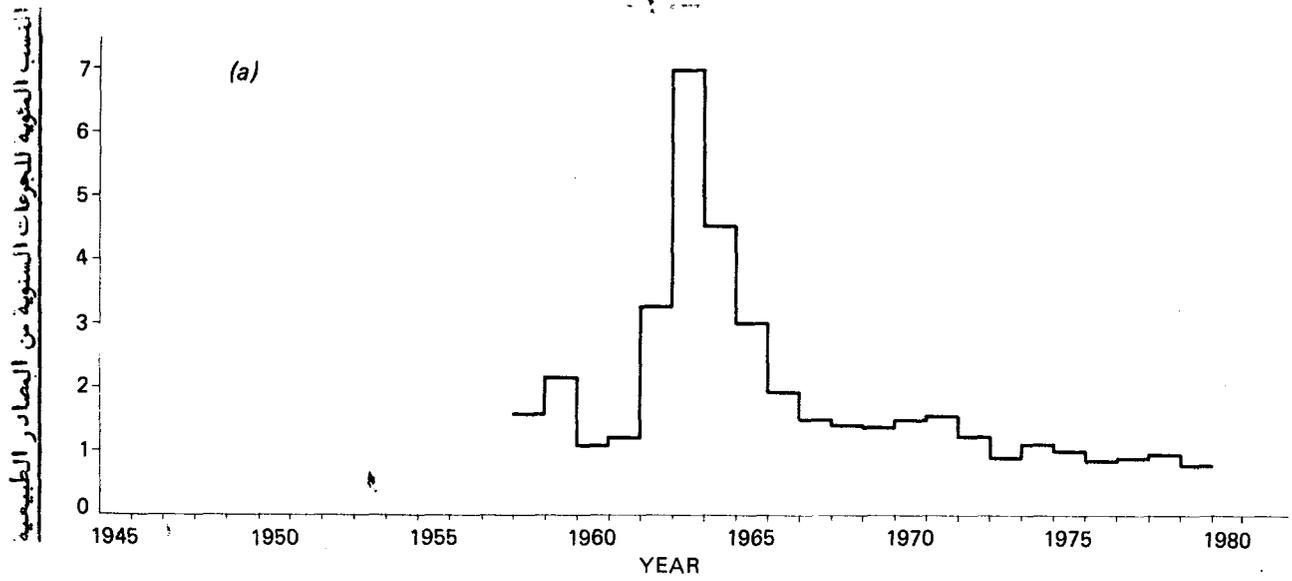
٣٢ - وفيما يتعلق بالجرعات الخاصة بأفراد الجمهور ، ينبغي ادراك أن مصدرا ما ، مثل مصنع للطاقة النووية ، تنبعث منه في أي وقت معين جرعات تصيب الأفراد وتمتد بشدة على مدى بعد هؤلاء الأفراد عن المصدر ؛ وأنه بالنسبة لأي موقع معين لأي فرد ، فإن الجرعة الناجمة عن الاشعاعات الصادرة عن المصنع سوف تتغير مع الوقت ، بما في ذلك الوقت الذي يلي انتهاء الممارسة ،

وذلك نظرا للنويدات المشعة التي تبقى في البيئة . وعلى ذلك فانه من الصعب تقييم الجرعات الفردية التي قد تعدد تشيلية لذلك المصدر ، على الرغم من أنه يمكن تقدير الأثر الاجمالي بجمع كل الجرعات الفردية في المكان والزمان والعدد الاجمالي للأفراد في الحاضر وفي المستقبل . بيد أنه يمكن التعبير عن المؤثرات المتعلقة بالجرعات الفردية بطرق مختلفة .

٣٣ - وعلى سبيل المثال ، فانه يمكن اعطاء قيمة تشير الى فرد ما (في الحاضر أو في المستقبل) يكون قد تلقى (أو سوف يتلقى) أعلى جرعة من عطية يقوم بها مصدر معين . بيد أن الجرعات الفردية الفعلية ستتراوح ما بين الصفر وبين تلك القيمة العليا . ويمكن ، بطريقة بديلة ، اعطاء الجرعة السنوية ، لسنة معينة ، ويكون متوسط هذه الجرعة محسوبا على أساس جميع سكان العالم ، أى ، بمعنى آخر ، الجرعة السنوية للفرد . ولن يقدم أى من التقديرين السابقين تشيلا كاملا للحالة الحقيقية ، على الرغم من أن كلا منهما قد تكون له أهميته لأغراض خاصة .

٣٤ - وعلى الرغم من جميع الصعوبات المتصورة الآتفة الذكر ، فانه من المهم - مع ذلك ، للأفراد المعرضين أن يحصلوا على تقدير ما للجرعات الفردية . وعلى سبيل المثال ، فان الحد الأقصى للجرعات الفردية قد يوفر بعض الدلائل على الحد الأعلى للخطر الممكن حدوثه نتيجة لمصدر معين . ولدى اجراء تحليل للاتجاهات من حيث الوقت ، فان متوسط الجرعة السنوية بالنسبة لسكان العالم في وقت معين قد يكون دليلا نافعا . بيد انه ينبغي التأكيد مرة أخرى على أن هذه القيم هي متوسطات ارشادية ولا يجوز الأخذ بها للإشارة الى التمرّض الفعلي لأى فرد معين .

٣٥ - وجميع المواد المشعة ذات الصلة بالصناعة النووية تبقى كلها تقريبا في مواقع المفاعلات أو في منشآت تخزين خاصة ؛ الا أنه في معظم خطوات العمليات تحدث عمليات اطلاق في البيئة لكميات صغيرة من المواد المشعة . ومعظم النويدات المشعة المولدة هي ذات علاقة بالبيئة المحلية فقط ، لأنها تتحلل بسرعة . بيد أن بعض النويدات المشعة ، ذات الأجل الأطول أو التي تنتشر بسرعة أكبر ، تصبح موزعة على نطاق عالمي وتسهم في تعريض سكان العالم بأسرهم الآن ، وفي بعض الحالات ، في المستقبل .



الشكل الأول - الاتجاهات المرتقبة مع مرور الوقت للمخارج الجماعية الناجمة عن التفجيرات النووية الجوية. (أ) متوسط الجرعات السنوية المطلقة في الفترة من ١٩٥٨ إلى ١٩٧٩. (ب) النسب الجماعية من الجرعات في السنة، نتيجة للتفجيرات التي أجريت ما بين ١٩٤٨-١٩٨٠.

٣٦ - وحسب التقديرات التقريبية ، فان مكافئات الجرعة الفعالة الجماعية السنوية القصيرة الأجل بالنسبة لأفراد الجمهور من هذه المصادر يمكن القول بأنها زادت من ١.٠٠٠ ر. في المائة من القيم المناظرة لها من المصادر الطبيعية في عام ١٩٦٠ الى نحو ١ ر. في المائة في عام ١٩٨٠ . وهذه الزيادة في الجرعة ذات اتصال مباشر بالتوسع في انتاج الطاقة النووية في ذات الوقت . وتتباين الجرعات السنوية لأفراد الجمهور تباينا شاسعا حول متوسط القيمة ؛ وعادة ما تطلق المجموعات السكانية التي تعيش بالقرب من المنشآت النووية الجرعات الأعلى . وذكر أن القيم النموذجية حول المفاعلات النووية تتراوح ما بين كسر من واحد في المائة الى نسبة مئوية قليلة من متوسط مكافئ الجرعة الفعالة السنوية الناجمة عن المصادر الطبيعية . وبالإضافة الى ذلك ، فان عمال الأشعة المشتركين في صناعة الطاقة النووية يطلقون مكافئات من الجرعة الفعالة السنوية التي تناظر نمطيا متوسط القيمة الاشعاعية الناجمة عن المصادر الطبيعية .

٣٧ - ويتأتى العنصر الطويل الأجل فيما يتعلق بالأثر الاشعاعي من اطلاق نويدات مشعة ذات عمر طويل أثناء تشغيل المصنع ، أو من تدفقات نفايات المعامل ، أو من التخلص من النفايات على مستوى عال . وقد جرى على نحو تقريبي تقدير العنصر الطويل الأجل الذي يتوافق مع فترة تبلغ . . . سنة بعد اطلاق العنصر . فبالنسبة لسنة واحدة من انتاج الطاقة النووية بمستوى انتاج سنة ١٩٨٠ . فان أثر هذا العنصر الطويل الأجل على أفراد الجمهور قد يمثل نحو ساعتين من التعرض للظروف الطبيعية ، بينما يقدر الأثر الاشعاعي للعنصر القصير الأجل بنحو ٣٠ دقيقة من التعرض لمصادر الاشعاع الطبيعية . وينشأ معظم مكافئ الجرعة الفعالة الناجمة عن العنصر الطويل الأجل عن اطلاق نفايات المعامل التي قد ينبعث منها عنصر الرادون لفترات طويلة للغاية . ويمكن تعديل نسبة الانبعاث عن طريق اجراء تحسينات في الممارسات المتعلقة بالادارة ، والتي يمكن أن تسفر عن تقليل حجم تلك الانبعاثات . وفي المستقبل البعيد (من آلاف السنين الى ملايينها) سوف يتأثر اطلاق الاشعاع من نفايات المعامل أو من مخازن النفايات بالتغيرات الجيولوجية والمناخية التي يصعب جدا التكهن بها . وتعتمد أيضا تقديرات الجرعات الناجمة عن عمليات الاطلاق تلك على العادات المعيشية في المستقبل البعيد ، والتي قد تكون مختلفة جدا عن العادات السائدة في الوقت الحاضر .

٣٨ - وبافتراض أن انتاج الطاقة النووية عن طريق مفاعلات الانشطار قد يستمر لمدة . . . سنة بالمعدل الحالي ، تقدر اللجنة أن الحد الأقصى لمكافئ الجرعة الفعالة الجماعية السنوية قد يصل الى كسر من واحد في المائة من الجرعة المقابلة المطلقة سنويا من مصادر الاشعاع الطبيعية . ويجب التأكيد على أن هذا التنبؤ الطويل الأجل يستند الى التكنولوجيات القائمة وانه ، لذلك ، عرضة للتغيير . ومن المحتمل أن التغييرات في التكنولوجيات القائمة ، مثل ادخال المفاعلات السريعة أو التكنولوجيات المتقدمة الأخرى المتعلقة بدورة الوقود ، أو احتواء النويدات المشعة ذات العمر الطويل ، قد يكون من شأنها أن تقلل بشكل أكبر الأثر الطويل الأجل للممارسات المقبلة .

٣٩ - أما تقدير اسهام التعرضات المهنية في الأثر الناجم عن انتاج الطاقة النووية فهو أكثر سهولة ، ان أن معظم عمال الأشعة مراقبون على نحو فردي . وعلى المستوى الحالي لانتاج الطاقة النووية ، يبلغ مكافئ الجرعة الفعالة الجماعية السنوية الناجم عن التعرض المهني نحو ٣ ر. في المائة من القيمة المقابلة الناجمة عن المصادر الطبيعية للاشعاع .

با* - تطورات جديدة في البيولوجيا الاشعاعية

٤٠ - يحدث الاشعاع آثارا بيولوجية ، أساسا عن طريق وضع طاقة في خلايا الشخص المتعرض له وبهذا الخصوص ، يمكن تصور نوعين من الخلايا : الخلايا الجسمية ، التي لا تعيش بعد فترة حياة الشخص ؛ والخلايا الجرثومية ، التي تقوم بوظيفة نقل الصفات الوراثية الى الأشخاص الجدد ، والآثار الجسمية للمتعرض للاشعاع تحدث في الخلايا الجسمية ، ويجب أن تظهر ، بالتعريف ، خلال حياة الشخص المتعرض للاشعاع . ومن الناحية الأخرى ، فإن الآثار الوراثية التي تحدث في النوع الثاني من الخلايا ، تظهر في الجيل الأول أو بعض الأجيال التالية من نسل الأشخاص المتعرضين للاشعاع .

٤١ - وبعبارة عامة ، فإن الآثار التي لها أهمية من ناحية البيولوجيا الاشعاعية تتدخل في انقسام الخلايا الجسمية باحدى طريقتين ممكنتين : فهي إما أن تجعل الخلايا التي تعرضت للاشعاع تتوقف عن الانقسام وتموت في النهاية ، أو أن تكسب الخلية قدرة على الانقسام بلا ضابط الذي يعتبر من صفات السرطان . ويتم عادة التمييز بين الآثار المبكرة للتعرض للاشعاع وبين آثاره المتأخرة ، على حسب الوقت الذي تصبح فيه هذه الآثار ظاهرة ، وهو ساعات قليلة الى أسابيع قليلة في الحالة الأولى ؛ وشهور كثيرة الى سنين كثيرة في الحالة الثانية .

٤٢ - ولقد كان من السياسات السابقة للجنة ألا تحاول تغطية جميع الآثار البيولوجية في الحيوانات والانسان في تقرير واحد ، بل تستعرض مجالات منتقاة ، على حسب مقدار المعلومات المتجمعة ، وعلى حسب الحاجة الى القاء نظرة شاملة على جميع المجالات في فترة معينة من الزمن . وقد تدمج جميع هذا التقرير في ضوء نفس السياسة العامة . ومن بين الآثار الجسمية ، نظر في النتائج غير السرطانية المترتبة على تعريض الجسم كله أو بعض الأنسجة للاشعاع . وتم استكمال وتقييم معلومات تتعلق بالآثار الوراثية الجينية ، بغرض تقدير المخاطر .

١ - الآثار الوراثية الجينية

٤٣ - تم التوصل في مجال الآثار الوراثية الى استنتاجات هامة تم التوصل اليها على أساس المنشورات التي صدرت مؤخرا . وقد زادت هذه المنشورات من ثقة اللجنة في أن ما سبق من الفروض والتقديرات للمخاطر لا يزال صالحا في جوهره . ولقد قورنت هذه التقديرات بالتشوهات الوراثية الناشئة تلقائيا ، والتي تؤثر بدرجات مختلفة من الحدة على حوالي (١ في المائة من الأطفال الذين يولدون أحياء . والعوامل الفيزيائية مثل الاشعاع المؤين ، فضلا عن بعض المواد الكيميائية الضارة قد تتفاعل مع المادة الجينية للخلايا الجرثومية في الخصية أو في المبيض بتغيير الجينيات وهي الوحدات الأولية للوراثة (مسببة بذلك تحولات جينية) ، أو مع بنية أو عدد الكروموسومات التي تحمل الجينيات (مسببة بذلك انحرافات كروموسومية) . وقد تصحب التغييرات في المادة الجينية تشوهات وراثية مختلفة يترتب على بعضها نتائج اكلينيكية خطيرة .

٤٤ - وباستخدام التحولات الجينية والانحرافات الكروموسومية كنقط نهاية للملاحظات التجريبية ، قورنت العلاقة بين الجرعة والأثر في كائنات حية مختلفة . فبرزت هذه المقارنات الفرض القائل بأنه

يمكن توقُّع وجود تناسب بين معدل التحولات التلقائية ومعدل التحولات المفتعلة لجينيات معينة . وقد تم تطبيق هذا المفروض الأساسي في الطريقة غير المباشرة لتقدير المخاطر .

٤٥ - وباستخدام الطريقة غير المباشرة ، قدّرت اللجنة في عام ١٩٧٧ أنه عند تعريض مجموعة من السكان باستمرار لجرعات منخفضة من الأشعاع المنخفض المرتبط بالانتقال الخطي للطاقة (LET) ، بمعدل (٠.١ Gy (غراي) لكل جيل (الجيل الواحد = ٣٠ سنة) . فانه يمكن توقُّع حدوث ٦٣ حالة جديدة من الأمراض الوراثية لكل مليون من ذرية الجيل الأول ، ويرتبط جزء كبير من الأمراض الوراثية التي يتضمنها هذا التقدير بالأمراض الوراثية الناشئة عن الاختلالات العددية في الكروموسومات وعلى أي حال ، فان البيانات المتعلقة بحيوانات التجارب وبالناس تشير الى امكانية أن يكون التقدير بالنسبة للأمراض التي تدخل في فئة الأمراض المتعلقة بالكروموسومات ، أقل من التقديرات السابقة . وبالنظر الى هذا ، فان اللجنة تقدّر الآن أنه عند تعريض مجموعة من السكان للظروف المحددة أعلاه ، من المرجح أن يكون الفرق في الأمراض الوراثية في حدود ٢٠ (بدلا من ٦٣) حالة لكل مليون مولود في الجيل الأول ، وحوالي ١٥٠ (بدلا من ١٨٥) حالة لكل مليون مولود في مرحلة التوازن (أو حوالي ٢٠٠٠ حالة في الجيل الأول و ١٥٠٠٠ حالة في مرحلة التوازن ، عندما يكون التعرض بمعدل ١ Gy (غراي) لكل جيل) .

٤٦ - وكما ورد في تقرير عام ١٩٧٧ ، تم أيضا تقدير خطر حدوث اختلالات وراثية ، وذلك باستخدام الطريقة المباشرة . والقيم التقديرية الناتجة باستخدام هاتين الطريقتين المختلفتين (أي الطريقة غير المباشرة والطريقة المباشرة) متفقة بدرجة معقولة .

٤٧ - وأعيد تقييم خطورة أحداث نوع معين من الآثار الكروموسومية للأشعاع (تحولات متبادلة في المواقع) ، على أساس نتائج مستقاة من دراسات أجريت على قروود القشي وقروود الريس والانسان . وعلى أي حال ، فانه لا يمكن في الوقت الحاضر تقدير النتائج الصحية بالنسبة للأفراد الحاملين لهذه التحولات في المواقع تقديرا يعوّل عليه .

٤٨ - وقد تحقق مزيد من التقدم في معرفتنا للعلاقات بين الجرعة والاستجابة ولجوانب أخرى لأنواع من التغيرات الجينية الأكثر أهمية والتي يمكن إحداثها بالأشعاع في الثدييات التي تجرى عليها التجارب . واستخدام البيانات التجريبية على نطاق واسع من أجل تقدير الخطر الوراثي ، مازال يعتبر أساسيا ، لعدم وجود نتائج هامة بالنسبة للآثار الوراثية التي تحدث بعد تعريض الانسان . وتم أيضا وضع مقترحات من أجل اجراء تحليلات أكثر تفصيلا عن الآثار الوراثية من حيث الضرر .

٢ - الآثار البسمية

٤٩ - ان أحد استنتاجات هذا التقرير هو أنه في الجرعات المنخفضة والمعدلات المنخفضة للجرعات ، لا يلاحظ حدوث آثار غير ورمية . وهذا الاستنتاج صحيح بالنسبة لتعريض الجسم كله أو أعضاء معينة منه للأشعاع . وفي الجرعات المتساوية ومعدلات الجرعات المتساوية ، قد يكون أحداث السرطان هو الأثر الجسدي الوحيد المترتب على التشعيع في الحيوانات والانسان .

٥٠ - وناقشت اللجنة في تقريرها لعام ١٩٧٧ عوامل تجعل التوصل الى أى تقدير دقيق لخطر احداث السرطان أمرا بالغ الصعوبة . ورغم هذه الصعوبات ، فان اللجنة قدّمت في ذلك الوقت تحليلا للبيانات المتعلقة بالانسان ولتقديرات الخطر المشتقة منها ، وذلك لاستخدامها كنقطة بداية ضرورية لاتخاذ قرارات ذات قيمة عملية ، وخصوصا كمعايير علمية لسياسات الوقاية من الاشعاع .

٥١ - وبالنظر الى أن مقدار الأدلة التي أسفرت عنها الدراسات الوبائية الجديدة محدود ، فلم تكن هناك فائدة من اعادة نفس التحليل في فترة زمنية قصيرة . واضطلعت اللجنة بدلا من ذلك باستعراض أية معلومات تتعلق بحيوانات التجارب وبالانسان ، وتكون مفيدة في ضوء بعض النماذج الأساسية لاجداث الأورام . وكان مجال الدراسة هو تقدير الأخطاء الممكنة التي قد تؤثر على التقديرات اذنا ما جرى تطبيق نموذج أو آخر من نماذج فعل الاشعاع . ويمكن اعتبار هذه الدراسة طريقة غير مباشرة لتقدير نطاقات الخطر في الجرعات المنخفضة والمعدلات المنخفضة للجرعات ، حيث لا تتوفر أدلة مباشرة .

٥٢ - وعلى أى حال ، فان اللجنة قررت تأجيل نشر وثيقة تستند الى هذه الدراسة ، عندما أصبح معروفا أنه اقترح اجراء تنقيحات لتقديرات قياسات الجرعة لمن بقوا على قيد الحياة بعد القاء القنابل الذرية على هيروشيما وناغازاكي ، والتي استندت اليها بعض التحليلات التي أجرتها اللجنة . ولم تبحث فقط الجرعات الكلية التي تلقتها المجموعات السكانية التي تعرضت للاشعاع ، ولكن بحثت أيضا الاسهامات النسبية لعنصرى النيوترون وأشعة غاما في " الجرعة التجريبية لعام ١٩٦٥ " (T65D) . وأشر التنقيحات المقترحة هو خفض عنصر جرعة النيوترون في كلتا المدينتين وزيادة عنصر أشعة غاما في هيروشيما الى حد كبير ، مع خفض عنصر أشعة غاما في ناغازاكي بمقدار طفيف . وبالإضافة الى هذا ، فانه يجب أن تدرس عوامل أخرى كثيرة وتؤخذ في الاعتبار قبل أن يكون ممكنا تحديد تقديرات منقحة يعول عليها للجرعات التي تعرض لها كل عضو من الجسم ، لمن بقوا على قيد الحياة . وهذه المسألة معقدة من الناحية التقنية ، ويبدو أن امكان بحث التنقيحات المقترحة بحثا شاملا والاتفاق عليها خلال فترة قصيرة هو أمر غير مرجح .

٥٣ - واللجنة تنتظر باهتمام نتائج دراسات أخرى تجرى في هذا المجال . ان أن هذه الدراسات تشكل أحد الأسس التي يجب أن تستند اليها تقديرات خطر الاشعاع في الانسان . والى أن يتم هذا ، فان اللجنة تود التأكيد على أنها لا تتوقع أثرا كبيرا للتنقيحات المتعلقة بتقديرات الخطر والواردة في تقرير اللجنة لعام ١٩٧٧ ، وهي بالتحديد أن احتمالات تولد سرطان مميت من أشعة اكس وأشعة غاما هي في حدود ٠.٠٢ ر. في المائة من احتمالات تولدها من معادل جرعة فعالة مناظرة لسنة واحدة من الخلفية الطبيعية ، وهذا كم توسط للجنسين وجميع الأعمار . وهذا يرجع لسببين . أولا ، فانه بينما لا يزال من غير الممكن أن يحدد بالضبط ما سيكون للتنقيحات ، ان قبلت من تأثير على تقديرات الخطر ، ليس من المرجح أن يتجاوز هذا التأثير عملا مقداره ٢ . وفي الواقع ان وجود تطابق أكبر بين البيانات المستقاة من هيروشيما وناغازاكي قد يكون من شأنه في النهاية تعزيز الثقة في التقديرات . وثانيا ، فان المعلومات المستمدة ممن بقوا على قيد الحياة بعد القاء القنابل الذرية على المدينتين ما هي الا مصدر واحد من مصادر المعلومات المتعلقة بتعرض الانسان للاشعاع التي استخدمتها اللجنة للتوصل الى تقديراتها .

٥٤ - ولذلك ، فانه بينما لا يتوقع حدوث تغيير يذكر بالنسبة لتقدير احداث السرطان فسي الانسان بواسطة أشعة اكس وأشعة غاما ، فان مصدرا مفترضا هاما للمعلومات عن تعريض الجسم كله للاشعاع النيوتروني ، لن يكون متوفرا بعد الآن اذ ما قام دليل على صحة هذه التنقيحات للجرعات . وحساب الجرعات التي تعرّض لها من بقوا على قيد الحياة في هيروشيما وناغازاكي بعد القنابل الذرية عليهما سيكون موضع تفحص دقيق ، وستواصل اللجنة دراسة العلاقات بين الجرعة والأثر .

٥٥ - وقد أتيح قدر كبير من المعلومات عن آثار تعريض أعضاء وأنسجة منتقاة في الانسان للأشعة ، بفرض استخدام الأشعة لعلاج أنواع مختلفة من الأمراض ، أولها مرض السرطان . وكانت هنالك حاجة لاستعراض هذه البيانات والتحقق من اتساقها مع المعلومات التي تم الحصول عليها لأغراض مختلفة من التجارب على الحيوانات . ولقد تناولت الدراسة التي اضطلعت بها اللجنة : طبيعة التلف غير العشوائي المبكر والمتأخر (انظر المرفق ١٢) الذي يسببه الاشعاع في الأنسجة السليمة ؛ والحدود الدنيا للجرعة التي قد تصبح عندها أشكال معينة من التلف المبكر ظاهرة في أنواع مختلفة من الحيوانات ، وبصفة خاصة في الانسان ، وأثر بعض متغيرات التعرض الهامة (نوعية الاشعاع ، وتجزئي العلاج) على هذه الحدود الدنيا .

٥٦ - وقد انبثق مفهوم موحدان . أولا ، ان تلف الأنسجة يتوقف في الأساس على فقدان بعض الخلايا المكونة لهذه الأنسجة قدرتها على التكاثر ؛ وثانيا ، ان بنية ووظيفة كل نسيج تحدد لدرجة كبيرة وقت ومقدار الاستجابة التي تلاحظ عليه . وكان من الضروري أن تشتق ، من الخبرة المجمعة غالبا في الجرعات المرتفعة والمعدلات المرتفعة للجرعات ، معلومات تنطبق في الجرعات المنخفضة والمعدلات المنخفضة للجرعات ، وهي شروط التشعيع ذات الأهمية القصوى في الممارسة العملية . وأخيرا ، فقد كان من الضروري الاعتماد على الخبرة المستقاة من تعرض أنسجة الانسان العادية خلال العلاج بالاشعاع .

٥٧ - ولقد كانت الدراسة مفيدة لأنها قدّمت قدرا كبيرا من المعلومات بالنسبة لكل نسيج من الأنسجة . والاستنتاجات التي تتسم بأكبر درجة من العمومية والتي يخلص اليها من هذا التحليل المعمق هي أن الآثار غير العشوائية على الأنسجة تتصف عموما بوجود علاقات غير خطية بينها وبين الجرعة والحدود الدنيا الظاهرية في الجرعات المنخفضة . ولهذه الظروف أهمية بالغة بالنسبة لبحث أي تلف غير عشوائي للأنسجة ، ومع أن مستوى الحد الأدنى قد يختلف لكل نسيج ولكل أثر معين ، فان الآليات المنتجة للآثار تجعل من غير المرجح التخلي عن الحدود الدنيا عند استخدام الجرعات المنخفضة والمعدلات المنخفضة للجرعات . وعلى ذلك ، فانه اذا انطبقت استجابة غير جدية ، أو افترضى انطباقها ، في احداث السرطان ، يترتب على ذلك أنه قد يحدث السرطان فسي الجرعات المنخفضة حيث يحول الحد الأدنى دون رؤية أي تعبير عن التلف غير العشوائي . وفسي هذا الصدد ، فانه يمكن بشكل عام اعتبار حدوث السرطان أكثر الآثار أهمية في الجرعات المنخفضة والمعدلات المنخفضة للجرعات ، وذلك من أجل التخطيط للوقاية من الاشعاع .

٥٨ - وعزو التلف الناتج الى خلايا مستهدفة في الأعضاء والأنسجة هو أيسر ، من حيث المبدأ ، في حالات تعريض أجزاء من الجسم للاشعاع مما هو في حالات تعريض الجسم كله للاشعاع ، حيث

قد يكون للآثار والأعراض مغزى مشکوكا فيه ، ولا يكون من المؤكد نشوء أمراض عنها . وأحد الأمثلة النموذجية هو الأثر الذي يحدثه تعريض الجسم كله للاشعاع ، والذي يشار اليه عادة وبالخطأ على أنه " تشيخ " أو " قصر غير محدد لفترة الحياة " . ولقد أجرت اللجنة تحليلا للنتائج التجريبية المتعلقة بالتشيخ المسبب بالاشعاع في الحيوانات والانسان . ولما كانت الآليات البيولوجية للتشيخ الطبيعي غير معروفة أساسا ، فلا يبدو أن هناك أساسا كافيا لافتراض إمكان حدوث أثر للتعريض للاشعاع في حالة عدم وجود بيانات تجريبية مقنعة ؛ وعلى أى حال ، فإنه لا يجوز استبعاد هذه الامكانية بصورة قطعية . ولذلك فان الدراسة كانت قاصرة على قصر الحياة الذي يسببه الاشعاع .

٥٩ - ومع أن طول فترة الحياة يتخذ عادة كمقياس للتشيخ ، فإنه لا يمثل سوى جانبها الاكتواري ، ويتجاهل التفاعل المتبادل المعقد بين العوامل التي تؤدي الى الموت . ومن المعروف جيداً أن فترة الحياة في المجموعات البشرية والحيوانية المعرضة للاشعاع تميل في المتوسط الى أن تكون أقصر من فترة الحياة في المجموعات الضابطة السليمة من الاشعاع . وعليه ، فإن التيقن من أسباب الصوت قد يكون مهمّاً بالفه ، بصعوبة ، مع أنه هو الوسيلة المعقولة الوحيدة لعزو الموت الى أسباب معينة ، ومن ثم لتقرير حقيقة آليات ممكنة غير محددة . وهناك مجموعة مذهلة من المؤلفات تظهر أنه في الجرعات المنخفضة والمعدلات المنخفضة للجرعات يكون قصر الحياة ناتجا بالدرجة الأولى عن حدوث سرطانات بمعدل أعلى من المعدل التلقائي . وعند طرح اسهام هذه السرطانات في تقصير الحياة من مجموع مسببات قصر الحياة ، فلا نجد أى دليل على أن هناك آليات غير محددة أخرى مسؤولة عن أى تقصير اضافي للحياة . وهذا الاستنتاج موثق تماما وينطبق على الآدميين وعلى الثدييات الأخرى . وتوجد في الواقع بعض الأدلة المتعارضة ، غير أن هذا ، في رأى اللجنة ، ليس له وزن كاف لجعل الاستنتاج غير صحيح . وقد يتطلب الأمر اجراء مزيد من الدراسة .

٦٠ - ومن الأمور الأساسية أن تصاغ تقديرات الخطر بمنظور واسع للتطبيقات الممكنة . وفي هذا الصدد ، من المهم التيقن مما اذا كان من الممكن تعديل آثار الاشعاع المؤيّن ، وهو عنصر موجود في الطبيعة في كل مكان وفي جميع الأوقات ، بالتفاعل المتبادل مع عناصر أخرى (فيزيائية أو كيميائية أو بيولوجية) واسعة الانتشار في البيئة ، ومن ثم قابلة للتأثير على أعداد كبيرة من الناس ، وربما لاحداث تغييرات في تقديرات الخطر .

٦١ - ومع أن إمكان حدوث هذه التفاعلات المتبادلة قد ذكر كثيرا ، فإن مقدار المعلومات الايجابية ، وخاصة المعلومات المتعلقة بالآثار التي لها قيمة بالنسبة لتقديرات الخطر في الآدميين (احداث السرطان ، والآثار الوراثية ، والتشوهات النمائية) ، هو الى حد ما ضئيل وغير متسق . ولذلك فإن تحليل اللجنة كان بالضرورة ، في معظمه ، نظريا ، مع الاستعانة برسوم توضيحية من مؤلفات منشورة . وأظهر التحليل ، على أى حال ، التعقيدات التي تكتنف القيام بمعالجة علمية شاملة لهذه المسألة ، لأن طبيعة العناصر المتفاعلة ، وآليات العمل المتغيرة ، والجرعات ، وكمية الجرعات المعطاة ومعدلاتها ، تسمح بتشكيله من التفاعلات المتبادلة الممكنة .

٦٢ - وقد استعرضت الدراسة بعض العناصر التي لها أهمية في ظروف معينة ، غالبيتها ظروف مهنية ، والذي يعدّ أفضلها توثيقا التفاعل المتبادل بين دخان التبغ والتعرض لأشعة ألفا بواسطة النظائر المشعة للرادون لاحداث أورام في الرئة في عمال مناجم اليورانيوم . ومع أن هذه

النتيجة تنطبق بالتأكيد على حالات مهنية (وقد تكون هامة للإجراءات التي تتخذها السلطات المحلية) فان استعراض اللجنة يبيّن أنها لا تقلل من الصلاحيّة العامة لاستخدام تقديرات خطر الإشعاع على نطاق واسع، وهناك حاجة لتوجيه مزيد من البحوث نحو هذه المشاكل ، مع بحوث استراتيجية متماسكة وخيارات معقولة للعناصر . وأصدرت اللجنة توصيات بهذا الخصوص .

ثالثا - النص الاساسى للتقرير

٦٣ - بعد ايراد قسم ميدنى يجمل المفاهيم والكميات التى استخدمتها اللجنة فى تقريراتها ، يتناول هذا الفصل بطريقة منهجية ، بالنسبة لمختلف مجالات الاهتمام ، النتائج المحددة التى يمكن التوصل اليها من دراسات اللجنة منذ تقديم التقرير الموضوعى الاخير . وتسبق كل قسم فقرة توجز محتوياته . وترد البيانات والتحليلات التى بنت عليها اللجنة ما توصلت اليه من نتائج فى الملاحق العلمية من ألف الى لام .

ألف - الكميات والوحدات

٦٤ - من المعتاد عند دراسة آثار الاشعاع ربط احتمالات الاستجابة او حجم الآثار بتقديرات التعرض للاشعاع . وتعتبر الكمية المبدئية المستعملة لهذا الغرض هي كمية الطاقة الممتصة لكل وحدة كتلة من الجسم البيولوجى المتعرض للاشعاع وهي ما يسمى بالجرعة الممتصة .

٦٥ - ولتقدير المخاطر قد يكون من المستصوب ترجيح اسهام الانواع المختلفة من الاشعاعات بغية تحليل فعاليتها البيولوجية المختلفة . وأحد المقادير المرجحة التى حددتها اللجنة الدولية للحماية من الاشعاعات لاغراض الحماية من الاشعاعات هو مكافئ الجرعة الذى يحصل عليه عن طريق ترجيح جرعة من اشعاع معين بعامل النوعية الذى يحدد على اساس مجموعة من المشاهدات التجريبية . ومن ثم يكون مكافئ الجرعة (R) هو محصلة الجرعة الممتصة (D) وعامل النوعية (Q) مع اى عامل آخر ندى صلة توصي به اللجنة الدولية للحماية من الاشعاعات .

٦٦ - وقد حدث مؤخرا تطور هام فيما يتعلق بتقدير المخاطر ، استخدم فى هذا التقرير ، وهو تعريف مكافئ الجرعة الفعالة . وينشأ هذا من الحاجة الى ان تؤخذ فى الاعتبار عند تقييم المخاطر حالتا تعرض الجسم كله للاشعاع وتعرضه له تعرضا جزئيا . ومن اجل هذه الغاية يلزم ان يكون الوزن الذى يعطى لتعرض جزء معين من الجسم للاشعاع متناسبا مع مخاطر حدوث آثار عشوائية ، بالمقارنة بالآثار المتوقعة من تعرض الجسم كله للاشعاع بنفس مكافئ الجرعة . فعلى سبيل المثال ، اذا نتجت عن تعرض عضو ما للاشعاع آثار تقل . ١ مرات عما يتوقع ان ينتج عن تعرض الجسم كله للاشعاع بنفس مكافئ الجرعة ، فانه يلزم ، لكي يتم الابقاء على تساوى احتمالات المخاطرة عند جمع تعرضات الاعضاء المختلفة ، ان ينسب الى العضو وزن يقل بمقدار . ١ مرات عن مكافئ الجرعة للجسم كله . وقد اعدت اللجنة الدولية للحماية من الاشعاعات قائمة بعوامل الترجيح التى تنطبق على مختلف الاعضاء بالنسبة للحماية من الاشعاعات ، وقد استخدمت نفس هذه العوامل فى جميع اجزاء هذا التقرير .

٦٧ - ولم يكن مكافئ الجرعة الفعالة ، كما عرفته اللجنة ، مصمما لاغراض تقدير المخاطر ، ولكنه اورد ككمية من جرعة قياسية مناسبة لاغراض المقارنة بحدود الجرعات المعطاة . ونظرا لان عوامل الترجيح الخاصة بالاعضاء عبارة عن قيم متوسطة لجميع الاعمار ولكلا الجنسين ، فان مكافئ الجرعة الفعالة ليس مناسباً بصورة جيدة للتعبير عن احتمال حدوث سرطان متسبب عن اشعاع واحتمال حدوث اضطراب وراثية شديدة فى الحالات التى يتعرض فيها اشخاص بذواتهم للاشعاع ، ولكنه سوف يشير الى متوسط المخاطر لمجتمع غير متجانس مكون من الجنسين ومن جميع الاعمار .

٦٨ - ولمثل هذه المجتمعات يفترض ان يكون توقع حدوث الضرر من جرعات الاشعاع المنخفضة متناسبا مع الجرعة الجماعية وهي متوسط الجرعة الفردية مضروبا في عدد الافراد المعرضين . وعلى ذلك يمكن تقدير الاثر الاشعاعي لمصدر معين من مصادر الاشعاع عن طريق جمع الاسهامات الفردية في الجرعة الجماعية عبر المكان والزمان . وعند ما ينسب هذا المجموع الى الممارسة المعينة التي يفترض انها تسبب هذه التعرضات الحالية والمستقبلية ، فانه يسمى نصيب الجرعة الجماعية من تلك الممارسة .

٦٩ - وخلاصة القول ، ان ترجيح الجرعات الممتصة لاشتقاق مكافئات الجرعات يدخل في حسابه الكفاءة البيولوجية لمختلف انواع الاشعاع . واستخدم ام مكافئ الجرعة الفعالة يأخذ في الاعتبار المخاطر النسبية لتعرض الاعضاء المختلفة من الجسم . وتسمح الجرعة الجماعية بعمل تقدير لتوقع حدوث الضرر في مجتمع معرض . ويربط مفهوم المخصص بين مجموع ما يتوقع من الضرر مستقبلا والممارسة التي تسبب التعرض . وبالرغم من هذا التعقيد الظاهري فان هذه المفاهيم تسهل اجراء التقديرات والمقارنات فيما بين الجرعات والمخاطر الناشئة عن المصادر المختلفة للاشعاع .

٧٠ - وعند النظر في الاشعاع المنبعث ذاتيا من مادة مشعة ، من الملائم تحديد طبيعة هذا الانبعاث من حيث النشاط (للتويد المشعة) . والنشاط هو عبارة عن عدد التحولات النووية للتويد المشعة في وحدة الزمن . والوحدة في النظام الدولي للوحدات هي الثانية العكسية (s^{-1}) والاسم الخاص للثانية العكسية ، عند ما يستخدم لنشاط النويدات المشعة هو بيكريل (Bq) ، وعلى ذلك فان

$$1 s^{-1} = 1 \text{ Bq} \quad (\text{للسنات})$$

والوحدة الدولية لكل من الجرعة الممتصة ومكافئ الجرعة هي جول لكل كيلوغرام ($J \text{ kg}^{-1}$) . والاسم الخاص لـ ($J \text{ kg}^{-1}$) ، عند ما يستخدم للجرعة الممتصة ، هو غراي (Gy) . وعلى ذلك فان

$$1 J \text{ kg}^{-1} = 1 \text{ Gy} \quad (\text{للجرعة الممتصة})$$

والاسم الخاص لـ $J \text{ kg}^{-1}$ ، عند ما يستخدم لمعادل الجرعة ، هو سيفيرت (Sv) . وعلى ذلك فان

$$1 J \text{ kg}^{-1} = 1 \text{ Sv} \quad (\text{لمعادل الجرعة})$$

باء - مستويات الاشعاع وجرعاته

١ - نماذج تقدير الجرعات (٤)

٧١ - يلزم لحساب الجرعة التي تنقلها مصادر الاشعاع الى المجتمعات المعرضة ، استخدام

(٤) يعرض هذا الموضوع بتوسع في المرفق ألف " نماذج تقدير الجرعات " .

نماذج تربط بين المقادير المقاسة او المحسوبة للمواد المشعة التي يطلقها المصدر او الموجود في البيئة ، وبين الجرعة الناتجة في الاشخاص المعرضين . وتستخدم لهذا الغرض نماذج الانتقال البيئية والنماذج الخاصة بقياس الجرعات . ويقدم هذا الجزء ، كمعلومات اساسية للتقديرات التي تليه ، وصفا للنماذج الاساسية التي استخدمتها اللجنة .

٧٢ - وتقوم اللجنة باستعراض المعلومات المتعلقة بالتعرض البشري للاشعاع لعدد من الافراض . وأحد الافراض هو تقييم مستويات التعرض التي يخضع لها الافراد ، وفرض آخر هو تقدير مستويات التعرض للمجاميع السكانية ، وفرض ثالث هو توفير البيانات الاساسية . وتعتبر العلاقة بين مستوى تعرض فرد ما واحتمال حدوث الآثار الصحية التي يفترض ان تنجم عن ذلك علاقة شديدة التعقيد . ومن المعقول ، في المرحلة الحالية التي بلغتها معلوماتنا ، افتراض ان اى زيادة في التعرض تحمل معها زيادة في مخاطر الآثار الضارة . والفرض الاساسي الذي تنطوى عليه ، ضمناً او صراحة ، تقييمات اللجنة هو ان احتمال حدوث آثار عشوائية في نسيج معين يتناسب تناسباً خطياً مع مكافئ الجرعة في هذا النسيج ، الى اقل الجرعات ، مع وجود عامل تناسب يختلف باختلاف الانسجة . ولا يمكن المبالغة في تأكيد اهمية هذا النموذج الاساسي لأنه لا يجوز ، في غياب العلاقة الخطية ، اضافة جرعات لا عطاء مقياس للمخاطرة الكلية ، كما لا يجوز حساب الجرعات الجماعية كتعبيرات عن الضرر الكلي للمجتمعات المعرضة .

٧٣ - وعند ما تجرى دراسة الافراد اثناء العمل ، عادة ما يكون من الممكن تقييم مستوى التعرض من القياس المباشر . وتعطى الجرعات الناجمة عن هذا التعرض على مدى فترة زمنية معينة (مثل ، سنة واحدة ، الحياة العاملة ، فترة الحياة بأكملها) ، مؤشراً عن المستوى المفترض للمخاطر التي تتم التعرض لها . وعند تقييم تعرض افراد من الجمهور ، كأفراد او جماعة ، فانه لا يمكن قياس مستوى التعرض مباشرة ويتحتم تقديره بوسائل غير مباشرة . ويتم هذا عن طريق استخدام نماذج تربط بين كميات النشاط المقيسة او المحسوبة التي يطلقها مصدر ما او الموجود في البيئة . وما ينتج عنها من جرعات في الافراد المعرضين . وتنقسم النماذج من هذا النوع الى مجموعتين واسعتين : نماذج بيئية ونماذج متعلقة بقياس الجرعة . وتصف النماذج البيئية حركة النويدات المشعة من نقطة الانطلاق خلال مختلف قطاعات البيئة . وتشمل النماذج المتعلقة بقياس الجرعة تلك التي تستخدم للتنبؤ بسلوك النويدات المشعة داخل جسم الانسان بعد دخولها فيه وتلك التي تستخدم لتوفير تقديرات للجرعات الناتجة في الاعضاء من النويدات المشعة في الجسم او من المصادر الخارجية .

٧٤ - واذ ما امكن قياس معدل الجرعة الممتصة في الهواء من النويدات المشعة في الهواء او المرسبة على الارض وفي عدد كاف من الاماكن وعلى مدى فترة زمنية كافية ، فعندئذ يمكن تقدير الجرعات الممتصة للافراد او المجتمعات من التعرض لاشعاع خارجي دون الحاجة الى نماذج انتقال بيئية تصف الطريقة التي نجم بها التلوث المحمول جواً او الترسيب من مصدر النويدات المشعة . وبالمثل ، فانه اذا ما امكن قياس تركيزات نشاط النويدات المعنوية في الاعضاء او الانسجة في عدد كاف من الناس ، فانه يمكن تقدير الجرعات الممتصة من النويدات المشعة المدججة باستخدام النماذج المتعلقة

بقياس الجرعات فقط ودون الحاجة الى نماذج الانتقال البيئي . وفي كثير من الحالات ، ولا سيما فيما يتعلق بالنويدات المشعة الموجودة في الطبيعة وبذلك الناتجة عن التفجيرات النووية ، تم اجراء قياسات كافية في اماكن مختلفة وعلى مدى فترات طويلة من الزمن تكفي لتمكين اللجنة من تقدير الجرعات مباشرة منها .

٧٥ - ويمكن اجراء تقديرات للجرعات الداخلية بصورة مباشرة بدرجة اقل قليلا ، وذلك من قياسات تركيزات نشاط النويدات المشعة الموجودة في الهواء او في المواد الغذائية . وفي هذه الحالة فان المعلومات الاضافية اللازمة هي معدلات دخول النويدات المشعة من الهواء او من المواد الغذائية المعينية والنماذج المناسبة المتعلقة بقياس الجرعات اللازمة لاعطاء الجرعات الممتصة في الاعضاء والانسجة بعد الدخول . وتستخدم هذه الطرق المباشرة بدرجة اقل لبعض النويدات المشعة الناتجة عن التفجيرات النووية ، وهي تستخدم في كثير من الاحيان لتكميل برنامج محدود للقياس ينفذ على بعض الناس . كما تستخدم هذه الطرق في تقدير الجرعات الممتصة لمجموعات حرجة من السكان المعرضين نتيجة لانطلاقات متعددة من النويدات المشعة من المنشآت النووية ، لعدد محدود من النويدات المشعة . ومن صعوبات الاعتماد المسرف على هذه القياسات انه يتعين ان يكون هناك قدر كبير من الجهد الاولي لضمان ان تكون المادة الغذائية التي يجرى رصد ها هي الطريق الوحيد او الاساسية لدخول النويدات المشعة المعينية . وعند التعامل مع غذاء مختلط وعدد كبير من النويدات المشعة فان ذلك يصبح مرهقا للغاية . وفي حالة النويدات المشعة الموزعة بصورة غير منتظمة في البيئة فان هذه الطريقة تكون غير ممكنة لتحديد الجرعة الجماعية .

٧٦ - وفي بعض الاحيان قد تكون القياسات المباشرة غير عملية . وقد يرجع ذلك الى صعوبات تقنية في عملية قياس تركيز نشاط النويدات المشعة المعينية في وسط ملائم ، او الى صعوبة الحصول على عينات ، او الى الكبر الزائد لعدد النويدات المشعة والمعابر . وقد تكون القياسات المباشرة غير عملية ايضا بسبب الحاجة الى تنبؤات تتعلق بمعدلات الجرعات ، لاستخلاص الانصبة الجرعات الجماعية مثلا ، بدلا من القياسات التي يتعين اجراؤها بعد انبعاث الجرعة او اثناءه . وفي هذه الحالات تكون النماذج ضرورية لاستنباط الجرعات وتوزيعاتها من البيانات الخاصة بكميات النويدات المشعة المنطلقة في البيئة ومعدلات الانطلاق . وسوف تعتمد العلاقة بين الجرعات والانطلاقات على الكثير من العوامل ، مثل ظروف الانطلاق ، والصورة الفيزيائية - الكيميائية للنويدات المشعة ، وما اذا كان الانطلاق في الجو او في سطح مائي او في الارض ، وخصائص البيئة المستقبلية . وبصفة عامة ، فان النماذج البيئية التي تهتم بها اللجنة هي صور رياضية مبسطة لعمليات الانتقال الفعلية . وبعض هذه العمليات مفهومة جيدا ويمكن وصفها بدقة معقولة بواسطة نماذج رياضية تعتمد اعتمادا شديدا على القياسات . وانتقال النويدات المشعة في السقاطات ، مثل سترونشيوم - ٩٠ ، خلال السلاسل الغذائية هو أحد الامثلة . وقد تكون بعض العمليات الاخرى غير معروفة الا بصورة جزئية ، وقد يجعل النطاق الزمني او غيره من الجوانب من العسير جدا التحقق من النماذج عن طريق القياس ، كما في حالة ثبات امتصاص التربة والجسيمات الرسوبية للاكتينات في المدى الطويل .

٧٧ - ويستعرض المرفق ألف النماذج التي استخدمتها اللجنة ، ولكن الشرح التفصيلي لها جميعا يتجاوز الغرض من هذا الفصل . ويكفي القول بأن اللجنة تصف ، في هذا المرفق ، نماذج الانتقال الجوى (المحلي والاقليمي والعالمي) والمائي (الانهار والبحيرات والمحيطات) والارضي المستخدمة في جميع المرفقات الاخرى . كما يستعرض هذا المرفق الأسس التي بنيت عليها النماذج والمعابـر التفصيلية لمختلف اساليب التعرض للاشعاع . وتعتبر هذه المادة معلومات اساسية ضرورية لتقدير الجرعات في جميع الحالات التي تنطوى على تشتيت بيئي للمواد المشعة .

٢ - التعرض للاشعاع الطبيعي ، بما في ذلك
المصادر المعدلة تكنولوجيا ، وللمنتجات
الاستهلاكية المصدرة للاشعاع

٧٨ - ان الاستنتاج الرئيسي الذي يمكن الخروج به من أعمال اللجنة في هذا المجال هو أن ما هو شائع من اسهام في الجرعة الجماعية من المصادر الطبيعية يمكن أن يعزى الى منتجات تحلل غاز خامل ، هو الرادون . وقد بحثت دراسات جديدة عددا من مصادر الرادون مثل مواد البناء والرادون المنبعث من الأرض ومن مياه الصنابير ومن الغاز الطبيعي . وتجرى أيضا دراسة عدد من المعامل (قوة الانبعاث ، وتكنولوجيا البناء ، وبصفة خاصة التهوية) وقد تؤثر تأثيرا كبيرا على اسهام هذا المصدر . وان ادراك أهمية هذه العوامل يأتي مع التطورات التكنولوجية التي تزيد من تركيز الرادون داخل المباني . ولم يتبين أن التعرض للمصادر الطبيعية الأخرى والاشعاع الطبيعي المزيد ولشئى المنتجات الاستهلاكية يختلف كثيرا عما تم تقييمه من قبل .

٧٩ - وكثيرا ما كتبت اللجنة في تقاريرها عن المصادر الطبيعية للتعرض البشري ان أنها تمثل حاليا (ومن المحتمل أن تمثل أيضا في المستقبل المنظور) الجزء الأكبر من الجرعة الجماعية التي يتلقاها سكان العالم . وتتميز هذه المصادر ، بصفة رئيسية ، بطبيعتها الكلية الوجود وبمعدل عطاها الضئيل جدا والمتواصل الى حد ما طيلة حياة الانسان . ولم تتحسن حالة معرفة التعرض الطبيعي ، تحسنا ذابال ، باستثناء التعرض لمنتجات تحلل الرادون ، منذ تقرير عام ١٩٧٧ . لذلك فان هذا البحث هو بحث استكمالي أساسا . بيد أن بعض المعلومات الجديدة بشأن التعرض المعدلة تكنولوجيا ، للاشعاع الطبيعي وللمنتجات الاستهلاكية ، قد أدت الى تقييم أفضل للمصادر وللجرعات المأخوذة منها .

٨٠ - وما من شكل من أشكال الحياة على المعمورة الا ويكون مرتبطا بالتعرض للاشعاع من المصادر الطبيعية . وقد تكون هذه المصادر من نوعين مختلفين ، هما : مصادر البيئة خارج الأرض (أى الأشعة الكونية) ومصادر أرضية (أى المواد المشعة في قشرة الأرض) . وتشع هذه المصادر على الجسم البشري من الخارج . الا أنه ينشأ أيضا عن كلا النوعين من المصادر ، التعرض الداخلي من النويدات الموجودة بطبيعتها والتي تدخل الجسم عن طريق المعابر الفسيولوجية العادية ويتعرض الانسان لجميع هذه المصادر وهو يعيش في بيئة طبيعية .

٨١ - وهناك ظروف ، تتعلق في الغالب بالتطورات التكنولوجية ، يمكن أن يتغير فيها تعرض الانسان لهذه المصادر الطبيعية . ومن أمثلة الحالات التي تؤدي الى المزيد من التعرض للاشعاع الطبيعي ، السفر جوا واستخدام الغاز الطبيعي في أغراض التدفئة والسكنى بجوار محطات الطاقة التي تستخدم الوقود الأحفوري . ولولا التكنولوجيات ذات الصلة (غير المصممة خصيصا لحدوث الاشعاع) لما وقعت هذه التعرضات . ويشار الى هذه التعرضات ، في هذا التقرير ، بأنها " التعرضات الطبيعية المعدلة تكنولوجيا " ويجرى بحشها بصفة منفصلة عن المصادر الطبيعية حقيقة .

٨٢ - ونظرا لما عرف ، من التحاليل السابقة للجنة ، بأن جزءا أساسيا من الجرعة الناشئة عن التعرض الداخلي يرجع الى استنشاق الرادون والثورون ونواتج تحللهم ، فقد اضطلع في التقرير الحالي ، بدراسة شاملة لهذه النويدات المشعة . وتختص الدراسة بمستويات هذه النويدات في بيئتي المعيشة والعمل ، ويمدى وأسباب توفرها في الطبيعة ، وبالأحوال المؤثرة في الجرعة التي تنبعث من هذه النويدات أثناء تعرض الجسم لها ، وخاصة الرثة . وستناقش نتائج هذه الدراسة على حدة (انظر الفقرات ١٠٨ - ١١٦) .

٨٣ - وفي النهاية ، هناك التعرض لمنتجات استهلاكية منتشرة الاستعمال ، ومردة اما الى تعمد ادماجها مع المواد المشعة ، أو الى حدوث الاشعاع خلال الاستعمال العادي . وبشبه التعرض للمنتجات الاستهلاكية ، الى حد ما ، التعرض للمصادر المعدلة تكنولوجيا ، بيد أن تناولها المشترك مع المصادر المعدلة تكنولوجيا هو أساسا من باب التسهيل .

(أ) المصادر الطبيعية (٥)

٨٤ - قامت اللجنة ، فيما يتعلق بالتعرض الخارجي ، بتقييم الجرعات التي تصل من الأشعة الكونية (كلا المكونات المؤينة والمكونات النيوترونية) تقريبا منفصلا عن الجرعات الناجمة عن الاشعاع الأرضي والتي تنشأ عن البوتاسيوم - ٤٠ واليورانيوم - ٢٣٨ والثوريوم - ٢٣٢ ومنتجات تحللها . وأن مكون الشعاع الكوني شديد الثبات عادة عند سطح الأرض ، ولكنه يختلف حسب منطقة المغنطيسية الأرضية ، ويزيد ، الى حد أكبر ، مع الارتفاع فوق سطح البحر . وهكذا ، تتلقى مجموعات السكان التي تعيش على ارتفاعات عالية جرعات أكبر بكثير من تلك التي تعيش على المنخفضات أو عند سطح البحر . ويبلغ معدل الجرعة الخارجية ، التي يتلقاها السكان الذين يعيشون عند سطح البحر من الأشعة الكونية ٣٠٠ ملليسيغرت في السنة .

٨٥ - ويعتمد المكون الأرضي للخلفية الطبيعية على تكوين التربة والصخور التي تحتوى على النويدات المشعة الطبيعية . ويوجد من المعلومات الخاصة بجرعات الاشعاع الأرضي خارج المباني في مناطق شاسعة من العالم ما يكفي للقول بأن غالبية السكان التي تقم في هذه المناطق تتلقى زهاء ٣٥٠٠ ملليسيغرت في السنة ، مع انحراف معيارى يبلغ ٢٥ في المائة من هذه القيمة المتوسطة . وان هذا الرقم مستمد من المعلومات التي تفيد بأن معدلات التعرض داخل المباني أعلى بحوالي ٢٠ في المائة في المتوسط ، منها خارج المباني ، ومن الافتراض القائل بأن الناس ينفقون ٨٠ في المائة من وقتهم داخل المباني . ومن المعقول التفكير بأن هذا المتوسط المرجح للسكان يمثل المستوى " العادي " للاشعاع الأرضي الذي يتعرض له الجنس البشرى . وتزيد الجرعة الخارجية المتلقاة من الاشعاع الأرضي ، زيادة طفيفة ، عن تلك المتلقاة من الأشعة الكونية ، وذلك على أساس المتوسطات التي تنطبق على أعداد غفيرة من الأشخاص الكبار الذين يعيشون في مناطق ذات خلفية عادية .

(٥) يجرى استعراض هذا الموضوع باسهاب في المرفق با* " التعرضات لمصادر الاشعاع الطبيعي " .

٨٦ - وفي العالم مناطق قد يزيد فيها التعرض الخارجي من المصادر الأرضية الطبيعية ، زيادة كبيرة ، عن مدى التغير العادي . كما أنه تم تحديد هذه المناطق (أورسمت لها الخرائط بعناية في بعض الحالات) في إيران وإيطاليا والبرازيل والهند وبلدان أخرى . وقد تزيد الجرعة السنوية التي يتلقاها السكان ، في بعض هذه الأماكن ، عن (١ أمثال الجرعة التي يتلقاها السكان الذين يعيشون في مناطق ذات خلفية عادية . ولم تتأكد بعد بدقة كبيرة ، علاقة هذه المناطق ذات الخلفية المرتفعة بالجرعة الجماعية العالمية المتوقعة نتيجة للتعرض الخارجي . وتشير التقديرات الحالية الى أن هذه المساهمة لا تزيد عن (١ في المائة من الجرعة الجماعية العالمية .

٨٧ - وقد قيمت اللجنة ، كذلك ، التعرض الداخلي الناتج عن النويدات المشعة التي تلجج الجسم عن طريق الابتلاع أو الاستنشاق . وقد تكون هذه النويدات المشعة ذات أصل كوني (أى ناتجة من التفاعل المتبادل بين الأشعة الكونية والذرات في الغلاف الجوي العلوى) ، وقد تكون بدائية ، بمعنى أنها موجودة في القشرة الأرضية طوال تاريخها . وتسهم النويدات من الصنف الأول ، اسهاما ضئيلا جدا ، في الجرعة الآتية من الخلفية الطبيعية . والمكونات الوحيدة التي تزيد زيادة مهمة في الجرعة هي التريتيوم (الهيدروجين - ٣) والبريليوم - ٧ والكربون - ١٤ والصدويوم - ٢٢ . وفي الصنف الأخير ، فان منتجات التحلل القصيرة الأجل للرادون - ٢٢٢ هي الى حد بعيد أكبر المواد مساهمة يليها البوتاسيوم - ٤ ومنتجات تحلل الثورون (الرادون - ٢٢٠) والبولونيوم - ٢١٠ . ويمكن تفدير مكافئ الجرعة الفعالة من المصادر الداخلية للاشعاع الطبيعي بحوالي ضعف الجرعة المتوقعة من التعرض الخارجي . بيد أن مجموعات الناس التي تعيش في ظل أحوال سكنية خاصة قد تتعرض لجرعات ممتصة داخلية مرتفعة كثيرا .

الجدول ١

مكافئات الجرعة السنوية الفعالة المقدرة ، المتلقة من المصادر الطبيعية للاشعاع في المناطق ذات الخلفية " العادية "

مكافئ الجرعة الفعالة السنوية (مليسيغرت)			المصدر
الاشعاع الخارجي	الاشعاع الداخلي	المجموع	
			الأشعة الكونية
٠.٢٨		٠.٢٨	المكون المؤين
٠.٠٢		٠.٠٢	المكون النيوتروني
٠.٠١٥	٠.٠١٥		النويدات ذات الأصل الكوني
			النويدات البدائية
٠.٣٠	٠.١٨	٠.١٢	البوتاسيوم - ٤٠
٠.٠٠٦	٠.٠٠٦		الروبيديوم - ٨٧
١.٠٤	٠.٩٥	٠.٠٩	سلسلة اليورانيوم ٢٣٨ (أ)
٠.٣٣	٠.١٩	٠.١٤	سلسلة اليورانيوم ٢٣٢ (أ)
٢.٠	١.٣٤	٠.٦٥	المجموع (مقرباً)

(أ) هذه القيم خاصة بالمناطق المعتدلة . وهي أقل من ذلك في المناطق المدارية .

٨٨ - يلخص الجدول البيانات المتعلقة بالمصادر المختلفة للتعرض الطبيعي ، من حيث مكافئ الجرعة الفعالة ، ويقدر مكافئ الجرعة الفعالة السنوية العالمية للفرد ، الناتجة عن مصادر الاشعاع الطبيعي بمليسيغرتين ، يرجع نصفها تقريبا الى الاستنشاق ، داخل المباني ، لمنتجات التحلل القصيرة الأجل للرادون - ٢٢٢ والرادون - ٢٢٠ ، اللذان يشكلان جزءاً من سلسلة اليورانيوم - ٢٣٨ وسلسلة الثوريوم - ٢٣٢ ، على التوالي . وتبرز الأهمية النسبية للمساهمة المقدمة من منتجات التحلل للرادون - ٢٢٢ والرادون - ٢٢٠ القصيرة الأجل من استخدام الفكرة الجديدة لمكافئ الجرعة الفعالة . ويستدعي هذا مضاعفة الجرعة الممتصة في الرئة بعامل نوعي مقداره ٢٠ بالنسبة لجسيمات ألفا لحساب مكافئ الجرعة في الرئة المضاعفة بعامل مقداره ١.٢ وهو عامل وزن العضو بالنسبة للرئة ، لاستنتاج مكافئ الجرعة الفعالة . وهكذا يصبح معامل التحويل الشامل من الجرعة الممتصة في الرئة الى مكافئ الجرعة الفعالة ٢.٤ سيفرت لكل غراي . وترجح كفة مكافئ الجرعة الفعالة

من منتجات تحلل الرادون -٢٢٢ والراديون -٢٢٠ ، نظرا لأن مكافئات التحويل الشامل المقابلة بالنسبة للمواد الأخرى ذات المساهمة الكبيرة في التعرضات الناجمة عن المصادر الطبيعية ، تساوى سيفيرت واحد لكل غراى أو أقل من ذلك . ومن المتوقع اختلاف متوسط تركيزات الرادون -٢٢٢ والراديون -٢٢٠ داخل المباني من منطقة لأخرى في العالم وفقا لسرعة التهوية ونوع المسكن . ومن المقدر ، في هذا التقرير ، أنه ، عند المقارنة بمتوسط القيمة العالمية ، يزيد التعرض لمنتجات تحلل الرادون -٢٢٢ والراديون -٢٢٠ بحوالي ٢٥ في المائة في المناطق المعتدلة ويقل بحوالي ٧٠ في المائة في المناطق المدارية ، وبذلك يصبح متوسط مكافئات الجرعة السنوية الفعالة من مصادر الاشعاع الطبيعي ٢٢٢ و ١٣٣ مللي سيفيرت في المناطق المعتدلة المدارية ، على التوالي . ويتفق متوسط القيمة العالمية البالغ ٢ مللي سيفيرت في السنة الى حد معقول ، مع التقديرات المقدّمة في تقرير لجنة عام ١٩٧٧ ، من حيث الجرعة الممتصة . ويعتقد ، حاليا ، أن مكافئ الجرعة الفعالة الجماعية العالمية السنوية يبلغ حوالي ٧٠ فرد سيفيرت .

(ب) المصادر الطبيعية المعدلة تكنولوجيا (٦)

٨٩ - يلخص الجزء الفرعي التالي خصائص المصادر التي سبق تعريفها بأنها " معدلة تكنولوجيا " (انظر الفقرات (٨-٨٣) .

٩٠ - محطات الطاقة التي تستخدم الفحم . يحتوي الفحم على مستويات ضئيلة من النويدات المشعة الطبيعية وينتج عن احتراقه اطلاق هذه النويدات في البيئة . وان إعادة توزيعها من أعماق القشرة الأرضية الى البيئة قد تغير كثيرا مجالات الاشعاع المحيطة ومدى تعرض السكان . وقد أتاحت معلومات جديدة تتعلق بقياسات النشاط في الفحم وسلوك النويدات المشعة داخل محطات الطاقة وحولها . لذلك ، يمكن الآن الى حد ما تقدير الجرعات الناشئة عن مصدر التعرض هذا .

٩١ - وعندما يحترق الفحم تنصهر المادة المعدنية في شكل رماد مزجج ، ويبقى معظمه في محطة الطاقة على شكل خبث ، ولكن الجزء الأخف ، وهو الرماد المتطاير ، تحمله الغيازات الساخنة الى مدخنة المحطة حيث ينطلق نصيب منه في الجو ، حسب كفاءة أجهزة التجميع . وقد أجرى تقدير لمتوسط النويدات المشعة المطلقة في الجو ، استنادا الى التفريغات التي تم الابلاغ عنها والتركيزات المقاسة في الفحم والرماد . ويعتقد أن التفريغات المقدرة تمثل الحالة الراهنة على مستوى العالم .

٩٢ - وان السبل الرئيسية لتعرض السكان ، الذين يعيشون حول محطات الطاقة ، للنويدات المشعة المنبعثة ، هي كالاتي : الاستنشاق عند مرور الدخان والتعرض الخارجي والاستنشاق والابتلاع نتيجة للنويدات المشعة المترسبة على الأرض . ويمكن اجراء الحساب ، بطريقة معقولة للجرعات التي تصل مختلف أجزاء الجسم وتقديرات الأنصبة من الجرعات بالنسبة للنويدات المختلفة .

(٦) يجرى استعراض هذا الموضوع باسهاب في المرفق جيم " التعرضات للاشعاع الطبيعي المعدلة نمونجيا " .

٩٣ — وقد وجد أن كل سبيل من السبل الثلاثة يساهم مساهمة كبيرة من حيث الأنصبة المكافئة من الجرعات الجماعية الفعالة . وان المكونات السائدة هي نظائر الثوريوم الاستنشاق أثناء مرور السحابة ، ونظائر الرادون (التعرض الداخلي الناتج عن النشاط المترسب) . ومع الافتراض بأن ٧٠ في المائة من الفحم المستخرج في جميع أنحاء العالم يستخدم لانتاج الطاقة وأن جيفا واط سنة واحد من الطاقة يتطلب حرق ٣ ملايين طن من الفحم ، فان النصيب المكافئ من الجرعة الجماعية الفعالة ، من جراء استخدام الفحم في عام ١٩٧٩ ، تبلغ ، على مستوى العالم ، حوالي ٢٠٠٠ فرد سيفيرت . وسيضيف احراق الفحم ، من أجل الاستعمالات الأخرى ، كمية أكبر الى حد ما .

٩٤ — استعمال الصخور الفوسفاتية . ينتشر استعمال الصخور الفوسفاتية كمصدر للفوسفور اللازم للأسمدة . وهي تحتوي على كميات ضئيلة من اليورانيوم — ٢٣٨ والراديوم — ٢٢٦ والثوريوم — ٢٣٢ والبوليتاسيوم — ٤ ، التي يعاد توزيعها في البيئة خلال المعالجة الصناعية للصخر واستخدامه . ويحدث هذا عن طريق التفرينات المشعة والاستخدام الزراعي للأسمدة واستغلال النواتج العرضية والفضلات في أغراض أخرى .

٩٥ — وتؤدي النفايات المشعة الصناعية الى تركيزات مختلفة من النويدات المشعة ذات الصلة في التفرينات التي يحملها الهواء أو التفرينات السائلة . ويعتمد نوع وكمية النويدات المشعة المنطلقة ، اعتمادا كبيرا ، على التكنولوجيا المستخدمة عند معالجة الصخور . ويشمل الاستنشاق أثناء مرور السحابة ، وامتصاص النشاط المترسب فوق التربة ، الأليتين الرئيسيتين للاشعاع ، ويمكن توفير تقديرات تقريبية جدا للجرعات لكل منهما ، وهذا ما يناقشه المرفق جيم .

٩٦ — ويمكن ، أيضا ، اجراء تقديرات لجرعات النويدات المشعة الموجودة في الأسمدة . يمكن الحصول على تقديرات تقريبية للجرعات من المعلومات المتعلقة بالانتاج العالمي للأسمدة وبمحتويات هذه المواد من النويدات المشعة وتوزيعها واستخدامها ومستويات النويدات المشعة في المحاصيل الغذائية المعالجة ، الخ . وتنبعث هذه الجرعات وتصيب الناس المعرضين مهنيا للأسمدة ، كما تصيب الجمهور عن طريق مختلف آليات التعرض الخارجي والداخلي .

٩٧ — وان الناتج العرضي الرئيسي لمعالجة الصخور الفوسفاتية هو الجبس الفوسفاتي في مصانع المعالجة بالسوائل . أما في مصانع المعالجة الحرارية ، فان خبث سليكات الكالسيوم هو الناتج النهائي الرئيسي . ويستخدم الجبس الفوسفاتي ، بدلا من الجبس الطبيعي ، في مكونات المباني الجاهزة ، وتستخدم سليكات الكالسيوم في السكك الحديدية والانشآت الخرسانية . وقد تحتوي كلا هاتين المادتين على تركيزات من الراديوم — ٢٢٦ ، أكبر بكثير من معظم المنتجات الطبيعية . كما أن تعرض أفراد الجمهور للاشعاع ناجم عن الاستعمالات سالفة الذكر ، ونظرا لتكوين النويدات ولأحوال الاشعاع فان التعرض يمكن أن يتوقع بأن يكون جسيما ، أي قد يزيد بمقدار ٣٠ في المائة بالنسبة للأشخاص الذين يعيشون في منازل مبنية باستخدام الجبس الفوسفاتي .

٩٨ — وقد قدرت اللجنة التعرضات الاشعاعية التي قد تنتج عن الدورة الكاملة لاستخدام الصخور الفوسفاتية ، مستعملة افتراضات مبسطة معقولة وأخذة في اعتبارها أهم النويدات المشعة . واستنتجت اللجنة ، بافتراض احتمال استخدام (في المائة من الجبس الفوسفاتي الناتج في المنزائل ، أن

المسألة القصوى في الجرعة الجماعية المتأتية من استغلال الصخور الفوسفاتية مستمدة من ذلك المصدر . و اذا أمكن تجنب هذا الاستخدام ، فان بقية الأنصبة من الجرعة سوف لن تلبس الا جزاً من ألفين من الجرعة المحتملة .

٩٩ - استخدام مواد بناء خاصة . تبين أن مواد أخرى تنبعث منها جرعات عالية تصيب السكان الذين يعيشون في مساكن مبنية منها . وهي تشمل : حجر الخفاف وأسمت حجر الشب والطفة الحجرية والغرانيت ونفايات مصانع اليورانيوم . وترجع الجرعات الى التركيزات العالية من البوتاسيوم - ٤٠ والراديوم - ٢٢٦ والثوريوم - ٢٣٢ . وفي بعض البلدان ، أظهر أخذ العينات من مواد بناء كثيرة ، في حالات معينة ، تركيزات مفرطة من النويدات المذكورة أعلاه . بيد أن متوسط معدلات الجرعة الممتصة ، الذي قيس في المباني المحتوية على هذه المواد ، غالباً ما يكون أقل بكثير مما قد يتوقع من المحتوى المشع لهذه المواد المعدنية ، ان أنه تستخدم كذلك في نفس المباني مواد أقل نشاطاً في العادة .

١٠٠ - التعرض المزيد للاشعاع الكوني . يتعرض المسافرون ، أثناء الطيران ، لمعدلات جرعة أعلى من المكون الكوني ، تزيد كثيراً مع الارتفاع . فقد لوحظت ، على سبيل المثال ، زيادة بعامل يبلغ ٢٠ في معدل الجرعة بين ارتفاعي ٤ كيلومترات و ١٢ كيلومتراً . وقدر مكافئ الجرعة الجماعية الفعالة لسكان العالم ، بسبب الطيران التجاري في عام ١٩٧٨ ، بنحو ٢٠٠٠ فرد سيفيـرت . وأجريت تقييمات مماثلة خاصة بالنقل الجوي الأسرع من الصوت . وعلى الرغم من أن الاشعاع الشمسي الأصل يضيف الى المكون المجري ، نظراً للارتفاع ، وأن مستويات الاشعاع قد تزيد كثيراً خلال الانفجار الشمسي الشديد الذي قد يحدث أحياناً ، فان مصادر التعرض هذه لا تسهم مساهمة ذات بال ، في الوقت الحالي ، في تعرض لسكان العالم للاشعاع الطبيعي . بيد أن الجرعات المفردة التي يتلقاها بعض الأشخاص ، مثل أعضاء أطقم شركات الطيران ، لا يستهان بها .

١٠١ - ويحتمل أن تكون أمثلة التعرض المعدل تكنولوجيا ، التي استرعي نظر اللجنة اليها ، غير كاملة . وتستنتج اللجنة ، من التقديرات التي تم إجراؤها ، ان هذه التعرضات لا تضيف كثيراً الى الجرعة الجماعية التي يتلقاها الجنس البشري على صعيد العالم . لكن قد تحدث زيادات كبيرة في الجرعات الفردية من الاشعاع الطبيعي في أماكن متركزة أو بالنسبة لمجموعات السكان الخاضعة للحالات القصوى . ولا تسمح الحالة الراهنة للمعلومات بأجراء تقديرات بالغة الدقة للجرعات الجماعية الآتية من هذه المصادر . ويلزم المزيد من البحث تحقيقاً لهذه الغاية .

(ج) المنتجات الاستهلاكية المصدرة للاشعاع (٧)

١٠٢ - أجهزة التوقيت المضيئة . ان الطاقة الصادرة أثناء التحلل المشع للراديوم - ٢٢٦ والبروميثيوم - ١٤٧ ، يمكن تحويلها الى ضوء بواسطة جهاز اللومينات . وقد انتشر

(٧) يجري استعراض هذا الموضوع بإسهاب في المرفق جيم " التعرض ، المعدل تكنولوجيا ، للاشعاع الطبيعي " .

استغلال هذه الظاهرة في صناعة طلاء الأقراص المدرجة لاضاءة أجهزة التوقيت والأجهزة العلمية الأخرى . ويستخدم حالياً التريتيوم ، بدلا من الراديوم ، لأن اشعاعه أقل اختراقا من ذلك الذي يصاحب تحلل الراديوم ونظائره وهو بالتالي يسبب تعرضا خارجيا أقل لمستعمليه . ويتزايد انتشار استعمال مصادر ضوء التريتيوم الغازي في اضاءة الساعات الرقمية ، بعد ظهور طريقة عرض البللورات السائلة . وقد تم ، في عدد من البلدان ، تقسيم معادل الجرعة الجماعية السنوية الناجمة عن أجهزة التوقيت المشعة المضيئة التي تستخدم مختلف النظائر المشعة . وتقدر هذه الجرعة بالنسبة لسكان العالم حوالي ٢٠٠٠ فرد سيفيرت .

١٠٣ - الأجهزة الالكترونية والكهربائية . تشمل المبدئ في المصابيح اللاصقة والأنايب الزنادية في المعدات الكهربائية وأجهزة الحماية من الفلاية الزائدة . وتتضمن النظائر المشعة الداخلة في هذه المعدات الكريبتون - ٨٥ والبروميثيوم - ١٤٧ والثوريوم - ٢٣٢ ، وذلك من أجل تشغيل أفضل وأسرع وأدق . ومن المتوقع ، على الرغم من العدد الكبير المشغل من هذه الأجهزة ومن حجم النشاط الكبير الذي تقوم به ، أن تكون الجرعات الناتجة ضئيلة جدا . بيد أنها قد تزيد كثيرا في حالة الكسر المفاجئ أو سوء التدبير .

١٠٤ - الأجهزة المستخدمة لتقليل الشحنات الكهربائية الاستاتيكية . تستخدم في الصناعة ، كما تستخدم ، في بعض البلدان ، في المعدات الكهربائية لتقليل من تزايد الشحنة الكهربائية في بعض المواد . ويستخدم البولونيوم - ٢١ في المقام الأول ، في هذه الأساليب لتأيين الهواء . وان الخطر الوحيد الكبير يمكن أن ينشأ في أحوال الاستعمال العادية ، من الاشعاع الخارجي بسبب اصدار كمية ضئيلة جدا من مكوّن غاما . بيد انه قد تتغير في حالات الاجهاد القصوى (مثل الصدمة أو العريضة) سلامة الأجزاء المكوّنة ومن الممكن جدا أن يؤدي ذلك الى جرعات من الاشعاع الداخلي .

١٠٥ - أجهزة اكتشاف الدخان . تحتوى هذه الأجهزة عادة على الأмериسيوم - ٢٤١ ، ولها سوق كبيرة جدا ، في بلدان كثيرة حيث تستعمل في المباني الصناعية والعامة والتجارية والخاصة ، لأن خبراء الحريق يدركون قيمتها في حماية الأرواح والممتلكات . وقد تبين أن الأنصبة المكافئة للجرعة الجماعية الفعالة الناشئة عن انتاج عام ١٩٧٨ تقرب من ١٠ فرد سيفيرت ، وذلك بافتراض الاستعمال المفيد لمدة عشر سنوات لملايين الوحدات المركبة حاليا ، وكذلك بافتراض التخلص منها عن طريق الدفن الصحي بل الاحراق . وينشأ معظم الجرعة من التعرض الخارجي أثناء الحياة المفيدة لأجهزة اكتشاف الدخان .

١٠٦ - المنتجات المحتوية على اليورانيوم والثوريوم . يستخدم اليورانيوم أساسا كمادة لصبغة الخزف والأواني الزجاجية . ويستخدم الثوريوم في الرتلان المتوهجة وبعض المنتجات الضوئية . ويشتمل الخطر الأساسي من استعمال هذه المواد ، في الأحوال العادية ، في الجرعة الناجمة عن منتجات التحلل المصدرة لأشعة بيتا ، ويحتمل ، في الظروف الخاصة ، أن تصل جرعات عالية الى أنسجة محددة . وعلى سبيل المثال ، قد تصل جرعات كبيرة الى حد ما الى عدسة العين من العدسات الضوئية المحتوية على نسبة مئوية عالية من الثوريوم . كما أن الجرعة ، التي تصل الى النسيج الجلدي في الفم ، من اليورانيوم الموجود في الخزف المستخدم في دباب الأسنان الترقيعي يفرض محاكاة لصف الأسنان الطبيعية ، قد تكون مرتفعة .

١٠٧ - أجهزة التلفزة . تبعث أجهزة التلفزة ، أثناء تشغيلها أشعة سينية قليلة الاختراقية قد ينشأ عنها تعرض خارجي . بيد أن انبعاث الأشعة السينية من أجهزة التلفزة الملون المصنوعة حديثاً ضعيف جداً في ظروف الاستعمال العادي والخدمة المناسبة للأجهزة .

(د) الرادون ومنتجات تحلله (٨)

١٠٨ - أصبح من الواضح ، بشكل متزايد ، أن جزءاً هاماً جداً من المساهمة في التعرض للمصادر الطبيعية ناشئ عن الرادون - ٢٢٢ (يسمى عادة الرادون) ونواتج تحلله . ويسهم أيضاً ببعض الجرعات نظير مشع آخر موجود في الطبيعة هو الرادون - ٢٢٠ (ويسمى عادة الثورون) . وقد دفعت هذه الحقائق اللجنة الى اجراء بحث متعمق ، للتعرض لهذه الغازات والى دراسة أهم المتغيرات الفيزيائية والفسولوجية التي تؤثر على التعرض .

١٠٩ - وأن الرادون والثورون غازان مشعان موجودان في الطبيعة ، وهما على التوالي ، ناتجان لسلسلتي تحلل اليورانيوم والثوريوم . ويوجد اليورانيوم والثوريوم في الطبيعة كعناصر أساسية في الصخور . وتتسرب نسبة صغيرة من الرادون والثورون الناتجين من هذه المواد ، عن طريق الانتشار ، وتتبعثر في المياه الأرضية والهواء حيث يحتمل وجود هذه النويدات المشعة بتركيزات مختلفة . وينحل الرادون والثورون الى نظائرها العديدة حتى تنتهي سلسلتا اليورانيوم والثوريوم بنظائر الرصاص الثابتة .

١١٠ - وقد نظرت اللجنة في آليات انطلاق الرادون والثورون من مصادرهما الطبيعية والمتغيرات التي تؤثر على هذا الاطلاق (حجم جسيمات الصخور ، والمسامية ، والرطوبة) ؛ وآليات انتشار هذين الغازين في الماء والهواء المحيطين ؛ ونقل الرادون والثورون من خلال التربة وخروجهما الى الهواء ؛ وبمعرفة هذين الغازين ونواتج تحللها ؛ وتأثير تدرج درجة الحرارة الراسي ، وقوة الرياح ، واضطراب الهواء ، على هذه البعثرة . ونظراً لقصر عمر نصف الثورون (حوالي دقيقة واحدة) ، فإنه لا يمكن وجود الغاز الا في حيز عشرات قليلة من الأمتار فوق سطح الأرض ، بينما يصل الرادون ، الذي يقرب عمر نصفه من أربعة أيام الى ارتفاع عدة كيلومترات . ويؤثر الموقع الجغرافي ، كما تؤثر الأحوال الجوية السائدة على تركيز هذه النويدات عند سطح الأرض مع التغيرات الموسمية المحسوسة . وتكون أعلى التركيزات في العادة في الكتل الهوائية فوق المناطق القارية بينما توجد أقل التركيزات في الكتل الهوائية فوق المحيطات أو فوق منطقة القطب الشمالي . ويتراوح متوسط القيم السنوية لتركيز الرادون في الهواء خارج المباني عند مستوى الأرض بين ١٠ و ١٠٠ بيكريلات في كل متر مكعب . وتبلغ القيمة النموذجية في المناطق المأهولة ٣ بيكريلات في كل متر مكعب .

١١١ - كما أن تركيز النشاط لنظائر الرادون في الهواء الموجود على مستوى الأرض هو بصفة عامة ناقص ، عن تركيز الرادون ، وذلك بسبب الانتشار السريع للرادون في الجو . وان عامل

(٨) يجري استعراض هذا الموضوع بأسهاب في المرفق دال " التعرض للرادون والثورون ومنتجات تحللها " .

التوازن بين الرادون والثورون وبين منتجاتهما من النظائر يعد مقياساً لهذا النقص . ويعتمد عامل التوازن على أحوال كثيرة أخرى ، مثل ثوابت تحلل مختلف النظائر ، والتركيز والتوزيع الحجمي لجسيمات الهباء الجوي ، وترسب هذا الهباء على الأسطح المجاورة وسرعة تبادل الهواء . ويمكن تقصي كل هذه الأحوال بالتجربة . وللأغراض العملية ، من المهم الإشارة إلى أنه قد ينشأ عن قلة التهوية في الأماكن الضيقة تعرض كبير لمنتجات تحلل الرادون والثورون .

١١٢ - وقد يتراوح تركيز الرادون في الماء بين صفر تقريباً ومقادير تصل إلى ١٠٠ ميغابيكرييل لكل متر مكعب في بعض المياه . وان جرعات الإشعاع التي يسببها الرادون في مياه الشرب ترجع ، جزئياً إلى ابتلاع نظائر الرادون التي ينتجها تحلل الرادون المنطلق من الماء ، ولكنها قد ترجع في الغالب إلى استنشاقها . ومن الممكن القيام بحسابات تقريبية للجرعات النسبية الناشئة عن تركيز معين للرادون في مياه الشرب . بيد أن هذه القيم لا يمكن اعتبارها بسهولة ممثلة للقيم المتوسطة التي تنطبق على منطقة بأكملها أو بلد بأكمله ، ويعود ذلك إلى أن القياسات ، التي وردت عنها تقارير ، غالباً ما كانت تنفذ في مناطق معروفة بارتفاع ما تحتويه من اليورانيوم أو الرادون يوم . ويستدل من المعلومات المتاحة أن جرعة إشعاع الرادون في مياه الشرب ليست عادة مشكلة كبيرة بالنسبة لتعرض عامة الناس ، إلا في بعض الحالات التي يزيد فيها حجم الرادون بصفة خاصة ، بسبب الأحوال الجيولوجية الخاصة .

١١٣ - وقد قامت اللجنة ، نظراً لأن معظم الجرعة الإشعاعية من الرادون يتلقاها الإنسان وهو يعيش داخل المباني باستعراض مجموعة كبيرة من البيانات عن التركيزات المحددة للرادون والثورون ومنتجات تحللها في المنازل في مختلف أجزاء العالم . إن هذه التركيزات ، التي تبلغ عادة زهاء ٢ بيكريل لكل متر مكعب ، تزداد في الهواء خارج المباني . وقد تنشأ تركيزات عالية جداً داخل المباني نتيجة انخفاض معدلات التهوية ، أو نتيجة مستويات الرادون المرتفعة بسبب المحتوى العالي للرادون في مواد البناء أو في التربة الواقعة تحت المبنى ، أو نتيجة استعمال المياه الفنية بالرادون . وقد توجد ، في الأحوال غير المواتية ، قيم ذروة تصل إلى ١٠٠٠ بيكريل في كل متر مكعب من الهواء .

١١٤ - وتسبب نظائر الرادون والتعرض في المناجم . وقد نظرت اللجنة ، لدى استعراضها في القياسات المأخوذة من مناجم وبلدان كثيرة مختلفة . واتضح أن التركيزات الموجودة في مناجم اليورانيوم تكون عادة أقل من ١٠٠٠ بيكريل لكل متر مكعب من الهواء ، ويتوقف ذلك على نوع الصخور وأحوال التهوية . بيد أنه قد تحدث تركيزات تزيد عن ذلك ١٠٠٠ مرة في بعض أجزاء المناجم غير المعرضة للتهوية . ويبلغ متوسط التركيزات في المناجم التي لا تحتوي على يورانيوم نفس المقدار تقريباً ولكن احتياجات التهوية ، التي تتطلبها هذه المقادير ، أقل الحاحاً .

١١٥ - وينشأ الإشعاع من منتجات تحلل الرادون والثورون عن الاستنشاق وهو يحدث في الجهاز التنفسي . وتعتمد الجرعة الفعلية التي تصل إلى مختلف التركيبات التشريحية على الكسر النسبي للنواتج من النظائر المتصلة والذائبة وعلى حجم جسيمات الهباء المتصقة بها وعلى عمل الرئة . وان جرعة المنتجات من نظائر الرادون ، التي تصل إلى طبقة الخلايا القاعدية للقصبة الهوائية ، هي عامل يزيد في المتوسط من ٥ إلى ٨ عن الجرعة التي تصل إلى منطقة الرئتين . ومن الممكن ،

باستخدام عوامل الترجيح المتعلقة بتوزيع جرعة الرئة على المناطق ، ومتوسط جرعة الرئة ، حساب مكافئ الجرعة الفعالة ذات الصلة . ويبين الجدول ٢ المتوسطات العالمية لمكافئات الجرعة الفعالة السنوية الناجمة عن استنشاق الرادون والثورون ومنتجات تحللها . وتقدر القيم في المناطق المعتدلة والمدارية بأنها تزيد على ٥ هذه المعدلات العالمية بنسبة ٢٥ في المائة وتقل بنسبة ٧٠ في المائة تقريبا ، على التوالي . وتجدر الإشارة الى أن الجرعة داخل المباني عند خطوط العرض المعتدلة ، أعلى ١٥ مرة تقريبا منها خارج المباني ، لسببين هما ارتفاع تركيزات الغازات المشعة داخل المباني ولأن الناس عادة ينفقون داخل المباني وقتا أطول من ذلك الذي ينفقونه خارجها .

الجدول ٢

المعدلات العالمية لمكافئات الجرعة الفعالة السنوية (مليسيفيرت) التي تنشأ عن التعرض لنظائر الرادون والثورون عن طريق الاستنشاق في الأحوال المختلفة

الحالة	نظائر الرادون	نظائر الثورون (أ)
خارج المباني (ب)	٠.٠٦	٠.٠٢
داخل المباني (ب)	٠.٧	٠.١٥
مناجم اليورانيوم (ج)	١٥ ~	

(أ) على أساس معلومات محدودة .

(ب) اعتبر عامل المكوث ٠.٨ داخل المباني و ٠.٢ خارجها .

(ج) ينطبق على السنوات ١٩٧٧ - ١٩٧٩ .

١١٦ - وقد أوجزت اللجنة ، نظرا للأهمية المحتملة لتنمية برامج حفظ الطاقة ، بعض الاعتبارات العامة فيما يتعلق بالزيادة المحتملة في مكافئ الجرعة الفعالة بسبب استنشاق النظائر المشعة للرادون التي قد تسفر عنها هذه البرامج . وقد يزيد هبوط التهوية في المصانع ، وخاصة في المناجم ، من قيم معادل الجرعة الفعالة الجماعية للعمال ، زيادة كبيرة . كما أنه من شأن هبوط التهوية ، في المنازل ، أن يؤدي الى زيادة الجرعة - وربما تكون له عواقب صحية - وفقا لنوع المنزل وموقعه ونوع التدفئة والتهوية والعوامل الأخرى . وقد أوجزت اللجنة المبادئ الأساسية لتقدير الأثر الإشعاعي لتدابير حفظ الطاقة هذه .

٣ - حالات التعرض للاشعاع الناجمة عن التفجيرات النووية (٩)

١١٧ - بالرغم من تضائل شدة التفجيرات النووية في الجو عما كانت عليه في الفترة من عام ١٩٥٤ الى عام ١٩٥٨ والفترة من عام ١٩٦١ الى عام ١٩٦٢ ، فما زالت التجارب تجرى حتى الآن في طبقات الجو من آن لآخر . وهذه التفجيرات كلها هي سبب ما يتعرض له سكان العالم بصفة مستمرة من السقطة المشعة . ويقدر ان التعرض للاشعاعات الناجمة عن جميع التجارب النووية التي أجريت لغاية عام ١٩٨٠ يعادل تعرضا اضافيا لسكان العالم الحاليين لمصادر الاشعاع الطبيعية لما يقرب من أربع سنوات . هذا وسيتم بمعدلات منخفضة التعرض للاشعاع الناتج عن السقطة المشعة لسنوات مقبلة . كما أن كل تجربة جديدة تجرى في الجو تؤدي الى تعرض الأجيال الحاضرة والمقبلة من البشر لقدرة من الاشعاع .

١١٨ - وقد وصلت اللجنة تقييم حالات تعرض سكان العالم للاشعاع نتيجة لاطلاق المواد المشعة الناجمة عن التفجيرات النووية ، الى البيئة . وقد بدأ اجراء هذه التفجيرات في الجو منذ عام ١٩٤٥ . وتم الاضطلاع ببرامج التجريب النووية المكثفة في الفترة من عام ١٩٥٤ الى عام ١٩٥٨ وفي الفترة من عام ١٩٦١ الى عام ١٩٦٢ . وحدثت تفجيرات أخرى حتى نهاية عام ١٩٨٢ بالرغم من أنه لم تجر أية تجارب في عامي ١٩٧٩ و ١٩٨٠ . ولم تستعرض اللجنة حالات التعرض لأي ابتعاشات اشعاعية صغيرة قد تنطوي عليها التجارب الجوفية .

١١٩ - وتدخل المخلفات المشعة الناجمة عن التفجيرات النووية الى الطبقتين الترسفيرية والستراتوسفيرية من الغلاف الجوي ؛ وتتوقف القسمة على مكان التفجير وقوته . وقد عرضت اللجنة تقديرات لكمية المواد المشعة التي تنتج عن اجراء التجارب النووية في الجو وتشتمل المخلفات في طبقات الغلاف الجوي وترسبها على سطح الأرض . وعند تقييم حالات التعرض للاشعاع درست المعايير التي يتعرض عن طريقها الانسان للاشعاع ومنها استنشاق المكونات الموجودة في الهواء ، وابتلاع الزيادات المشعة مع الطعام ، والاشعاع الخارجي المنبعث من التفاعل الذري يحدث في التربة .

١٢٠ - وتضمن تقرير اللجنة لعام ١٩٧٧ ، تقديرات للأنبية من الجرعات لسكان العالم المتأتية من التجارب النووية التي أجريت قبل عام ١٩٧٦ . وهذا التقرير يستكمل تلك التقديرات حتى نهاية عام ١٩٨١ . وقد قامت اللجنة بتقييم الأنبية من الجرعات لسكان نصف الكرة الشمالي وسكان نصف الكرة الجنوبي ومتوسط القيمة للعالم كل على حدة . وتقديرات الجرعات في نصف الكرة الشمالي أعلى منها في نصف الكرة الجنوبي ، نظرا لأن معظم التجارب ، وبالتالي معظم الترسيب يحدث في نصف الكرة الشمالي .

(٩) يجري استعراض هذا الموضوع باسهاب في المرفق هـ* حالات التعرض للاشعاع الناجمة عن التفجيرات النووية .

الجدول ٣

ملخص للأنصبة من مكافئ الجرعات الفعالة وما يدخل عن طريق المعابر من اشعاع نتيجة للتفجيرات النووية التي أجريت في الجو وحتى نهاية عام ١٩٨١

الموقع	مكافئ الجرعات الفعالة (مليسيفرت)	كميات الاشعاع الداخلة من المعابر (%)	
		الاشعاع الابتلاع الخارجي	الاستنشاق
المنطقة المعتدلة الشمالية	٤٥	٧١	٥
المنطقة المعتدلة الجنوبية	٣١	٩٠	٢
العالم	٣٨	٧٩	٣

١٢١- ويرد في الجدول ٣ ملخصاً لما توصلت اليه اللجنة من نتائج ؛ وهو يبين الأنصبة من مكافئ الجرعات الفعالة المتأتية من التجارب النووية فيما يتعلق بالسكان في المنطقتين المعتدلتين الشمالية والجنوبية ، وفي العالم كله . وأهم معبر هو الابتلاع ومرد ذلك بالدرجة الأولى الى الكريبتون-١٤ والسيزيوم-٣٧ والسترونشيوم-٩٠ ؛ يتبعه الاشعاع الخارجي نتيجة للسيزيوم-٣٧ وعدة نويدات مشعة أخرى قصيرة العمر . والنصيب من مكافئ الجرعة الجماعية الفعالة الناجم عن التجارب التي أجريت في الجو حتى نهاية عام ١٩٨١ هو ٣٠٧١ فرد سيفرت . وهذه القيمة ، التي يراعى فيها زيادة تقديرية في سكان العالم مستقبلاً ، تعادل ٤ سنوات من تعرض السكان حالياً لمصادر الاشعاع الطبيعية . ومعظم النصيب من مكافئ الجرعة الجماعية الفعالة يمكن أن يعزى الى برنامج التجارب الذي انجز في عامي ١٩٦١ و ١٩٦٢ (٥٨٠ يوماً و ٣٧٠ يوماً على التوالي من تعرض سكان العالم حالياً للمصادر الطبيعية) وقد بلغت الجرعة السنوية الفردية ذروتها في عام ١٩٦٣ بحيث أصبحت تساوي نحو ٧ في المائة من متوسط التعرض السنوي للمصادر الطبيعية ، وفي عام ١٩٦٦ انخفض هذا الرقم الى نحو ٢ في المائة وأصبح حالياً أقل من ١ في المائة .

١٢٢- وعند اجراء هذه التقييمات درست اللجنة واحداً وعشرين من النويدات المشعة منها ٤ نويدات فقط تسهم بأكثر من ١ في المائة في النصيب من مكافئ الجرعة الجماعية الفعالة لسكان العالم وهذه النويدات حسب الترتيب التنازلي من حيث الأهمية هي كالآتي : الكريبتون-١٤ والسيزيوم-٣٧ والزركونيوم-٩٥ والسترونشيوم-٩٠ . والنسبة للزركونيوم-٩٥ فقد أكملت الى حد كبير مساهمته فسي الجرعة العالمية للسكان الناجمة عن التجارب التي أجريت حتى عام ١٩٨١ . أما بالنسبة للسيزيوم-٣٧ والسترونشيوم-٩٠ فسيكون جزء كبير من الأنصبة من الجرعات قد تم انبعاشه بنهاية القرن الحالي واما الكريبتون-١٤ فسيظل وحده هو الذي يسهم بجرعات في المستقبل البعيد ، وان كان معدل هذه الجرعات منخفضاً ، وذلك نظراً لطول العمر النصفى لتحلله . وقد يتعين أيضاً أن توضع في

الاعتبار على المدى البعيد النواتج الطويلة العمر لتحلل الأكتينيدات ، غير أن الدلائل الأولية تشير الى انها تقدم بمعدلات منخفضة جدا مساهمات اضافية تبلغ نحو ١٠ في المائة من مجموع النصيب من مكافئ الجرعة الفعالة .

١٢٣ - والتقييمات الواردة في هذا التقرير للجرعات الناتجة عن السقطة المشعة لا تختلف سوى اختلاف هامشي عن تلك التي وردت في تقارير سابقة ومرد ذلك الى الكمية الضئيلة نسبيا من النشاط المطلق نتيجة لتقلص عدد التفجيرات النووية في السنوات الأخيرة . بيد أن التقييمات الحالية للجرعات تعتبر أوفى ، ان وضعت في الاعتبار النويدات الاضافية والمعابر الأخرى التي يمكن أن ينقل الاشعاع عن طريقها ، وأعيد تقييم العوامل الناقلة ، كما امتدت تقديرات الجرعات لتفيد من القياسات الأحدث للسقطة المشعة . ورغم ذلك ما زالت هناك بعض الأمور غير المؤكدة فيما يتعلق بالقياسات واعداد النماذج . وبوسعنا أن نتوقع بصورة معقولة ان تؤدي زيادة المعرفة في المستقبل الى ادخال تعديلات وتحسينات طفيفة على التقييمات التي وضعتها اللجنة .

٤ - حالات التعرض للاشعاع نتيجة لانتاج الطاقة النووية (١٠)

١٢٤ - يساهم النصيب الجماعي من الجرعات الناشئة عن التلوث البيئي نتيجة لتشغيل المفاعلات النووية مساهمة ضئيلة نسبيا في الأثر الاشعاعي الكلي لدورة الوقود النووي . وتعددين الأورانيوم وتفريزه ، عن طريق انبعاث الرادون ونظائره من نفايات المصانع هما أحد العوامل الهامة التي تساهم في النصيب الجماعي من الجرعات . ومن المتوقع ، بافتراض استخدام التكنولوجيا الحالية ، ان يزداد النصيب من الجرعات الناجمة عن الطاقة النووية ، بزيادة القدرة النووية القائمة . ومن شأن استخدام البلوتونيوم سوا في مفاعلات اعادة التدوير أو في مفاعلات التوليد السريع أو غيرهما من التكنولوجيا المتقدمة لدورة الوقود ان يؤدي الى انخفاض النصيب الجماعي من الجرعات لكل وحدة من الطاقة المولدة انخفاضا كبيرا .

١٢٥ - وقد ازداد منذ تقرير اللجنة السابعة عدد المفاعلات النووية العاملة في ميدان توليد الطاقة الكهربائية بحيث بلغ هذا العدد في سنة ١٩٧٩ ، ٢٣٥ مفاعلا في ٢٢ بلدا ، وأصبح مجموع الطاقة النووية المولدة القائمة ٢٠ جيغاواط من القدرة الكهربائية : [ج و (ك)] : وهذا يمثل ضعف المحطات النووية القائمة خلال الفترة ، من عام ١٩٧٥ الى عام ١٩٧٩ التي شملها تقرير اللجنة . اما الاسقاطات حتى سنة ٢٠٠٠ فهي غير مؤكدة الى حد ما غير انها تتراوح حاليا بين ١٠٠٠ و ١٦٠٠ ج و (ك) أي نحو ثلثي القدرة المسقطه في التقرير السابق للعام نفسه . وتؤكد التقديرات المنقحة في كثير من البلدان ان الزيادة في الطاقة المولدة ستكون أقل مما كان متوقعا لها من قبل .

(١٠) يجري استعراض هذا الموضوع باسهاب في المرفق واو " حالات التعرض نتيجة لانتاج الطاقة النووية " .

٢٦ - وتشمل دورة الوقود النووي خطوات كثيرة كالاتي : تعدين وتفريز خامات الأورانيوم؛ والتحويل الى أشكال كيميائية مختلفة ، واغناء النظائر التي يحتويها الأورانيوم - ٢٣٥ (في بعض الحالات)؛ وتركيب عناصر الوقود ، ونتاج الطاقة في المفاعلات النووية ، واعادة تجهيز الوقود المشع ، واعادة تدوير النويدات الانشطارية والخصبة المستخلصة (في بعض الحالات) ؛ ونقل المواد النووية بين المنشآت في مختلف خطوات دورة الوقود ، وأخيرا التخلص من الفضلات المشعة . وبالرغم من أن النشاط الاصطناعي المرتبط بنتاج الطاقة النووية يكاد يكون موجودا كله في الوقود النووي المشع ، فإنه يحدث في كل خطوة من الخطوات المذكورة أعلاه للدورة اطلاق كميات صغيرة من المواد المشعة الى البيئة ومعظم هذه الكميات المطلقة ذات أهمية محلية أو اقليمية فقط نظرا لقصر العمر النصفى للنويدات المشعة ومحدودية قدرتها على الحركة في البيئة . غير أن بعض النويدات المشعة له أعمار نصفية جمد طويلة يتشتت بسرعة في البيئة ، وذلك ، يتوزع على نطاق عالمي ، ويمكن أن يسهم في تشعخ الا نسان والبيئة على صعيد العالم .

٢٧ - وقد قامت اللجنة ، فيما يخص كل خطوة من خطوات دورة الوقود النووي بتقييم الجرعات التي يتعرض لها أفراد الجمهور نتيجة لاطلاق المواد المشعة من الجرعات الجماعية وقد وضعت التقييمات التي أجرتها اللجنة على أساس النصيب من الجرعات الجماعية الممتصة لكل وحدة من الطاقة المولدة أى على أساس فرد / غراى لكل جيجاواط من الطاقة الكهربائية في السنة ، وقد نوقشت باسهاب في المرفق ألف النماذج التي يمكن أن تحول عن طريقها أنصبه من الجرعات التي تمتصها مختلف أجهزة أو أنسجة الجسم الى الأنصبه من مكافئ الجرعات الجماعية الفعالة لكل وحدة من الطاقة الكهربائية المولدة .

٢٨ - ونظرا لأن اخراج المواد المؤثرة على البيئة من المنشآت النووية يخضع لمراقبة تقنية ، فان الجرعات التي يتعرض لها كل فرد من أفراد الجمهور تظل في المعتاد دون الحدود الموصى بها بكثير . وهناك أربع فئات من الأشخاص الذين يتعرضون لمصادر من هذا القبيل هي : الأشخاص الذين يتعرضون للاشعاع نتيجة لعلمهم في المحطات ، والسكان المحليون المقيمون داخل دائرة تصل الى بضعة مئات من الكيلومترات من المحطات ؛ والسكان الذين يعيشون في المنطقة داخل دائرة تصل الى بضعة آلاف من الكيلومترات ، وأخيرا سكان العالم أجمع . ولا يتناول البحث هنا سوى الفئات الثلاث الأخيرة ، ذلك أن مسألة الافراد المعرضين مهنيا تعالج على حدة في المرفق حـ .

٢٩ - وبما أن تركيز النفايات المشعة المتخلفة عن المنشآت النووية يكون منخفضا عند نقطة الاخراج وبالعلا انخفاض في البيئة المحيطة بها ، فإنه يجب استخدام نماذج لتقدير الجرعات التي يتعرض لها السكان الموجودون على مسافات بعيدة من المحطات وعلى مدى فترات طويلة من الوقت . والقيم الموضوعية في هذه النماذج لها رامترات انتقال مختلف النويدات المشعة مستقاة من نتائج الرصد البيئي ومن مختلف انواع التجارب ، وأهم نقطة للانطلاق في هذه النماذج هي كمية ونوع المادة المشعة المطلقة من مختلف المنشآت النووية . وقد توفرت هذه المعلومات لدى اللجنة أساسا حتى عام ١٩٧٩ ووضعت في شكل متوسطات للمقادير المطلقة لكل جيجاواط من الطاقة الكهربائية المولدة في الفترة من عام ١٩٧٥ الى عام ١٩٧٩ . ولا تنطبق متوسطات القيم هذه على أن منشأة بعينها

وهي تعكس الاختلافات في تصميم المفاعلات والتغييرات في معدلات الاطلاق من المفاعلات الجديدة والقديمة . وبالرغم من أن معدلات الاطلاق المعتادة تعتبر ممثلة للحالة الراهنة لا نتاج الطاقة النووية في أرجاء العالم ، فانه ينبغي ألا تتخذ تلك المعدلات أساسا للاستقرار في الممارسات المقبلة أو في محطات معينة دون توخي الحذر الشديد واجراء التصويبات المناسبة .

٣٠ - ولكي تقدر اللجنة الأنصبه من الجرعات الجماعية الملاحظة لمقايير الاطلاق المعتادة المذكورة أعلاه استخدمت في تقييماتها مواقع افتراضية تمثل خصائصها المكانية عموما كل مرحلة من المراحل الرئيسية لدورة الوقود ؛ أي التعدين والتفريز ، وتركيب الوقود وتشغيل المفاعلات واعادة التجهيز . وافترضت اللجنة أيضا ان البيئة التي تتلقى الاشعاعات المطلقة من كل محطة من المحطات النموذجية تمثل بيئة افتراضية تتضمن الملامح الرئيسية للمواقع القائمة وتتيح امكانية حساب الجرعة الداخلة من اكثر المنافذ شيوعا لتنتقل الى الانسان النويدات المشعة المطلقة . وينبغي التأكيد على أن هذه التقييمات الواسعة النطاق التي تستهدف الخروج بتقديرات للأثر الشامل للمنشآت في جميع أرجاء العالم لا تمثل أي موقع بالذات ؛ فالحسابات التي ترتبط بأماكن معينة تلزمها بيانات عن المقادير المطلقة على وجه التحديد ، والخصائص البيئية المحلية والاقليمية والمنافذ الفعلية التي تنتقل الى الانسان عن طريقها النويدات المشعة .

٣١ - وتتطلب حسابات النصب من الجرعة الجماعية معرفة مجموع معدل الجرعات التي تمتد فورا في أي عضو أو نسيج طوال فترة التعرض بالكامل . وقد تكون هذه العملية صعبة ، لذا استعاننت اللجنة بالتقديرات التقريبية الخاصة بحجم سكان العالم ونمط التغذية للأفراد المعرضين وعاداتهم الأخرى ، وهي أمور افترضنا انها تتسم بالاستقرار في أثناء الفترة التي استهدف فيها معرفة مجموع هذا المعدل . وباستخدام هذه الافتراضات الرئيسية قامت اللجنة باستعراض الخطوات المختلفة لدورة الوقود النووي وحساب مساهمات مختلف النويدات ومنافذ الاشعاع التي تتناسب مع كل مصدر من مصادر التعرض في الجرعات التي تصيب الجمهور .

٣٢ - وأخيرا ، قامت اللجنة بمحاولة لتقييم النصب من مكافئ الجرعة الجماعية الفعالة التي يتعرض لها الجمهور نتيجة لانتاج الطاقة النووية . وكما هو موجز في المرفق ألف ، فان هذه الأرقام تشير الى الضرر الصحي الشامل الذي يلحق بالانسان من هذا المصدر من مصادر التعرض وذلك استنادا الى الافتراضات المحددة . وفي الجدول ٤ ، استعدلت قيم هذه الكمية لتصبح واحدا جيجاواط في السنة من الطاقة الكهربائية المولدة . وسيصل المجموع خلال المائة سنة القادمة الى نحو ٢٠ فرد سيفرت لكل جيجاواط سنة . وذلك بالرغم من انه سيحدث تعرض اضافي بمعدلات سنوية منخفضة على مدى فترات جد طويلة من الزمن . ويبين الجدول ٤ الكيفية التي يتراكم بها النصب من الجرعات الجماعية لكل جيجاواط سنة في فترة تصل الى ١٠٠٠ سنة .

الجدول ٤

تقديرات النصيب من مكافئ الجرعات الجماعية الفعالة (فرد سيفرت) التي يتعرض لها الجمهور نتيجة لانتاج الطاقة النووية ، مستعدلة لتصبح واحد جيغاواط في السنة من الطاقة الكهربائية المولدة ، وتراكمها بمرور الوقت

تصريف الفضلات ذات المستوى الاشعاعي المرتفع	نفايات التفريز	عمية دورة الوقود (باستثناء النفايات وتصريف الفضلات)		السنوات
		عالميا	محليا واقليمي	
صفر	٣ >	١٢	٦	٢١٠
صفر	٥٠٠ >	٧٠	٦	٤١٠

١٣٣ - لا ترد في الجدول ٤ أى تقديرات لفترات تزيد عن ١٠٠٠ سنة ، عند ما يحتمل أن تكون المصادر الطاغية هي الرادون المنبعث عن نفايات الطواحين واليود - ١٢٩ المنبعث من محطات اعادة التجهيز او مستودعات العادم من الوقود . وكانت الأساليب الحسابية المتحفظة التي اتبعتها اللجنة فيما يتعلق بتلك الفترات ستؤدي الى وضع قيم أعلى للنصيب من مكافئ الجرعات الجماعية بما لا يتعدى بضعة آلاف فرد سيفرت لكل جيغاواط من الطاقة الكهربائية في السنة تحت البند بين "عالميا" و "نفايات التفريز" معا ، وبما لا يتجاوز بضع عشرات فرد سيفرت لكل جيغاواط من الطاقة الكهربائية في السنة تحت البند "تصريف الفضلات ذات المستوى الاشعاعي المرتفع" . غير انه ليس من السهل ايجاز حالات عدم التيقن التي تنطوي عليها تقديرات الجرعات في المستقبل البعيد والفائدة المحدودة لهذه التقديرات . وللاطلاع على المزيد من المناقشة التي دارت حول هذا الموضوع يرجى من القارئ الرجوع الى المرفق "واو" وخاصة الفقرات ١٤٤ - ٢٠١ والفقرات ٢٠٢ - ٢١٢ من هذا المرفق .

١٣٤ - وتقدرا المساهمة المحلية والاقليمية لعمليات دورة الوقود ب ٧٥ فرد سيفرت لكل جيغاواط من الطاقة الكهربائية في السنة ترجع منها ٥٠ الى التعدين والتفريز وتركيب الوقود و ٢٥ الى تشغيل المفاعلات و ١٠ الى اعادة تجهيز الوقود . وينبعث تسعون في المائة من هذا النصيب من الجرعات في السنة التالية لانطلاق الاشعاع أما الجزء المتبقي فينبعث على مدى السنوات القلائل التالية ، وفيما يتعلق بالنويدات التي تنتجت على الصعيد العالمي فان النصيب من الجرعات الجماعية يبلغ ٦٧٠ فرد سيفرت لكل جيغاواط من الطاقة الكهربائية في السنة حيث ينبعث ٦٠ في المائة في الفترة من ٤١٠ و ٨١٠ سنوات من وقت الانطلاق . وارقام كل هذه التقديرات المتعلقة بالمستقبل غير مؤكدة . ويصدق هذا القول بصفة خاصة على نفايات المطاحن ذلك ان الممارسات الادارية

المختلفة أو التغييرات المناخية يمكن أن تؤدي إلى انخفاض القيم بترتيب عظيم عدة ، وبالمثل ، فإن من شأن استخدام مفاعلات التوليد السريع أن يؤدي إلى الإقلال من المطلوب من خام الأورانيوم بمقدار رتبتي عظيم ، مما قد يؤثر ، بالمعامل نفسه ، في النصيب من الجرعات المتأتية عن النفايات . وبوسع التكنولوجيات المتقدمة الأخرى الخاصة بدورة الوقود أن تؤدي إلى تخفيضات كبيرة .

١٣٥ — وتشير الدراسات المتاحة عن النصيب من الجرعات الناجمة عن تصريف الفضلات ذات المستوى الإشعاعي المرتفع في التكوينات الجيولوجية العميقة إلى أن هذه المساهمة ستظل لا تذكر حتى فترة تصل إلى عدة آلاف من السنين وذلك بالمقارنة بالمصادر الأخرى . فالجرعة ذات الصلة قد لا تتعدو في الفترات التي تزيد عن عشرة آلاف سنة ما يتراوح بين ٠.١ و ١ في المائة من إجمالي النصيب المستعدل من الجرعات الناجم عن إنتاج الطاقة النووية .

١٣٦ — ومن أجل تقدير الجرعة السنوية القصوى الفردية أو المتوسطة في المستقبل نتيجة لانتاج الطاقة النووية ، لا بد من استخدام نصيب جماعي غير واثق من الجرعات ، وهذا النصيب يفترض هنا على أساس فترة ٥٠٠ سنة . والإشعاع المطلق أثناء المرحلة التشغيلية لدورة الوقود النووي يسبب نصيباً من معادل الجرعات الجماعية الفعالة على الصعيدين المحلي والإقليمي ، يجري تلقيه بالكامل في تلك الفترة . أما بالنسبة للنويدات التي تنشأت عالمياً ، فإن النصيب غير الوافي من الجرعات الجماعية حتى ٥٠٠ سنة يبلغ ١٨ فرد سيفرت لكل جيجاواط من الطاقة الكهربائية في السنة . واختيار فترة ٥٠٠ سنة كفترة وسيطة لممارسة إنتاج الطاقة عن طريق الانشطارات النووية يعني ضمناً استخدام المفاعلات المولدة التي تؤدي إلى الحد من معدل التعديين . ولهذا فإن النصيب غير الوافي من الجرعات الجماعية المتأتية من التعديين والتفريز استناداً إلى دورة الوقود الحالية ، يفترض على أساس فترة ١٠٠ سنة ، ومن المحتمل أن يتأتى من إشعاع الرادون المطلق وحده ، حيث يصدر عنه ٢٥ فرد سيفرت لكل جيجاواط من الطاقة الكهربائية في السنة ومن ثم ، فإنه استناداً إلى الافتراضات المتشائمة القائلة بأنه لن تحدث أية تحسينات تكنولوجية وأن معدلات انبعاث الإشعاع الحالية ستستمر لمدة ٥٠٠ سنة فإن الجرعة الجماعية السنوية القصوى ستبلغ حوالي ٢٥ فرد سيفرت لكل جيجاواط من الطاقة الكهربائية في السنة . ويبين الجدول ٥ الجرعات السنوية الجماعية والفردية لبرنامج نووي نظري حتى سنة ٢٥٠٠ ، مفترضاً مرة أخرى أن مستويات الانبعاث الحالية لن تنخفض وأن الطاقة الكهربائية المولدة ستبلغ حوالي ١٠^٤ جيجاواط في سنة ٢٥٠٠ . ويمكن أن يتبين أنه حتى مع وجود الحدود القصوى المفترضة هنا فإن مستوى الجرعة السنوية الفردية الناجمة عن الإشعاع المنطلق من النفايات سيرتفع إلى ما يعادل ١ في المائة من متوسط التعرض للإشعاع من المصادر الطبيعية . وبعد نهاية الممارسة ستنخفض الجرعات الفردية إلى حوالي ١ في المائة من القيم النهائية بعد ١٠٠ سنة .

الجدول ٥

الجرعات الفردية السنوية الناجمة عن استمرار توليد
القوة الكهربائية بالطاقة النووية حتى سنة ٢٥٠٠

السنة				البنود
٢٥٠٠	٢١٠٠	٢٠٠٠	١٩٨٠	
				الطاقة المولدة المسقطه في السنة (جيجاواط من الطاقة الكهربائية في السنة) ٨٠
١٠٠٠٠	١٠٠٠٠	١٠٠٠	٥٠٠	الجرعة الجماعية الفعالة السنوية (فرد سيفرت)
٢٥٠٠٠٠	٢٠٠٠٠٠	١٠٠٠٠	٤	سكان العالم (بليون نسمة)
١٠	١٠	١٠	٠.١	الجرعة الفردية السنوية (ميكروسيفرت)
٢٥	٢٠	١		
				النسبة المئوية لمتوسط التعرض لمصادر الاشعاع الطبيعية (%)
١	١	٠.٠٥	٠.٠٠٥	

١٣٧ - وينبغي توجيه الانظار مرة أخرى الى أن الاستقراء فيما يتعلق بالمستقبل أمر تكهنى السن حد بعيد ويكتنفه قدر كبير من عدم اليقين : فمثلا أسفرت المفاهيم الجديدة التي وضعت للحماية من الاشعاع ، وتحسين معايير تصميم المحطات الجديدة والتحسينات التكنولوجية التي أدخلت على المحطات القديمة في العقد الماضي عن انخفاض الاشعاع المطلق الى البيئة وذلك بالرغم من زيادة إنتاج المحطات من الكهرباء .

١٣٨ - كما قامت اللجنة بمحاولة أولى لتقييم النضيب من الجرعات الجماعية الناجمة عن إطلاق المواد المشعة نتيجة لوقوع حادث وذلك استنادا الى حادثين رئيسيين توفرت بشأنهما البيانات عن تشعخ الجمهور والبيئة . وعلى أساس هذين الحادثين ثبت استحالة أن يتم بأثر رجعي تقييم مكون النضيب الجماعي من الجرعات الناجم عن إطلاق النشاط الاشعاعي نتيجة لحادث في برنامج الطاقة النووية .

٥ - حالات التعرض المهني (١١)

١٣٩ - نقحت اللجنة تقديراتها لمعدلات الجرعات التي تتلقاها مجموعات متنوعة من العمال ، كما نقحت تقديراتها للجرعات الجماعية التي تسببها مهن مختلفة . وتم تحسين المنهجية التي شرحت في التقرير السابق لاستخراج معايير من توزيع الجرعات تفيد في اجراء المقارنات . ومن خلال هذا التحليل استطاعت اللجنة أن تقيم الجرعات الجماعية الناجمة عن عدد من المهن ، وأن تحدد بضع مجموعات من العمال الذين تفوق معدلات تعرضهم معدلات المجموعات الأخرى . وقد تختلف القيمة المطلقة لهذه الجرعات من منشأة الى أخرى ، كما تختلف بين العمال الذين يقومون بعملیات متشابهة في بلدان مختلفة . الا أن الفرق في مستويات الجرعات في العمليات الروتينية لا يزيد في العادة على حدود الجرعات المسموح بها بأكثر من ٥٠ في المائة .

١٤٠ - وقامت اللجنة ، كدأبها في الماضي ، باستكمال وتحليل المعلومات الموجودة بشأن تعرض فئات مختلفة من العمال للاشعاع بحكم المهن التي يزاولونها . ومعرفة البيانات المتعلقة بالتعرض المهني على الصعيدين الفردي والجماعي لازمة لتقييم الاتجاهات في الجرعات التي تتسبب عن ممارسات مختلفة ؛ ولتقييم مستوى المخاطر التي يتعرض لها كل من الأفراد العاطلين في مهن يتولد عنها اشعاع بغية اجراء مقارنات مع المخاطر المتأتية عن مهن أخرى ؛ ولتقييم الأثر الاشعاعي الاجمالي لوحدة الممارسة على السكان من مختلف المصادر . ان الاختلافات في الأساليب العامة المتعلقة برصد العمال المعرضين في بلدان مختلفة ، بالاضافة الى الصعوبات التقنية تساهم في عدم تجانس البيانات المتوافرة وتحد من فائدتها الى حد ما . الا أن اللجنة تعتقد أن تحليل المعلومات الموجودة تحليلاً متبصراً قد يكون على جانب كبير من الأهمية حتى الآن ، وقد يوفر على الأقل نوعاً من الخلفية الأولية الموضوعية للحاجات المذكورة أعلاه .

١٤١ - اقترحت اللجنة في التقرير السابق بعض المعايير لتوزيع الجرعات التي قد تكون ذات فائدة لأغراض المقارنة ، واقترحت توزيعاً مرجعياً لفرض المقارنة المتبادلة فقط . وكان المقصود من الشكل اللوغارتمي المعتدل للتوزيع اظهار أن غالبية العمال في كثير من المهن التي تسبب التعرض للاشعاع يتلقون جرعات منخفضة ، وان قليلين منهم فقط يتعرضون لجرعات عالية نسبياً . ولم يجتذب هذا التوزيع المرجعي الاهتمام المناسب ، فقامت اللجنة الآن بتنقيح تقنياتها التحليلية بغية اتاحة مقارنات مباشرة لتوزيع الجرعات بواسطة مجموعة قياسية من القيم . والمعايير المختارة للمقارنة المتبادلة هي الجرعة الجماعية السنوية ؛ والجرعة المتوسطة التي تعتمد على عدد العمال المشمولين بالمقارنة ونسبة الجرعة الجماعية التي يتم ايصالها بجرعات فردية سنوية تتجاوز مستوى معيناً ، يحدد ب ٥٠ ميلليغراي . والقبول الواسع المتزايد لهذه الطريقة في التحليل دليل على فائدتها ، وتود اللجنة أن تؤكد على الحاجة الى الابلاغ عن الجرعات بطريقة قد تحسن هذه التحليلات .

(١١) يجرى استعراض هذا الموضوع باسهاب في المرفق حاء " حالات التعرض المهني " .

الجدول ٦

موجز مكافئات الجرعة الفعالة الجماعية في كل
وحدة طاقة مولدة ، الموصلة الى العمال
المشغلين في أجزاء مختلفة من دورة
الوقود النووي

العمليات	مكافئات الجرعة الفعالة الجماعية في كل وحدة طاقة مولدة (فرد سيفرت لكل جيفواط من الطاقة الكهربائية في السنة)
التعدين والتفريز	١
تركيب الوقود	١
تشغيل المفاعلات	١٠
إعادة تجهيز الوقود	١٠
البحث النووي	٥
المجموع	٣٠

١٤٢ — شمل عمل اللجنة أنواعا عدة مختلفة من أنواع التعرض المهني . وفيما يتصل بدورة الوقود النووي ، أولي النظر بصورة منتظمة للعمال المعرضين للاشعاع في عمليات التعدين والتفريز ، وفي تركيب الوقود ، وفي عمليات متنوعة تستخدم فيها مفاعلات الطاقة النووية ، وفي إعادة تجهيز الوقود ، وفي البحث والتطوير في مجال المفاعلات . وهناك مقدار متزايد من المعلومات أخذ يتوافر الآن بصدده هذه المواضيع ، وقد تبين منها أن المجموعات الكبيرة من الأفراد التي تتعرض لجرعات أعلى هي تلك التي تعمل في تعدين الأورانيوم . ومن الممكن أيضا حساب جرعات الاشعاع في وحدة الممارسة الواحدة . وعليه فان اجمالي مكافئ الجرعة الجماعية السنوية للعمال في جميع العمليات المذكورة أعلاه يحسب بنحو ٣٠ فرد سيفرت لكل جيفواط سنة ، ويبين التفصيل الأدق في الجدول ٦ أن تشغيل المفاعلات وإعادة تجهيز الوقود يساهمان بالنسب الأكبر الى حد بعيد من الجرعات المهنية . وعلي وجه العموم ، فان البيانات لا تبين ابتعادا بارزا عن التقييمات السابقة التي قدمتها اللجنة . الا أنه من الصعب فصل البحث الموجه تحديدا لدورة الوقود النووي ، ولذلك فان اجراء تقييم دقيق لهذا المنصر ليس بالأمر الممكن ؛ وتشير الدلائل الى أنه يمثل جرعات أدنى لكل وحدة ممارسة واحدة مما ذكر في السابق . وانا اعتبرنا أن الطاقة المولدة من القوة النووية في عام ١٩٧٩ بلغت ٧٠ جيفواط سنة ، فان الجرعة الجماعية المهنية في تلك السنة هي نحو ٢٠٠٠ فرد سيفرت .

١٤٣ — وهناك أنواع أخرى من التعرض المهني تمت دراستها هي تلك التي تشتمل على استعمالات طبية وصناعية ، وحث وتطوير يستخدم فيهما الاشعاع والنويدات المشعة . وعلى الرغم من أن الجرعات الفردية التي يتلقاها العاملون في المجال الطبي قد تكون هامة ، الا أن الساهمة الاجمالية ضئيلة نسبيا . ويمكن أن يستمد الدليل على ذلك من مكافئ الجرعة الجماعية السنوية لكل مليون من السكان ؛ وهذا يتفاوت بين بلد وآخر ، ولكن القيمة المعقولة في البلدان التي تتمتع بمستوى عال من الرعاية الطبية تبلغ فرد واحد سيفرت لكل مليون من الناس تقريبا . وقد حددت بعض الحالات في مجال الاستعمالات الصناعية للاشعاع توجد فيها حاجة لمزيد من المعلومات ، وخاصة المصورين الصناعيين بالأشعة ومن المجموعات الكبيرة الأخرى المعرضة لألحم الطائرات والعاملون في استخراج المعادن غير الأورانيوم . ويبلغ الأثر الاجمالي لجميع هذه الاستعمالات ، الى جانب البحث في الطاقة غير النووية ، نحو ١٥ فرد سيفرت لكل مليون نسمة .

١٤٤ — وقامت اللجنة بمقارنة وتحليل المعلومات التي قدمت اليها حول موضوع الاشعاع العرضي الذي يصيب الناس المعرضين له مهنيا . فكانت البيانات تظهر بشكل ثابت أن المصورين الصناعيين بالأشعة ولا سيما أولئك الذين يعملون على مصادر متحركة ، هم الفئة الأكثر تعرضا للحوادث . ويبدو أن عدم استعمال المصادر والمعدات على الوجه الصحيح ، الى جانب وقوع نسبة عالية من حوادث تعطيل المعدات ، والنقص في التدريب والأخطاء البشرية ، هي بين أكثر أسباب هذه الحوادث شيوعا . فقد أبلغ في بواكير أيام تطوير الطاقة النووية عن بعض الحوادث الخطيرة التي أدت الى وفيات عدة . ويبدو أن العدد الاجمالي للحوادث الطفيفة والجسيمة التي تم الابلاغ عنها صغير جدا بالنظر الى عدد الناس الذين يستخدمون الاشعاع أو النشاط الإشعاعي في أعمالهم ، ولكن توزيع الحوادث بين مختلف أنواع العمل متفاوتا وبقوة كبيرة .

١٤٥ — وقد مت اللجنة عددا من التوصيات المتعلقة بالمجالات التي تتطلب تحليلا أكبر للبيانات بغية استخراج المعلومات ذات الصلة ؛ ويمكن أن يقوم بذلك على أفضل وجه أولئك الذين يجمعون البيانات ، ولا سيما بصدور نمط تراكم الجرعة طوال فترة الحياة العملية . وانا وضعت هذه التوصيات موضع التنفيذ ، فينبغي أن يتوافر دليل أوضح بكثير على الحالة الاجمالية للتعرض المهني في جميع مجالات العمل خلال سنوات قليلة .

٦ — حالات التعرض الطبي (١٢)

١٤٦ — تتميز حالات التعرض الطبي بمعدلات عالية للجرعة وتوزيع للجرعة غير منتظم الى حد بعيد . والحقيقة الأخيرة تجعل استخدام مفاهيم مثل مفهوم مكافئ الجرعة الفعالة أمرا مفيدا ، ولكن هذا المفهوم تعثره أوجه نقص كبيرة لدى تطبيقه على المرضى . ومع ذلك ، فان التطبيق الحذر لمكافئ الجرعة الفعالة يبين أن الضرر النسبي الناجم عن مختلف أنواع الفحوص الطبية يمكن أن يكون مختلفا عما ورد في التقارير السابقة حيث كان التأكيد الرئيسي على الجرعات الهامة وراثيا وعلى متوسط جرعات نخاع العظام . وتشير المعلومات الأولية المتعلقة بالممارسات الإشعاعية في بعض البلدان النامية الى نتيجة مؤداها أن ثلثي سكان العالم يعيشون في بلدان يبدو فيها تواتر الفحوص بالأشعة دون ما هو عليه في المجتمعات المتقدمة النمو بمقدار رتبة عظم واحدة .

(١٢) يجرى استعراض هذا الموضوع باسهاب في المرفق زاي : " حالات التعرض الطبي " .

١٤٧ — وتحدث مساهمة مهمة في الجرعة الجماعية العالمية أثناء الاجراءات الاشعاعية . فالتعرض الطبي يقدم أكبر مساهمة من صنع الانسان في الجرعات الاشعاعية التي يتلقاها السكان ، وفي بعض البلدان الصناعية تكون هذه المساهمة قريبة في المقدار من الجرعات المأخوذة من المصادر الطبيعية . والفرق الرئيسي بين هذا المصدر وغيره من مصادر التعرض هو أن الأفراد الذين يتلقون الجرعات هم عادة نفس الأفراد الذين يتوقع أن يستفيدوا مباشرة من الاجراءات التي تشتمل على الاشعاع .

١٤٨ — ويستخدم الاشعاع في الطب لأغراض التشخيص أو لمعالجة الأمراض ، ولا سيما السرطان . والجرعات التي يتلقاها المرضى متنوعة للغاية : فهي تتراوح بين جرعات منخفضة جدا كما هي الحال في فحوص تشخيصية كثيرة ، وجرعات مرتفعة جدا كما هي الحال في العلاج بالأشعة . وعلى الرغم من أن جميع الجرعات الفردية تساهم في الجرعة الجماعية التي يتلقاها السكان عموما فان معظم هذه الجرعة الجماعية يأتي من الجرعات الصغيرة التي يتناولها أفراد كثيرون ، وليس من الجرعات العالية التي تعطى لعدد قليل نسبيا من المرضى الذين يعالجون بالأشعة .

١٤٩ — ان نطاق تحليل اللجنة لمستويات التعرض أثناء الفحوص أو المعالجات الطبية واسع جدا . ففي المقام الأول تعتبر اللجنة أن معرفة حالات التعرض الطبي الفردي والجماعي ضرورية لوضعها في المنظور المناسب بالقياس الى المصادر الأخرى للتعرض البشري للاشعاع . وفي المقام الثاني هناك حاجة لاجراء تحليلات للجرعات التي تتلقاها الأعضاء المنفردة — ومدى تنوعها — في سياق مختلف أنواع الفحوص بالأشعة بغية معرفة ومقارنة مدى الخطورة التي تنطوي عليها ممارسات مختارة . وأخيرا ، قد يكون ممكنا من خلال هذا الاستعراض تحديد مجموعات من المرضى المعرضين لجرعات عالية يمكن تتبعها في المستقبل من خلال دراسات واثية وذلك للتوصل الى تقييمات أفضل لحالات حدوث أمراض غير مرغوب فيها تالية للعلاج بالأشعة ومتسببة عنه .

١٥٠ — ونظرا لأهمية عنصر التعرض الطبي والا مكانية الكبيرة لتخفيضه تخفيضا ملموسا ، فقد استعرضت اللجنة مرارا المعلومات ذات الصلة بغية رصد هذا الاتجاه رصدا وثيقا . وقد ركزت التقارير السابقة تركيزا خاصا على الجرعات الموجهة الى الغدد التناسلية ، لاستخلاص تقييمات للخطر الوراثي الممكن المترتب على التعرض من خلال ما يسمى بالجرعة الهامة وراثيا . ومنذ وقت أقرب ، أولي انتباه متزايد للجرعات التي تتلقاها أعضاء أخرى أيضا وذلك بغية تحديد الممارسات الطبية التي تنجم عنها جرعات في الأعضاء عالية بصورة خاصة . وقد اتبعت اللجنة هذا الاتجاه نفسه في هذا التقرير .

١٥١ — واستعرضت اللجنة المعلومات المتوافرة عن اجمالي تواتر الفحوص التشخيصية بالأشعة السينية ، مبيئة أن معدل هذه الفحوص قد يتراوح بين ٣٠٠ و ٩٠٠ فحص لكل ألف من السكان في السنة في البلدان الصناعية ، وذلك باستثناء الفحوص الجماعية وفحوص الأسنان . وقد وجد أن فحوص الهيكل العظمي والصدر هي الأكثر تواترا في بلدان كثيرة . وبذل جهد خاص لاستقصاء حالة التشخيص بالأشعة في البلدان النامية بالتعاون مع منظمة الصحة العالمية ، وذلك بمقارنة المعلومات المتعلقة بشمول الخدمات الاشعاعية للسكان . ووجد أن المعدات نادرة وموزعة توزيعا غير متكافئ في هذه البلدان ، حيث امكانية استفادة السكان الريفيين من التسهيلات القائمة محدودة . وفي البلدان الصناعية ، توفرت الأدلة على وجود اتجاه واضح نحو تقليل حالات التعرض الفردي فيما يتعلق بأنواع معينة من الفحوص كتحوير الأسنان والثدي بالأشعة .

١٥٢ - تراوحت الجرعات التي تم امتصاصها في أعضاء وأنسجة مختلفة ومهمة للجنة بين ما يقل عن (٠.٠ و ٥٠.٠ مليغرام للفحص الواحد ، مع أخذ جميع أنواع الفحوص التشخيصية بالأشعة في الاعتبار. وأولي اهتمام خاص لفحوص معينة بالأشعة السينية لأسباب مختلفة هي : إما لأنها شائعة جدا ويمكن أن تساهم لذلك مساهمة ضخمة في الجرعة الجماعية (مثل فحوص الأسنان) ؛ وإما لأنها تنطوي على تعرض أنسجة معروفة بقابليتها الشديدة للإصابة بالسرطان بتأثير الاشعاع (مثل تصوير الثدي بالأشعة) . وفي كلتا الحالتين توفرت الأدلة على وجود اتجاه نحو تقليل الجرعات التي تعطى أثناء فحص واحد ، وذلك بفضل تحسن الظروف التقنية للتعريض .

١٥٣ - أبلغ ان مكافئ الجرعة الفعالة الجماعية فيما يتعلق بالاشعاع التشخيصي في بلدين متقدمي النمو يبلغ نحو ٦٠٠ و ٨٠٠ فرد سيفرت لكل مليون نسمة . ونظرا لعدم وجود أية بيانات أخرى ، فقد استخدمت اللجنة بصورة أولية ، لأغراض هذا التقرير ، الرقم التقريبي ١٠٠٠ فرد سيفرت لكل مليون نسمة بوصفه مكافئ الجرعة الفعالة الجماعية السنوية في البلدان المتقدمة النمو ، وهذا يقابل نحو ٥٠ في المائة من التعرض لمصادر الاشعاع الطبيعية . والقيمة المقابلة لذلك الخاصة بالبلدان النامية قد تكون أقل من ذلك برتبة عظم واحدة بحيث يمكن أن يكون الرقم المرجح للعالم كله قريبا من ٤٠٠ فرد سيفرت أو نحو ٢٠ في المائة من متوسط التعرض للمصادر الطبيعية .

١٥٤ - وتساهم الفحوص الطبية النووية ، بوجه الاجمال ، مساهمة ضئيلة نسبيا في تعرض السكان للاشعاع من المصادر الطبية ، وذلك بالمقارنة مع اجراءات التشخيص بالأشعة السينية . الا أنه يتوقع أن تكون قيمة مكافئ الجرعة الفعالة الجماعية متغايرة تغايرا شديدا بسبب الاختلافات في الممارسات الاشعاعية في مختلف البلدان . وسبب تغاير مجموعات الأمراض التي تصاب بها الشعوب المختلفة . وخصوص حالات التعرض في سياق العلاج بالأشعة ، حللت اللجنة بيانات جمعتها الوكالة الدولية للطاقة الذرية ومنظمة الصحة العالمية بشأن توافر واستخدام معدات العلاج بالاشعاع في بلدان كثيرة . وتشير هذه البيانات ، في الوقت نفسه ، الى وجود اتجاه عام نحو زيادة الخدمات والتي توزعها بصورة متفاوتة جدا بين البلدان المتقدمة النمو والبلدان النامية .

١٥٥ - وفيما يتعلق بمكافئ الجرعة المهمة وراثيا ، فان اللجنة تعتقد بأن التقدير التقريبي الذي قد ينطبق على البلدان المتقدمة النمو التي تتوافر بشأنها بعض المعلومات يقرب من (٠.١ - ٠.٢ مليسيفرت في السنة ، ويشمل كذلك جميع عناصر الجرعة المأخوذة أثناء الممارسات الطبية . أما الأرقام المقابلة الخاصة بالبلدان النامية فيتوقع أنها تقل عن ذلك برتبة عظم واحدة تقريبا .

١٥٦ - وتود اللجنة أن تعرب عن رغبتها في أن يجرى الابلاغ في المستقبل عن الاحصاءات الخاصة بالاشعاع الطبي بطريقة تسمح بتقييم أدق للكميات المذكورة أعلاه .

٧ — ملخص واستنتاجات

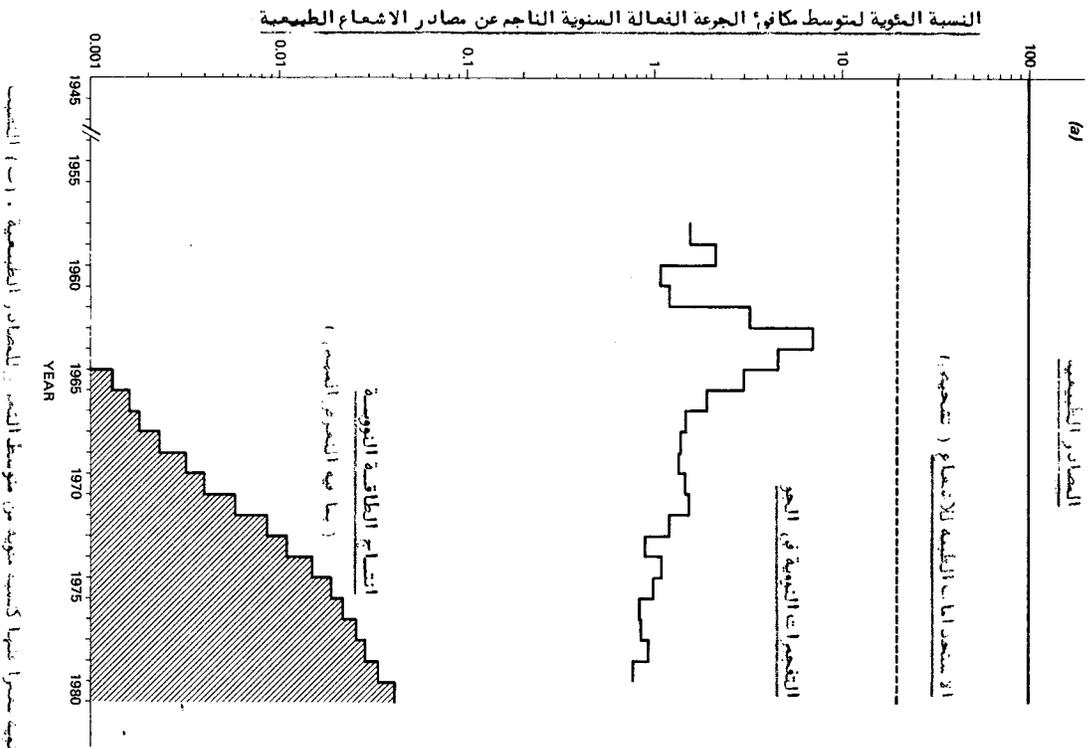
١٥٧ — استخدمت اللجنة في هذا التقرير كميات متنوعة لتقييم حالات التعرض لمصادر الاشعاع التي استعرضتها . وقد استخدمت معدلات مكافئ الجرعة الفعالة الفردية لظهار تباين حالات التعرض الفردية حسب الموقع والمهنة والزمن أو غير ذلك من العوامل . وبواسطة جمع معدلات مكافئ الجرعة الفعالة الفردية كافة تم الحصول أيضا على معدلات مكافئ الجرعة الفعالة الجماعية التي تظهر أثر الاشعاع الناجم في زمن معين عن مصدر معين أو ممارسة معينة .

١٥٨ — ومن المهم دراسة تباين معدلات مكافئ الجرعة الفعالة الجماعية من وقت لآخر عبر العقود القليلة الأخيرة . ويبين الشكل الثاني (أ) مساهمات حالات التعرض الناجمة عن الاستخدامات الطبية للاشعاع ، وعن التفجيرات النووية في الجو وعن إنتاج الطاقة النووية ، معبرا عنها بنسبة مئوية من متوسط التعرض للمصادر الطبيعية . وتتضمن القيم الخاصة بالاشعاع الطبي وإنتاج الطاقة النووية حالات تعرض العمال بالإضافة الى أفراد الجمهور . ويقدر أن مساهمة التعرض الطبي للم تتغير تغيرا كبيرا على مر السنين ، بينما اتبعت مساهمة التفجيرات النووية اتجاهها غير متواصل ولكنها انخفضت في أغلب الأحيان منذ عام ١٩٦٣ ، مع حدوث تباينات صغيرة نتيجة للتفجيرات التي وقعت في أوقات أقرب . وكان مكافئ الجرعة الفعالة الجماعية السنوية المعزولة الى إنتاج الطاقة الكهربائية بالوسائل النووية في تزايد مستمر بسبب توسع برامج الطاقة النووية ، بالرغم من أن مساهمته تحتل رتبة عظم أدنى بكثير .

١٥٩ — وبالرغم من وجود حالات تشكك كثيرة ، فإن معظم القيم الواردة في الشكل الثاني (أ) لا يتوقع أن تكون خاطئة برتب عظم ، ولذلك فهي مفيدة لبعض الاعتبارات العامة . بالمصادر الطبيعية التي تعطي مكافئ جرعة فعالة قدره ٢.٠ ميليسيفرت في المتوسط تزيد في الأهمية بمراحل على سائر مصادر الاشعاع .

١٦٠ — أما فيما يتعلق بالمصادر التي هي من صنع الانسان ، فإن المساهمة الأعلى تأتي من الاستخدامات الطبية للاشعاع ، وخاصة لأغراض التشخيص . فمتوسط مكافئ الجرعة الفعالة السنوية الناتج عن الاستخدامات الطبية للاشعاع في العالم كله يعتبر مساويا ٤.٠ ميليسيفرت تقريبا ، أي ما يقابل ٢.٠ في المائة بالتقريب من متوسط التعرض السنوي لمصادر طبيعية . وتعتقد اللجنة بأن هناك إمكانية جيدة لتخفيض الجرعة بما لا يتعارض مع هدف الممارسات . وبما أن هذه الجرعة عالية نسبيا فإن الكسب المقابل ينتظر أن يكون كبيرا .

١٦١ — يؤدي جمع معدلات مكافئ الجرعة الفعالة الجماعية على مر الزمن الى الأنصبة من مكافئ الجرعة الفعالة الجماعية ، هذه الأنصبة التي يفترض أنها متناسبة وإجمالي الأثر الصحي الناجم عن مصدر معين أو ممارسة معينة . وقد تكون المصادر أو الممارسات ، على سبيل المثال ، هي التفجيرات النووية في الجو التي أجريت حتى الآن ؛ أو سنة واحدة من إنتاج الطاقة بواسطة الانشطار النووي في الوقت الحاضر ؛ أو استخراج طين من خام الفوسفات . والأنصبة من معادل الجرعة الفعالة الجماعية العالمية هي المقادير الأنسب لمقارنة الضرر المتوقع أن ينجم عن التعرض لمصادر اشعاع مختلفة .



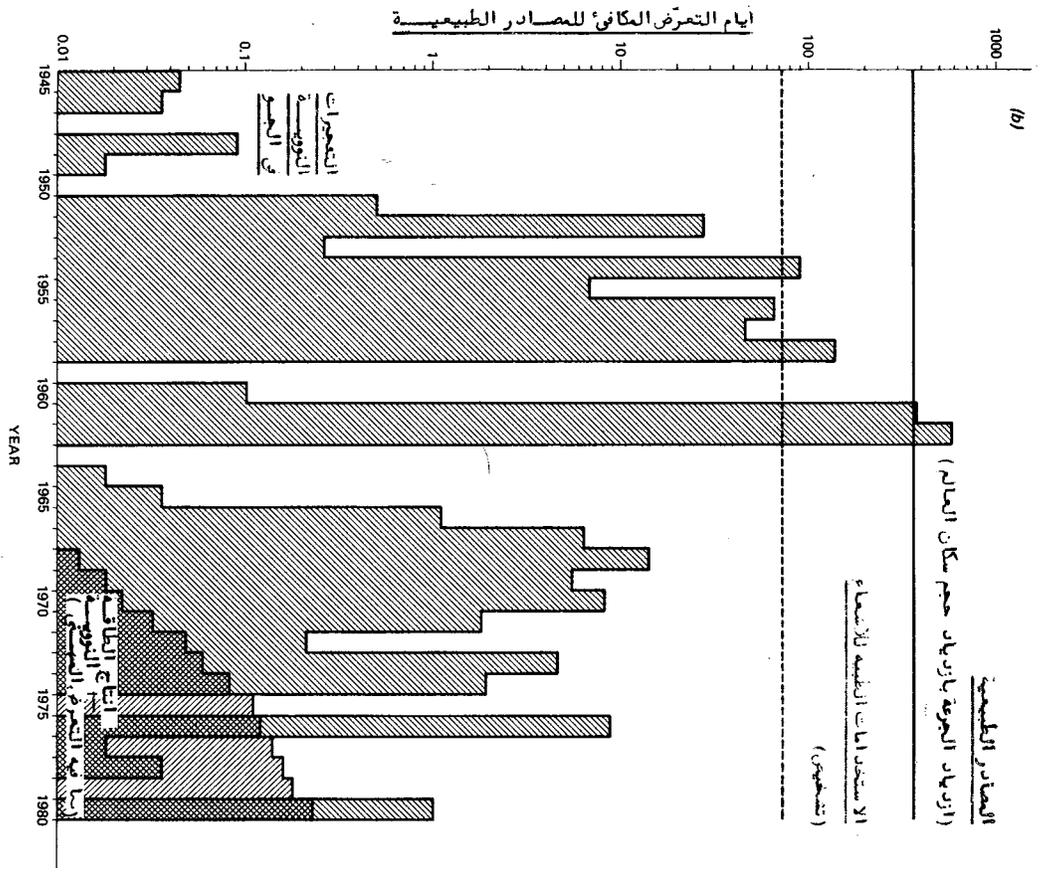
النسبة المئوية لمتوسط مكان؛ الجرعة الفعالة السنوية الناجم عن مصادر الاشعاع الطبيعية . (ب) التجمعات السكانية الطبيعية

الاستخدامات الطبيعية للاشعاع (تتجاهل)

التجمعات السكانية في الجو

التجمعات السكانية الطبيعية

الاستخدامات الطبيعية للاشعاع (تتجاهل)



١٦٢ — اعتمدت اللجنة في تقريرها لعام ١٩٧٧ جد ولا يلخص تقديراتها للجرعة العالمية هُبرت فيه عن أنصبة سكان العالم مجتمعين من الجرعات الآتية من مصادر مختلفة بمدّة تعرض سكان العالم للاشعاع الطبيعي التي تسبب النصب ذاته من الجرعة . وقد لقيت طريقة العرض هذه اهتماما واسعا لأنها تسمح بمقارنة المصادر المختلفة بمقياس زمني يمكن تقديره بسهولة . ولذلك استكملت اللجنة بعض التقديرات ذات الصلة ، عاقدّة المقارنة بين الأنصبة من مكافئ الجرعة الفعالة الجماعية العالمية ، معبرا عنها بأيام التعرض للمصادر الطبيعية . ويورد الشكل الثاني (ب) ، على أساس مقياس شبيه لوفاريتي ، تقديرات هذه الجرعة الفعالة الجماعية التي سجلها استخدام الاشعاع لأغراض التشخيص الطبي ، والتفجيرات لأغراض التجارب النووية ونتاج الطاقة النووية في كل عام من عام ١٩٤٥ الى عام ١٩٨٠ . ويعبر عن هذه الأنصبة من الجرعة الجماعية بعدد أيام التعرض للمصادر الطبيعية التي تعطي الجرعة نفسها . وتفترض اللجنة أن الجرعات الناجمة عن الاشعاع الطبيعي والطبي قد ظلت ثابتة .

١٦٣ — بلغت الأنصبة من مكافئ الجرعة الفعالة الجماعية لكل سنة من التجارب الجوية الذرّة في عام ١٩٦٢ حيث عادت نحو ١٦ سنة من مصادر البيئة الطبيعية ؛ ومنذ ذلك الوقت انخفضت الأنصبة السنوية انخفاضا كبيرا . وقد تزايدت الأنصبة من مكافئ الجرعة الفعالة الجماعية لكل سنة من انتاج الطاقة النووية بصورة ثابتة حتى الوقت الحاضر .

١٦٤ — ويجب التأكيد على اعتبارين في سبيل تجنب حدوث تصورات خاطئة ممكنة بشأن محتوى الشكل الثاني (ب) : أولهما أن ايراد حالات التعرض المتأثية من مختلف المصادر في الرسم البياني ذاته يجب أن يعتبر مجرد احدى الطرق لتمثيل المساهمة النسبية في النصب من مكافئ الجرعة الفعالة العالمية ، ولا يشير ذلك الى أي حكم من جانب اللجنة بخصوص تبرير مختلف المصادر أو الممارسات على أسس أخلاقية أو اجتماعية أو اقتصادية . ثانيا ، من شأن هذا العرض أن يكون مضللا اذا لم تؤخذ في الحسبان التقييدات الكثيرة التي بحثت في الفقرات السابقة من هذا التقرير وفي جميع مرفقاته العلمية .

١٦٥ — ان النصب من مكافئ الجرعة الفعالة الجماعية المتأثي من جميع التفجيرات النووية التي حدثت حتى نهاية عام ١٩٨٠ يقابل نحو ٤ سنوات من التعرض للاشعاع الطبيعي (الشكل الثاني (ب)) . ولقد تم انبعاث نحو ١٠ في المائة من النصب من مكافئ الجرعة الفعالة الجماعية ؛ أما الجزء المتبقي ، الذي يعود معظمه الى الكربون — ١٤ فسوف يتم انبعاثه في العشرة آلاف سنة القادمة أو نحوها .

١٦٦ — ان المعدل العالمي للنصب من مكافئ الجرعة الفعالة الجماعية (مختزلا الى ٥٠٠ سنة) الناجم عن انتاج سنة واحدة من الطاقة النووية بمستوى عام ١٩٨٠ من القدرة المنشأة البالغة ١٤٠ جيجاواط من الطاقة الكهربائية ، يقابل نحو ٥ ساعات من التعرض للاشعاع الطبيعي (الشكل الثاني (ب)) . ويضم هذا التقدير تعرض العمال كما يضم تعرض الجمهور . وفي الوقت الذي يمكن فيه ، في التقدير الأولي ، اعتبار العنصر الطويل الأجل في الجرعة العالمية لأفراد الجمهور موزعا توزيعا موحدا ضمن زمن انبعاث الجرعة ، فان العنصر القصير الأجل موزع بصورة غير موحدة على المنشآت النووية . وحللت اللجنة مدى عدم الانتظام هذا ، وذلك بينت بصورة غير مباشرة شروط زيادة تحسين

الحالة الراهنة من خلال تدابير قومية أولوية . وافترض عدم حدوث تغيير في النصيب من الجرعة الجماعية لكل وحدة ممارسة ، فان سنة واحدة من انتاج الطاقة ، على أساس القدرة النووية المنشأة المتوقعة والبالغة ما بين ١٠٠٠ و ٦٠٠ هيفواط من الطاقة الكهربائية بحلول عام ٢٠٠٠ ، ستؤدي الى نصيب من مكافئ الجرعة العالمية (المختزل الى ٥٠٠ سنة) يبلغ نحو يومين من التعرض للاشعاع البيئي بما في ذلك العنصر المهني . الا أن هذا الافتراض يمكن أن يكون غير واقعي بسبب التطورات التكنولوجية وتطور التدابير التنظيمية .

١٦٧ - ان مجموع النصيب من مكافئ الجرعة الفعالة الجماعية الناجم عن انتاج الطاقة الكهربائية بالا نشاطاار النووي حتى الوقت الحاضر يقدر بصورة تقريبية بما يعادل يوما واحدا من متوسط التعرض للبيئة الطبيعية (الشكل الثاني (ب)) . وهذه القيمة تختزل الى ٥٠٠ سنة وتشمل تعرض العمال وعامة الجمهور .

١٦٨ - وهناك مصادر أخرى للاشعاع تنشىء أنصبه من معادل الجرعة الفعالة الجماعية أدنى من ذلك بكثير ولا تحتاج الى تعليق خاص .

١٦٩ - تدعو الحالة التي تم وصفها الى المزيد من الاستعراض على فترات زمنية مناسبة ، لابقاء الاتجاهات تحت المراقبة ، وللتأكد من الانحرافات الممكنة في القيم المتوقعة ، ولزيادة تحسيين التقديرات . وقد تكون الدراسات المفصلة بشأن مواضيع مختارة وليس التقييمات الشاملة مناسبة بصورة خاصة في الوقت الحاضر .

جيم - آثار الاشعاع

١ - الآثار الجينية للاشعاع (١٣)

١٧٠ - وفرت التجارب الجديدة عن الآثار الجينية للاشعاع مزيدا من المعلومات العلمية لتقييم خطر اصابة الانسان بالأمراض الوراثية الناجمة عن الاشعاع . وقد زادت هذه التجارب أيضا من ثقة اللجنة في أن الافتراضات العامة ، واجراءات التقدير التي استخدمت من قبل لهذا الغرض ، مازالت صحيحة في ضوء المعارف الراهنة . ولم تؤد التجارب المذكورة السى أى تغيير ملموس في التقديرات السابقة للمخاطر الجينية .

١٧١ - ومن الثابت تماما أن نسبة كبيرة من حالات الحمل تكون شاذة من الناحية الجينية ، أى انها تنطوى على خطر حدوث عيب وراثي تلقائي . وتكون أشد التغيرات في التكوين الجيني متعارضة مع الحياة وتؤدى الى الاجهاض . ويقدر أن حوالي نصف حالات الاجهاض التلقائي المشخصة اكلينيكيًا تكون ذات تكوين جيني شاذ . إلا أن بعض التغيرات الجينية تكون مواتية للحياة ، ولكن الأفراد الذين توجد بهم هذه التغيرات يتعرضون لأوجه شذوذ (تتراوح بين الأمراض وحالات العجز التي تكون جد معوقة والحالات المعتدلة نسبيا) في مرحلة ما من حياتهم بعد الولادة . وقد أثبتت الاستقصاءات السكانية أن ١٠ في المائة تقريبا من الأطفال المولودين أحياء يوجد بهم نوع ما من العيوب الجينية الكاملة أو الجزئية ، بدرجات مختلفة من الشدة .

١٧٢ - ومن المعروف جيدا أيضا أن كثيرا من العوامل السامة ، وخاصة الاشعاع المؤين ، في امكانها زيادة حدوث الحالات الضارة التي تنقل بالوراثة . وعند ما يتفاعل الاشعاع مع المواد الجينية في الخلايا الجرثومية في الخصية أو المبيض ، قد تصاب هذه المواد بأضرار وإذا انتقلت هذه الأضرار الى احفاد الشخص المشع ، فقد تنشأ عنها حالات حادة مختلفة ، ويمكن مثلما يحدث في الحالات التلقائية ، أن تتسبب في صعوبات جمة للأشخاص المصابين ، أو أسرهم أو المجتمع بصفة عامة . ولهذا فان من المهم جدا تقدير الدرجة التي قد تزداد بها العيوب الجينية التلقائية عن طريق التعرض للاشعاع .

١٧٣ - ويمكن تقسيم آثار الاشعاع على المواد الجينية تقسيما اعتباريا ، حسب طبيعتها ، الى فئتين مختلفتين هما : التحولات الجينية والشذوذ في الكروموسومات . أما التحولات الجينية فهي تغيرات وراثية في الوحدات الأساسية للوراثة ، التي تعرف باسم الجينات ، وتقسم هذه التحولات عمليا كذلك الى تحولات سائدة ، عندما تظهر آثارها في الأولد المباشرين للأفراد الذين حدثت أو استحدثت في خلاياهم الجرثومية هذه التحولات ؛ والتحولات المتنحية التي قد لا تظهر في النسل المباشر ولا تتجلى الا عندما يحصل الفرد على نفس الجين المتحول من كلا الابوين . وفي الانسان ، كما في سائر الأنواع التي يمكن

(١٣) يرجى استعراض هذا الموضوع باسهاب في المرفق ١١ (الآثار الجينية للاشعاع) .

المزاوجة بين الأبعاد فيما بينها يكون احتمال حدوث ذلك ضئيلا ، الا اذا كان الأبوان من الأقارب . وفي هذه الحالة تنتقل التحولات المتنحية من جيل الى آخر بطريقة غير ملحوظة وتبقى في الناس الى أن يحدث ، بالصدفة ، أن ينجب فردان يحملان نفس الجين المتحول وعندما تظهر التحولات المتنحية التي حدثت (أو التي استحدثت) في وقت سابق وأغلب التحولات الجينية لا تدخل بدقة في واحدة أو أخرى من الفئتين المشار اليهما آنفا ؛ والواقع أنه تبين ، حيث أمكن دراسة الاثار بالتفصيل ، ان ثمة تحولات من جميع الدرجات ابتداء من التحولات السائدة بصورة كاملة الى التحولات المتنحية بصورة كاملة .

١٧٤- ويمكن تقسيم الشذوذ في الكروموسومات الى الشذوذ الذي ينطوي على تغيرات في العدد الطبيعي للكروموسومات (الشذوذ العددي) وذلك الذي ينطوي على تغيرات في تركيب الكروموسومات نفسها (الشذوذ التركيبي) ، وللشذوذ العددي الذي ينطوي على فقدان أو اضافة كروموسومات كاملة تأثيرات اكلينيكية شديدة ، مثل "تناذر تيرنرز" الذي يكون للأُنثى فيه كروموسوم "سين" واحد بدلا من أن يكون لها كروموسومان كما يحدث في الأحوال الطبيعية ، أو "تناذر داون" ، الذي يكون للفرد فيه الكروموسوم ٢١ الاضافي . وعندما تتكسر الكروموسومات وتلتحم من جديد في أشكال جديدة ، الأمر الذي يمكن أن يؤدي الى فقدان أجزاء من الكروموسومات أو اضافة أجزاء اليها (حذف أو ازدواج) قد يحدث شذوذ لدى الأفراد الذين يتعرضون لذلك .

١٧٥- واستعرضت اللجنة جميع البيانات التي توفرت من نفذ نشر تقريرها لعام ١٩٧٧ ، وصنفت البيانات الجديدة في أربع مجموعات كما يلي :

(أ) البيانات التي تؤكد استنتاجات سابقة وتزيد توثيقها ؛

(ب) البيانات التي توسع قاعدة البيانات التي بني عليها في الماضي افتراضات معينة لتقييمات المخاطر ؛

(ج) البيانات التي يمكن أن تكون ذات أهمية لاستنتاجات نوعية معينة ، ولكن ليس للتقييمات الكمية ؛

(د) البيانات التي يمكن اعتبارها ذات فائدة محتملة في تحسين تقديراتنا للمخاطر الجينية التي يشكلها التعرض للاشعاع المؤمن .

١٧٦- وقد استمدت البيانات المؤكدة من الدراسات التي اجريت على حيوانات التجارب . وقد وسعت هذه البيانات نطاق معارفنا السابقة ليشمل مجموعة أكبر من جرعات الاشعاع وحالات التشعع (التشعع الداخلي والتشعع الخارجي ، والمعدلات المختلفة للجرعات) وأنواعا مختلفة من الثدييات ، ومراحل عديدة للخلية الجرثومية ونقاط المعايرة الجينية . واجمالا ، دعمت هذه النتائج الجديدة فهمنا لشكل العلاقات بين الجرعات والاستجابة في الخلايا الجرثومية في ذكور واناث الحيوانات ، التي يجب أن تقوم على أساسها تقديرات العيوب الجينية الناجمة عن الاشعاع كما أنها وفرت مزيدا من الثقة في استخدام الاستنتاجات اللازمة المتحصل عليها من البيانات المتعلقة بالحيوانات في تقييم العيوب الجينية في الانسان .

١٧٧- وفيما يتعلق بالانسان ، وفرت البيانات الجديدة أساسا أرسخ لتقديراتنا للحدوث التلقائي للعيوب الجينية المختلفة ، ومع ذلك فان المعلومات عن التغيرات الناتجة عن الاشعاع في سلالة الأبوين المشععين ما زالت محدودة . وقد تتيح أوجه التقدم التقني اجراء تقديرات مباشرة لبعض أنواع الأضرار الحاصلة في المواد الجينية للأشخاص المشععيين . ولا يزال الأساس الجيني المحتمل لبعض العيوب الجسدية مجالاً للبحث المكثف ، وتبين النتائج أن عدداً من الأمراض الجينية في الانسان يرتبط بتزايد الحساسية للاشعاع وكون الأسرة معرضة لتكوين الأورام في أفرادها .

١٧٨- وقد توفر المزيد من البيانات بشأن بعض الافتراضات المستخدمة في تقييم المخاطر . وعلى سبيل المثال ، فان النتائج الجديدة المتعلقة بالبيكتيريا وبأبابة الفاكهة تتشبه مع احد الافتراضات الأساسية المستخدمة في الاسلوب غير المباشر لتقييم المخاطر ، أي أن هناك تناسب بين معدلات التحولات التلقائية والتحويلات المستحثة لجينات معينة . وأكدت البيانات الجديدة أيضا ، أنه في حالات التشعع التي يمكن أن تنطبق على الانسان ، تكون الخلايا الجرثومية في الاناث أقل حساسية للتحويلات عنها في الذكور .

١٧٩- وأشير أيضا الى أوجه تقدم يمكن أن يكون لها تأثيرها على تقديرات المخاطر الجينية في الانسان ، على الأقل من الناحية النوعية . وهذه تتعلق بالاستنتاجات القائلة بتزايد حدوث الشذوذ في الكروموسومات في الخلايا الجسدية ما يلي :

(أ) مجموعات السكان التي تعيش في ظل ظروف تتوفر بها درجة عالية من التعرض للاشعاع من مصادر طبيعية ؛

(ب) الفئات التي تتعرض للاشعاع بحكم عملها ؛

(ج) الذين بقوا على قيد الحياة بعد القاء القنبلتين الذريتين على هيروشيما وناغازاكي .

وتتعلق البيانات الأخرى بالأثر الكلينيكي المحتمل لأوجه الشذوذ التلقائي في الكروموسومات (الانتقال الموضوعي المتوازن على سبيل المثال) ، وهو موضوع لم يحدث في الماضي سوى بقدر ضئيل من الاهتمام . وأخيرا ، فان الدراسات المفصلة المتعلقة بتكون الخلايا والتي اجريت بشأن تطور الكروموسومات في الثدييات الرئيسية تشير الى امكانية استخدام أوجه التماثل المتعلقة بالتطور في التوصل الى استنتاجات عن طبيعة واثار بعض التغيرات في الكروموسومات التي يمكن أن تحدث بسبب التعرض للاشعاع أو غيره من العوامل البيئية السامة أما مشكلة مساهمة التحولات المتنحية ، التلقائية منها أو المستحثة ، في تكوين المصاب الجيني البشري فقد كانت ، ولا تزال ، مشكلة يصعب ، في الوقت الحاضر ، تقدير حجم اجابات كمية يعول عليها بشأنها .

١٨- وعلى الرغم من أن تقديرات المخاطر الجينية يعبر عنها بوصفها عدداً معيناً من حالات الإصابة بعيوب جينية خطيرة لكل وحدة من جرعات الاشعاع لدى السكان . فان هذه الطريقة للتعبير عن المخاطر لا تعكس على نحو ملائم درجة الضرر أو أثر هذه الأمراض على الشخص المصاب ، وعائلته ، ومرافق الرعاية الصحية والمجتمع عامة . وفي هذا الترتيب

بجرت معارضة أوليئة للتوصل الى رقم قياسي للضرر الناتج فيما يتعلق بالامراض الجينية التي تحدث تلقائيا أو الناجمة عن التعرض للاشعاع . ولتحقيق هذه الغاية استخدمت اللجنة معيارا معيناً يمكن قياسه مثل مدة العمر المفقودة أو التي حدثت بها اصابات معينة . وعلى الرغم من اعتراف اللجنة بأن المعايير السابقة مازالت غير كافية ، فانها تنظر الى هذه المحاولة على أنها طريقة ممكنة لتعريف المخاطر الجينية بعبارات ذات مفزى اجتماعي .

١٨١ - وكان الهدف الرئيسي من الاستعراض الذي أجرته اللجنة هو تقييم المخاطر الجينية المحتملة للاشعاع في الانسان . الا أن البيانات المتعلقة بالانسان مباشرة ، وخاصة فيما يتصل بالجرعات المنخفضة ومعدلات الجرعات ، مازالت محدودة جدا ، ولا يزال يتعيّن بالضرورة ان تقوم التقديرات على أساس البيانات المستمدة من الفئران . والى حد ما من الثدييات الرئيسية غير البشرية . وفي حالة استخدام هذه البيانات المستمدة من حيوانات التجارب لتقدير الآثار المتوقعة على الانسان يلزم توفر عدد من الافتراضات ، أهمها ما يلي :

(أ) ان الأجزاء الجينية الناجمة عن نوع معين من الاشعاع في ظل مجموعة معينة من الظروف هي نفس الاضرار التي تحدث في الخلايا الجرثومية لحيوانات التجارب وللانسان معا ، ما لم يكن هناك دليل على خلاف ذلك ؛

(ب) ان العوامل الجسدية والبيولوجية تؤثر على مدى الضرر بطرق متماثلة والى حد ود متماثلة في كل من الانسان وحيوانات التجارب .

وتؤكد اللجنة من جديد أوجه عدم اليقين والقيود الكامنة في اسلوب الاستقراء وافتراضاته .

١٨٢ - وكما حدث في مناسبات سابقة ، استخدم اسلوبان للحصول على تقديرات للمخاطر الجينية . اما في الاسلوب المباشر فسيجرى تقدير مقدار نوع معين (أو أنواع معينة) من الاضرار الجينية لحيوانات التجارب . وهذا التقدير ، يعبر عنه بعد ذلك ، باستخدام عوامل التصحيح المناسبة ، من حيث الآثار المتوقعة على نسل الأفراد المعرضين للاشعاع من بني الانسان . أما في الأسلوب غير المباشر ، أو اسلوب مضاعفة الجرعة ، فانه يجري أولاً تقدير كمية الاشعاع التي تنتج عنها تحولات مماثلة في العدد لتلك التي تحدث تلقائيا في حيوانات التجارب . ومتوسط التقديرات للذئقات المختلفة من الاضرار هي " الجرعة المضاعفة " للحيوانات التي تجرى عليها التجارب . وفي ظل الافتراض بأن الجرعة المضاعفة مقدرة على هذا النحو تنطبق على الانسان ، ومع مراعاة المعدل الحالي لاصابة الانسان بالامراض الجينية ، تحسب في النهاية الزيادة المنتظرة للأمراض لكل وحدة من جرعات الاشعاع .

١٨٣ - وباستخدام الاسلوب المباشر ، قدرت اللجنة في عام ١٩٧٧ أن مخاطر احداث أضرار في صورة تحولات في الجيل الاول عتب تشعع الذكور (الجرعة المنخفضة ، معدل الجرعة المنخفضة ، والاشعاع المنخفض المرتبأ بالانتقال الخلوي للطاقة) سيكون حوالي . . . ٢ حالة من الاختلالات الجينية الخطيرة لكل غراى لكل مليون من النسل . وجسأ

الأساس لهذا الحساب من الدراسات المجراة حول حدوث التحولات السائدة في الهيكل العظمي في ذكور الفئران ، ولم يتم الحصول على أي بيانات جديدة عن التحولات في الهيكل العظمي يمكن أن تبرر التغيير في هذا التقدير . وقد أجرت اللجنة الآن تقديرا مستقلا آخر يقدم على أساس إحداث تحولات سائدة تسبب عتامة عدسة العين (الكتركتسيا) في أعقاب تشعع ذكور الفئران . والتقدير الجديد ، وهو . . . ١ حالة لكل مليون لكل غراي من الاشعاع للأب تتفق الى حد معقول مع التقدير البالغ . . . ٢ حالة لكل مليون لكل غراي ، استنادا الى التحولات في الهيكل العظمي .

١٨٤- والاتفاق بين الأرقام يؤيد وجهة النظر القائلة بأن من المحتمل أن التغيرات تدل على الأرقام التقريبية الصحيحة . الا أنه ينبغي ، مع ذلك ، تأكيد أن هذه التقديرات ، مهما كانت دقيقة ، تقوم على عدد من الافتراضات وقد تجرى عليها تنقيحات مع حدوث مزيد من التقدم في المعرفة العلمية . ولا يمكن الحصول بنفس النهج على تقديرات المخاطر التي يتعرض لها نسل الاناث المشععة ، نظرا لنقص البيانات ذات الصلة المستخلصة من التجارب والاستنتاجات المستمدة من بيانات أخرى تشير الى حساسية أقل ، وربما أقل بكثير ، للخلايا الجرثومية للاناث ، بالمقارنة بالخلايا الجرثومية للذكور في حالات الجرعة المنخفضة ، ومعدل الجرعة المنخفضة والاشعاع المنخفض المرتبط بالانتقال الخطائي للطاقة .

١٨٥- وتمكنت اللجنة أيضا من اعادة تقييم الاخطار الناجمة عن احداث انتقالات موضعية متبادلة ، على أساس البيانات الجديدة المستقاة من الدراسات المجراة على قرد الريمي ، وكذلك من البيانات السابقة عن قرد القش والانسان . وتقدر هذه المخاطر الآن بانها بين نحو ٣٠ و ١٠٠٠ حالة من الأطفال الذين يولدون مشوهين من كل مليون حالة حمل ، وذلك لكل غراي من الاشعاع للأب (الجرعة المنخفضة ، ومعدل الجرعة المنخفضة ، والاشعاع المنخفض المرتبط بالانتقال الخطائي للطاقة) . وقد تنجم هذه الحالات عن النواتج غير المتوازنة للانتقالات الموضعية المتبادلة والمتوازنة الناتجة عن التعرض للاشعاع . الا أنه بالنظر الى عدم توفر البيانات الكافية عن تأثير هذه الانتقالات على حاملي المرض أنفسهم ، لا يمكن اجراء تقييم يعول عليه لمدى مساهمة الانتقالات الموضعية المتبادلة والمتوازنة في حد ذاتها في اعتلال صحة الانسان . أما عن المخاطر الناتجة عن احداث انتقالات موضعية متبادلة في الاناث ، فلم تظهر أي بيانات جديدة . ومرة أخرى ، فان الاستنتاجات من البيانات المتوفرة تؤيد رأي اللجنة المعرب عنه في تقرير عام ١٩٧٧ ، وهو أنه يرجح أن تكون تلك المخاطر متدنية ويندابق هذا الاستنتاج على حالات الشذوذ التركيبي في الكروموسومات غير تلك المشار اليها بصفة خاصة أعلاه

١٨٦- وباستخدام الأسلوب غير المباشر ، أو أسلوب مضاعفة الجرعة ، قدرت اللجنة في عام ١٩٧٧ أنه عند ما يكون السكان معرضين باستمرار لجرعات منخفضة من الاشعاع المنخفض المرتبط بالانتقال الخطائي للطاقة بمعدل ٠.١ ر. غراي لكل جيل (١ جيل = ٣٠ سنة) يتوقع ظهور ٦٣ حالة جديدة من الأمراض الجينية لكل مليون من النسل الذي يشكل الجيل الأول (٢٠ من احداث أمراض سببها تحولات سائدة أو مرتبطة بالكروموسومات " سين " ، و ٣٨ من أمراض متعلقة بالكروموسومات ، و ٥ من أمراض ترجع الى اسباب متشابهة) وعند نقلا

التوازن (التي يمكن بلوغها بعد اعداد مختلفة من الأجيال ، وفقا لفئة المرض الجيني) سيزداد هذا العدد الى ١٨٥ حالة لكل مليون من النسل (١٠٠ من احداث امراض سببها التحولات السائدة وأمراض ترتبط بالكروموسومات " سين " ، و ٤٠ من الأمراض المتعلقة بالكروموسومات ، و ٤٥ من أمراض ترجع الى أسباب متشابهة) .

١٨٧- وقد أتاحت التحليلات الأخيرة اجراء بعض التنقيح لهذه التقديرات . فأولا ، اتضح أنه بالنسبة للأعراض الناجمة عن التحولات السائدة وتلك المرتبطة بالكروموسومات " سين " ، يحتمل أن تبلغ الزيادة في الجيل الأول نحو ١٥ في المائة من عدد ما عند نقطة التوازن (فيما يتعلق بالأشخاص المعرضين للاشعاع المنخفض المرتبط بالانتقال الخلي للطاقمة أو بجرعات منخفضة بمعدل ١.٠ ر. لكل غراي لكل جيل ، سيكون هناك ١٥ حالة لكل مليون مولود ، في الوقت الذي تبقى فيه الحالات التي تحدث عند نقطة التوازن كما كانت من قبل ، أي ١٠٠ حالة لكل مليون مولود ، أو فيما يتعلق بالأشخاص المعرضين للاشعاع بمعدل ١ غراي لكل جيل ، ١٥٠٠ حالة لكل مليون مولود في الجيل الأول و ١٠٠٠٠ حالة لكل مليون مولود عند نقطة التوازن) . وثانيا ، ان أغلب الأمراض المدرجة تحت فئة حالات الشذوذ في الكروموسومات هي حالات شذوذ عددي . وفي عام ١٩٧٧ ، قدرت الزيادة (بسبب التعرض للاشعاع في ظل الظروف المذكورة) لهذه الفئة من الأمراض على افتراض جرعة مضاعفة قدرها غراي واحد كما هو الحال فيما يتعلق بالفئات الأخرى من الأضرار الجينية . ومع ذلك ، فان البيانات المتصلة بحيوانات التجارب والانسان تشير الى احتمال أن تكون الجرعة المضاعفة التي مقدارها غراي واحد غير ملائمة لأمراض الشذوذ العددي نبي الكروموسومات . وعلى ذلك فقد استخدمت اللجنة الجرعة المضاعفة المذكورة أعلاه فقط نسي حالة أمراض الكروموسومات الناشئة عن حالات الشذوذ التركيبي في الكروموسومات وتوصلت الى تقديرين قدرهما ٢٤٠ حالة لكل مليون من النسل في الجيل الأول و ٤٠٠ حالة لكل مليون من النسل عند نقطة التوازن ، عند ما يتعرض السكان لغراي واحد لكل جيل في ظل الظروف المذكورة . ولم يحدث أي تغيير في التقديرات فيما يتعلق بالأمراض ذات الاسباب المتشابهة (أي ، أن رقمي ٤٥٠ و ٥٠٠ لكل مليون من النسل في الجيل الأول وعند نقطة التوازن ، على التوالي ، مازالا صحيحين فيما يتصل بالتعرض لاشعاع مقداره غراي واحد لكل جيل في ظل الظروف المذكورة) .

١٨٨- وخلاصة القول ، فان اللجنة تقدر الآن ، باستخدام أسلوب الجرعة المضاعفة ، انه عند ما يتعرض السكان للاشعاع المنخفض المرتبط بالانتقال الخلي للطاقمة منخفضة وبمعدل مقدار غراي واحد لكل جيل ، تكون الزيادة المتوقعة في حدوث الأمراض الجينية حوالي ٢٢٠٠ حالة لكل مليون من النسل في الجيل الأول (أي ١٥٠٠ + ٢٤٠ + ٤٥٠ = (حوالي) ٢٢٠٠) وحوالي ١٥٠٠٠ حالة لكل مليون من النسل عند نقطة التوازن (أي ١٠٠٠٠ + ٤٥٠ + ٤٥٠٠ = (حوالي) ١٥٠٠٠) .

٢ - الآثار غير العشوائية للتعرض للإشعاع على
الأنسجة العادية (١٤)

١٨٩ - عند ما يقتل الإشعاع عددا كبيرا بما فيه الكفاية من الخلايا فإنه يحدث في الأنسجة أضرارا تشريحية ووظيفية . وقد تسبب الجرعات التي تكون دون حد معين ، والتي تختلف باختلاف الآثار والأنسجة ، تغييرات يمكن اكتشافها ، إلا أن هناك حاجة ، بصفة عامة ، لجرعات أكبر لحدوث آثار مرضية . ونخاع العظام هو النسيج الحاسم للبقاء إذا تعرض الجسم كله لجرعة تعطى دفعة واحدة وتزيد عن الحد الأدنى . بيد أن القدرة الكبيرة على تجديد خلايا نخاع العظام تمكّنه من تحمّل جرعات أكبر بكثير لو تم إعطاؤها خلال فترة طويلة . وقد يؤدي التعرض الممتد أو المتجزئ للإشعاع إلى فقدان وظيفة أنسجة أخرى (مثل الخصية أو عدسة العين) عند إعطاء جرعات أصغر . وقد درست اللجنة في استعراضها العلاقة بين الجرعة والفترة الزمنية التي تصبح خلالها جميع الآثار حاسمة ، وذلك بالنسبة لجميع الأنسجة الهامة . كما ناقشت اللجنة الأهمية النسبية لبعض المتغيرات الفيزيائية أو البيولوجية الأخرى .

١٩٠ - لم تجر اللجنة منذ سنة ١٩٦٢ تحليلا منهجيا للتغيرات المورفولوجية والوظيفية في الأنسجة العادية المتعرضة للإشعاع . وغرض الاستعراض الحالي عما : أولا ، أن تحدد ، بالنسبة لكل نسيج ولمختلف أشكال التعرض للإشعاع ، الآثار والجرعات التي قد تصبح حاسمة لوظيفة ذلك النسيج ؛ وثانيا ، تحليل العوامل الفيزيائية والبيولوجية الرئيسية التي تغيّر هذه الجرعات والآثار . وقد تطلّب تحقيق هذين الغرضين إجراء دراسة معقّدة للعلاقة بين الجرعة والفترة الزمنية في كل نسيج ، وهي دراسة اعتمد فيها على البيانات الحيوانية والآثار الكلينيكية في الإنسان .

١٩١ - وقد اقتصرَت هذه الدراسة على الآثار غير العشوائية . وتظهر هذه الآثار عندما تشلّ حركة نسبة كبيرة من الخلايا في نسيج من الأنسجة بواسطة الإشعاع مما يحدث أضرارا تشريحية أو وظيفية في النسيج . وتستلزم الآثار غير العشوائية بوجه عام إعطاء جرعة دنيا ، تسمى الجرعة المساوية للحد الأدنى ، قبل تبين تلك الآثار . وتزيد حدة الإصابة الكلينيكية بزيادة كمية الجرعة . وبتباين وقت ظهور تلف النسيج تباينا واسعا ، إذ يتراوح من بضع ساعات أو بضعة أيام إلى عدة سنوات بعد التعرض ، ويتوقف هذا على نوع الأثر وعلى خصائص النسيج المعين .

١٩٢ - ومن الصعب تعريف مفهوم الحد الأدنى من الجرعة وينبغي بحثه بالنسبة لكل نسيج على حدة ولكل أثر على حدة لأنه يعتمد على حد كبير على حساسية الكشف . وهناك أيضا حاجة إلى التمييز بين الحد الذي يُكتشف عنده الأثر ، مهما كان صغيرا أو ضئيلا ، والحد الذي تظهر عنده التغييرات الكلينيكية التي تنطوي على أعراض مرضية واضحة . ومع ادراك اللجنة

(١٤) يجري استعراض هذا الموضوع باسهاب في المرفق "١" الآثار غير العشوائية للإشعاع .

لما لهذه المفاهيم من آثار عملية هامة ، فانها ترى ان مناقشة أمراض الأنسجة باستفاضة يتمسدى نطلق هذه الدراسة التي ترمي بصفة أولية الى تقدير الآثار التي تحدث عنها التقارير لا الى تقدير أهميتها للأغراض العملية .

١٩٣ - ان المعلومات المتوافرة عن هذه المواضيع كبيرة للغاية ، ولهذا يحتاج الأمر الى المعالجة التفسيرية لا المعالجة الشاملة . وقد تيسر عذا نظرا للتقدم الكبير المحرز في معرفة الآليات الأساسية لاستجابة الخلايا والأنسجة للأشعة . والفرس الذي يستند اليه استعراض اللجنة هو أن استجابة نسيج محدّد استجابة غير عشوائية للاشعاع تعتمد أولا على مستوى قتل الخلايا التي يتكوّن منها هذا النسيج وأن درجة التلف وتوقيته يتصلان بالكيفية الخاصة التي ينظم عليها كل نسيج محدّد وبكيفية أدائه لوظيفته . ولهذا ، كان لا بد أولا من بحث المفاهيم الراديوبيولوجية الأساسية لايجاز آثار الاشعاع على الخلايا والأنسجة ، وظواهر التجدد ، والهيكّل الوظيفي للأنسجة ، والتغييرات التي يحدثها الاشعاع فيها . وكان الهدف أن يكون كل ذلك بمثابة الطار مرجعي موحد لتحليل متخصص ومنهجي للآثار التي تحدث في الأنسجة المختلفة .

١٩٤ - وبالرغم من ان اللجنة نظرت في البيانات الانسانية منفصلة عن البيانات الحيوانية الأخرى ، فان التشابه بين الآثار المشاهدة يبرر ، فيما يتعلق بهذا التقرير ، معالجة الموضوع معالجة موحّدة مع ذكر التحفظات اللازمة لابرز ما هنالك من وجوه التباين . والجرعات المشار اليها فسي عذا القسم الفرعي هي الجرعات ، مقدّرة كميّتها بالفراى (Gy) ، الممتصة من الأشعة السينية أو أشعة غاما التي تعطى عند العلاج العادى المتجزئ بالأشعة ، ما لم ينس على غير ذلك .

١٩٥ - وتراوح ردود فعل الاشعاع في الجلد من الاحمرار المؤقت وفقدان الشعر الى الضمور ، وزوال الشعر بصفة دائمة ، وتغيير اللون ، وبعض التغييرات التشريحية في الأوعية الدموية ، والتقرح والندرة . وينبغي عادة اعطاء جرعات كبيرة تتراوح بين ٧ و ١٠ غراى لإحداث تغييرات يمكن ملاحظتها في جلد الحيوان بتعريضه لأشعة خارجية مثل الأشعة السينية أو أشعة غاما . بيد أن لهذه الأنسجة قدرة كبيرة على التجدد ومن ثم يمكنها أن تتحمل جرعات تصل الى خمسة أضعاف الكمية المذكورة عندما يتم التعرض للأشعة على مدى أسابيع أو أشهر ، وملاحظة المرضى بعد العلاج بالأشعة تؤكد بوجه عام عذو النتائج . وبعد التعريض للأشعة مرة واحدة يشاهد فقدان الشعر مؤقتا بعد اعطاء ٣ الى ٥ غرايات وتحدث عادة بعد اعطاء ١ أو ٢ من الغرايات تغييرات جلدية معتدلة يمكن تداركها . بيد أن جلد الانسان يمكن أن يستقبل ما يصل الى ٥ أو ٦٠ غرايا موزّعة على مدى ستة أسابيع دون أن تحدث نتائج حادة . ومساحة وعمق الجلد المعرض للأشعة مهمّان ، ان تظهر تغييرات أكثر حدّة من جرّاء تعريض مساحات أكبر وطبقات أعمق للأشعة . ومن المعروف أن هناك متغيرات بيولوجية أخرى تؤثر أيضا على مقدار الجرعة المساوية للحد الأدنى . ومن هذه المتغيرات الموقع التشريحي للجلد ، وسن الشخص المعرض للأشعة ، ولون الجلد العادى . وتظهر في الأغشية المخاطية تغييرات مشابهة لتلك التي تظهر في الجلد عندما يتعرض الشخص لجرع مشابهة .

١٩٦- والأنسجة المكوّنة للدم حساسة على وجه خاص في حيوانات التجارب . فالخلايا اللمفاوية وخلايا الجذع تفقد الحركة الى حد كبير عند اعطاء جرعة وحيدة مكونة من كسر من الغرأى . بيد أن لهذه الأنسجة قدرة فائقة على التجدد . كذلك يعتبر الجهاز المكوّن للدم في الانسان من أكثر الأنسجة حساسية . ويمكن مشاهدة الاستجابات بعد اعطاء نصف غرأى الى واحد ، سواء أعطيت في تعرّض واحد أو كسلسلة من الكسور الصغيرة . وبالنسبة لهذا النسيج ، كما هو الحال بالنسبة لأنسجة كثيرة أخرى ، فان كمية الاشعاع المتعرّض له هامة جدا في تحديد مستوى الاستجابة . فقد تحدث اصابة أو يحدث نزيف دموى اذا كان هبوط الخلايا الدموية الطرفية حادا للغاية . وهذه هي الأعراض الرئيسية فيما يسمّى بمجموعة الأعراض المرضية المتعلقة بجهاز تكوين الدم التي قد تؤدى الى الموت .

١٩٧- ويؤدى تعريض الجهاز المعدى المعوى لاشعاع خارجي الى مجموعة من الأعراض والأمراض تتراوح من سوء الهضم والاسهال مع فقدان السوائل والدم الى القرحة المحلية ثم الى ضيق الأمعاء وانسدادها . وينبغي معالجة الأجزاء المختلفة من القناة المعدية المعوية كل على حدة لتفاوتها في الحساسية . وفيما يتعلق بأضرار الاشعاع في اشكالها الأولى ، فان معدة الانسان قد تتحمل جرعات تصل الى ٤ غرايا من المعالجة المتجزئة خلال مدة طويلة . كذلك قد تتحمل الأمعاء الدقيقة جرعات تتراوح بين ٣٠ و ٤٠ غرايا على مدى بضعة أسابيع . بل ان الأمعاء الغليظة أكثر مقاومة ولا تظهر عليها إلا أعراض عابرة عند اعطاء جرعة مشابهة ، بينما يبدو أن المرئ يتحمل التعرّض المتجزئ للأشعة في حدود ٦٠ غرايا . ولا يُعرف الا القليل عن الآثار المتأخرة لهذه الجرعات الكبيرة (خاصة تلك التي تعطى بكميات كبيرة) ويصعب تحديدها كميّا . والكبد عضو مقاوم للاشعاع نسبيا . ولا بد في الحيوانات من اعطاء جرعات تزيد في المرة الواحدة عن ١ غرايات حتى تحدث تغيرات دائمة في الكبد ، ويمكن زيادة هذه الجرعات لغاية ستة أضعاف عند التجزئ الممتد . ومن المعروف ان كبد الانسان يمكنه تحمل ٤ الى ٥ غرايا تعطى لأجزاء هذا العضو على مدى ٣٠ يوما ، وفي هذه الحالة يكون الحد الذى تبدأ عنده الآثار التي يمكن قياسها هو ٣٠ غرايا تقريبا من الاشعاع المتجزئ المستخدم في العلاج العادى بالأشعة .

١٩٨- وقد يؤدى تعرّض الرئتين لجرعات معتدلة من الاشعاع الى التهاب رئوى يؤدى في النهاية ، عن طريق سلسلة معقدة من ردود الفعل الباثولوجية ، الى التليّف والتوقف عن العمل . وحساسية الرئة معتدلة في حالة تعريضها للاشعاع لفترات طويلة . وتعريضها لجرعات تزيد على ٢٠ غرايا خلال بضعة أسابيع قد يؤدى الى زيادة حدوث التعميدات بدرجة ملحوظة . والقلب من بين سائر أعضاء الصدر يعتبر قادرا على مقاومة الاشعاع في حيوانات التجارب ان لا تظهر عليه سوى تغيرات مجهرية في خلايا العضلات وأوعية الدم بعد تعرّضه لجرعة معتدلة . أما في الانسان فيكثر حدوث التعميدات القلبية ، التي تتمثل بصفة رئيسية في التهاب التامور وتنتهي بالتليّف ، بعد فترات طويلة من الجرعات المتجزئة التي يزيد مجموعها على ٦٠ غرايا .

١٩٩- وهناك تفاوت كبير في الحساسية بين مختلف أجزاء الجهاز البولي . وتعتبر الكلية أكثر هذه الأجزاء حساسية وتليها المثانة والحالب . والتهاب الكلية الحاد والمزمن اللذان يعقبه

ارتفاع ضغط الدم والبول البروتيني ينجم عادة عن اعطاء جرعات كبيرة من الاشعاع للكلى . وقد أشارت التقارير الى حدوث تغيرات في حيوانات التجارب بعد تعريضها لاشعاع حاد تتراوح جرعته المساوية للحد الأدنى بين ٥ و ١٢ غرايا . ويمكن في حالة التجزئ المتبع عادة زيادة هذه الجرعات بمعامل لا يقل عن ٣ . وفي الانسان ، تؤدي الجرعة التي تتراوح بين ٢٠ و ٢٤ غرايا والتي تعطى خلال فترة تتراوح بين ٣ و ٤ أسابيع الى تغييرات في وظيفة الكلية ، ولهذا فان الجرعة المحتملة في العلاج بالأشعة هي عادة ٢٣ غرايا تقريبا خلال خمسة أسابيع . وسواء في البشر أو حيوانات التجارب تبدو الكلية أكثر حساسية حوالي وقت الولادة . وتتراوح الجرعة المحتملة للمثانة البولية من ٥٥ الى ٦٠ غرايا تعطى خلال ٣ - ٤ أسابيع .

٢٠٠- والخصية والمبيض حساسان للغاية . وقد يؤدي تعريض الخصية للاشعاع الى عقم مؤقت أو دائم ، وهذا يتوقف على الجرعة . ويبدو أن الخصية فريدة في كون تعريضها للاشعاع المتجزئ يسبب من التلف غير المشوائي أكثر وليس أقل مما يسببه العلاج مرة واحدة . وفي الانسان أبلغ أن جرعة واحدة تصل في انخفاضها الى (١٠) من الغراي تسبب عقما مؤقتا ، بالرغم من ان لحدوث انعدام النطفة الدائم يحتاج الى جرعات تزيد عن اثنين من الغرايات . وقد تكون هناك حاجة في بعض الأحيان لعدة سنوات قبل حدوث شفاء وظيفي كامل بعد اعطاء جرعات تسبب تلفا كبيرا . والمبيض في البالغات أكثر مقاومة من الخصية ، اذ انه ، بحلول وقت الولادة ، تكون خلايا البويضات جميعها قد تقدمت الى خلايا البيضة الأكثر مقاومة . بيد أن تعريض المبيض للاشعاع عندما يكون في مرحلة التكوين ، يترتب عليه ان الجرعات المجزأة التي يصل مجموعها الى اثنين من الغرايات تسبب أضرارا بالغة في الكلاب والقرود . وجرعة واحدة تربو على ٣ غرايات تقريبا ، أو جرعات مجزأة أعلى ، تسبب عقما مستديما في النساء .

٢٠١- وتختلف الجرعات المساوية للحد الأدنى بالنسبة لمختلف أجزاء الجهاز العصبي المركزي . وتمثل الآفات التي تصيب هذا الجهاز في تغيرات نسيجه ، وفقدان المايلين ، والتهاب الدماغ ، والموت الموضعي للأنسجة . ومن المعتقد أن التلف الأكثر حدة ينجم ، جزئيا على الأقل ، من الآفات الأولية التي تصيب الأوعية الدموية ، وعموما لا سبيل الى تداركه . وللجهاز العصبي المركزي قدرة محدودة على التجدد . وتدل البيانات المتعلقة بالحيوانات على أن التلف في بنينة لخلايا النسيج العصبي قد يحدث بعد اعطاء جرعات تتراوح من غراي واحد الى ٦ غرايات ما قد يحدث فسادا في الخلايا بعد شهر من انقضاء العلاج . وتسبب الجرعات الأعلى آثارا في وقت أقرب . فالجرعة التي يحتتمها الانسان عند العلاج بالأشعة في المخ بأكمله هي ٥٥ غرايا تقريبا تعطى خلال فترة تتراوح من ٥ الى ٦ أسابيع ، الا انه تشاهد تغييرات مورفولوجية بعد اعطاء ١٠ غرايات من الجرعات المجزأة . والجرعات الحدية للحبل الشوكي أكثر انخفاضا ان تبلغ نحو ٣٥ غرايا خلال ٤ أسابيع . ولاآثار التجزئ أهمية خاصة بالنسبة للمخ والحبل الشوكي .

٢٠٢- وتعريض الفخروف النامي للاشعاع يؤدي الى اضطرابات في عملية تكوّن العظام وما ينجم عن ذلك من تشويه . فالفخروف النامي حساس للغاية ، ومن المرجح ان الجرعة المساوية للحد الأدنى التي تصوق النمو صغيرة وقد تبلغ الصفر . وقد ورد في أحد التقارير ان غرايا واحدا

يؤدى في الحيوان الصغير الى اعاقه النمو بنسبة ٣ في المائة . وتكفي جرعات كاملة من ١. غرايات أو أكثر تجزأ للأطفال في جرعات يومية على مدى عدة أسابيع لاعاقه النمو الى حد ما . وكلما كان الطفل أصغر سنا زادت درجة الاعاقه . ومن ناحية أخرى ، فان الغضروف الناضج قد يتحمل جرعات أعلى بكثير . وبوجه عام ، تعتبر عظام البالغين قادرة الى حد معقول على المقاومة ، والتعرض لجرعات كاملة من ٦٥ غرايا على مدى ٦ - ٨ أسابيع لا يؤدى عادة الى موت الأنسجة موضعياً . بيد أنه قد يكون هناك استعداد للانكسار ، وهذا يتوقف على الاجهاد الآلي الذى تتعرض له العظام في الأحوال العادية .

٢٠٣- وتعتبر العدسة ، من بين الأنسجة العديدة في منطقة العين (الغدد الدمعية ، والملتحمة ، والقرنية ، والصلبة ، والشبكية) ، أكثر هذه الأنسجة حساسية للاشعاع الذى يؤدى الى تعقيم العدسة أو الكتركتا الاكلينيكية . وتشاهد الآثار الابتدائية في الانسان بعد غرايين من التعرض الحاد . وفي بعض الحيوانات ، مثل الفئران ، تلزم عادة جرعات أكثر انخفاضاً بكثير لاجداث الكتركتا في وقت مبكر . وبالنسبة للعدسة قد تكون الزيادة في الجرعة المساوية للحد الأدنى مع زيادة التجزئ أقل مما هو عليه الحال بالنسبة للأنسجة الأخرى . وفيما يتعلق بالغدد الصماء تعتبر الغدة النخامية في البالغين مقاومة للاشعاع . والغدة الدرقية عبارة عن نسيج بطيء التكاثر وقد تصبح آثار الاشعاع واضحة فيه بعد عدة سنوات . ولا بد من جرعات من ١. غرايات تعطى دفعة واحدة لاجداث عطب مورفولوجي لخلايا الغدد الدرقية وظهور أدلة على عطل الوظيفة .

٢٠٤- ويوحى التابع الزمني بين التغيرات التي تحدث في الأوعية الدموية وفي الأنسجة الحشوية بأن الاصابة الوعائية قد تقوم بدور هام في التغيرات المرضية (فقدان الخلايا ، التليف) التي تلي جرعات مرتفعة من الاشعاع ، وان كان من الصعب تقدير رد فعل المكونات الوعائية والحشوية بصفة منفصلة . ومن المعروف ان العطب المورفولوجي يحدث في الأوعية الدموية للأعضاء المتعرضة للأشعة ، وبعد التعرض بوقت طويل قد تؤدى هذه التغيرات الى اضطرابات في الوظائف الوعائية . والأغلب ان تكون الجرعات المساوية للحد الأدنى اللازمة لاجداث تغييرات دقيقة نسبياً أكثر انخفاضاً منها في حالة الاصابات العضوية الأكثر وضوحاً . وقد تختلف الجرعات المساوية للحد الأدنى التي يحدث عندها رد الفعل باختلاف الأنسجة التي توجد بها الأوعية الدموية .

٢٠٥- وقد استعرضت اللجنة بطريقة منهجية الآثار التي تحدثها النيوترونات السريعة التي يعرف انها تحدث ، عند تساوى الجرعات ، آثاراً بيولوجية أقوى مما تحدثه الأشعة السينية أو أشعة غاما . وبالنسبة للجرعات العالية التي تسبب اصابات لموسة تكون فعالية النيوترونات عادة بين ١ و ٥ أضعاف فعالية الأشعة السينية أو أشعة غاما . بل ان النيوترونات تكون أكثر فعالية اثناء المعالجة التجزيئية حين تقل كمية الجرعة بالنسبة لكل جزء من المعالجة .

٢٠٦- وهناك عادة اتساق في النوع والدرجة بين الآثار غير العشوائية التي تحدثها النيوترونات الباعثة لأشعة بيتا أو أشعة غاما والتي تعطى من الداخل والآثار الناجمة عن جرعات متوسطة مماثلة

توجه للأنسجة من الاشعاع الخارجي وتمطى بمعدل منخفض . وتتحدد الأنسجة التي تتأثر بنويدة معينة على أساس التوزيع المعين لتلك النويدة في الجسم ؛ ويتوقف مقدار الإصابة على خصائص الاشعاع وعلى التوزيع الزمني للطاقة المنبعثة . ولم تستكشف بعد استكشافا كاملا النماذج التي تربط بين التوزيع الزمني للجرعات الممتصة من نويدة الأشعة وبين التوزيع الزمني للاشعاع الخارجي المجزأ على أساس الآثار المتساوية . وهناك شكوك أيضا فيما يتعلق بالتوزيع الدقيق لطاقة نويدة الأشعة في الخلايا المستهدفة ، وهذه الشكوك تؤثر على اعطاء قيم دقيقة للفعالية البيولوجية النسبية للاشعاعات غير النفاذة ، مثل جسيمات الفا والكترونات " أوغر " ذات الطاقة المنخفضة المنبعثة من النويدات المشعة .

٣ - تقصير العمر الناتج عن الأشعة (١٥)

٢٠٧ - بالرغم من ان تقصير العمر هو نتيجة حقيقية للتعرض للأشعاع ، فثمة أدلة كثيرة جدا مستمدة من التجارب على الحيوانات توضح أن هذا الأثر ينجم بصفة أساسية ، في حالة الجرعات ومعدلات الجرعات التي تتراوح بين المنخفضة والمتوسطة ، عن أحداث امراض ورمية محددة . وتشير البيانات السنتي جمعها علماء الامراض الوراثية عن بقوا على قيد الحياة في هيروشيما وناغازاكي الى ان نفس النتيجة تنطبق على الانسان .

٢٠٨ - ومنذ صدور تقريرى سنة ١٩٥٨ وسنة ١٩٦٢ ، لم تستعرض اللجنة بطريقة منهجية البيانات المتعلقة بالاثار غير المحدد الذى يوصف بأنه تقصير للعمر والذى ادعي في كثير من الاحيان انه يحدث علاوة على الآثار الاكثر تحديدا للأشعاع (المولدة للسرطان أساسا) . وكانت الاهداف الرئيسية لاستعراض اللجنة الراهن للموضوع هي دراسة ما اذا كان هناك اثر من هذا القبيل وعلاقته بالشيخوخة الطبيعية أو الشيخوخة التي قد تكون ناجمة عن الأشعاع ؛ وبحث مدى اختلاف الجرعات ومعدلات الجرعات وظروف الأشعاع التي قد يصبح معها هذا الاثر واضحا ؛ وتحديد تأثير المتغيرات البيولوجية الاخرى (التكوين الوراثي ، والسن ، والجنس) على هذا الأثر .

٢٠٩ - وقد لوحظ مرارا في الماضي ان الحيوانات التي تبقى على قيد الحياة بالرغم من الآثار القصيرة الاجل للأشعاع تظهر اعرافا مما تتميز به الشيخوخة (شيب الفرو ، واطلام عدسة العين وفقدان القدرة التناسلية) . وكان الغالب على هذه الحيوانات أنها تموت قبل غيرها من حيوانات التجارب التي لم تتعرض للأشعاع ، مع ظهور تحول واضح نحو الاصابة المبكرة بالامراض التي تحدث الاصابة بها عادة عند التقدم في السن . وهذه المشاهدات ، لو نظر اليها مجتمعة ، دون ان تكون هناك معرفة عميقة ببيولوجيا الشيخوخة أو بالتغيرات الناجمة عن الأشعاع ذاتها ، تؤدي الى استنتاج أن الأشعاع ، بالإضافة الى تقصير العمر ، قد يجعل ايضا بالشيخوخة . وقد اجريت ابحاث كثيرة في الماضي في محاولة لاثبات هذه الفكرة .

٢١٠ - وقد استعرضت اللجنة باختصار النظريات المتعلقة بفيزيولوجيا الشيخوخة والآليات الممكنة التي قد ينطوى عليها التشيخ . ويبدو ان ما يعرف في الوقت الحاضر عن الظواهر البيولوجية ذاتها هو من الناحية بحيث لا يسوغ معه اجراء مناقشة اكثر استفاضة لتغييراتها الممكنة نتيجة للأشعاع . وعلى عكس ذلك ، هناك اعتقاد بأن من المفيد استكشاف الجوانب الاكثورية من عملية الشيخوخة ، أى قصر العمر ذاته ، في علاقتها بالتعرض للأشعاع . وفي هذا المجال ، يحسن

(١٥) يجرى استعراض هذا الموضوع باسهاب في المرفق كـ " تقصير العمر الناتج عن الأشعة " .

للمرء التساؤل عما اذا كان قصر العمر الناجم عن التعرض للاشعاع يمكن عزوه الى ظروف أو أسباب محددة ، أو ما اذا كان من الممكن رده الى أسباب متفرقة غير محددة ، والى أى مدى يكون ذلك ممكنا .

٢١١ - ولا توجد صعوبة كبيرة عادة في تحديد وقت الوفاة بدقة وفي تحليل الاحصائيات التي يتم استخلاصها (متوسط مدة البقاء ومدة البقاء الوسيطة ، ومعدلات الوفاة المرتبطة بالاعمار ، الخ) . بيد ان هذه هي النقط النهائية لظواهر كامنة متعددة . ويستلزم أى جواب مقنع للمشاكل الموجهة في الفقرة السابقة التحقن من أسباب الوفاة باجراء بحوث دقيقة عن الامراض ، وهو هدف صعب في حد ذاته ، خاصة في المسنين ، نظرا لوجود أمراض متعددة تتفاعل بعضها مع بعض . ومع ذلك فان هذه البيانات حاسمة في تقرير ما اذا كان للتعرض للاشعاع مثل هذا الاثر المحدد . وتعتقد اللجنة ، من حيث المبدأ ، انه ما لم يمكن اثبات أن الاشعاع يقدم وقت الوفاة دون أن يعدل المجالات واحتمالاته النسبية للامراض التي تصيب عادة غير المتعرضين للاشعاع فان فكرة تقصير العمر على اطلاقها فكرة لا يمكن الدفاع عنها . وقد لاحظت اللجنة في الواقع انه لم يقدم أبدا دليل تجريبي مقنع على تقصير العمر بشكل مطلق بحيث يستند فيه على وجه الخصوص الى تحليلات احصائية دقيقة تفسر آثار الامراض المختلفة المرتبطة بالسن .

٢١٢ - وعلى العكس فان الاغلبية الساحقة من البيانات التي تم الحصول عليها في التجارب على الحيوانات عند اعطاء جرعات ومعدلات للجسمعات لا تسمح باكتشاف التلف الناجم عن الاشعاع في الاجل القصير ، لا تؤيد الآراء القائلة بأن الاشعاع قد يسبب الشيخوخة المبكرة أو السريعة أو بأن حدوث المزيد من حالات السرطان ، وهو ما عند يصبح واضحها في هذه الظروف ، هو جانب واحد فقط من أثار أكثر عمومية هو التعجيل ببداية الشيخوخة . ولا يتعارض هذا مع ما لوحظ في مشاهدات أخرى من انه عند اعطاء جرعات ومعدلات للجسمعات عالية بقدر يكفي لتسبب الوفاة في الاجل القصير بالنسبة لعدد كبير من الحيوانات المتعرضة للاشعاع ، فان التلف غير المحدد الذي يصيب الاوعية الدموية والأنسجة الضامة ، أو الاثار غير العشوائية التي تحدث في الانسجة الأخرى ، قد تكون هي السبب في حالات الوفاة التي يصبح واضحها انها ترجع لاسباب عامة غير سرطانية . فالتعرض لجرعات عالية من هذا القبيل لا تكون له أهمية الا في بعض الظروف الاستثنائية .

٢١٣ - وقد حلت اللجنة المعلومات المتعلقة بتقصير العمر الذي يحدث في أنواع وسلالات كثيرة من حيوانات التجارب بسبب الاشعة السينية وأشعة غاما أو النيوترونات السريعة التي تعطى في جرعة واحدة . واعطاء الاشعاع في جرعة واحدة غير شائع عليا ، غير ان من المفيد التثبت من الحد الاعلى للأثر الذي يحدثه . وبالرغم من ان تقصير العمر الناجم عن الاشعة السينية أو أشعة غاما في كل سلسلة معينة من التجارب له علاقات مختلفة مع الجرعة مستقيمة أو غير مستقيمة ، فقد تبين أن علاقة مستقيمة أو علاقة تربيعية غير حدية تنس مع البيانات المتجمعة من سلاسل عديدة من التجارب أجريت على الفئران . والنسبة للعلاقة المستقيمة ، يبلغ متوسط الاثر المتمثل في تقصير العمر في المائة تقريبا لجرعة قدرها غراى واحد ، مع وجود فوارق في هذا الاتجاه أو ذاك

تتوقف على سلالة الحيوانات وخصائصها البيولوجية . ويبدو انه توجد ، بالنسبة للنوع الواحد من الحيوان وللجرعة الواحدة من النيوترونات السريعة ، علاقة صعودية محدّبة بين الجرعة وقصر العمر ، ودنا أيضا يكون التفاوت بين السلالات وانحفا للفاية .

٢١٤ - وأهم حالات التعرض للاشعاع عمليا هي حالة تعرض الحيوانات لمعدلات منخفضة طوال حياتها . ولا بد بطبيعة الحال من استخدام معدلات للجرعات أعلى بكثير جدا من المعدل الاساسي العادي لاجتياز أية آثارهاامة . ومن الممكن في حالة التعرض المستمر للاشعاع ان تنخفض الفاعلية التصوي للجرعات الاشعة السينية أو أشعة غاما انخفا كبيرا عن فاعلية الجرعة الواحدة . وبالنسبة للأشعة السينية وأشعة غاما فان التعرض للاشعاع بمعدل جرعات منخفضة على مدى الحياة يحدد على وجهه التقريب الحد الادنى للفاعلية في الاعمال التجريبية . وفي ظروف التعرض للاشعاع مدى الحياة يكون من الصعب جدا التمييز بين متغيري الجرعة والزمن وتحليل كل منهما على حدة ، لأن الاول ينشأ كدالة للاخير . وهكذا ، يمكن في الواقع توليد أشكال مختلفة من العلاقات بين الجرعة والاستجابة بالنسبة لمجموعة واسعة من الجرعات ، وذلك يتوقف على عمر الحيوانات ومدى قابليتها للتأثر بالعوامل المقصرة للحياة أو على القيم الفعلية لمعدل التعرض ، وان كان ما يتوصل اليه في الاحوال العادية ، في حالة الجرعات المنخفضة والمعدلات المنخفضة ، هو الاشكال المستقيمة اساسا .

٢١٥ - وقد درست اللجنة جميع البيانات المتوافرة المتعلقة بالاث الذي يحدثه تغيير معدل التعرض أو نمط تجزئة الجرعات على تقصير العمر . واستخلصت اللجنة أنه ضمن نطاق واسع من هذه المتغيرات يكون التغيير في الفعالية محدودا بالنسبة للاشعة السينية وأشعة غاما ومشكوكا فيه بالنسبة للنيوترونات . وقد تم الحصول على بيانات أخرى بتعريض الحيوانات الى معالجة ممتدة وانهاء هذه المعالجة قبل الوفاة بفترة من الوقت مما قد يكفل اجراء تقديرات أكثر تحديدا للعلاقة بين الزمن والجرعة . وهذه البيانات ، في الواقع ، يصعب جدا تفسيرها ، ربما لأن قابلية الحيوان للتأثر بالعوامل المقصرة للعمر تتغير أثناء التعرض للاشعاع نتيجة لظواهر التجرد التي تحفز عليها المعالجة الاشعاعية ذاتها . على انه عند تبين بوجه عام ان الاستجابة المتمثلة في قصر العمر التي تتبع هذه المعالجة تأتي في موقع متوسط بين الاستجابة لمعدل جرعة شديد الارتفاع والاستجابة لمعدل جرعة منخفض وممتد لفترة طويلة جدا .

٢١٦ - وتتطلب عادة أحوال التعرض الانتقائي لاعضاء وأنسجة معينة في حالات التعرض الداخلي للاشعاع بواسطة النويدات المشعة المحقونة أو المبتلعة ، نظرا لتركيز النويدات المشعة المختلفة في مختلف اجزاء الجسم . وقد تبين ان تقصير العمر المشاهد في هذه الظروف يمكن تفسيره باحداث السرطان أو التعجيل بنموه في مواقع الجسم المعرضة للاشعاع ، باستثناء حالات الجرعات المرتفعة للفاية حيث يمكن كشف التلف المبكر غير العشوائي .

٢١٧ - ودرست اللجنة أيضا فعالية النيوترونات تصل قوتها لفاية ١٤ مليون الكترون فولت (MeV) في احدات تقصير الحياة بالمقارنة بفعالية الاشعة السينية أو أشعة غاما . وقد تبين في سلسلة من التجارب المفردة أن جرعات النيوترون المرتفعة الى حد ما اثرت فعالية بما يتراوح بين ٣ أضعاف و ١٠ أضعاف في احدات تقصير وانح لل عمر . وتكون قيم الفاعلية البيولوجية النسبية أعلى عند انخفاض الجرعات ومعدلات الجرعات .

٢١٨ - واستعرضت اللجنة المتغيرات البيولوجية التي تؤثر على تقصير العمر . ونظرت اللجنة ضمن هذه المتغيرات في الخصائص الجينية للانواع والسلالات ، والجنس ، وسن الحيوانات ، سواء قبل الميلاد أو بعده . ونظرت اللجنة أيضا في التغييرات التي تحدث في عملية تقصير العمر نتيجة لمختلف المعالجات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية . ونظرا لأن تقصير العمر يعتمد الى حد كبير على الخصائص المرئية للانواع المختلفة ، فان اللجنة تعتقد ان مستوى المعرفة في الوقت الحاضر لا يبرر الاستقالات الكمية التي تحاول التنبؤ بما يحدث للانسان في ظروفه ذات الاهمية الصليبية قياسا على بيانات مستمدة من التجارب على الحيوانات .

٢١٩ - وبالنسبة لمن يتعرضون للاشعاع بحكم وظائفهم ، وخاصة اخصائيي الاشعة ، فقد حدثت اصابات بالأضرار الناجمة عن الاشعاع مثل سرطان الدم وسرطان البلد في الايام الاولى السنتي أعقبت اكتشاف الاشعة السينية والراد يوم . ومن الممكن ان يكون قد حدث قصر، يزيد على ما ينسب الى هذه الظروف ، في أعمار اخصائيي الاشعة الاوائل الذين كانوا يتعرضون لمدة طويلة لجرعات غير معروفة ولكنها قد تكون عالية كما تدل عليه بعض البيانات وان لم يكن كلها . بيد ان التقارير تفيد ان تقصير العمر الذي لا يرتبط بالسرطان قد اختفى بالنسبة لخصائيي الاشعة الذين بدأوا في التعرض بعد ان أصبحت ممارسات الحماية من الاشعاع معمولا بها . ويستنتج من ذلك منطقيا انه في حدود المدى الموصى بأنه " مسموح به " في وقت حدوث هذه التعرضات (أي في حدود جرعات تصل الى عشرة أضعاف من الجرعات المقبولة في الوقت الراهن) لا يمكن توقع أي تقصير للعمر وان ما يتبقى من سرطان الدم أو غيره من أنواع السرطان الناجمة عن الاشعاع لن يكون كافيا ل احدات تقصير في العمر في أنواع البشر يمكن تبينه احصائيا في نطاق أحجام العيانات التي يجري تحليلها عادة .

٢٢٠ - وليس في البيانات التي تم الحصول عليها من فئات من المرضى المعالجين بالاشعاع ما يدل على حدوث تقصير للعمر . وهذا القول محدود نظرا لطبيعة البيانات التي يستند اليها ، ثم لا اعتبارين اثنين على وجه الخصوص . الاول هو انه لم يعرض للاشعاع سوى جزء فقط من جسم المريض وانه لا يوجد في هذه الظروف ما يبرر توقع حدوث تقصير للعمر كبير وغير معد . والثاني هو ان حجم الفئات التي تم فحصها أقل عادة من عدد الافراد المعرضين بسبب مهنتهم وأفضل بكثير من عدد الذين بقوا على قيد الحياة بعد تفجير القنبلة الذرية .

٢٢١ - وقد ادى بالفعل ظهور حالات من سرطان الدم ، والسرطان عموما تزيد على متوسط معدل الإصابة التلقائية الى احداث بعض التفسير للعمريين من بقوا على قيد الحياة بعد تفجير القنبلة الذرية في اليابان . ويمكن تفسير مدى هذا الاثر تفسيراً تاماً على ضوء هذه الاصابات ولا داعي لافتراض سبب غير محدد . وما يجعل هذه النتيجة سليمة الى حد محقول ان هذه المشاهدات قد تمت على عينة كبيرة جدا وانها تأدت على مدى ما يزيد على ثلاثين سنة وان كانت لا تنطوي الا على أكبر السكان سناً .

٤ - الآثار البيولوجية للاشعاع مجتمعة مع العوامل الأخرى (١٦)

٢٢٢- ان الآثار الناجمة عن الاشعاع ، مجتمعة مع الآثار الناجمة عن العوامل الأخرى الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية ، قد تكون ذات أهمية كبرى غير أن البيانات ذات الصلة بصعوبة ومتضاربة . ولذلك كان التأكيد في هذا الاستعراض بصورة رئيسية على الناحية النظرية ، مع ايراد أمثلة ايضاحية عن تعقيدات الموضوع مستقاة من تقارير تجريبية واييد ميولوجية . وباستثناء حالة دخان التبغ ، الذى قد يعطى بالتضافر مع الاشعاع في توليد سرطان الرئة في ظروف عمل معينة ، فان هذه الدراسة لم تتمكن ، فيما يتعلق بالانسان ، من اثبات أية حالة واخرحة للتفاعل ، على الأقل من النوع الذى قد يسفر عن تعديلات هامة في تقديرات الأخطار بالنسبة لقطاعات هامة من السكان . وقد حددت اللجنة الاتجاهات الرئيسية التي يمكن للعامل في المستقبل أن يسير فيها ، وذلك بالنظر لعدم كفاية البيانات في الوقت الحاضر عن الآثار مجتمعة .

٢٢٣- وقد تكون الآثار المشتركة للاشعاع المؤيّن وللعوامل الأخرى الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية ذات أهمية كبرى بسبب تواجد الاشعاع في كل مكان في الطبيعة ويمكن ، في الحياة المعاصرة ، تصور مواقف كثيرة قد تؤدي الى شكل ما من أشكال التفاعل .

٢٢٤- وعلى الرغم من كثرة التقارير التي تدّعي أو تبين شكلا من أشكال التفاعل ، فان اللجنة تعتقد أن نتائج هذه الدراسات هي ، بوجه الاجمال ، غير نهائية ، لأسباب عدة . أولا ، يبدو ، لدى النظر في هذه التقارير بصورة شاملة في ضوء أهداف اللجنة ، وأنها تشير الى مستويات تعرض للاشعاع أعلى بكثير من المستويات البيئية ذات الأهمية العظيمة ، وأنها تتغصن فترات تعرض مفردة ، أكثر منها مطوّلة . وثانيا ، هناك نقص في المعالجة المنظمة لكل حالة من حالات التفاعل فيما يتصل بجرعات العوامل المتفاعلة وآليات التفاعل . وثالثا ، فقد كان استخدام كثير من التقارير لمنهجيات التحليل الملائمة ضئيلا ، رغم توفر هذه المنهجيات في حقول العلوم البيولوجية الأخرى منذ زمن طويلا . وأخيرا ، فان عدم وجود القواعد المفاهيمية السليمة بشأن الطبيعة التي يمكن أن يكون عليها التفاعل ، جعل من غير الممكن تحديد هذه الفكرة حتى ولو بدرجة معتدلة من الدقة .

٢٢٥- والنظر الى الحالة المبينة عليه ، فقد ارتأت اللجنة أن معالجة أولية نظرية لهذا المجال ؛ في محاولة لطرح تعاريف ، وتحديد منهجيات للتحليل ، وتبيان الطبيعة المعقدة للمشاكل بأكثر من ثلاثة عظمية ؛ هي أكثر ملاءمة في استعراض منظم للتقارير المقدمة عما كتب في هذا الموضوع . وقد نظرت اللجنة في نوعين ممكنين للتفاعلات . في النوع الأول منهما ، قد يولد كل من الاشعاع المؤيّن والعامل المتفاعل الآخر أثرا ما . وفي هذه الحالة ، ينظر الى خصائص الجمع والتضافر ، والتنافر على أنها الشروط الثلاثة الممكنة للتفاعل . والنوع الثاني منهما ، هو ما يجرى بين الاشعاع المؤيّن وأى عامل آخر خامل بحد ذاته عند استعماله بمفرده . وفي هذه الحالة ، فان الوقاية واستثارة الحساسية

(١٦) يجرى استعراض هذا الموضوع بإسهاب في المرفق لام " الآثار البيولوجية للاشعاع مجتمعة مع العوامل الأخرى الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية " .

هما المصدحان اللذان يصفان ، بالترتيب ، تخفيض آثار الاشعاع العامل بمفرده أو زيادتها . غير أن مثل هذا التصنيف ليس مبالغاً لأن جرعات العوامل المتفاعلة وأنواع الآثار الناجمة قد تؤثر بعمق على طبيعة التفاعل ودرجته . وقد درست المواد التي تزيد احتمال الإصابة بالسرطان كحالة خاصة .

٢٢٦- وكان أول ما نوقش مفاهيم التعرض والجرعة والتجاوب على أنها قابلة للتطبيق في الحالة الخاصة المتمثلة في الآثار المجتمعة . ومن ثم استعرضت اللجنة منهجيات التحليل الموجودة ، التي قد تسمح بإجراء تقييم لنتائج المعالجات المجتمعة ، من الناحية النوعية على الأقل . كما أجريت مناقشة أكثر تفصيلاً بشأن هذا الموضوع ، من ناحية الاحتمالات ، وهي تؤدي ، في ظروف معينة ، الى وصف دقيق لعوامل التفاعل . وقد أولي اهتمام الى امكانية تدابيق هذه المفاهيم الأساسية ، التي يغلب عليها التجريد مع ذلك ، على مواقف عملية تتواجد فيها مؤثرات بيولوجية معقدة .

٢٢٧- وفي سبيل التوصل الى أوجه مجدية فانه يتمين تحديد وسبر الآثار البيولوجية قيد الدرس جيداً ، بالنسبة لجرعات العناصر المتفاعلة في مداها الكلي ، المستخدمة فرادى ومجمعة . وغالباً ما يكون النمط الزمني للتعرض (الآني أو المتعاقب ، الكلي أو المجزأ) والترتيب الذي يتم به استخدام العناصر ، ذا أهمية حاسمة فيما يتعلق بتوليد نوع ودرجة معينين من الآثار . كما أن المعرفة المفصلة للآلية هي شرط مسبق لتقييم ظروف التفاعل ودرجته . غير أن هذه المتطلبات الأساسية ، في الكثير من الأفعال المدروسة ، لم تستوف أو أنها لم تسبر الا بشكل غير كامل ؛ وكذلك فان الدلالة الاحصائية للنتائج غالباً ما كانت منخفضة الى درجة يصبح معها أى تقييم للتفاعل لا يصلح الا للاستئناس فقط ، على أحسن الفروض .

٢٢٨- وفيما يتعلق بتفاعل الاشعاع والعناصر الفيزيائية الأخرى ، فان المعلومات المتوفرة هي في معظمها عن تفاعلات بين أنواع مختلفة من الاشعاع المؤيّن أو بين الاشعاع المؤيّن ، من جهة ، والاشعاع فوق البنفسجي والموجات الدقيقة والحرارة ، من جهة أخرى . وقد أبلغ ، كما يبدو ، عن حدود مفعول تخافسري في أجسام العاطلين في الصناعة التقنية : الاشعاعية المعرضين للاشعاع المؤيّن والموجات الدقيقة معا . وكان موضع دراسة آثار الخلل الوظيفي في الجهاز العصبي والدارفسي والأعراض الذاتية للانزعاج . وقد أظهر تحليل نقدي للبيانات أن طبيعة الأعراض ، وصعوبة تحديدها كميته ، وظروف التعرض التي فيها القدر الكافي من التحكم ، والاحصاءات غير الكاملة ، هي كلها أسباب تدعو الى النظر الى هذه التقارير ببعض التحفظ . والبيانات أقل توفراً عن مفعول الاشعاع مجتمعاً مع الارتفاعات الكبيرة ، والاجهاد الجسمي ، والعذاب الحركي ، والموجات فوق الصوتية ، والنتائج تبد وبوجه الاجمال غير نهائية .

٢٢٩- وقد درست أصناف مختلفة كثيرة للمركبات الكيميائية لتحديد تفاعلها الممكن مع الاشعاع . وقد تكون المركبات غير العضوية ، التي تحتوي على الرصاص والكاديوم والكور والبيريليوم والبلاتين ، ذات أهمية في ظروف العمل الخاصة ويمكن توسيع الخبرة المتوفرة المحدودة جداً في سبيل التوصل الى نتائج أكثر تحديداً ، وذلك على نحو مفيد . ويعتقد أن البيانات المتوفرة عن مختلف أنواع الضار هي غير أكيدة الى حد كبير بسبب ايرادها آثاراً جمعية وتضارفية ومعيقة ، الى درجة لا تزيد عن معامل قدره أربعة في أسوأ الظروف الممكنة ، بالمقارنة مع الآثار التي يولدها الاشعاع منفرداً .

ويبدو أن المخدرات الحيوية، والمواد العلاجية الكيميائية والعناصر الصيدلانية الأخرى هي أكثر أهمية في الأحوال الإكلينيكية الخاصة منها بالنسبة للسكان على الإطلاق .

٢٣٠- وقد أولي اهتمام خاص للمفصول الممكن للاشعاع مجتمعاً مع مركبات عرفت بخاصتها السرطانية . وعلى الرغم من أن المعلومات المستعرضة تسمى بالاعتماد على المسببات والمعززات، فإن البيانات المتوفرة عن كل من هذه المواد هي غير كاملة إلى حد كبير والأدلة متضاربة . وليس في إمكان تقدّم أية افادة نهائية فيما يتعلق بأية مادة أو بأى صنف من الأورام، ما لم يتم، بتعمق أكثر، تحليل الجرعات وجدولها الزمني، واجراءات المعالجة في المعالجات المتلازمة . وقد يكون في إمكان توسيع الخبرة بشأن البنزو (أ) بيرين، والديثيلنتروسامين، ومختلف أنواع الفبار والأدخنة والأبخرة المتصاعدة من احتراق النفط، وذلك بغية التوصل إلى نتائج أكثر ثباتاً، بالنظر لتواجد هذه المواد في البيئة على نطاق واسع .

٢٣١- ويبدو أن مفصول دخان التبغ في الانسان قد يكون تقصير الوقت اللازم لظهور سرطان الرئة الذي تولده جزيئات ألفا من نظائر الرادون . ولم يتضح بعد فيما إذا كان هذا العمل قد ينتج عن الحث الذي يقوم به مكوّن معين ما من مكونات دخان التبغ، أم أنه يمكن عزوه إلى آثار أخرى غير معينة على أنسجة جهاز التنفس . وقد يتوقف التقييم الدقيق لعامل التفاعل بشكل حرج على طول فترة الملاحظة، وكذلك على هيكل سن الأشخاص المعرضين وتفاصيل هذا التعرض .

٢٣٢- وأما عند الحيوانات، فهناك دليل على أن بعض الهرمونات قد تؤثر على وقت ظهور الأورام المتولدة عن الاشعاع أو على معدل ظهورها، ولا سيما أورام الغدة التديية . ويتمثل هذا التضافر بصورة رئيسية في تقصير الوقت اللازم لبدء الورم . غير أنه يوجد تنوع كبير في الأثر التضافري بحسب السلالة الحيوانية، بحيث أن جدول المعالجة نفسه يوّلد تضافراً في بعض السلالات وتنافراً في سلالات أخرى . كما يوجد تنوع فيما يتعلق بنوع الورم . وفيما يتعلق بالانسان، فإن المعلومات المباشرة غير متوفرة . وقد ولدت العناصر البيولوجية الأخرى مثل الفيروسات والبكتريا، أو التغييرات في الحمية الغذائية، عند استخدامها مصاحبة للاشعاع، نتائج خلافية أو نتائج سلبية .

٥ - الموجز والنتائج

٢٣٣- ولم تسفر الدراسات التي قامت بها اللجنة في مجال الآثار البيولوجية للاشعاع المؤيّن عن تنقيحات رئيسية في التفكير الراهن بشأن تقديرات الأخطار الجينية أو الآثار الجسدية المحلّلة . غير أنها ركزت على بعض المتاورات الجديدة الهامة وأدت إلى صقل المعرفة السابقة . ووجه الاجمال، فإن هذه الدراسات الجديدة قد عززت اعتقاد اللجنة بأن آلية بعض آثار الاشعاع قد أصبحت مفهومة جيداً بشكل معقول . وهذا ما يتنابق بصورة خاصة على الآثار التي ليست رهينة بالصدفة .

٢٣٤- والنسبة للآثار الأخرى، مثل الآثار التي تتوقف على تحوّر الأنسجة الجديدة غير الطبيعية للخلايا المعرضة للاشعاع، فلا تزال المعرفة الحالية بالآلية التي يتم بها ذلك ناقصة إلى درجة كبيرة . وسيجرى مزيد من التحليل لآلية بدء السرطان عندما يتم ابضاح قياس وحدات الاشعاع التي تعرّض لها الناجون في كل من هيروشيما وناغازاكي . وستواصل اللجنة مراقبتها لكامل مجال تولّد السرطان بالاشعاع، واستعراضها له، بما في ذلك الأسس النظرية وتقديرات الخطر الفعلي لبدء السرطان عند الانسان .

٢٣٥- أما بالنسبة للآثار الوراثية ، فان اللجنة تلاحظ أنه قد تم احراز المزيد من التقدم في معرفتنا عن الحركية بين الجرعة والتجاوب ، والجوانب الأخرى لبعض الأنواع الأكثر أهمية من التغيرات الجينية التي يمكن توليدها بواسطة الاشعاع في الثدييات المستخدمة في التجارب . ولا يزال الاستخدام الواسع لبيانات التجارب من أجل تقييم الخطر على الجينات يعتبر جوهريا في غياب النتائج الايجابية الهامة فيما يتعلق بالآثار الوراثية بعد تعرض الانسان للاشعاع . وقد تم استحداث أسلوب جديد لتقييم حجم الأضرار التي يتعرض لها الجيل الأول من جراء التحولات الوراثية السائدة المؤذية . وقد أسفر هذا النهج ، وأساليب أخرى لتقييم الأضرار على الجينات في ذرية أولئك الذين يتعرضون لجرعات منخفضة من الاشعاع ، عن نتائج مطابقة جدا . غير أنه لا يزال هناك الكثير من المشاكل الهامة . فعلى سبيل المثال ، تعتبر الخلايا الجرثومية عند المرأة أقل استعدادا من الخلايا الجرثومية عند الرجل للاصابة بحداب في الجينات من جراء التعرض لدرجة منخفضة من الاشعاع ، ولكن القدر الفعلي لهذا الاختلاف لا يزال غير مؤكد . كما أن الأمر سيحتاج الى مزيد من العمل بشأن المدى الذي تؤدي فيه التحولات الوراثية المتنحية الى عدايب في الجينات يستمر طوال أجيال كثيرة بعد الجيل الأول . وعلى كل حال ، فان احراز تقدم في مجال علم الوراثة عند الانسان واستحداث أساليب جديدة لمقارنة معدلات حدوث التحولات في خلايا الانسان والحيوان ، لا بد وأن يساعد في حل بعض ما تبقى من هذه المشاكل .

التذييل الأول

قائمة بأسماء أعضاء الوفود الوطنية

فيما يلي قائمة بأسماء العلماء الاخصائيين الذين اشتركوا في اعداد هذا التقرير اثناء حضورهم دورات اللجنة بوصفهم أعضاء في الوفود الوطنية .

اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية

أ. غوسكوف (مثلة) ، أ. م. كوزين (ممثل) ، ر. م. اليكساخين ، ف. ف. ريدكين ، ف. أ. شيفشنگو ، أ. ل. فيخروف ، أ. موبسيسف

الأرجنتين

د. بيننسون (ممثل) ، أ. ه. غونزليز (ممثل)

استراليا

ك. لوكان (ممثل) ، ج. ر. موروني (ممثل)

المانيا (جمهورية - الاتحادية)

ف. ل. شتيف (ممثل) ، او. ايلنغ ، ف. جاكوبي ، ل. راوش ، ك. شتيفر ، أ. كاول ، ه. كريغيل

اندونيسيا

أ. بايكوني (ممثل) ، ع. اسكندر

البرازيل

اي. بينا - فرانكا (ممثل)

بلجيكا

م. ايريرا (ممثل) ، ف. ه. سوبيلس (ممثل) ، ب. ت. أتين ، ج. ميزان

بولندا

ز. يافوروفسكي (ممثل)

بيرو

س. جوسمان - اسيفيدو (مثل) ، م. زاهاريا (مثل)

تشيكوسلوفاكيا

م. كليميك (مثل)

السودان

أ. هداية الله (مثل)

السويد

ب. ليندل (مثل) ، ك. ادفارسون ، ه. أو. سنييس ، ج. فاليندر ، ك. ج. لونينغ

فرنسا

ه. جاميه (مثل) ، أ. بوفيل ، ب. بيليران ، ب. ديترييو ، ج. لافوما ، ر. كولون

كندا

ج. بتلر (مثل) ، ل. ج. لوتورنو (مثلة) ، أ. م. ماركو (مثل) ، و. ر. بوش ، فابراقتل ، ه. روشيلد ، د. ك مايرز ، ل. موللر

مصر

م. الخرادلي (مثل)

المكسيك

خ. ر. اورتيز - ماجانا (مثل) ، خ. ر. تيليشي (مثل)

المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وايرلندا الشمالية

ل. بوشين (مثل) ، أ. ج. سيرل ، ك. كارتير ، ف. مورلي ، ك. ل. هالنان

الهند

س. د. سومان (مثل) ، ك. سوندارام (مثل) ، ف. أ. شاه (مثل)

الولايات المتحدة الأمريكية

و.ك . سنكلير (ممثل) ، ر.د . موسيلي (ممثل) ، ك. ادينغتون ، ل. اندرسن ، أ. م .
برويس ، ر. بيكر ، و.ل . راسل ، ج . ب . ستورر ، ج . ك . فيلفورث ، ف. ل. ميتلر، ج . هـ .
هارلي ، هـ . أو . ويكوف

اليابان

ت. كوماتوري (ممثل) ، ك. ميسونو (ممثل) ، ر. ايشيكارا ، أ. كاساي ، س. كوباياشي ،
ي . كيشيموتو ، س. ناكاي

التذييل الثاني

قائمة بأسماء الموظفين العلميين والخبراء الاستشاريين الذين تعاونوا مع اللجنة في اعداد التقرير

ب . ج . بنيت

د . بنينسون

أ . بوفيل

ر . ب . بيرسون

ف . تايلور

ك . سانكارا نارايانان

ج . أو . سنيس

ف . د . سوباي

ج . سيليني

س . ب . فيلد

ر . هـ . كلارك

م . كويولا

م . ف . كوترال

ف . ليسكوف

ي . لينتشكي

ب . ليندل

ج . أ . م . ويب

التذييل الثالث

قائمة بالتقارير التي تلقتها اللجنة

- ١ - تدرج في القائمة أدناه التقارير التي تلقتها اللجنة من الحكومات في الفترة من ١٣ نيسان/أبريل ١٩٧٧ إلى ٢٦ آذار/مارس ١٩٨٢ .
- ٢ - أما التقارير التي تلقتها اللجنة قبل ١٢ نيسان/أبريل ١٩٧٧ فانها مدرجة في التقارير السابقة التي قدمتها اللجنة الى الجمعية العامة .

رقم الوثيقة	اسم البلد وعنوان الوثيقة
A/AC.82/R.	
1561	الولايات المتحدة الأمريكية Health and Safety Laboratory: Environmental Quarterly, HASL-318, 1 April 1977
1562	فرنسا Surveillance de la radioactivité en 1976
1563	المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وأيرلندا الشمالية Radioactive fallout in air and rain: results to the end of 1976
1564	جمهورية ألمانيا الاتحادية Environmental radioactivity and radiation levels in the year 1975
1565	الولايات المتحدة الأمريكية Health and Safety Laboratory: Environmental Quarterly, HASL-321, 1 July 1977
1566	المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وأيرلندا الشمالية Radioactivity in human diet in the United Kingdom, 1976
1567	اليابان Radioactivity Survey Data in Japan, Number 41, November 1976
1568	اليابان Radioactivity Survey Data in Japan, Number 42, April 1977
1569	الولايات المتحدة الأمريكية Health and Safety Laboratory: Environmental Quarterly, HASL-328, 1 October 1977
1570	الولايات المتحدة الأمريكية Health and Safety Laboratory: Final tabu- lation of monthly strontium-90 fallout data: 1954-1976. HASL-329, 1 October 1977
1571	سويسرا 20th Report of the Federal Commission on Radioactivity for the year 1976
1572	جمهورية ألمانيا الاتحادية The content of radioiodine in air, rain, grass, cowmilk and goatmilk following the Chinese nuclear test explosion on 26 September 1976

رقم الوثيقة	اسم البلد وعنوان الوثيقة
A/AC.82/G/L.	
1573	الولايات المتحدة الأمريكية Environmental Measurements Laboratory: Environmental Quarterly, EML-334, 1 January 1978
1574	المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وإيرلندا الشمالية Fallout in rainwater and airborne dust - levels in the UK during 1976
1575	جمهورية ألمانيا الاتحادية Environmental radioactivity and radiation levels in the year 1976
1576	اليابان Radioactivity Survey Data in Japan, number 43, November 1977
1577	المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وإيرلندا الشمالية Radioactive fallout in air and rain: results to the end of 1977
1578	الولايات المتحدة الأمريكية Environmental Measurements Laboratory: Environmental Quarterly, EML-339, 1 April 1978
1579	الولايات المتحدة الأمريكية Environmental Measurements Laboratory: Environmental Quarterly, EML-342, 1 July 1978
1580	المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وإيرلندا الشمالية Radioactivity in human diet
1581	الولايات المتحدة الأمريكية Environmental Measurements Laboratory: Environmental Quarterly, EML-344, 1 October 1978
1582	الولايات المتحدة الأمريكية Environmental Measurements Laboratory: Index to Environmental Quarterly, EML-345
1583	الولايات المتحدة الأمريكية Environmental Measurements Laboratory: Regional Baseline Station, Chester, NJ; EML-347
1584	المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وإيرلندا الشمالية Calculation of dose rate and air ionisation from radioactive fallout deposited at Chilton, 1951 to 1977
1585	سويسرا 21st Report of the Federal Commission on Radioactivity for the year 1977
1586	سويسرا Radiation levels and dosimetry of the persons occupationally exposed in Switzerland in 1977

رقم الوثيقة	اسم البلد وعنوان الوثيقة
A/AC.82/G/L.	
1587	جمهورية ألمانيا الاتحادية Environmental radioactivity and radiation levels, annual report 1975
1588	جمهورية ألمانيا الاتحادية Environmental radioactivity and radiation levels, annual report 1976
1589	جمهورية ألمانيا الاتحادية External radiation exposure from natural radioactivity outside and in housings, with special reference to the influence of building materials
1590	الولايات المتحدة الأمريكية Environmental Measurements Laboratory: Environmental Quarterly, EML-349, 1 January 1979
1591	المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وأيرلندا الشمالية Fallout in rainwater and airbrone dust - levels in the UK during 1977
1592	المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وأيرلندا الشمالية Radiation exposure of the UK population
1593	اليابان Radioactivity Survey Data in Japan, Number 46, September 1978
1594	اليابان Radioactivity Survey Data in Japan, Number 47, December 1978
1595	جمهورية ألمانيا الاتحادية Stochastic late effects after partial body irradiation in diagnostic radiology
1596	اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية Accumulation of radiostrontium by agricultural plants from soil in different soil and climatic conditions
1597	اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية Some peculiarities of the extra-radical pollution of agricultural plants in different soil-climatic zones of the country
1598	اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية Collective dose for the USSR population as a result of the use of the sources of ionizing radiation for medical purposes
1599	اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية Late effects expressed as a yield of the mammary tumours after iodine-131 incorporation in conditions of combined action
1600	اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية The biological danger of iodine-129
1601	اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية The distribution of strontium-90 in the soils of the Azerbaijanian SSR

رقم الوثيقة	اسم البلد وعنوان الوثيقة
A/AC.82/G/L.	
1602	اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية The significance of iodine radionuclides in the toxicity of nuclear fission products
1603	اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية The content of strontium-90 and caesium-137 of global origin in the food of the USSR population 1974-1975
1604	اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية Resorption and metabolism of iodine-131 after its accumulation through grass
1605	اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية The mechanism of the influence of lime and peat on the transfer of strontium-90 to the plants
1606	اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية The model of vertical migration of ¹³⁷ Cs in soils and prognostication of the exposure
1607	اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية The content of strontium-90 in bones of the USSR population in 1974-1975
1608	اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية Regularities in the behaviours of iodine radionuclides in the environment
1609	الولايات المتحدة الأمريكية Environmental Measurements Laboratory: Environmental Quarterly, EML-353, 1 April 1979
1610	الولايات المتحدة الأمريكية Environmental Measurements Laboratory: Environmental Quarterly, EML-356, 1 July 1979
1611	اليابان Radioactivity Survey Data in Japan, Number 48, March 1979
1612	المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وايرلندا الشمالية Radioactive fallout in air and rain: results to the end of 1978
1613	الأرجنتين ⁹⁰ Sr and ¹³⁷ Cs from fallout in Argentina: monitoring results to the end of 1978
1614	جمهورية ألمانيا الاتحادية Radiation levels in occupationally exposed persons
1615	جمهورية ألمانيا الاتحادية Radiation exposure in the Federal Republic of Germany in 1976 due to nuclear facilities

رقم الوثيقة	اسم البلد وعنوان الوثيقة
A/AC.82/G/L.	
1616.	الولايات المتحدة الأمريكية Environmental Measurements Laboratory: Environmental Quarterly, EML-363, 1 October 1979
1617	الولايات المتحدة الأمريكية Environmental Measurements Laboratory: Regional Baseline Station, Chester, NJ; EML-367
1618.	اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية The application of radioactive admixtures for studies of the transport of compounds injected to the stratosphere
1619.	اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية The assessment of repair parameters and the effective dose after single internal contamination of the organism with radionuclides
1620	اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية The possibility to use dogs' bones to indicate the content of strontium-90 in the human skeleton
1621	سويسرا 22nd report of the Federal Commission on Radioactivity for the year 1978
1622	الولايات المتحدة الأمريكية Environmental Measurements Laboratory: Environmental Quarterly, EML-370, 1 January 1980
1623	جمهورية ألمانيا الاتحادية Environmental radioactivity and radiation levels, annual report 1977
1624	جمهورية ألمانيا الاتحادية Report of the Federal Government on environmental radioactivity and radiation levels in the year 1977
1625	جمهورية ألمانيا الاتحادية Methods and results of surveillance of radionuclides released from nuclear power plants
1626	المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وأيرلندا الشمالية Radioactivity in human diet
1627	المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وأيرلندا الشمالية Fallout in rainwater and airborne dust - levels in the UK during 1978
1628	الولايات المتحدة الأمريكية Environmental Measurements Laboratory: Environmental Quarterly, EML-371, 1 April 1980
1629	اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية Photon radiation of natural radionuclides

رقم الوثيقة	اسم البلد وعنوان الوثيقة
A/AC.82/G/L.	
1630	اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية Ratio of ^{210}Po to ^{210}Pb in the bones of humans and animals
1631	اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية The content of ^{90}Sr and ^{137}Cs in food products of the Estinian SSR 1966-1975
1632	الولايات المتحدة الأمريكية Environmental Measurements Laboratory: Environmental Quarterly, EML-374, 1 July 1980
1633	فرنسا Surveillance de la radioactivité en 1977
1634	فرنسا Surveillance de la radioactivité en 1978
1635	جمهورية ألمانيا الاتحادية Environmental radioactivity and radiation levels in the year 1978
1636	الولايات المتحدة الأمريكية Environmental Measurements Laboratory: Environmental Quarterly, EML-381, 1 October 1980
1637	اليابان Radioactivity Survey Data in Japan, Number 50, September 1979
1638	اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية Genetic effects in populations after the action of ionizing radiation
1639	اليابان Radioactivity Survey Data in Japan, Number 49, June 1979
1640	سويسرا 23rd Report of the Federal Commission on Radioactivity for the year 1979
1641	الولايات المتحدة الأمريكية Environmental Measurements Laboratory: Regional Baseline Station, Chester, N.J.
1642	اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية Caesium-137 and strontium-90 in the biosphere of polar regions of the USSR
1643	اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية Strontium-90 in bone tissue of the USSR population for the period 1973-1978
1644	المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وأيرلندا الشمالية Radioactive fallout in air and rain: results to the end of 1979
1645	بلجيكا Radioactivity measured at Mol 1972
1646	بلجيكا Radioactivity measured at Mol 1973
1647	بلجيكا Radioactivity measured at Mol 1974

رقم الوثيقة	اسم البلد وعنوان الوثيقة	
A/AC.82/G/L.		
1648	فرنسا	Surveillance de la radioactivité en 1979
1649	اليابان	Radioactivity Survey Data in Japan Number 51, December 1979
1650	الولايات المتحدة الأمريكية	Environmental Measurements Laboratory: Environmental Quarterly, EML-390, 1 May 1981
1651	جمهورية ألمانيا الاتحادية	Environmental radioactivity and radiation levels, annual report 1978
1652	الأرجنتين	Radiological impact of radioactive waste management
1653	الأرجنتين	Levels of ¹³⁷ Cs and ⁹⁰ Sr in environmental samples in Argentina 1960-1980
1654	الأرجنتين	Exposure of the public related to the operation of the nuclear power plant in Atucha
1655	الأرجنتين	Doses from occupational exposure at the Comisión Nacional de Energía Atómica during 1977-1980
1656	الأرجنتين	Determination of absorbed doses in a computerized tomography scanner
1657	اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية	Questions concerning the metabolism of carbon-14
1658	المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وأيرلندا الشمالية	Fallout in rainwater and airborne dust - levels in the UN during 1979
1659	المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وأيرلندا الشمالية	Radioactive fallout in air and rain: results to the end of 1980
1660	اليابان	Radioactivity Survey Data in Japan Number 52, March 1980
1661	اليابان	Radioactivity Survey Data in Japan Number 53, June 1980
1662	اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية	The formation of effective dose during chronic intake of various radionuclides in the body
1663	اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية	Isotopes of the uranium and thorium series in fertilizers containing phosphorus, arable soils and agricultural plants
1664	اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية	The combined effect on the body of ionizing and non-ionizing radiation and certain other factors

رقم الوثيقة	اسم البلد وعنوان الوثيقة
A/AC.82/G/L.	
1665	اليابان Radioactivity Survey Data in Japan Number 54, September 1980
1666	اليابان Radioactivity Survey Data in Japan Number 55, December 1980
1667	اليابان Radioactivity Survey Data in Japan Number 56, March 1981
1668	نيوزيلندا Environmental Radioactivity Annual Report 1980
1669	فرنسا Surveillance de la radioactivité en 1980
1670	الولايات المتحدة الأمريكية Environmental Measurements Laboratory: Environmental Report, EML-395, 1 November 1981
1671	المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وأيرلندا الشمالية Environmental radioactivity surveillance programme: results for the UN for 1980
1672	سويسرا 24th Report of the Federal Commission on Radioactivity for the year 1980

كيفية الحصول على منشورات الأمم المتحدة

يمكن الحصول على منشورات الأمم المتحدة من المكتبات ودور التوزيع في جميع أنحاء العالم . استعلم عنها من المكتبة التي تتعامل معها أو اكتب الى : الأمم المتحدة ، قسم البيع في نيويورك أو في جنيف .

如何购取联合国出版物

联合国出版物在全世界各地的书店和经营处均有发售。请向书店询问或写信到纽约或日内瓦的联合国销售组。

HOW TO OBTAIN UNITED NATIONS PUBLICATIONS

United Nations publications may be obtained from bookstores and distributors throughout the world. Consult your bookstore or write to: United Nations, Sales Section, New York or Geneva.

COMMENT SE PROCURER LES PUBLICATIONS DES NATIONS UNIES

Les publications des Nations Unies sont en vente dans les librairies et les agences dépositaires du monde entier. Informez-vous auprès de votre libraire ou adressez-vous à : Nations Unies, Section des ventes, New York ou Genève.

КАК ПОЛУЧИТЬ ИЗДАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ

Издания Организации Объединенных Наций можно купить в книжных магазинах и агентствах во всех районах мира. Наводите справки об изданиях в вашем книжном магазине или пишите по адресу: Организация Объединенных Наций, Секция по продаже изданий, Нью-Йорк или Женева.

COMO CONSEGUIR PUBLICACIONES DE LAS NACIONES UNIDAS

Las publicaciones de las Naciones Unidas están en venta en librerías y casas distribuidoras en todas partes del mundo. Consulte a su librero o diríjase a: Naciones Unidas, Sección de Ventas, Nueva York o Ginebra.
