



الهيئة العربية للطاقة الذرية



المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم

دليل توعوي حول :

الآثار السلبية الناجمة عن الأمواج الكهرومغناطيسية

تأليف

أ.د. حافظ عبد المالك

أستاذ تعليم عالي - جامعة قرطاج تونس

عضو المجمع التونسي للعلوم والآداب والفنون «بيت الحكمة»



الهيئة العربية للطاقة الذرية



المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم

دليل توعوي حول : الآثار السلبية الناجمة عن الأمواج الكهرومغناطيسية

تأليف

أ.د. حافظ عبدالملك

أستاذ تعليم عالي - جامعة قرطاج تونس
عضو المجمع التونسي للعلوم والآداب والفنون «بيت الحكمة»

أشرف ومراجعة

أ.د. هيثم عبدالله سلمان

مدير إدارة العلوم والبحث العلمي بمنظمة الالكسو

أ.د. ضو سعد مصباح

مدير إدارة الشؤون العلمية بالهيئة العربية للطاقة الذرية (سابقاً)

2020

منسقة المشروع

سالي حسن خطاب

إدارة العلوم والبحث العلمي بمنظمة الألكسو

المحتويات

4	– تقديم
5	– توطئة.....
6	– معطيات عامة حول الأشعة غير المؤينة.....
8	– مصادر الأشعة غير المؤينة.....
8	1. خطوط الكهرباء ذات الجهد العالي.....
10	2. خطوط تقنية الاتصالات.....
12	3. مطاحن الهواء.....
13	4. الأشعة الضوئية.....
17	– تأثيرات الاشعة غير المؤينة.....
17	1. تأثير الحقول الكهرومغناطيسية في المادة الحية
33	2. تأثير الأشعة الضوئية على المادة الحية
35	الخاتمة.....

تقديم :

رغم الدور الإيجابي الذي تلعبه التكنولوجيات التي تعتمد على إصدار وتوظيف الإشعاعات الكهرومغناطيسية في رفاهية الإنسان في مختلف جوانب حياته، فإنها أصبحت مصدرا من المصادر التي تهدد الصحة، خصوصا عندما يزيد معدلها عن حدوده الآمنة وتتحول إلى تلوث بيئي خطير يؤثر على صحة الإنسان بشكل مباشر، وتظهر نتائجه على فترات زمنية متفاوتة من عمر الإنسان. وتؤكد منظمة الصحة العالمية أن هناك قلقا عالميا سببه وجود ارتباط بين التعرض للأمواج الكهرومغناطيسية وبعض الأمراض التي تتفاوت درجاتها من بلد إلى آخر، وقد تبنت منذ العام 1996 مشروعا دوليا لدراسة الآثار الصحية للإشعاعات الكهرومغناطيسية الصادرة عن محطات وخطوط كهرباء الضغط العالي، ومحطات البث الإذاعي والتلفزيوني، والرادارات والهواتف المحمولة.

ومن هذا المنطلق، ونظرا للتأثيرات البيئية والصحية السلبية للإشعاعات الكهرومغناطيسية الناجمة عن أبراج الاتصالات وغيرها من مصادر إطلاق هذه الإشعاعات، المنتشرة بطريقة عشوائية وغير مدروسة في المدن والتجمعات السكانية، جاءت فكرة إعداد هذا الدليل التوعوي التثقيفي، المعتمد على الدراسات العلمية حول الآثار السلبية الناجمة عن الأمواج الكهرومغناطيسية، بهدف نشر نتائج هذه الدراسات وتعميمها على الجامعات والمؤسسات التعليمية والوزارات والهيئات المعنية بالدول العربية، من أجل المساعدة على التوعية والتحسيس بمخاطر التعرض لمثل هذا النوع من الملوثات الهوائية، وإطلاق حملات تثقيفية وإرشادية للتعريف به، والتوعية من مخاطره، وتطوير طرق الوقاية منه، وذلك بتعميم الممارسات السليمة التي يجب اتباعها للتقليل من آثاره السلبية، فضلا عن المساهمة في رسم سياسات عربية للحد من آثار الإشعاعات الكهرومغناطيسية على صحة الإنسان ونظافة البيئة.

وإذ تقدم المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم (اللكسو) هذا الدليل الذي أعدته بالتعاون مع الهيئة العربية للطاقة الذرية، فإنها تأمل أن يقدم مساهمة نوعية متميزة للمهتمين وأن تتم الاستفادة منه، وندعو الله أن يجنب الإنسانية جمعاء أمثال هذه الآثار المضرة.

المدير العام

أ.د. محمد ولد أعمر

توطئة :

نتيجةً للتطور التقني الهائل الذي عرفته البشرية بعد الثورة الصناعية واكتشاف الطاقة الكهربائية وإستخدامها في مختلف المجالات، فضلا عن الثورة الحقيقية في عالم الاتصالات التي حصلت في القرن العشرين، إذ استطاع الإنسان توليد الأمواج الكهرومغناطيسية واستخدامها في تطبيقات مختلفة مهمة جداً كالاتصالات اللاسلكية والبث الإذاعي ونقل المعلومات وعمليات الكشف الطبي وغيرها من التطبيقات المتنوعة، فقد شملت التطبيقات التقنية الحديثة الواسعة جميعها جوانب حياة الإنسان وأصبحت ضرورة حياتية لا يمكن الاستغناء عنها. كان لهذا التطور الأثر البالغ في حياة الإنسان والمجتمع غير أن استخدام مصادر الطاقة المختلفة وتطبيقاتها الواسعة قد أدى إلى ظهور مخاوف عامة من وجود تأثيرات سلبية محتملة على الإنسان وبيئته، وبرز في المجتمع جدال حول مفاهيم التلوث الكهرومغناطيسي الناشئ عن استعمال مصادر الأشعة غير المؤيونة في مجالات الحياة المختلفة.

بناءً على الدراسات المعمقة في مجال التأثيرات البيئية والصحية المحتملة، أدرك الخبراء أهمية موضوع الأشعة غير المؤيونة و دورها في واقع الحياة المعاصرة وآثارها على الإنسان والبيئة.

ويأتي هذا العمل في إطار التعاون المشترك بين المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم والهيئة العربية للطاقة الذرية في مجال التوعية بأخطار الأشعة غير المؤيونة وطرق التعامل الآمن معها، وفي إطار مذكرة التفاهم الموقعة بينهما.

ومن أول مخرجات المذكرة هو الوثيقة الحالية والتي تم فيها إعداد و نشر مجموعة إصدارات توعوية لفائدة البلدان العربية للمساهمة في الرفع من مستوى الفهم والوعي بالآثار السلبية الناجمة عن الأشعة غير المؤيونة وطرق الوقاية منها.

معطيات عامة حول الأشعة غير المؤينة:

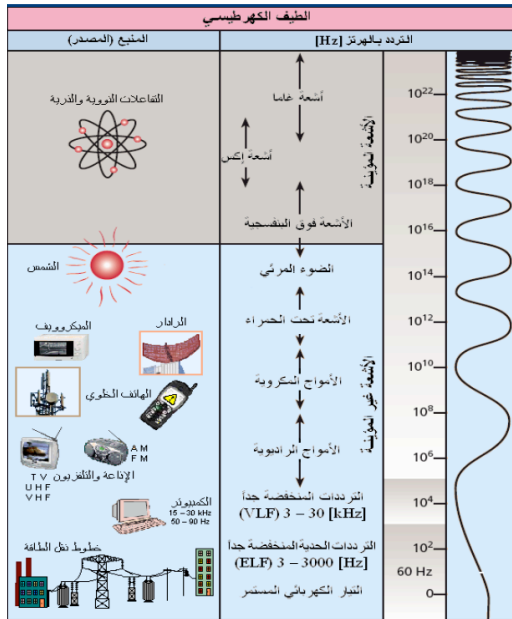
تعريف الأشعة غير المؤينة:

تعرف الأشعة غير المؤينة على أنها ذات الطاقة ذات المنخفضة تحت واحد الكيلو إلكترون فولت مثل أشعة أو موجات الراديو وأشعة الميكروويف. هذه الأنواع من الأشعة لاتحمل طاقة تستطيع تأيين ذرات الوسط الذي تمر فيه. والاشعاعات غير المؤينة لاتضر بمعظمها على عكس الاشعاعات المؤينة.

يتخوف كثير من الناس من الإشعاع ويرتابون عند سماع اسمه. ويبدو أن هذه الظاهرة غير مرتبطة بثقافة السامع لأنها تشمل أناساً على مختلف الثقافات. وهؤلاء قد لايعلمون أن الإشعاع بتطبيقاته المختلفة قد دخل مجالات الحياة على تباين صورها وأماطها، وأضحى من المتعذر الاستغناء عن العديد من استخداماته المفيدة التي عمّت البيوت (المنزل) والأفراد (انظر الشكل رقم (1)).

الشكل رقم (1)

الطيف الكهرطيسي و مجالاته المختلفة [1]



(أبو القاسم ع، عبد الملك ح، سعد مصباح ض، 2011)

للأشعة غير المؤيَّنة مصادر طبيعية وصناعية مختلفة وهي تستخدم في مجالات عديدة علمية تقنية وصناعية وطبية وغيرها، وهذا ما جعل الإنسان في العصر الحديث معرضاً لتلك الإشعاعات بشكل متزايد سواءً في عمله أم في حياته اليومية، يمكن تقسيم طيف الأشعة غير المؤيَّنة إلى مجالات مختلفة متميزة فيما بينها ومن أهمها :

- الأشعة فوق البنفسجية من (100-400) نانومتر.
- الضوء المرئي من (400-780) نانومتر.
- الأشعة تحت الحمراء من 780 نانومتر حتى 1 ملم.
- ترددات راديوية في المجال الترددي بين 300 هرتز و 300 غيغاهرتز.
- الترددات المنخفضة جداً التي تشمل الترددات الأصغر من 300 هرتز.
- الحقول الكهربائية و المغناطيسية الساكنة.
- الأمواج الميكانيكية.

إن منطقة الأشعة الضوئية التي تشمل الأشعة فوق البنفسجية والضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء هي ذات أهمية خاصة في حياة الإنسان سواءً من الناحية البيولوجية أم الفيزيائية، ولكل من هذه المناطق الثلاث تقسيمات فرعية وفقاً للمرجعية العالمية [2]. و بالاتجاه نحو الأطوال الموجية الأعلى تأتي منطقة الحقول الكهربائية والأمواج الراديوية و هنا يستبدل مفهوم "الطول الموجي" بمفهوم "التردد" للتعبير عن مجالات هذه الحقول، وتختلف تسميات المناطق الجزئية لطيف الحقول الكهربائية بحسب المرجع المعتمد، فلا بد من الإشارة هنا إلى تطبيق مهم وهو الليزر الذي يعبر عن تضخيم الضوء بالإصدار المحثوث، وتعد الليزرات من التطبيقات الحديثة والمهمة وهي تغطي بأطوالها الموجية المجالات الطيفية للأشعة الضوئية وجزءاً من منطقة الحقول الراديوية (الميزر).

لقد حظيت الأشعة غير المؤيَّنة منذ أواخر القرن الماضي بدراسات عديدة سواء من حيث مبادئها الفيزيائية وقوانينها العامة أم من حيث تأثيراتها في الكائنات الحية والوقاية الإشعاعية من مخاطرها المحتملة. وقد برزت أهمية ذلك بعد انتشار تقنيات جديدة كوسائل الاتصالات المختلفة وأهمها الانترنت والهاتف الخليوي الذي أصبح في متناول شريحة واسعة من المجتمع تشمل الأطفال قبل سن البلوغ الذين يعتبرون أكثر عرضةً لمخاطر هذه الأشعة.

يتناول هذا الكتيب العديد من الجوانب المهمة في مجال الأشعة غير المؤيَّنة ويقدم عرضاً لطبيعتها الفيزيائية ومجالاتها التطبيقية ويبيّن تأثيراتها الحيوية والصحية وكيفية تحقيق الاستخدام الأمثل لهذه الأشعة والوقاية اللازمة من مخاطرها المحتملة في الوسطين الريفي والحضري. ولقد تم التفكير في إعداد هذه الكتيبات نتيجة نقص المعرفة في المجال من جهة وتزايد الإشكاليات والشكاوى في مختلف المصالح الفنية وفي المحاكم ولاسيما في الوسط الحضري.

- مصادر الأشعة غير المؤيَّنة:

1. خطوط الكهرباء ذات الجهد العالي:

خط الجهد العالي أو خطوط الضغط العالي و كابل أو كابلات كهربائية تخرج من محطة توليد طاقة كهربائية بجهد عال جدا يبلغ 100.000 فولط أو ما يزيد لاستخدامات مختلفة (يستخدم بجهد 760 فولط في المصانع و 220 فولط في البيوت (المنازل) والإنارة، كما لاتزال بعض البلاد تستخدم جهداً مترددا قدره 110 فولط للاستخدام المنزلي).

الكابل الأرضي (التبليط) هو كابل موصل ولكنه لا يحمل تياراً، ولكن يمتد فوق الكابلات الحاملة للتيار. وهو يكون موصولاً بالأرض ويثبت على قمم الأبراج، وظيفة الكابل الأرضي هي منع الصواعق من إصابة الكابلات الحاملة للطاقة. وعادة تتركب الكابل الأرضي لكل موصل يعمل لنقل ما فوق 50 كيلوفولط.

وغالبا يتعلق الكابل الأرضي بكابل للاتصالات أو يكون في باطنه. ويمكن لصاحب الشبكة الكهربائية تأجير خط الاتصالات لشركات الاتصالات.

ولزيادة حفظ خطوط الجهد العالي من الصواعق يمكن تزويد كل برج بكابلين أرضيين، وهذان الكابلان يركبان على الطرفين الخارجيين للعارضة العليا الحاملة للكابلات.

تستخدم عوازل معلقة أو مثبتة رأسياً للجهد حتى 50 كيلوفولط، وتمثل العوازل الرأسية خطراً على الطيور التي تهبط عليها ثم تطير من بين العوازل فتحدث دائرة قصر وانقطاع في التيار، لذلك تزود أطرافها العليا بأشواك لمنع هبوط الطيور عليها.

مادة العوازل تكون من السيراميك. كما تستخدم عوازل من السيليكون للجهد فوق 100 ألف فولط.

كابلات نقل الضغط العالي تختلف بحسب الغرض للاستخدام وكل منها يتميز بممانعة للتيار المتردد الذي تنتقل فيها في هيئة موجية. وتأتي القائمة التالية بأمثلة عدة للمواصفات وأغراض الاستخدام.

الجدول رقم (1)

المواصفات وأغراض الاستخدام للقدرات والممانعة [1]

القدرات والممانعة				
أقصى قدرة حرارية (MVA)	القدرة (MW)	المقاومة الترددية (Ω)	مقطع الكابل ألومنيوم/فولاذ (mm^2)	الجهد الإسمي (kV)
3	0,30	330	50/8	10
14,20	2,70	335	120/20	20
123	32	380	240/40	110
492	175	276	2.240/40	220
1700	602	240	4.240/40	380
5980	2160	260	4.680/85	750

(أبو القاسم ع، عبد الملك ح، سعد مصباح ض، 2011)

الطرق الأمانة لوضع شبكة خطوط الجهد العالي:

- ضرورة التنسيق وتوحيد الإحتياجات الواجب إتخاذها لتركيز خطوط الجهد العالي (المسار المتبع والإرتفاع والإرتفاقات أو مسافة الأمان)، بين البلديات والسلطات الجهوية من جهة والمصالح الفنية للشركة التونسية للكهرباء والغاز.
- يتعين على السلطات الجهوية والمحلية التدخل لمنع البناء الفوضوي بمنطقة الإرتفاقات (الأمان) لخطوط الجهد العالي لإعتبارات عدة ولاسيما الانعكاسات الصحية (أكثر من 15 متر) .
- عند القيام بدراسات الخاصة بشبكات خطوط الجهد العالي ولاسيما الجديدة أو تعويض الخطوط القديمة بالمدن من المستحسن إختيار أساليب أرضية والإبتعاد عن المؤسسات العمومية التي تعنى بمجالات الطفولة والشباب والرياضة والصحة.

- في التجمعات السكانية غير المشمولة بأمثلة تهيئة عمرانية الواجب الإبتعاد عن المساكن والضيعات الفلاحية والمؤسسات السياحية والمناطق الطبيعية الهشة مثل المحميات الطبيعية.

2 - خطوط تقنية الاتصالات:

من تقنية خطوط الاتصالات نعرف أعمدة التليفونات التي لا تغطي أسلاكها بعازل. ولتركيبها على العمود تستخدم عوازل من الزجاج أو السيراميك أو البلاستيك. ويراعى أن لاتقترب هذه الاسلاك من بعضها البعض حتى لا تحدث دائرة قصر وينقطع التيار. وقد لجأت ألمانيا إلى مد خطوط الهاتف وخطوط النقل التلفزيوني تحت الأرض وكلفها ذلك كثيرا، ولكنها منعت بذلك شوشرات كانت تحدث للخطوط على الأعمدة ولاسيما خلال العواصف الجوية.

أهم الإجراءات المعمول بها لدراسة وضع هوائيات محطات الهاتف الجوال:

1. بالنسبة إلى مشغلي شبكات الإتصالات:
يتولى مشغل الشبكة تقديم ملف إلى الوكالة المكلفة بالترددات، ويحتوى الملف عموما على الوثائق الآتية:
 - التعريف بالموقع المقترح لمحطة الهاتف الجوال،
 - وصف للأشغال المزمع القيام بها،
 - مثال فني للموقع قبل وبعد وضع المحطة،
 - مثال فني لكوابل الربط بالأرض والحماية من الصواعق،
 - شهادة في إقرار صلابة الهيكل،
2. بالنسبة إلى الجماعات المحلية (المجالس الجهوية والبلديات): تبدي الجماعة المحلية المعنية رأيها في الملف المعروض عليها من الوكالة الوطنية للترددات، في أجل خمسة عشر يوما من تاريخ إيداعها بمصالحها الإدارية؛ وذلك فيما يتعلق بإحترام متطلبات الجمالية الحضرية ومقتضيات التهيئة الترابية.
3. بالنسبة إلى الوكالة المكلفة بالترددات: تتولى الوكالة إجابة المشغل صاحب الطلب، كما تؤمن مراقبة الهوائيات محطات الهاتف الجوال المركزة من المشغلين والقيام

بالقياسات الضرورية طبقاً للتراتب المعمول بها.

4. بالنسبة إلى الوكالة المكلفة بالرقابة الصحية والبيئية: تتولى النظر وإبداء الرأي في لإشكاليات المطروحة عليها بخصوص تركيز هوائيات محطات الهاتف الجوال بعد عرضها على انظار اللجنة الفنية لدراسة مؤثرات الإشعاعات غير المؤينة على الصحة كما يمكن الاعتراض عبر مكتوب موجه إلى الجماعة المحلية المعنية أو وزارة الصحة العمومية.

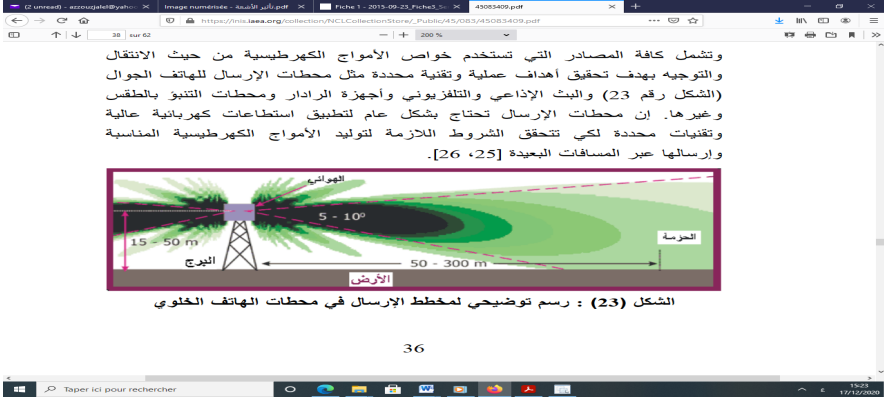
تتولى الإدارة المعنية القيام بزيارة ميدانية للموقع وتعمير إستمارة في الغرض بحسب النموذج المصاحب. ثم تقوم الوكالة المعنية بدعوة أعضاء اللجنة الفنية لدراسة الاعتراضات وإبداء الرأي فيها (لايثير أي ملاحظة، طلب معطيات إضافية، عدم تركيز أو إزالة المحطة).

الطرق الآمنة لوضع هوائيات محطات الهاتف الجوال:

- ضرورة التنسيق وتوحيد الإجراءات الواجب إتباعها عند وضع هوائيات محطات الهاتف الجوال، بين البلديات والسلطات الجهوية من جهة وشركات الإتصالات والمصالح الفنية في المجال (وكالة الترددات، وكالة المراقبة الصحية) من جهة اخرى.
- عند القيام بالدراسات الخاصة بمحطات الهاتف الجوال جديدة أو تعويض محطات قديمة وجب الإبتعاد عن المؤسسات العمومية مثل مجالات الطفولة والشباب والرياضة والصحة والبنائات العمودية المتناظرة.
- عند مراجعة امثلة التهيئة العمرانية للمدن وجب توجيه عملية تركيز هذه المعدات نحو الأماكن التي تبتعد عن البنائات السكنية والمؤسسات العمومية بمنطقة إرتفقات أو مسافة الأمان لاتقل 300 متر مثل المقابر والساحات والمساحات الخضراء وحدود المئثال والتنصيب عليها بكراس التراتيب العمرانية (انظر الشكل رقم (2)).
- في التجمعات السكانية غير المشمولة بأمثلة تهيئة عمرانية وجب الإبتعاد عن المساكن والضيعات الفلاحية والمؤسسات السياحية والمناطق الطبيعية الهشة مثل المحميات الطبيعية.

الشكل رقم (2)

الطرق الأمنة لوضع هوائيات محطات الهاتف الجوال [1]



(أبو القاسم ع ، عبد الملك ح ، سعد مصباح ض ، 2011)

3. مطاحن الهواء :

طاقة الرياح طاقة حركية يمكن تحويلها باستخدام التوربينات إلى طاقة مفيدة، مثل توليد الكهرباء، أو لتشغيل طاحونة طحن، وطاقة الرياح هي أحد أنواع الطاقة المتجددة والبديلة للوقود الأحفوري، مثل الطاقة الشمسية وطاقة المد والجزر، فهي أحد أسهل مصادر الطاقة المتجددة استغلالا، وقد استغلتها مدنات عديدة عبر التاريخ قبل العصر الحديث. كثر استخدامها في العصور الوسطى لطحن الحبوب، ويزداد استغلالها الآن للاستغناء عن طاقة المواد الأحفورية التي تلوث البيئة وتسبب في الانحباس الحراري. قد تغذي عنفات الرياح المقامة بمفردها أو في حقول شبكات الكهرباء المحلية، أو قد توفر الكهرباء للمنازل الريفية أو شبكات منعزلة في المناطق النائية.

- معدل الإنتاج :

وقد بلغ إجمالي إنتاج الطاقة الكهربائية من الرياح للعام 2018 591,549 ميغاواط.

- أسس العمل :

يعتمد عمل توربينات الرياح على تحويل طاقة حركة الهواء إلى حركة ميكانيكية وإنتاج الكهرباء منها . تتناسب القدرة الكهربائية الناتجة مع مكعب سرعة الرياح. لذلك فإن أي تغير في سرعة الرياح يؤدي إلى تغير ملحوظ في القدرة الكهربائية الناتجة.

الطرق الأمنة لوضع مطاحن الهواء:

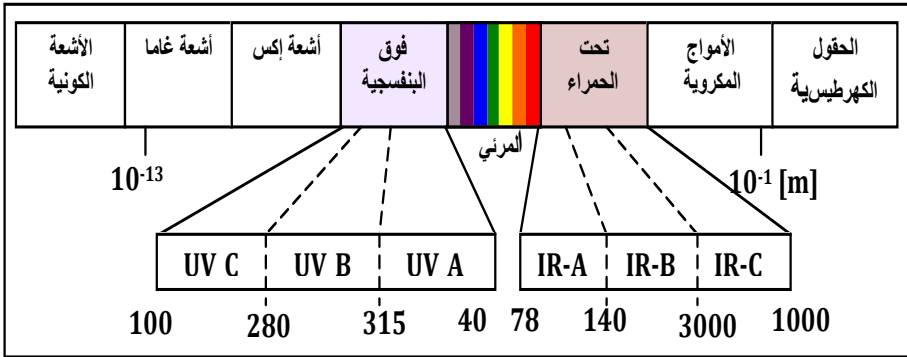
- ضرورة التنسيق وتوحيد الإجراءات الواجب إتباعها عند وضع مطاحن الهواء، بين البلديات والسلطات الجهوية من جهة والمصالح الفنية لشركات توليد الكهرباء من جهة اخرى.
- عند مراجعة امثلة التهيئة العمرانية للمدن والتجمعات السكنية وجب توجيه عملية تركيز هذه المعدات نحو الأماكن التي تبعد عن حدود المثل بإرتفاق أو مسافة الأمان لايقل عن 5000 متر.
- في التجمعات السكانية غير المشمولة بأمثلة تهيئة عمرانية يجب تفادي المساكن والضيعات الفلاحية والمؤسسات السياحية والمناطق الطبيعية الهشة مثل المحميات الطبيعية.

4. الأشعة الضوئية :

تتضمن الأشعة الضوئية كلاً من الأشعة فوق البنفسجية، والضوء المرئي، والأشعة تحت الحمراء، ويبين الشكل رقم (3) المناطق الطيفية للأمواج الكهرومغناطيسية وتقسيمات الأشعة الضوئية في مختلف مجالاتها وذلك بحسب المرجعية العلمية المعتمدة عالمياً.

الشكل رقم (3)

الطيف الكهرومغناطيسي العام وتقسيمات الأشعة الضوئية [1]



(أبو القاسم ع ، عبد الملك ح ، سعد مصباح ض ، 2011)

وعلى وفق الهيئة الدولية للإنارة، يقسم المجال الطيفي للأشعة فوق البنفسجية بحسب الآثار الحيوية الممكنة الحدوث إلى ثلاثة أقسام وهي:

- الأشعة فوق البنفسجية C (100 - 280 نانومتر)،
- الأشعة فوق البنفسجية B (280 - 315 نانومتر)،
- الأشعة فوق البنفسجية A (315 - 400 نانومتر)،

وتسمى الأطوال الموجية الأقل من 200 نانومتر بالأشعة فوق البنفسجية في الخلاء.

أما الضوء المرئي فيقسم بحسب اللون إلى سبعة مناطق رئيسية وهي النيلى والبنفسجى والأزرق والأخضر والأصفر والبرتقالى والأحمر، ومع ازدياد الطول الموجي تأتي منطقة الأشعة تحت الحمراء التي تقسم إلى ثلاث مناطق [2، 3] وهي:

- الأشعة تحت الحمراء A (780 - 1400 نانومتر)،
- الأشعة تحت الحمراء B (1400 - 3000 نانومتر)،
- الأشعة تحت الحمراء C (3000 نانومتر - 1 ملم).

1.4 مصادر الأشعة الضوئية :

تقسم مصادر الأشعة الضوئية من حيث المنشأ إلى مصادر طبيعية ومصادر صناعية.

1.1.4 المصادر الطبيعية :

النجوم وفي مقدمتها الشمس من أهم المصادر الطبيعية بالنسبة إلى كواكب المجموعة الشمسية جميعها [3، 4] وتوجد مصادر طبيعية أخرى للضوء ومنها البرق والنار. ويشكل الضوء المرئي مع الأشعة تحت الحمراء نسبة 95% من الأشعة الشمسية الكلية الواردة إلى سطح الأرض، أما الأشعة فوق البنفسجية فتشكل النسبة المتبقية من تلك الأشعة. كما يبين الشكل رقم (4) مخططاً لطيف الأشعة الشمسية خارج الغلاف الجوى وعند سطح البحر بالمقارنة مع طيف إشعاع الجسم الأسود.

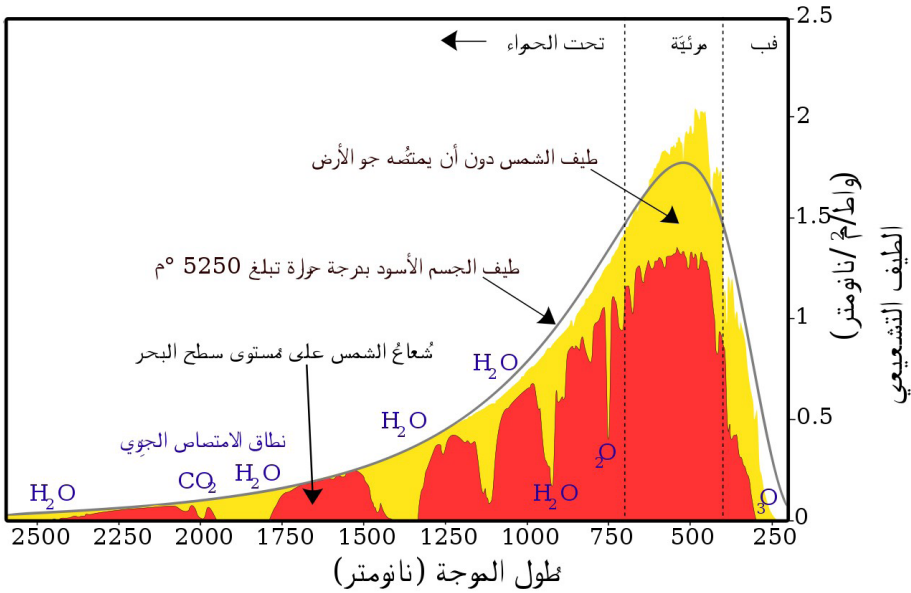
وتشكل الأشعة الشمسية فوق البنفسجية C خطراً حيوياً كبيراً إلا أنها لا تصل إلى الأرض بفضل طبقة الأوزون التي تمتصها كلياً. وتعتبر الأشعة الشمسية فوق البنفسجية B أكثر خطراً من سابقتها بسبب طاقتها العالية وقدرتها على اختراق طبقات الجو بنسب عالية، غير أن الأشعة فوق البنفسجية الشمسية التي تصل الأرض بنسبة عالية هي

الأشعة فوق البنفسجية A إذ تصل النسبة حتى 97.5 % من الأشعة فوق البنفسجية الكلية الواردة [4].

الشكل رقم (4)

مخطط توضيحي لطيف الشمس على الأرض. [1]

طيف الأشعة الشمسية (الأرض)



(أبو القاسم ع ، عبد الملك ح ، سعد مصباح ض ، 2011)

2.1.4 المصادر الصناعية:

تتنوع المصادر الصناعية للأشعة الضوئية بشكل كبير جداً، ويتغير المجال الطيفي لإصدارها ومستواه الطاقى على وفق بنيتها وآلية عملها وهي كالأتي:

- المصباح الزئبقي (مصباح التعقيم):

هو مصباح قوس كهربائي في ضغط منخفض من بخار الزئبق يصدر كمية ضعيفة من الضوء في مجال الطيف المرئي.

- المصباح ذو الفلورة:

يُستخدم هذا النوع من المصابيح في الإنارة بشكل واسع لأنه يساعد في توفير الطاقة مع الحفاظ على فعالية عالية في الإنارة.

- المصابيح الزئبقية متوسطة والضغط العالية:

هو نوع من المصابيح الزئبقية ذات الضغط الغازي المتوسط أو العالي، ويصدر ضوءاً بشكل رئيسي في مجال الأشعة فوق البنفسجية والمرئية (أزرق، واخضر، واصفر).

- مصباح الزينون - زئبق ومصباح الزينون:

هو عبارة عن قوس كهربائي في جو من الزينون وبخار الزئبق أو في جو من الزينون (من دون زئبق).

- مصباح كوارتز-هالوجين :

هو مصباح الإنارة العادي المتكون من وشيعة متوهجة من التنغستين في جو من الغاز الخامل وأحد عناصر الهالوجين.

- أقواس اللحام:

تُعد أقواس اللحام من أهم المصادر الضوئية الصناعية للأشعة فوق البنفسجية والتي يتعرض لها العاملون في الصناعة بشكل رئيسي.

- مصادر الليزر:

كلمة "ليزر" هي اختصار لعبارة تضخيم الضوء بالإصدار المحثوث للأشعة. من حيث المبدأ الفيزيائي، ويتكون الليزر من ثلاثة أقسام رئيسية وهي الوسط الفعال ضوئياً الذي يمكن أن يكون غازياً أو سائلاً أو صلباً.

الطرق الآمنة لاستعمال الأشعة الضوئية:

- ضرورة توحيد الإجراءات الوقائية عند استعمال الأشعة الضوئية في الوسطين العائلي والمهني بكافة البلدان العربية.

- عند استعمال الأشعة الضوئية يجب على المواطن التطرق إلى الجوانب البيئية والصحية للتطبيقات .

- في مؤسسات التربية والطفولة يجب ضبط معايير تركيز الإنارة والتجهيزات الباعثة للأشعة الضوئية.

تأثيرات الاشعة غير المؤينة :

1. تأثير الحقول الكهرومغناطيسية في المادة الحية:

تنتشر الأمواج الكهرومغناطيسية عبر الأوساط المختلفة (الخلاء، الهواء، الماء، المواد الصلبة والأجسام الحية)؛ وتختلف نفاذية هذه الأمواج من وسط إلى آخر وهي تتعلق بشكل رئيسي بطبيعة الوسط وبترددات الأمواج المستخدمة، تتعرض الأمواج الكهرومغناطيسية خلال انتشارها في الأوساط المادية إلى مجموعة من الظواهر الفيزيائية أهمها التشتت والانتشار والامتصاص مما يؤدي إلى تخامد شدتها. إن هذه الظواهر الفيزيائية هي البرهان القاطع على وجود التفاعل المتبادل بين هذه الحقول الكهرومغناطيسية وبين مكونات الوسط [5].

عند تعرض الأيونات لحقل كهربائي خارجي فإنها بنسبة قوة شد أو دفع خارجية باتجاه أو بعكس اتجاه الحقل تتناسب مع طبيعة شحنتها وشدة الحقل المطبق، وإذا وجدت الجسيمات المشحونة والمتحركة في حقل مغناطيسي فضلا عن الحقل الكهربائي؛ يؤدي ذلك إلى حرف مسار حركتها بحيث يأخذ شكلاً منحنيًا يتوقف على شدة الحقل المغناطيسي وعلى سرعة حركة الجسيمات عند دخولها منطقة الحقل [6].

فعند دراسة التأثير المتبادل بين الحقول الكهرومغناطيسية بشكل عام والسطوح المعرضة لها يستخدم مفهوم كثافة الاستطاعة التي تقدر بالواط على المتر المربع $[W/m^2]$ وهي تتناسب عكسًا مع مربع المسافة الفاصلة بين المصدر والسطح المستقبل؛ أي أن الاستطاعة المتدفقة تأخذ أعظم قيمة لها في جوار الهوائي المرسل وتتناقص كلما ابتعدنا عنه بحيث أن شدة الحقل الكهرومغناطيسي تتناسب عكسيًا مع مربع البعد [7، 8].

أما من الناحية الحيوية، فإن تفاعل الحقول الكهرومغناطيسية مع الوسط الحي يختلف بحسب التردد المستخدم والطبيعة الحيوية للوسط المعرض. أظهرت دراسات عديدة أن للحقول الكهرومغناطيسية تأثيرات مختلفة، فعند شدات معينة يمكن أن يؤدي التعرض لهذه الحقول إلى حروق، كما أنه من الممكن أن تحدث تغيرات كيميائية وحيوية في الجسم [6، 9 - 11]. وتجدد الإشارة هنا إلى أن عمق مسار الحقول الكهرومغناطيسية داخل الجسم الحي يتناقص مع ازدياد التردد، ولفهم آلية التأثير المتبادل بين الحقول الكهرومغناطيسية والجسم يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار التمييز بين مختلف أجزاء الجسم في بنيتها وخواصها الكهربائية. فعند تحديد مختلف المعطيات الخاصة بالأعضاء وخواص

الحقل المطبق يمكن حساب الطاقة الممتصة في الجسم من خلال العلاقة الآتية:

$$e_{abs} = m.s.E^2$$

حيث e_{abs} هي الطاقة الممتصة وهي الناقلية وهي الكثافة الحجمية. و E هي شدة الحقل الكهربائي للحقل الكهرومغناطيسي داخل الجسم المعرض. وتسمى الكمية $(s.E^2/r)$ بمعدل الطاقة النوعية الممتصة: وتقدر بالواط على الكيلوغرام $[W/Kg]$ وهي تختلف من نقطة إلى أخرى داخل الجسم بحسب طبيعة العضو المدروس.

يتم امتصاص الإشعاعات الكهرومغناطيسية على شكل فوتونات طاقتها $(e=hn)$ حيث h هو ثابت بلانك. وبما أن الطاقة الكامنة في قطار الأمواج الكهرومغناطيسية هي أصغر بآلاف المرات من الإلكترون فولت $[eV]$ (الإلكترون فولت هي الطاقة اللازمة لنقل إلكترون من سويته الطاقية إلى سوية أخرى أعلى بوحدة فولت)، فإن عملية التأين بتأثير الحقول الكهرومغناطيسية غير ممكنة الحدوث؛ وهذا يشير إلى أن آلية تفاعل الحقول الكهرومغناطيسية مع المادة الحية يختلف كثيراً عن تفاعل الأشعة المؤينة ذات الطاقات العالية (أشعة كاما وأشعة إكس مثلاً) وهذا ما سنوضحه في الفقرات الآتية.

يختلف تأثير الحقل الكهرومغناطيسي بحسب التردد ولكن حتى يتم هذا التأثير المتبادل لا بد من وجود أيونات أو مواد ذات طبيعة قطبية في الوسط المعرض فضلاً عن مواد تمتلك ميزات مغناطيسية تجعلها أكثر حساسية للحقل الخارجي المطبق، مثل بعض أكاسيد الحديد. إن وجود الأيونات داخل الجسم المعرض يزيد من التأثير المتبادل بين الحقل الكهرومغناطيسي المطبق والوسط ومن معدل الطاقة النوعية الممتصة، هذا يقود إلى ظاهرة مهمة وهي أن معدل الطاقة النوعية الممتصة يكون لدى الأطفال أعلى منه لدى البالغين؛ وذلك بسبب التركيبة الحيوية لأجسام الأطفال التي تحتوي على نسب أعلى من الأيونات مقارنة مع البالغين [11]. ضمن الناحية النظرية فإن الحقل الكهرومغناطيسي داخل الجسم المجاور للهوائي (محطة بث أو هاتف خلوي) يكون أصغر منه في محيط الهوائي (المكان نفسه من بدون وجود الجسم). كمثال على ذلك، إذ بينت الحسابات النظرية أن شدة الحقل الكهرومغناطيسي داخل رأس الإنسان الذي يبعد بمقدار 14 ملم عن الهاتف الخلوي هي أقل بثلاثة مرات من شدة الحقل المقاس في مكان وجود الرأس [9].

ويمكن تفسير التأثير المتبادل بين الحقول الكهرومغناطيسية والمادة الحية على وفق نموذجين عامين هما: التأثير الحراري والتأثير غير الحراري.

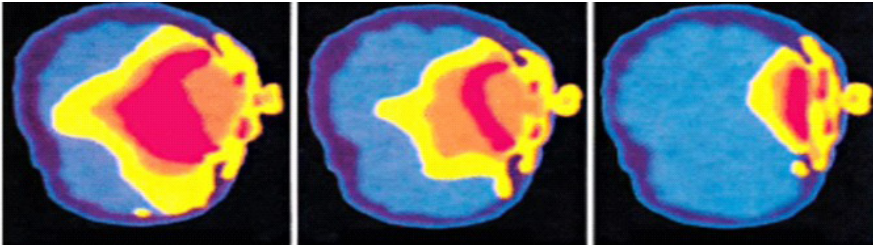
أ- التأثير الحراري:

هو ارتفاع في درجة الحرارة ناتج عن امتصاص طاقة الحقل الكهربائي للحقول الكهرومغناطيسية التي تتعرض له الأيونات الموجودة في الجسم، الذي يؤدي إلى زيادة حركة تلك الأيونات على وفق تردد الحقل المطبق فيزداد الاحتكاك بين مكونات الوسط ما يؤدي إلى ارتفاع درجة الحرارة. من حيث المبدأ، وتستمر ارتفاع الحرارة حتى تصل إلى مستوى التوازن الذي يتم عنده تحقيق التوزيع المتجانس للحرارة المنتشرة سواءً بواسطة الدم المتحرك في الجسم أم السوائل الحيوية الأخرى، ويحتاج هذا التوازن إلى زمن يصل إلى دقائق عدة. ولقد جرى من خلال إجراء دراسات نظرية حاسوبية تربط بين SAR وارتفاع الحرارة إعطاء فكرة عن ارتفاع الحرارة في الجسم نتيجة التبادل الطاقي مع الأمواج الكهرومغناطيسية، كما هو موضح في الشكل رقم (3) الذي يعرض نتائج دراسة حاسوبية تعبر عن عمق مسار الحقول الكهرومغناطيسية داخل الرأس من خلال حسابات معدل الطاقة النوعية الممتصة SAR لأجيال بشرية مختلفة. فعلى سبيل المثال، وجد أنه عند استخدام هوائي إرسال لجهاز هاتف خلوي ذي تردد قيمته 915MHz وباستطاعة إرسال تساوي 0.15W، فإن الطاقة الممتصة في رأس الإنسان المجاور للهاتف الجوال المستخدم تصل إلى 1.6 واط/كغ وهذا يؤدي إلى رفع حرارة المخ بمقدار 0.11 م درجة مئوية [8، 10، 11].

الشكل رقم (5)

اختلاف امتصاص في الحقول المكروية في الرأس بحسب العمر [1]

درجة دخول الإشعاع عن الهاتف الجوال إلى المخ



طفل عمره 5 سنوات

طفل عمره 10 سنوات

شخص بالغ

(أبو القاسم ع ، عبد الملك ح ، سعد مصباح ض ، 2011)

ب- التأثير غير الحراري:

عند وجود الإنسان في حقل كهربائي وحقل مغناطيسي ناتجين عن مصدر ما فإن من أهم الظواهر غير الحرارية التي تظهر على الجسم هي: أولاً، ظهور الشحنات الكهربائية الساكنة نتيجة تأثير الحقل الكهربائي التي يمكن أن تتفرغ تلقائياً عند ملامسة الأرض، وثانياً، ظهور تيارات تحريضية داخل الجسم نتيجة لتأثير الحقل المغناطيسي [6].

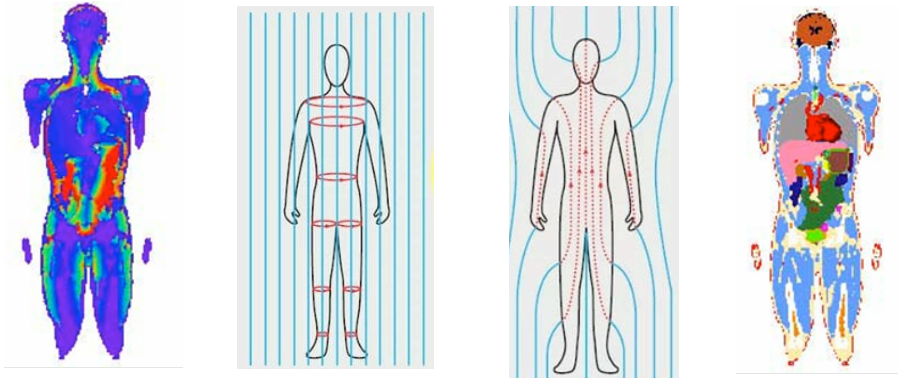
أما فيما يتعلق بالحقول الراديوية والمكروية المستخدمة في مختلف أنواع الاتصالات الإذاعية وفي تقنيات الهاتف الخليوي وغيرها فإن طاقة الفوتونات لا يمكن أن تؤدي إلى إحداث التأين في الوسط؛ فعلى سبيل المثال، تستخدم في تقنيات الهاتف الخليوي حقول كهرومغناطيسية ذات ترددات تقع في جوار 0.9 و 1.8 غيغاهرتز، ولهذه الأمواج طاقة كمومية تقارب 4 و 7 ميكروالالكترون فولت على التوالي. إن هذه الطاقة الكمومية ضعيفة ولا تسمح بكسر الروابط الكيميائية في الحمض النووي الريبسي منقوص الأوكسجين (DNA). ومن ثم ، يمكن تفسير الأثر غير الحراري على أنه يظهر على شكل استقطاب في الخلايا يؤثر في حركتها وحركة الأيونات فيها، إذ تتحول الخلايا إلى ثنائيات أقطاب تتجاذب فيما بينها، كما يمكن عرض الأثر الحيوي غير الحراري بطريقة أخرى، إذ يؤثر الحقل الكهربائي المطبق على جدران الخلايا فيؤثر على انتقال الشحن الكهربائية عبرها. إذ يتألف جدار الخلية الحيوانية بشكل عام من طبقات مختلفة لبيدية وبروتينية تحتوي على قنوات لتمرير المواد الغذائية من الخلية و إليها وتؤدي الأيونات المعدنية مثل الكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم وأيونات الكلوريد دوراً مهماً في فتح قنوات العبور في الجدار الخلوي أو إغلاقها، بالتالي، وبما أن هذه الأيونات تتأثر بالحقول الكهرومغناطيسية الخارجية فإن هذا يؤثر في التبادل الخلوي عبر جدار الخلية وفي عمل الخلايا فعلى سبيل المثال، أوضحت التجارب على الفئران أن تأثير الأمواج الكهرومغناطيسية في الجدار الخلوي يؤدي إلى خلل في الذاكرة والتعلم لدى الفئران المعرضة لهذه الأمواج، ولقد وجد أيضاً أن الأمواج الكهرومغناطيسية تؤثر في الاستقلاب الحيوي الذي يعتمد على مضخة الصوديوم والبوتاسيوم في الجدار الخلوي للكريات الحمراء في دم الإنسان وهذا يؤثر في عملية تنفس الخلايا، ويوجد تأكيد واضح على وجود أثر للأمواج الراديوية على جدار الخلية الحيوانية الحية وحركة الأيونات وعلى أن بعض هذه التأثيرات تظهر حتى عند درجات حرارة أخفض من درجة حرارة الجسم الطبيعية [9, 10]؛ من ناحية أخرى،

هناك دراسات عديدة اهتمت عبر الماضي بتأثير الأمواج الراديوية في الخلية العصبية المعزولة سواء في وسط زراعي خاص للنسيج العصبي أم من خلال دراسة عمل المخ في بعض حيوانات الاختبار، وقد أظهرت بعض دراسات أن الأمواج الصادرة عن الهاتف الخليوي تؤثر في الخلايا العصبية من خلال التأثير في قنوات العبور في جدران تلك الخلايا وعلى البروتينات الموجودة فيها وذلك في الشروط الطبيعية وهذا ما قد يؤدي إلى خلل في عملها، وبالرغم من تلك النتائج إلا أن الأثر البيولوجي المباشر لهذه الظواهر في صحة الإنسان غير مؤكد [9]. وقد بينت بعض دراسات حديثة [17] وجود تأثيرات للحقول الكهرومغناطيسية تسهم في ظهور جذور حرة داخل الخلية وذلك من خلال تعطيل عمل مضادات الأكسدة الطبيعية.

ويختلف تأثير الحقول الكهرومغناطيسية بحسب طبيعة النسيج المعرضة من جسم الإنسان، ومن خلال دراسات حاسوبية أصبح ممكناً إجراء محاكاة لتأثير الحقول الكهرومغناطيسية في الجسم البشري من خلال حساب معدل الطاقة النوعية الممتصة، أنظر الشكل رقم (6)، [11].

الشكل رقم (6)

محاكاة تأثير الحقول الكهرومغناطيسية على جسم الإنسان. [1]



(أبو القاسم ع ، عبد الملك ح ، سعد مصباح ض ، 2011)

ملاحظة هامة :

أما بالنسبة إلى تأثير الأمواج فوق الصوتية في المادة الحية فهو يؤدي بالدرجة الأولى إلى رفع حرارة الوسط كنتيجة للاحتكاك بين مكونات الوسط إذ تنتقل طاقة الأمواج الميكانيكية إلى مكونات الوسط الحي فتتفرغ من درجة حرارته، وعند مستويات طاقة محددة يمكن للأمواج فوق الصوتية أن تدمر الخلايا. ومن ناحية أخرى، يوجد احتمال ضعيف جداً لتشكيل فقاعات غازية ميكروسكوبية في الأوساط السائلة التي من المحتمل ولو بشكل ضعيف أن يكون لها تأثير سلبي في الجسم الحي [12]. ومن ثم، إن استخدام الأمواج فوق الصوتية في التطبيقات الطبية المختلفة يتطلب وضع حدود التعرض الآمن المناسب [13].

الحدود الدولية للتعرض للحقول الكهرومغناطيسية :

• الهيئة الدولية للوقاية من الأشعة غير المؤيونة :

تعود بدايات تكوين الهيئة الدولية للوقاية من الأشعة غير المؤيونة إلى العام 1973 إذ قامت المؤسسة الدولية للوقاية الإشعاعية في مؤتمرها الرابع بتأسيس مجموعة عمل حول موضوع الأشعة غير المؤيونة. فقامت هذه المجموعة بدراسة المسائل المتعلقة بمجال الحماية من الأنواع المختلفة للأشعة غير المؤيونة. وعندما انعقد مؤتمر في باريس عام 1977، أصبحت هذه المجموعة تحت مسمى اللجنة الدولية للأشعة غير المؤيونة. إذ قامت اللجنة الدولية للأشعة غير المؤيونة بالتعاون مع منظمة الصحة العالمية بوضع وثائق مرجعية للقيود على الأشعة غير المؤيونة واستخداماتها وذلك في برنامج الأمم المتحدة البيئي. تضمنت هذه الوثائق وضع ملحة عامة حول الخصائص الفيزيائية للأشعة غير المؤيونة، والقياسات الممكنة في هذا المجال والأدوات المستخدمة والمصادر والتطبيقات العامة لهذه الأشعة، كما تضمنت هذه الوثائق وضع ملخص عام لدراسة مرجعية حول الآثار البيولوجية وتقدير الضرر الصحي الناجم عن التعرض البشري للأشعة غير المؤيونة. فاستخدمت هذه الوثائق فيما بعد من قبل الهيئة الدولية للوقاية من الأشعة غير المؤيونة كمعطيات علمية من أجل تطوير وتحديد حدود التعرض سواء للعاملين في مجال الحقول الكهرومغناطيسية أم لعامة الناس [14 - 16].

وفي المؤتمر الدولي الثامن للمؤسسة الدولية للوقاية الإشعاعية الذي انعقد عام 1992 في كندا، قامت المؤسسة بإنشاء الهيئة الدولية للوقاية من الأشعة غير المؤيونة كبديل عن

اللجنة الدولية للأشعة غير المؤيَّنة، وعدت الهيئة الدولية للوقاية من الأشعة غير المؤيَّنة هيئة مستقلة غير ربحية وقد أوكل إليها عدد من المهام وعلى رأسها:

• إجراء الدراسات والتحريات المرجعية وإعداد التقارير العلمية الدورية حول المخاطر الممكنة للأشكال المختلفة للأشعة غير المؤيَّنة.

• وضع الدليل الدولي حول حدود التعرض للأشعة غير المؤيَّنة.

• الإشراف على المجالات النظرية والتطبيقية التي تهتم بالوقاية من مخاطر الأشعة غير المؤيَّنة.

• تنظيم المؤتمرات العلمية وورش العمل والاجتماعات الدورية للمهتمين بموضوع الأشعة غير المؤيَّنة والوقاية من مخاطرها وذلك بالتعاون مع مؤسسات البحث العلمي والهيئات الدولية.

حدود التعرض على وفق الهيئة الدولية للوقاية من الأشعة غير المؤيَّنة:

قامت الهيئة الدولية للوقاية من الأشعة غير المؤيَّنة وبالتعاون مع عدد من الهيئات العلمية العالمية وأهمها منظمة الصحة العالمية بإعداد مخططات وجداول حدود التعرض سواءً بالنسبة إلى العاملين في مجال الحقول الكهربائية أم بالنسبة إلى الناس، وقد وضع دليل حدود التعرض من خلال مراجعة النشرات العلمية العالمية المتعلقة وأخذ بعين الاعتبار الآثار الناجمة عن التعرض قصير الأمد والمثبتة كتهيج النهايات العصبية وارتفاع الحرارة والحروق الكهربائية. أما بالنسبة إلى للآثار الناتجة عن التعرض طويل الأمد كازدياد احتمال الإصابة بالسرطان مثلاً فقد اعتبرت الهيئة الدولية للوقاية من الأشعة غير المؤيَّنة أن المعطيات الحالية لا تقدم الأدلة الكافية [15].

إن امتصاص طاقة الحقول الكهربائية يعتمد على التردد المطبق، فعند الترددات الأقل من 100 كيلو هرتز يظهر الأثر في شكل تيارات كهربائية تحريضية، وعند الترددات الأكبر من 100 كيلوهرتز يكون الأثر الحراري هو الأكثر شيوعاً، وقد وزعت هذه الحقول الكهربائية بحسب امتصاصها في الجسم على أربع مجموعات وفقاً للمجالات الترددية التالية:

• المجال بين 100 كيلوهرتز و20 ميغاهرتز: وفيه ينخفض الامتصاص في الجذع بانخفاض التردد، ويكون الامتصاص الرئيسي في العنق والأرجل.

• المجال بين 20 ميغاهرتز و300 ميغاهرتز: وفيه يكون الامتصاص في كامل الجسم،

غير أن الاستجابة الأعظمية تكون في الرأس.

• المجال بين 300 ميغاهرتز و10 غيغاهرتز: وفيه يحدث امتصاص موضعي غير متجانس في أجزاء من الجسم.

• المجال بين 10 غيغاهرتز و300 غيغاهرتز: وفيه يحدث الامتصاص في الجلد والطبقات الخارجية للجسم (ينخفض اختراق الأمواج في هذا المجال بازدياد التردد).

ويستخدم مفهوم معدل الطاقة النوعية الممتصة في بيان حدود التعرض في المجال الترددي بين 10 ميغاهرتز و 10 غيغاهرتز، أما عند الترددات الأقل من 10 ميغاهرتز و الأعلى من 10 غيغاهرتز فيصبح معدل الطاقة النوعية الممتصة مؤشراً غير فعالاً؛ إذ تستخدم كثافة التيار عند الترددات الأقل من 10 ميغاهرتز وتستخدم كثافة الاستطاعة S عند الترددات الأعلى من 10 غيغاهرتز.

ويبين الجدول رقم (2) الحدود الأساسية من أجل كثافة التيار ومعدل الطاقة النوعية الممتصة (SAR) المتوسطة على كامل الجسم للترددات الواقعة في المجال بين 1 هرتز و 10 غيغاهرتز، إذ يعطى إلى التردد f بالهرتز، وبالنسبة للترددات الواقعة بين 10 و 300 غيغاهرتز فهي مبينة بالجدول رقم (2) إذ تستخدم كثافة الاستطاعة للتعبير عن هذه الحدود [15].

الجدول رقم (2)

الحدود الأساسية لتعرض الجمهور للحقول الكهرومغناطيسية المتغيرة مع الزمن في المجال الترددي من 1 هرتز حتى 10 غيغاهرتز. [1]

المجال الترددي	كثافة التيار للرأس والجذع [mA/m ²]	المتوسط /كامل الجسم SAR [W/kg]	SAR الموضعية (الرأس والجذع) [W/kg]	SAR الموضعية (أطراف) [W/kg]
حتى 1Hz	8	---	---	---
1Hz-4Hz	8/f	---	---	---
4Hz-1kHz	2	---	---	---
1kHz-100kHz	f /500	---	---	---
100kHz-10MHz	f /500	0.08	2	4
10MHz-10GHz	---	0.08	2	4

(أبو القاسم ع، عبد الملك ح، سعد مصباح ض، 2011)

يبين الجدول رقم (2) المستويات المرجعية لتعرض عامة الناس للحقول الكهرومغناطيسية المتغيرة مع الزمن في المجال الترددي من 1 هرتز وحتى 10 غيغاهرتز، وتعد قيمة التردد f عند تطبيق العلاقات الرياضية الواردة في الجدول من دون اعتبار الوحدة المرافقة لقيمة التردد.

الجدول رقم (3)

المستويات المرجعية لتعرض الجمهور للحقول الكهرومغناطيسية والمتغيرة مع الزمن [1]

المجال الترددي	شدة الحقل الكهربائي E [V/m]	شدة الحقل المغناطيسي H [A/m]	كثافة التدفق المغناطيسي B [mT]	كثافة الاستطاعة في المستوى S_{eq} [W/m ²]
حتى 1 Hz	---	32000	40000	---
1 - 8 Hz	10000	$32000/f^2$	$40000/f^2$	---
8 - 25 Hz	10000	$4000/f$	$5000/f$	---
0.025 - 0.8 kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$	---
0.8 - 3 kHz	$250/f$	5	6.25	---
3 - 150 kHz	87	5	6.25	---
0.15 - 1 MHz	87	$0.73/f$	$0.92/f$	---
1 - 10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0.73/f$	$0.92/f$	---
10 - 400 MHz	28	0.073	0.092	2
400 - 2000 MHz	$1.375f^{1/2}$	$0.0037f^{1/2}$	$0.0046f^{1/2}$	$f/200$
2 - 300 GHz	61	0.16	0.20	10

(أبو القاسم ع ، عبد الملك ح ، سعد مصباح ض ، 2011)

من جهة أخرى يبين الجدول رقم (4) المستويات المرجعية للتيارات الكهربائية من أجل تجنب مخاطر الحروق والصدمات الكهربائية.

الجدول رقم (4)

المستويات المرجعية للتماس بالتيارات الكهربائية المتغيرة مع الزمن. [1]

نوع التعرض	مجال التردد	التيار الأعظمي للتماس [mA]
العاملين	حتى 2.5 kHz	1.0
	2.5 - 100 kHz	0.4 f
	100 - 110 kHz	40
العموم	حتى 2.5 kHz	0.5
	2.5 - 100 kHz	0.2 f
	100 - 110 kHz	20

(أبو القاسم ع ، عبد الملك ح ، سعد مصباح ض ، 2011)

التعرض للحقول الكهرومغناطيسية وأساليب الوقاية:

للحقول الكهرومغناطيسية دور مهماً جداً في العصر الحديث من خلال تطبيقاتها المهمة التي شملت جوانب الحياة جميعها فعلى سبيل المثال، دخلت الكهرباء إلى كل بيت من أوسع الأبواب وصار الهاتف الخليوي شيئاً أساسياً في حياة الإنسان يلزمه في كل مكان، ونتيجة لهذا التطور أصبح الإنسان معرضاً بشكلٍ دائمٍ للحقول الكهرومغناطيسية بمختلف الترددات، وبات من الضروري تحديد مستوى التعرض لهذه الحقول واتخاذ الإجراءات المناسبة لحماية الإنسان من مخاطرها المستقبلية المحتملة [18, 19, 20, 21].

إن شدة الحقل الكهرومغناطيسي الذي يؤثر في جسم ما موجود في مكان محدد تتعلق بمجموعة من العوامل التي ترتبط بالمصدر وبوسط الانتشار وبالجسم المعرض فيه؛ ففي حالة توليد الأمواج الراديوية بواسطة هوائي مناسب، يكون مستوى التعرض على بعد معين من الهوائي متعلقاً بعدد من العوامل نذكر منها:

- الاستطاعة الكهربائية المستخدمة في الهوائي وتردد وشكل الموجة الكهرومغناطيسية المتولدة والريح المطبق في عملية الإرسال.
- البعد عن المصدر، إذ تتناقص شدة الأمواج الكهرومغناطيسية بازدياد البعد عن المصدر.
- خواص ومواصفات وسط الانتشار (وجود عوائق طبيعية أو صناعية).
- شكل وحجم وطبيعة الجسم المعرض للأمواج.

أما فيما يتعلق بالحماية من المخاطر المحتملة للحقول الكهرومغناطيسية بمختلف تردداتها ومصادرها فإنه يمكن تصنيف طرق الوقاية على وفق ثلاثة محاور أساسية وهي:

- البعد عن المصدر: تتناسب شدة الحقول الكهرومغناطيسية عكسياً مع البعد عن المصدر فكلما زاد البعد انخفضت شدة الحقل ومن ثم انخفض تأثيره في الكائنات الحية. هنا يأتي دور التخطيط في استخدام التقنيات الحديثة كالطاقة الكهربائية والأجهزة الحديثة داخل المنزل، وكذلك الأمر بالنسبة إلى المحطات الإذاعية ومحطات الخليوي التي أصبحت على أسطح البيوت والمستشفيات والمدارس وفي الشوارع وفي كل مكان، وبالتالي يجب أن تحقق هذه المحطات الشروط اللازمة كافة لحماية الناس من حولها.
- زمن التعرض: يختلف تأثير الحقول الكهرومغناطيسية بحسب زمن التعرض ويزداد احتمال الخطر بازدياد مدة التعرض، فكلما زاد زمن التعرض ضعفت فرصة الجسم في تصحيح ما تسببه هذه الحقول من خلل حيوي. ففي حالة الهاتف الجوال على سبيل المثال، يكون التعرض كبيراً خلال مدة إجراء المكالمات الهاتفية ويزداد التعرض وخطر التأثير غير المرغوب فيه بازدياد مدة المكالمة.

- التدريع: إن التدريع أمر ضروري في تطبيقات كثيرة من تطبيقات الحقول الكهرومغناطيسية سواءً على صعيد تدريع المعدات والأجهزة التي من المحتمل أن يتأثر عملها إذا وجدت في مجال حقل كهرومغناطيسي، أم على صعيد تدريع أماكن تواجد العاملين وبشكل خاص في المحطات الكهربائية وفي محطات الرادار والمحطات الإذاعية وغيرها.

بالإضافة إلى موضوع محطات التقوية والإرسال القاعدية المستخدمة في تقنيات الهاتف الخليوي فقد وضعت توصيات مهمة حول تحديد مواقع تلك المحطات ومخططات الإرسال الخاصة بها، فكل محطة قاعدية للهاتف الخليوي تتضمن ثلاث أو أربع هوائيات إرسال تغطي محيط المحطة (زاوية 360 درجة) بحيث يغطي كل هوائي زاوية محددة حول محور إرسال محدد، كما تختلف مسافة الإرسال من موقع إلى آخر بحسب الهدف من التغطية وطبيعة المنطقة والكثافة السكانية. وهنا تجدر الإشارة إلى أن زيادة عدد المحطات يساهم في تخفيض الشدة المستخدمة في الإرسال ومن ثم تخفيض مستوى التعرض للحقول الكهرومغناطيسية في جوار المحطة مع الحفاظ على جودة عالية في خدمة الاتصال، ويبين الجدول رقم (5) المسافة التي يجب الالتزام بها من أجل الحفاظ على مستوى تعرض يقع ضمن حدود الوقاية البشرية، مع الإشارة إلى مفهوم الاستطاعة

المكافئة للإشعاع. ويبين الجدول رقم (6) بشكل مبسط حدود التعرض حول محطات الإرسال القاعدية للهاتف الخليوي على وفق الهيئة الدولية للوقاية من الأشعة غير المؤيونة.

الجدول رقم (5)

مسافات الحماية حول محطات الخليوي. [1]

مسافة الأمان المقترحة (متر)		الاستطاعة المكافئة للإشعاع (واط)
1800 ميغاهرتز	900 ميغاهرتز	ERP
3.7	5.5	10
12	18	100
20	30	300
31	46	700
37	55	1000
52	78	2000

(أبو القاسم ع ، عبد الملك ح ، سعد مصباح ض ، 2011)

الجدول رقم (6)

حدود التعرض حول محطات الإرسال القاعدية للهاتف الخليوي الموصى على وفق الهيئة الدولية [1]

كثافة الاستطاعة W/m^2			
العاملين		العموم	
1800 ميغاهرتز	900 ميغاهرتز	1800 ميغاهرتز	900 ميغاهرتز
45	22.5	9	4.5

(أبو القاسم ع ، عبد الملك ح ، سعد مصباح ض ، 2011)

وتستخدم خطوط التوتر العالي لنقل التيار الكهربائي إلى مسافات بعيدة انطلاقاً من محطات توليد الكهرباء وصولاً إلى المستهلكين، وتتنوع نماذج هذه الخطوط على وفق الجهد المطبق وهدف الاستخدام فمنها الخطوط عالية التوتر ومنها المتوسطة والمنخفضة، وتنتج عن هذه الخطوط حقول كهربائية ومغناطيسية مختلفة الشدة تؤثر في محيطها القريب، وقد درست خواص هذه الحقول ووضعت تعليمات وإرشادات تهدف إلى تقليص التعرض البشري من خلال فرض مسافات حماية إلزامية يمنع إنشاء

أي نوع من الأبنية فيها، ويبين الجدول رقم (7) أنواع خطوط التوتر والمسافات المحددة لمنطقة الحماية حولها التي تكون فيها شدة حقل التحريض المتولد أقل من 10 ميلي غاوس، مع ملاحظة أن استخدام كابلات خطوط التوتر العالي تحت الأرضية يسهم في تقليص تعرض الإنسان والبيئة للحقول المغناطيسية بشكل معتبر.

الجدول رقم (7)

أنواع خطوط التوتر والمسافات المحددة لمنطقة الحماية حولها. [1]

نوع خط التوتر	مسافة الأمان المقترحة (متر)
380 ك.ف (هوائي)	80 - 60
220 ك.ف (هوائي)	55 - 40
110 ك.ف (هوائي)	30 - 20
50 ك.ف (هوائي)	25 - 15
110 ك.ف (تحت أرضي)	6 - 3

(أبو القاسم ع ، عبد الملك ح ، سعد مصباح ض ، 2011)

ويمكن اختصار عدد من النقاط المهمة التي تسمح بتحقيق الوقاية البشرية المناسبة من مخاطر مختلف مجالات الأشعة غير المؤيئة (الأشعة الضوئية والحقول الكهرطيسية) وفقاً لما يأتي :

- يرتبط تأثير الأشعة الشمسية وتحديد الجرعة الممتصة بنوعية الجلد ولونه؛ فالجلد الأسمر يحتوي على نسبة عالية من الميلانين الذي يسهم في امتصاص الأشعة فوق البنفسجية الضارة وحماية الجلد من تأثيراتها السلبية المحتملة.
- إن حماية العينين يتطلب استخدام النظارات الشمسية وعدم النظر إلى الشمس بشكل مباشر.
- التعرض الطويل والمتكرر في مدة ما قبل البلوغ للأشعة الشمسية بين العاشرة صباحاً والثالثة ظهراً له دور مهم في ظهور السرطانات الجلدية مع التقدم في السن.
- إن تعريض الجلد لأشعة الشمس لمدة قصيرة في ساعات الصباح الأولى (حتى العاشرة صباحاً) أو في مدة العصر (بعد الساعة الثالثة ظهراً) تسمح للجسم بتصنيع ما يلزمه من فيتامين د.

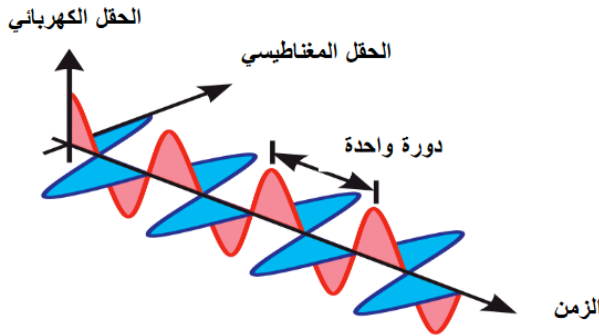
- تساعد مستحضرات الوقاية من أشعة الشمس في حماية الجلد غير أن استخدامها ينبغي أن يكون على وفق التعليمات والإرشادات المرفقة.
- ينبغي على العاملين ممن يستعملون بعض أنواع المصادر الضوئية المكشوفة (اللحام الكهربائي مثلاً) تطبيق قواعد الحماية بحذافيرها على وفق طرائق العمل المحددة وأساليب الوقاية والمعالجة، وينبغي أن يجري تحديد ساعات العمل بشكل يضمن الشروط الصحية المناسبة وسلامة العاملين.
- ينبغي تشييد الأبنية السكنية والمدارس والمستشفيات بعيداً عن خطوط نقل الطاقة بأنواعها كافة (جهد عال ومتوسط ومنخفض) ومد كابلات الجهد العالي في المناطق السكنية في مجاري تحت أرضية.
- إبعاد الأجهزة الكهربائية من غرف النوم ولاسيما غرف الأطفال إذ بينت دراسات أن الأطفال يتأثرون بالحقول الكهرطيسية بشكل أكبر من البالغين.
- وضع محطات تقوية الإرسال للهاتف الخليوي بعيداً عن المدارس وعدم توجيه هوائياتها مباشرةً باتجاه المنازل والأبنية السكنية.
- يفضل عدم الاتصال والتحدث بواسطة الهاتف الخليوي إلا في الحالات الضرورية وعدم إطالة الحديث لمدة تزيد عن خمس دقائق في المكالمة الواحدة.
- يجب تجنب استخدام الهاتف الخليوي من قبل الأطفال الذين تقل أعمارهم عن 15 عاماً إلا في حالات الضرورة القصوى ولفترات قصيرة جداً يسهم في تخفيض التعرض لدى الأطفال قبل سن البلوغ.
- وضع الهاتف الخليوي ولاسيما بتقنية الجيل الخامس (G5) جانباً في محفظة بعيدة عن الجسم (الصدر والبطن و لا سيما الإمراة الحامل) وعدم حمله بشكل دائم أو وضعه تحت الوسادة أو بالقرب من الرأس أثناء النوم. [22,23,24,25,26,27].
- يستحسن عدم استخدام أجهزة الميكروويف لتسخين المواد البروتينية والحبوب والبقول والحليب وأغذية الأطفال، والحذر من وجود النقاط الحارة في الطعام المسخن بواسطة هذه الأفران (النقطة الحارة هي عبارة عن فقاعة من بخار الماء محجوزة في الفراغات الموجودة ضمن الطعام).
- وبالرغم من موثوقية أجهزة التشخيص بالرنين المغناطيسي والأمواج فوق الصوتية

فإنه ينصح بعدم استخدامها المتكرر إلا في حالات الضرورة ولاسيما بالنسبة إلى النساء الحوامل.

- وضع المصطلحات العلمية وقواعد وإشارات التحذير الخاصة بالأشعة غير المؤيَّنة باللغة العربية بما يتناسب مع خصوصية المجتمع العربي والتطبيقات المتوفرة. إن مصطلح «الحقول الكهرومغناطيسية» يصف حالة فيزيائية معينة تعبر عن ظاهرة الحقول الكهربائية والحقول المغناطيسية المتلازمة معاً والمتولدة عن الشحنات الكهربائية المتحركة، والتي تشكل موجة كهرومغناطيسية كما هو مبين في الشكل رقم (7) الذي يعرض رسماً توضيحياً لشكل الموجة الكهرومغناطيسية [5].

الشكل رقم (7)

رسم توضيحي لموجة كهرومغناطيسية [1]



(أبو القاسم ع ، عبد الملك ح ، سعد مصباح ض ، 2011)

ولكل شحنة ساكنة أو متحركة حقلاً كهربائياً يتعلق بشحنتها، ويتولد الحقل الكهربائي نتيجة فرق الجهد بين قطبين مختلفين بالشحنة الكهربائية وكلما كان الفرق أكبر كان الحقل الكهربائي أكبر، أما الحقل المغناطيسي فيتولد عند حركة الأيونات وأهمها حركة التيار الكهربائي في النواقل. تنبعث الحقول الكهرومغناطيسية بشكل عام عن الشحنات الكهربائية المتحركة، وتنتقل هذه الحقول في الأوساط على شكل أمواج كهرومغناطيسية تسير بسرعة الضوء (تعاود سرعة الضوء حوالي 3.10^8 م/ثا في الخلاء وهي تتغير بحسب وسط الانتقال). ويكون الحقلان الكهربائي والمغناطيسي المشكلان للموجة الكهرومغناطيسية

متعامدين فيما بينهما ومتعامدين مع جهة الانتقال، وتتميز الموجة الكهرومغناطيسية بطول موجي λ وتردد f معينين يقدران بالمتر [m] وبالهرتز [Hz] على الترتيب ويرتبطان مع بعضهما من خلال العلاقة الآتية :

$$\lambda[m] = c[m/sec] / f[Hz]$$

وتقاس شدة الحقل الكهربائي بوحدة الفولت على المتر [V/m] وهي تتناسب طرديا مع شدة التيار الكهربائي أو الشحنة الكهربائية المولدة للحقل، بينما تقاس شدة الحقل المغناطيسي بوحدة الأمبير على المتر [A/m] وشدة حقل التحريض المغناطيسي بالغاوس [G] أو التسلا [T] ($1[G] = 10^{-4} [T]$).

ويرتبط الحقلان الكهربائي والمغناطيسي بكثافة الاستطاعة لموجة كهرومغناطيسية، ويرتبط حقل التحريض المغناطيسي بشدة الحقل المغناطيسي من خلال العلاقتين الآتيتين:

$$S[W/m^2] = E[V/m]H[A/m]$$

$$B[Tesla] = \mu[Henry/m]H[A/m]$$

إذ تعبر عن ثابت النفاذية المغناطيسية لوسط الانتقال، وتجدر الإشارة هنا إلى أنه يكفي من أجل تطبيقات الوقاية تحديد أحد المقدارين H أو B [5].

ويبين الجدول رقم(8) أهم المقادير الفيزيائية المستخدمة في مجال الحقول الكهرومغناطيسية فضلا عن إلى الرموز والوحدات المستخدمة

الجدول رقم (8)

مقادير فيزيائية في مجال الحقول الكهرومغناطيسية ورموزها ووحداتها. [1]

الرمز	المقدار الفيزيائي	الوحدة
E	شدة الحقل الكهربائي	فولت على المتر V/m
H	شدة الحقل المغنطيسي	أمبير على المتر A/m
B	حقل التحريض المغنطيسي	غاوس، تسلا T, G
S	كثافة الاستطاعة	واط على المتر المربع W/m ²
f, n	التردد	هرتز Hz
l	الطول الموجي	متر m
z	الممانعة	أوم Ohm
SAR	معامل الطاقة النوعية الممتصة	واط على الكيلوغرام W/kg

(أبو القاسم ع ، عبد الملك ح ، سعد مصباح ض ، 2011)

تأثير الأشعة الضوئية على المادة الحية:

يتعلق التأثير البيولوجي بطول موجة الأشعة الضوئية والشدة المستخدمة، وتُعد الأشعة فوق البنفسجية ذات التأثير الحيوي الأكبر بين مجالات الأشعة الضوئية المختلفة. في الأحوال جميعها، إن التعرض لشدات ضوئية عالية في أي من المجالات الطيفية للأشعة الضوئية يؤدي إلى مخاطر بيولوجية كبيرة وبشكل خاص بالنسبة إلى العينين [4]. تتميز الأشعة فوق البنفسجية عن سواها من الأشعة الضوئية بأن لفوتوناتها طاقة كمومية عالية، ومن الممكن أن تؤثر في مكونات الخلية الأساسية (بروتينات، ولبيدات، الخ).

1.2 التعرض للأشعة الضوئية

يُعد التعرض للأشعة الشمسية من أهم أنواع تعرض الإنسان للأشعة الضوئية بشكل عام، وهو يرتبط بعدد من العوامل [5] وأهمها:

- لون البشرة.

- نوعية الملابس.
- وقت التعرض (صباحاً، ظهراً، عصرًا) والفصل السنوي، ومدته.
- البيئة المحيطة: الأشجار والأبنية وغيرها، والارتفاع عن سطح البحر والموقع الجغرافي والمناخ.

إنّ التعرض لطيف بعض أنواع المصادر الصناعية يؤدي إلى تلقي جرعة عالية من الأشعة فوق البنفسجية في وقت قصير وقد يؤدي ذلك إلى إصابة المستخدم بشكل مباشر. هذا وتتلق الأضرار الناجمة عن التعرض للمصادر الصناعية بعوامل عدة وأهمها:

- طيف إصدار المصدر وفعالته البيولوجية.
 - البعد عن المصدر.
 - مدة التعرض.
 - طبيعة الجسم المعرض للأشعة (العين، والشفتين، واليدين، والعنق، الخ).
- في حين أن التعرض المهني يطال بالدرجة الأولى مستخدمي مصادر الأشعة فوق البنفسجية التي تُستعمل بشكلٍ واسعٍ إما مكشوفة أو محمية بشكل جزئي. ويمكن اختصار نماذج التعرض المهني للأشعة الضوئية في النقاط الآتية:

- اللحام الكهربائي.
- التصوير الصناعي والكشف عن المعادن.
- البحث العلمي والصناعات الإلكترونية الدقيقة.
- التعقيم.
- المعالجة الضوئية.
- المصابيح الشمسية وأسرّة الحمامات الشمسية.
- الإنارة العامة.

تقييم التعرض:

إن تقييم التعرض بشكل دقيق يتطلب أولاً تحديد الهدف من التقييم وبيئة العمل ومن ثم اختيار أجهزة وطرق القياس المناسبة. ويستخدم بشكل عام في تقييم التعرض للأشعة الضوئية نماذج مختلفة من مقاييس الإشعاع التي تختلف في مجال حساسيتها الطيفية بحسب الهدف من القياس.

المقادير الفيزيائية المستخدمة في القياسات الضوئية ووحداتها:

إن من أهم المقادير الفيزيائية المستخدمة في القياسات الضوئية هي الطاقة الإشعاعية الضوئية وتقدر بالجلول [J] والتدفق الطاقى الضوئى ويقدر بالواط [W]. وباستخدام مفهوم الزاوية المجسمة للحزمة الضوئية تستخدم الشدة الضوئية كمقدار فيزيائى يعبر عن التدفق الطاقى الضوئى في وحدة الزاوية الصلبة وهي تقدر بالواط على الستيراديان [W/Sr]. أما عند دراسة تعرض السطوح للأشعة الضوئية فيستخدم مقدار فيزيائى مهم جداً وهو الإضاءة الطاقية الضوئية التي تقدر بالواط على المتر المربع [W/m²]. أما في مجال الضوء المرئى فإن مفهوم حساسية العين البشرية يدخل في الحسابات ومن ثم تستخدم مقادير فيزيائية مختلفة أهمها التدفق الضوئى المرئى ويقدر باللومين [lm] وكذلك الشدة الضوئية المرئية وتقدر بالشمعة [cd] وأيضاً الإضاءة الضوئية المرئية التي تقاس لعلها بوحدة اللوكس [lux].

الخاتمة :

وبناءً على القراءة العلمية في المجال تمت صياغة هذا الكتيب الموجه للقارئ العربي لتبسيط بعض المفاهيم العامة حول الأشعة غير المؤيئة والتأثيرات المحتملة على المحيط والبيئة والصحة و ترشيد استخدام مصادرها.

وفي ما يلي حوصلة لأهم النقاط لما جاء في الكتيب:

- أهمية تبسيط مفاهيم الأشعة غير المؤيئة عند القارئ العربي.
- التأكيد على دور المنظمات العربية والدولية في مجال التوعية بأخطار الأشعة غير المؤيئة وطرق التعامل الآمن معها ولاسيما المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم والهيئة العربية للطاقة الذرية والهيئة الدولية للوقاية من الأشعة غير المؤيئة ومنظمة الصحة العالمية.
- وضع القواعد والقوانين الملزمة بتطبيق حدود التعرض المتعلقة بالأشعة غير المؤيئة.
- دعم البرامج المحلية على صعيد الدول العربية التي تهتم بحماية الإنسان من المخاطر المحتملة للاستخدام المتزايد للأشعة غير المؤيئة.
- الدعوة إلى تكوين لجنة علمية مشتركة بين المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم والهيئة العربية للطاقة الذرية تهتم بمتابعة تطور تقنيات الأشعة غير المؤيئة وتطبيقاتها في مختلف المجالات.

المراجع :

- [1] عصام أبو القاسم، حافظ عبد الملك، ضو سعد مصباح، الأشعة غير المؤينة طبيعتها وطرق الوقاية من مخاطرها الهيئة العربية للطاقة الذرية 2011
- [2] Commission International de l'Eclairage (International Commission on Illumination), "International Lighting Vocabulary", 4th ed. Vienna. CIE Pub., No. 17.4, 1987.
- [3] Brian L. Diffey, "Sources and measurement of ultraviolet radiation", Methods 28, 4-13, 2002.
- [4] Vazquez M., Hanslmeier A., « Ultraviolet Radiation in the Solar System », Springer, 2006.
- [5] Paolo Vecchia, Maila Hietanen, Bruce E. Stuck, Emilie van Deventer, Shengli Niu, "Protecting Workers from Ultraviolet Radiation" International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) in Collaboration with International Labour Organization and World Health Organization, ICNIRP 14/2007.
- [6] ICNIRP Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 KHZ TO 300GHZ) 2020.
- [7] McKinlay AF, and Diffey BL. "A Reference Action Spectrum for Ultraviolet Induced Erythema in Human Skin", The CIE Journal 66: 17-22; 1987.
- [8] ICNIRP, "Health Issues of Ultraviolet Tanning Appliances User for Cosmetic Purposes", Health Physics, Volume 84, Number 1, January 2003.
- [9] NRPB, "Board Statement on Effects of Ultraviolet Radiation on Human Health and Health Effects from Ultraviolet Radiation", Report of an Advisory Group on Non Ionizing Radiation, Volume 6, No. 2, 1995.
- [10] Gange W.R., and Parrish J. A., "Acute Effect of Ultraviolet Radiation upon the Skin", Photoimmunology, New York, Plenum Press, 1983.
- [11] Farr P. M., Marks J M, Diffey B.L., and Ince P., "Skin Fragility and Blistering due to the Use of Sunbeds", Br. Med. J., 296, 1708-9, 1988.
- [12] UNEP/Who/ICNIRP, "Ultraviolet Radiation" World Health Organization,

- Environmental Health Criteria 160, 1996.
- [13] Sliney D.H. and Wolbarsht M.L., "Safety with Lasers and Other Optical Sources", New York, Plenum Press, 1980.
- [14] Zigman S., Datiles A. and Torczynski A. "Sunlight and Human Cataracts", Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 18, 462-7, 1979.
- [15] Webb A. R., DeCosta B. R. And Holick M. F. "Sunlight Regulates the cutaneous Production of Vitamin D3 by Causing in Photodegradation", J. Clin. Endocrinol. Metab., 68, 882-7. 1989.
- [16] ICNIRP "Guidelines on limits of Exposure to Ultraviolet Radiation of Wavelengths Between 180 nm and 400 nm (Incoherent Optical Radiation)", Health Physics, Volume 87, Number 2, August 2004.
- [17] ICNIRP, "Guidelines on Limits of exposure to Laser Radiation of Wavelengths between 180 nm and 400 nm", Health Physics, Volume 71, Number 5, November 1996.
- [18] Ammari M, Elferchichi M, Othman H, Sakly M, Abdelmelek H. Effect of sub-chronic ferrous sulfate treatment on motor skills, hematological and biochemical parameters in rats. Arch Environ Occup Health. 2019;74(4):179-184.
- [19] Othman H, Ammari M, Sakly M, Abdelmelek H. Effects of repeated restraint stress and WiFi signal exposure on behavior and oxidative stress in rats. Metab Brain Dis. 2017 Oct;32(5):1459-1469.
- [20] Othman H, Ammari M, Sakly M, Abdelmelek H. Effects of prenatal exposure to WIFI signal (2.45GHz) on postnatal development and behavior in rat: Influence of maternal restraint. Behav Brain Res. 2017 May 30;326:291-302.
- [21] Othman H, Ammari M, Rtibi K, Bensaid N, Sakly M, Abdelmelek H. Postnatal development and behavior effects of in-utero exposure of rats to radiofrequency waves emitted from conventional WiFi devices. Environ Toxicol Pharmacol. 2017 Jun; 52:239-247
- [22] Marek Zmyślony, Paweł Bieńkowski, Alicja Bortkiewicz, Jolanta Karpowicz, Jarosław Kieliszek, Piotr Politański, Konrad Rydzyński Protection of the population health from electromagnetic hazards - challenges resulting from the implementation of the 5G network planned in Poland.

- [23] Ammari M, Elferchichi M, Othman H, Sakly M, Abdelmelek H. Effect of sub-chronic ferrous sulfate treatment on motor skills, hematological and biochemical parameters in rats. *Arch Environ Occup Health*. 2019;74(4):179-184.
- [24] Othman H, Ammari M, Sakly M, Abdelmelek H. Effects of repeated restraint stress and WiFi signal exposure on behavior and oxidative stress in rats. *Metab Brain Dis*. 2017 Oct;32(5):1459-1469.
- [25] Othman H, Ammari M, Sakly M, Abdelmelek H.
Effects of prenatal exposure to WIFI signal (2.45GHz) on postnatal development and behavior in rat: Influence of maternal restraint.
Behav Brain Res. 2017 May 30; 326:291-302.
- [26] Othman H, Ammari M, Rtibi K, Bensaid N, Sakly M, Abdelmelek H. Postnatal development and behavior effects of in-utero exposure of rats to radiofrequency waves emitted from conventional WiFi devices. *Environ Toxicol Pharmacol*. 2017 Jun; 52:239-247.
- [27] Besset D, Selmaoui B, Tourneux P, Leke A, Delanaud S, de Seze R, Stephan Blanchard E. Environmental radiofrequency electromagnetic field levels in a department of pediatrics. *Environ Res*. 2020 Feb; 181:108894.

