مجلة جامعة الملك عبدالعزيز : العـــــلوم ، م١٨ ، ص ص: ٣٥-٨٤ (٢٠٠٦م/ ١٤٢٧هـ)

تقييم مخاطر الأشعة الكهرومغناطيسية غير المؤينة ذات التردد الضعيف جدا ELF الصادرة من التيارات الكهربائية ٥٠/ ٦٠ هرتز والآثار الحيوية السلبية لها والمنظمات المشرعة لحدود التعرض

محمد عبدالله الراجحي

الكلية التقنية بالرياض ، الرياض – المملكة العربية السعودية

E-mail : rajhi2000@hotmail.com

المستخلص. يدور جدل واسع على المستوى العالمي والمحلي حول الأشعة المنبعثة من التيارات الكهربائية سواءً من خطوط الضغط العالي ، أو التوصيلات المنزلية أو الأجهزة الكهربائية ، ومدى تأثيرها على الإنسان، بطريق مباشر أو غير مباشر . وقد انقسم الناس بين مبالغ في خطورتها وآخرين لم يعيروا ذلك أي اهتمام . كما انقسم الباحثون بناءً على ما توصلوا إليه من نتائج ، والتي يمكن وصفها بأنها نتائج متباينة . بناءً على ذلك تباينت الهيئات والمنظمات المشرعة في وضع حدود التعرض للمجالين الكهربائي والمغناطيسي ٥٠/ ٦٠ هرتز . وهذا البحث يقدم تمهيدا لمعرفة حجم المشكلة مقارنةً ببقية طيف الأشعة الكهرومغناطيسية ، وتوضيح ما ذكر من تباين في نتائج الأبحاث وحدود التعرض وبيان أسبابه. وقد خرج البحث بالنتائج التالية :

أولا: التعرض للمجال الكهربائي والمغناطيسي في حدود التعرض المسموح به الصادر من الهيئات الدولية مثل (ICNIRP) وغيرها ، لم يثبت علاقته بأمراض مثل السرطان للأطفال والبالغين أو أي أمراض أخرى

بشكل قاطع ومؤكد ، والأبحاث العلمية والإحصائية التي ذكرت ذلك إما أنها لم تتحكم بالمتغيرات الكثيرة التي تشوش على دقة النتائج ، أو أنها لم تدعم ببحوث أخرى تؤكد تلك النتائج ، هذا من جهه ومن جهة أخرى وجود كم أكبر من الأبحاث التي تنفي علاقة تلك المجالات بالأمراض المذكورة ، وأكبر دليل يمكن أن يسجل هو تصنيف الـ IARC بأن الأشعة الكهرومغناطيسية ذات التردد الضعيف جداً ضمن الأشياء التي يمكن أن تكون مسرطنة .

ثانيًا : ترك الباب مفتوحًا من المنظمات المختصة لمزيد من البحوث لأنه لا يزال القول بإمكانية وجود علاقة بين التعرض لتلك المجالات وبين الأمراض ، وتقرير أن لها آثاراً سلبية .

ثالثًا: يجب تجنب الأخطاء الفنية التي من شأنها زيادة التلوث الإشعاعي عن طريق تقنين طرق التوصيل والتمديدات الكهربائية.

رابعًا : معدلات التعرض للمجالات الكهرومغناطيسيه المنبعثة من خطوط الضغط العالي والشبكات و الأجهزة الكهربائية ، والتي هي دون الحدود المسموح بها دوليًا ، يجب تخفيضها ما أمكن ذلك مع أخذ الجانب الاقتصادي بالاعتبار ، لأنه لم يثبت ارتباط بين تلك الحدود والصحة ، ولكن إذا كان الانبعاث بسبب خطأ فني فهذا غير مقبول ولابد ان يصحح الخطأ حتى وإن كان الانبعاث قليل جداً .

١. مقدمة

تنتشر الموجات الكهرومغناطيسية في البيئة في مدى طيف واسع من الأطوال الموجية ، ومن مصادر مختلفة ، لخدمة أغراض عديدة من حاجات الإنسان، إلا أن بعضها تنبعث بشكل متلازم وغير مرغوب فيه لكثير من العمليات التي تخدم الإنسان. وقد قامت العديد من المنظمات الدولية والوطنية والمؤسسات العلمية من جامعات ومعاهد بدراسة تلك الموجات، وتصنيفها وتحديد مصادرها، وإجراء البحوث عليها، وبيان الآثار البيولوجية والبيئية التي تحدثها، وتعيين حدود التعرض لها ، وأعلى الجرعات المسموح بها للعاملين وللعامة ، وكذلك طرق الحد من انتشارها . وكان النصيب الأكبر من تلك الدراسات خاص بالمدى الأخطر على الإنسان والبيئة من تلك الأشعة وهو الأشعة

المؤينة Ionising Radiation ، فقد حكمت بضوابط وقواعد محكمة ، بسبب خطرها الشديد والواضح على الإنسان، وكذلك بسبب سهولة الكشف عن الأثر الذي تحدثه ، إلا أن الجانب الآخر من المدى الطيفي لا يزال بحاجة لمزيد من البحوث والتجارب .

تتركب الموجة الكهرومغناطيسية من موجتين كهربائية ومغناطيسية أي أنها تكون مجالين: مجال كهربائي (E) ومجال مغناطيسي (H) ، وهما كميتين فيزيائيتين متجهتين ومتعامدتين ومتصاحبتين خلال انتشارهما بسرعة الضوء ولكل منهما خصائص مختلفة عن الأخرى.

١ , ١ *المجال الكهربائي (E)*

- كمية فيزيائية متجهة أي أن لها مقدار واتجاه .
- الشحنات الكهربائية هي مصدر المجال الكهربائي ، فيكون المجال الكهربائي موجودا بوجود الشحنات، أو بتعبير آخر، يكون المجال الكهربائي موجودًا حول أي موصل يحمل جهداً كهربائيًا بغض النظر عن سريان التيار .
- شدة المجال المنبعث يتناسب طرديًا مع الجهد المطلق في الموصل .
- يقاس المجال الكهربائي بوحدات الفولت لكل متر (Vm^{-1}) وتقل شدته كلما ابتعدنا عن المصدر .
- يمكن صده وتضعيفه بسهولة بالمباني أو الأشجار وغيرها من الأجسام.
- يمكن الإحساس به بشكل وخزات أو تنميل عندما يتجاوز مقداره (٢٠٠٠٠ فولت/ متر). وتختلف درجة الإحساس به من شخص إلى آخر ، وربما يتحرك شعر اليدين أو الرأس عند بعض الناس عند وقوفه تحت خطوط الضغط العالي بسبب المجال الكهربائي.

١ , ٢ *المجال المغناطيسي*

- كمية فيزيائية متجهه أي أن لها مقدار واتجاه .
- لا ينبعث إلا في حالة سريان التيار الكهربائي (حركة الشحنات) داخل الموصل ، فإن كانت حركة التيار باتجاه واحد فسوف ينبعث مجالا مغناطيسيا مستمرا، أما إذا كانت الشحنات تغير اتجاهها كل فترة زمنية محدودة فإن المجال المغناطيسي سوف يكون مترددا.

- تزداد شدة المجال المغناطيسي طرديًا بزيادة شدة التيار.
- يصعب صده أو تضعيفه كما في المجال الكهربائي.
- لا يمكن الإحساس به حتى عند مقادير كبيرة وهنا يكمن خطورته.
- يمكن أن يعبر عنه بكثافة التدفق المغناطيسي Bويقاس بالنظام الدولي بوحدات التسلا . ($W_b\ m^{2-}$ = Tesla) وينتشر استخدامه بالنظام الجاوسي بوحدة الجاوس (Gauss) ، ويمكن أن يعبر عنه بشدة المجال المغناطيسي H ويقاس بوحدة ($A\ m^{-1}$).
- وترتبط الكميتان بالعلاقة التالية $B = H$.

حيث أن هو ثابت يدعى بالنفاذية المغناطيسية للوسط ، وفي الفراغ أو الهواء أو نسيج الكائن الحي تكون قيمته : $_o = 4\times10^{-7}$ (Hm^{-1})

حيث H ، m هما: هنري و مترعلى الترتيب

- التدفق المغناطيسي ϕ هو عدد الخطوط المغناطيسية المارة ووحدتها الوبر W_b .
- يعزى للمجال المغناطيسي الآثار البيولوجية السلبية والتأثير على شاشات العرض والأجهزة اللاسلكية .

١,٣ *طيف المجالات الكهرومغناطيسية*

تمتد المجالات الكهرومغناطيسية من الأشعة الكونية Cosmic Rays بطاقة ٤×١٠^٨ إلكترون فولت من تردد ١٠^٢٣ هيرتز ثم أشعة جاما Gamma والأشعة السينية X-Rays من (١٠^٢٢ – ٣×١٠^١٥) هيرتز وجميعها تعتبر أشعة مؤينة ثم يبدأ الجزء من الطيف للأشعة الأقل طاقة أو الأشعة غير المؤينة عند طول موجي ١٠٠ نانومتر ، تبدأ بالأشعة فوق البنفسجية Ultra-Violet (UV) حتى الطول الموجي ٤٠٠ نانومتر ثم الأشعة المرئية Visible Light، ثم الأشعة تحت الحمراء Infrared (IR) ، ثم أشعة الميكروويف Micro Wave (MW) ، ثم أشعة الراديو Radio Frequency (RF) ، وتنتهي بالأشعة ذات التردد الضعيف جداً Extremely Low Frequency (ELF) وتمثل الجزء من الطيف ذو التردد من (٠ – ٣٠٠٠) هيرتز ومنها الموجات الكهرومغناطيسية الصادرة من الخطوط الكهربائية ٥٠/ ٦٠ هرتز والتي نحن بصددها. وبتصنيف آخر (وشرح موجز يدعم هذا البحث لإدراك حقيقة خطورة المجالات الكهرومغناطيسية وإعطائها حقها من الاهتمام دون مبالغة في خطورتها)

يصنف الطيف الكهرومغناطيسي إلى أربعة مناطق تبعا للأثر الذي تحدثه تلك الموجات وهي:

أولاً : الأشعة المؤينة Ionizing Radiation ولها تردد عالي(أو طاقة عالية) وطول موجي صغير جدا يمكنها التعامل على مستوى الإلكترون بصفة جسيمية وتعرف بأنها الأشعة الكهرومغناطيسية والتي تمتلك من الطاقة ما يكفي لتأيين ذرات المادة ، أو بمعنى آخر إخراج إلكترون أو أكثر من مداره في الذرة، وهذا يعني أنها تمتلك من الطاقة ما يكفي لكسر الروابط الذرية ، حيث أن الإلكترون هو من يقوم بالربط بين الذرات لتتكون الجزيئات، وعندما يتعرض جسم الإنسان لمثل تلك الأشعة فربما تكسر روابط الجزيئات داخل الخلية ويتأثر بذلك بعض المكونات المهمة مثل الأحماض النووية مثل (DNA) مما ينتج عنه اضطراب في التحكم في انقسام الخلية وتكاثرها بشكل غير طبيعي (مرض السرطان) ، وهذا مثال لما قد يحدث من تلك الأشعة لتوضيح خطورتها.

ثانيًا: الأشعة غير المؤينة Non-Ionizing Radiation، أي الأشعة الكهرومغناطيسية التي لا تمتلك طاقة كافية لتأيين الذرة أو بعبارة أخرى لا تمتلك طاقة لكسر روابط الجزيئات. وحيث أن مدى التردد للأشعة غير المؤينة كبير جدا ويحتاج إلى بعض التفصيل الموجز فإن أعلى طاقة في تلك الأشعة هي ما يسمى بالأشعة المرئية، وهي الأشعة التي تستخدم للرؤيا من قبل الإنسان أو الحيوانات وكل له تردده الخاص به، وتنقسم إلى ثلاث مناطق وهي الأشعة فوق البنفسجية وأشعة الضوء المرئي (للإنسان) ثم الأشعة تحت الحمراء . وحيث إن هذه الأشعة لا تمتلك الطاقة التي تمكنها من تأيين الذرة أو كسر الروابط الكيميائية ولكنها يمكن أن تثير الإلكترونات وتهيج الذرة ، ويمكنها إحداث تفاعل كيموضوئي Photochemical ، فعلى سبيل المثال تقتل الأشعة فوق البنفسجية UV-C الميكروبات التي حجمها مقارب لطولها الموجي ولذلك سميت بقاتلة الجراثيم Germicidal UV ، والذي يحدث عند تسليط جرعة كافية على تلك الكائنات وحيدة الخلية حدوث تفاعل كيميائي يجعلها لاتستطيع إعادة بناء مستعمراتها فتفنى. ولابد من معرفة أنه لايوجد حد فاصل دقيق محدد بين الأشعة المؤينة وغير المؤينة بحيث تنتهي واحدة وتبدأ الأخرى ولكن

المنطقتين تتداخل في بعضهما بشكل تدريجي كما هو الحال في جميع مناطق الطيف الكهرومغناطيسي ، فليس هناك حد دقيق للفصل بين تسميتين من مناطق الطيف، ولهذا السبب فإن منطقة الأشعة فوق البنفسجية والقريبة من الأشعة السينية يمكن أن تكون أشعة مؤينة إلى حد ما وهكذا...

ثالثًا: تبدأ بعد ذلك منطقة الميكروويف MW ويليها منطقة الراديو RF (وهي الموجات التي يمكن استخدامها في الاتصالات) حتى التردد ١ ميجا هيرتز ، وهذه المنطقة من الطيف الكهرومغناطيسي هي بالطبع لا تحدث تأيين أو كسر للروابط الكيميائية بسبب طولها الموجي الكبير ($١٠^{-٤}$-$١٠^{٢}$) متر ، أي أن طاقتها أقل مما يكفي ، وأيضا لا تستطيع إثارة الذرة أو إحداث تفاعل كيميائي بسبب طولها الموجي ، ولكنها يمكن أن تحدث تيارا كهربائيا مستحثًا Induced Current داخل الأجسام مثل جسم الإنسان والحيوان، وهذا التيار قد يولد حرارة (أثر فيزيائي)، ولذلك يستخدم المايكروويف للطهي ، كما تسمى هذه الأشعة بالأشعة الحرارية نسبة لما ذكر.

رابعًا: أشعة الراديو الكهرومغناطيسية RF الأقل من ١ ميجا هيرتز حتى > صفر هيرتز تسمى بالأشعة غير الحرارية ، وهذه الأشعة ثبت بأنها تنتج تيارا مستحثًا داخل الأجسام الموصلة ولكنه ضئيل جدا نظرا لطولها الموجي الكبير جدا مقارنة بحجم الجسم. وفي آخر هذا الجزء من الطيف تحت التردد ١٠٠٠ هيرتز وتسمى موجات التردد الضعيفة جداً Extremely Low Frequency ELF ويندرج تحتها تردد الموجات الصادرة من التيارات الكهربائية ٥٠/ ٦٠ هرتز ، فطول الموجة الكهرومغناطيسية الصادرة من هذه التيارات الكهربائية المترددة كبير جداً ~ ٥٠٠٠ كم مقارنة بجسم الإنسان.

فعندما يتعرض الإنسان إلى مجال كهرومغناطيسي متردد ٥٠/ ٦٠ هرتز فإن تياراً كهربائيًا ضئيلا سوف ينشأ داخل الجسم ، حتى وإن كان الإنسان يقف مباشرة تحت خطوط الضغط العالي، ولا يتجاوز هذا التيار الميكروأمبير (A) ، وهذا التيار غير كافي لاختراق جدر خلايا الأنسجة في الجسم ولكنه يمر بطرق غير مستقيمة بينها. ويقدر بعض العلماء أن هذا التيار الناشئ من تلك الموجات أقل من التيارات

الكهربائية الطبيعية التي يستخدمها الجسم نفسه والصادرة من المخ والقلب على سبيل المثال. وبسبب ذلك يحتج بعض العلماء بأن تلك المجالات ليس لها أثر بيولوجي سلبي.

وقبل أن أختم هذه الفقرة لابد أن أوضح فيما ذكرت أن « خطورة الموجات الكهرومغناطيسية تزداد بزيادة طاقتها »، ومع ذلك ولوجود عوامل ومتغيرات أخرى فلا يمكن التعميم هنا فعلى سبيل المثال فإن موجات الأشعة فوق البنفسجية تكون أخطر ما يمكن على الإنسان عند الطول الموجي ٢٧٠ نانومتر منه مقارنة مع الموجات الأقصر للأشعة فوق البنفسجيه.

٢. المنظمات المشرعة لحدود التعرض

بدأ الاهتمام بالآثار الصحية المصاحبة للمجالات الكهربائية في الستينات من القرن الماضي حينما أصدر العلماء الروس Russian Electrical Switchyard Workers أول تقرير عن احتمال وجود أضرار في الأوساط المهنية، وفي أواخر السبعينات وأوائل الثمانينات ظهرت تقارير أخرى تربط بين تعرض عامة الناس لتلك الإشعاعات ومرض السرطان للأطفال والبالغين. عندها قامت الهيئة العالمية للوقاية من الإشعاع (IRPA) بتنظيم مجموعة عمل للإشعاعات غير المؤينة Non-Ionizing Radiation (NIR) في عام ١٩٧٤ والتي كان من مهامها الوقاية والحماية من الآثار الصحية السيئة الناتجة من التعرض للأشعة غير المؤينة . وفي مجلس الهيئة عام ١٩٧٧ في باريس أصبحت مجموعة العمل هذه تدعى بـ « اللجنة الدولية للإشعاعات غير المؤينة » International Non-ionizing Radiation Committee (INIRC) والتي قامت بالتعاون مع شعبة الصحة البيئية Environmental Health Division التابعة للمنظمة العالمية للصحة World Health Organization (WHO) بتحمل مسئولية تشكيل وإعداد وثائق الخصائص الصحية للإشعاعات غير المؤينة. وهذه جميعها تشكل جزءً من برنامج ضوابط الصحة البيئية Environmental Health Criteria Programme للمنظمة العالمية للصحة (WHO) والذي يُدعم من برنامج الأمم المتحدة للبيئة United Nation Environmental Programme (UNEP). هذه الوثائق تتضمن رؤية شاملة للخصائص الفيزيائية والأجهزة وطرق

القياس والمصادر وتطبيقات الإشعاعات غير المؤينة بالإضافة إلى مراجعة تفصيلية للمتوفر من المواصفات القياسية، ودرجة مصداقيتها وتقييم المخاطر الصحية الناجمة عن تعرض الإنسان لتلك الأشعة.

وقد اعتبرت اللجنة أنه بوضع قيم لحدود التعرض يمكن إصدار العديد من القرارات والأحكام المهمة. ويمكن الوصول إلى ذلك بتحديد صلاحية التقارير العلمية وعملية استقراء النتائج من حيوانات التجارب فيما يخص الآثار على الإنسان. ومع أن عملية الموازنة بين التكلفة والفائدة تعتبر من الأشياء الضرورية، بما في ذلك الآثار الاقتصادية لعملية الضبط والمتابعة لتنفيذ الحدود والتوصيات، إلا أن الحدود في هذه اللوائح تعتمد فقط على البيانات العلمية دون الأخذ بالاعتبار الآثار الاقتصادية أو أي أولويات غير علمية.

وعلى كل حال ومن المعلومات الحالية المتوفرة فإن هذه الحدود يجب أن توفر بيئة عمل وحياة صحية فيما يخص التعرض لتلك الإشعاعات تحت جميع الظروف الطبيعية، وقد أشركت الهيئة جمعيات ومعاهد وأفراد متخصصين لاستشارتهم في إعداد اللوائح التي تم اعتمادها من المجلس التنفيذي للـ (IRPA). وفي المؤتمر الدولي الثامن للهيئة الدولية للوقاية من الإشعاع والمقام في مونتريال «كندا» عام ١٩٩٢ قامت هذه الهيئة بتأسيس منظمة جديدة مستقلة عرفت بـ International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) كاستمرار للمنظمة السابقة (INIRC) ومهام هذه المنظمة تتمثل في بحث مخاطر الإشعاعات غير المؤينة (NIR) وتطوير اللوائح والإرشادات الدولية لحدود التعرض للإشعاعات غير المؤينة والتعامل مع جميع ما يتعلق بها. ويعمل بهذه المنظمة في هذا الوقت اكثر من ١٥٠٠٠ متخصص من أربعين بلداً حول العالم.

ومن الهيئات الأخرى اللجنة الإقليمية الفدرالية للحماية من الإشعاع بكندا Federal-Provincial Territorial Radiation Protection Committee وتعنى هذه اللجنة بالتطورات في المجالات الكهرومغناطيسية ومنها المجالات ذات التردد المنخفض جداً ، ونشاطها داخل كندا، ويشمل دراسة الأضرار الصحية ومراجعة الأبحاث العلمية خصوصا في مجال علم الأوبئة Epidemiology ومن مهامها وضع الحدود للمهنيين والعامة.

ومن الهيئات الوطنية المجلس الوطني للحماية من الإشعاع في ماريلاند The National Council on Radiation Protection (NCRP) وقد أجيز هذا الاسم من الكونغرس الامريكي سنة ١٩٦٤، وله جهودًا كبيرة في متابعة ومراجعة التطورات في الأبحاث للـ (ELF) وعمل البحوث وإجراء التجارب ووضع حدود التعرض.

ومنها أيضًا الهيئة الوطنية للحماية الإشعاعية National Radiological Protection Board (NRPB) بالمملكة المتحدة التي أسست مجموعة استشارية في عام ١٩٩٠ لمراجعة أبحاث الأشعة غير المؤينة ولتحديد إلى أي مدى يمكن أن تؤثر تلك الأشعة على الإنسان، ويتبع لها المجموعة الاستشارية للإشعاع غير المؤين AGNIR . ومنها أيضًا مجلس الأبحاث الطبي والصحة الوطنية باستراليا National Health and Medical Research Council (NHMRC) والذي له أبحاثًا مهمة في هذا المجال إلا أنه يتبنى عادة ما يصدر من الهيئة العالمية للوقاية من الإشعاع (IRPA) والتي تزوده بنص التقارير قبل إصدارها لكي يتبناها مبكرًا. ويوجد عبر العالم منظمات أخرى وطنية سوف نتطرق لبعضها في ذكر حدود التعرض ، كما أن هيئات المواصفات والمقاييس أصبحت تتدخل في تلك الدراسات حيث أملت عليها المتطلبات المتزايدة في وضع مواصفات الأجهزة التي يمكن تداولها بين الناس مثل، International Electrotechnical Commission (IEC)، و International Standards Organization (ISO) و International Commission on Illumination (CIE) و The European Committee on Electrotechnical Standard-ization (CENELEC) وغيرها.

ومن المؤسسات أيضًا معهد الهندسة الكهربائية والإلكترونية Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) وقد أصدر حديثا مواصفات وحدودًا للتعرض للمجالين الكهربائي والمغناطيسي[١] والذي كان مطروحًا للتطوير خلال اللجنة الفرعية III ، والتي عرفت الآن باللجنة الدولية للأمان الكهرومغناطيسي IEEE International Committee on Electromagnetic Safety (ICES) . ومنها المعهد الوطني للأمان والصحة للعاملين بالولايات المتحدة الامريكية The National Institute for Occupa-tional Safety and Health (NIOSH) والذي قام بتقييم الآثار الصحية منذ سنة ١٩٩١، وقد قاس المختصون به قيم التعرض للأشعة الكهرومغناطيسية في مواقع العمل ووقت

تواجدهم ، كما درسوا الأضرار البيولوجية التي قد تحدث من التعرض. ومن أنشطة NIOSH الاشتراك بالأبحاث مع الجامعات والمنظمات الأخرى ، وقد زاد وتطور هذا النشاط تحت مسمى The National EMF Research and Public Information Dissemination (RAPID) . ومن الإدارات الحكومية بالولايات المتحدة للأمان والصحة للعاملين Occupational Safety & Health Administration (OSHA) والذي ابتدأ عملها من سنة ١٩٧١ ومن أهم جوانب نشاطه الأبحاث التي تتعلق بالحماية من الإشعاع.

ومن المهتمين أيضاً المعهد الوطني لعلوم الصحة البيئية The National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS) والذي تأسس سنة ١٩٦٦، وله أبحاثًا في مجالات متعددة لتغطية جوانب الآثار السيئة بسبب التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية، وشملت الأبحاث النظرية والعملية واستقراء النتائج على حيوانات التجارب .

٣. أبحاث في المجال الكهرومغناطيسي ELF

خضعت المجالات الكهرومغناطيسية ذات التردد الضعيف جداً ELF وتأثيراتها السلبية على الإنسان لعدد كبير من الدراسات والمراجعات من لجان وطنية عبر العالم[٢-٨].

يجد العاملون في هذا المجال تباينًا كبيرًا جداً في وجهات النظر والاستدلالات لدعم ما توصلوا إليه في مدى خطورة المجالات الكهرومغناطيسية على الحياة، سواءً كان ذلك من جانب الباحثين أو المنظمات والهيئات المعنية ، بل إن درجة تلك التباين تصل إلى أن المطلع على بعض استدلالات من يقول بعدم ضرر المجال الكهرومغناطيسي ذو التردد المنخفض جداً ELF يجزم بأن معهم الصواب ، ومن يطلع على بعض استدلالات من يقول بضررها يسلم بأن الضرر حقيقة لاجدال فيها، وينعكس هذا الاختلاف بدوره على وضع حدود التعرض لتلك المجالات. وهذا الاختلاف قائم إلى يومنا هذا ويرجع سبب هذا التباين إلى الأبحاث القائمة على الاستدلالات الإحصائية أو المعملية ودرجة اليقين الإحصائية التي تحدد الضرر من عدمه، هذا من جهه ومن جهة

أخرى طبيعة الموجات الكهرومغناطيسية غير المؤينة ذات التردد الضعيف جداً ELF وقدرتها على إحداث ضرر حيوي مباشر واضح عند تعرض الإنسان لها في المدى الزمني القريب أو البعيد . فلو نظرنا إلى الإشعاعات المؤينة على سبيل المثال فلا نجد هذا الاختلاف والتباين في نتائج البحوث المطروحة، فأحداث ناكازاكي وهيروشيما وشرنوبل وغيرها تحسم المسألة إحصائياً ، ونتائج التجارب المعملية قطعية ، ولذلك تم وضع حدود للتعرض والجرعات اللحظية والسنوية والعمرية بما يكفل حماية العامة والعاملين.

٣,١ *أبحاث أثبتت أضرار التعرض للمجال الكهرومغناطيسي*

تطرقت كثير من البحوث لتحديد ضرر التعرض للمجال الكهرومغناطيسي فمنها ما أظهر أن التعرض لمجال مغناطيسي قدره ١٠٠٠ ملي جاوس (mG) ذو تردد ٥٠ هيرتز يزيد في التأثير الكيميائيً لإحداث سرطان الثدي لدى الفئران[٩] والتعرض إلى ١٠٠ ملي جاوس ٦٠ هيرتز لمدة ٢٤ ساعة يمكن أن يحدث ضرراً في الـ (د.ن.أ) في خلايا المخ للجرذان[١٠]. والتعرض إلى أكثر من ٥ ملي جاوس يرفع من احتمالية حدوث مرض الزهايمر للعاملين[١١-١٣]، والتأثير على تركيز هرمون الميلاتونين لدى النساء[١٤]، كذلك وجود علاقة بين التعرض وسرطان البروستات للعاملين[١٥]، وعند تعريض ورم سرطاني لمجال مغناطيسي قدره ١٠٠٠ ملي جاوس ازداد نموه[١٦]، كما وجد أن استخدام البطانيات الكهربائية له علاقة بزيادة سرطان الثدي للنساء[١٧]. وأما الأبحاث التي تربط بين تعرض الأطفال الساكنين بالمنطقة القريبة من خطوط الضغط العالي وأمراض السرطان (ومنها سرطان الدم والمخ) فهي كثيرة[١٨-٣٤]. وفي دراسة في مدينة دنفر على أطفال يعيشون ضمن منطقة تبعد مسافة 40m من خطوط الضغط العالي سنة ١٩٧٩ وجد أن نسبة الأطفال الذين يموتون بسبب إصابتهم بالسرطان يبلغ ضعفين إلى ثلاثة أضعاف مقارنة بالأطفال الذين يموتون في مناطق أخرى[١٨] وقد دعمت النتيجة بدراستين[٢٢-٢٤]. وفي دراسة أخرى في السويد أثبتت زيادة حالات السرطان للأطفال الساكنين بالقرب من خطوط الضغط العالي[٣٥]، كما تطرقت دراسة أخرى لنفس الباحثين السابقين (Feychting&Ahlbom)[٢٦] أن تراكم التعرض للأشعة الكهرومغناطيسية لمدة ١٥ سنة يضاعف احتمال حدوث الإصابة بمرض السرطان،

وتجدر الإشارة هنا بأن مصطلح تراكم (accumulation) نادراً ما يستخدم في المجال الكهرومغناطيسي غير المؤين ويحتاج استخدامه إلى إثبات أن الضرر في هذه الحاله تراكمي.

وفي أحد البحوث وجد أن تعرض العاملين للمجال المغناطيسي ٥٠ هرتز له علاقة ضعيفة مع أنواع من أمراض القلب[٣٦].

ومن الأضرار غير المباشرة أن المجال الكهربائي الشديد يمكن أن ينتج مستوى سامًا من الأوزون[٢٥].

وبالنسبة لتجارب المجال الكهربائي على حيوانات التجارب فقد تم تعريض مجموعة من الخنازير والجرذان إلى مجال كهربائي كبير مقداره ٣٠ و ٦٥ كيلوفولت لكل متر لدراسة تأثر سلالاتها[٣٧،٣٨]، وأظهرت الدراسة وجود تأثيرات وعيوب في النمو ، ولكن لم تؤكد هذه الدراسة فيما بعد بتلك الدراسات التي تقوم على معايير عالية من الانضباطية[٣٩].

أظهرت التجارب البحثية للنظام الخلوي إمكانية حدوث تفاعل حيوي مع التعرض ELF[٤٠] كما أثبتت تجارب معمليه أخرى تأثر انتقال الكالسيوم عبر جدر الخلية عند التعرض لمجال كهربائي إلا أنه لم يظهر أي سلبيات من ذلك.

٣,٢ *أبحاث لم تثبت ضرر التعرض للمجال الكهرومغناطيسي*

دراسات وأبحاث أخرى للمجال الكهرومغناطيسي المتردد ٥٠/ ٦٠ هرتز لم تربط بين الآثار الحيوية السلبية والتعرض لتلك المجالات ومن تلك الأبحاث ما يلي :

- لم يؤثر التعرض إلى مجال مغناطيسي كثافة تدفقه ٢٠,٠٠٠ ملي جاوس وتردده ٦٠ هرتز على كروموزومات الحيوانات المنوية ولم يساعد على التأثير الكيميائي لإحداث أضرار بها لدى الفئران[٤١].
- لم يحدث تعرض خلايا دم الإنسان إلى ١٠,٠٠٠ ملي جاوس ذات التردد ٥٠ هرتز لمدة ساعتين أضراراً في الكروزومات[٤٢] أو الـ (د.ن.أ) .
- لم يؤثر تعرض الإنسان للمجال المغناطيسي على هرمون الميلاتونين[٤٣-٤٤] (بحث أجري على متطوعين وساكنين وعاملين أيضًا).

- التعرض للمجال المغناطيسي ليس له أثر على الميلاتونين[٤٥].
- لم يظهر التعرض للمجال الكهرومغناطيسي لمتطوعين أثناء الليل تأثيراً على هرمون الميلاتونين أو غيره من الهرمونات[٤٦].
- لم يؤثر تعرض الإنسان إلى مجال مغناطيسي كثافة تدفقه (٢٠٠ – ١٠٠٠) ملي جاوس على ضربات القلب[٤٧].
- لم يوجد تعرض الساكنين للمجال المغناطيسي ذوالتردد ٦٠ هرتز علاقة بسرطان الثدي لَلنساء[٤٨].
- لم يظهر تعريض جرذان حوامل لمجال مغناطيسي (٥٠ – ٥٠٠٠) ملي جاوس لمدة من ٦ إلى ٢٠ يوما تأثيراً على الأم أو نسلها[٤٩].
- لم يظهر التعرض إلى ٢٠,٠٠٠ ملي جاوس لمدة ٥٢ أسبوعا سرطان الجلد على الفئران[٥٠].
- أظهر تعريض الخلية لمجال مغناطيسي مقداره (٣,٠٠٠,٠٠٠ – ١٠٠,٠٠٠) ملي جاوس وتردده ٥٠ هرتز، أنه لايوجد دليل قطعي في تأثر الجينات أو البروتين المسؤول عن السكتة الدماغية أو إصلاح الـ(د.ن.أ) أو تأثر تركيب البروتينات أو التكاثر[٥١].
- لم يظهر التعرض لـ ٥٠٠٠ ملي جاوس ذو تردد ٥٠ هرتز أثراً على نمو الخلايا للحيوانات الثديية[٥٢].
- لم يحدث تعرض خلايا الدم إلى ٨٠٠٠ ملي جاوس ذوتردد ٦٠ هرتز لمدة ٢٤ ساعة تسممًا جينيًا ولكنه استحث حدوثه[٥٣].
- لم يحدت تعرض خلايا الدم البيضاء للإنسان من (٨٠٠ – ٨٠٠٠) ملي جاوس ذوتردد ٥٠ هرتز تسممًا جينيًا ولكن الـ ٨٠٠٠ ملي حاوس أظهرت تحفيزاً على حدوث ذلك الأثر[٥٤].
- لم يحدث تعرض خلايا النظام المناعي للإنسان human immune system cells لمجال من (٢٠ – ٥٠٠٠) ملي جاوس تأثيراً في وظائفها[٥٥].
- لازالت الدراسات في علم الأوبئة والتي ربطت علاقة بين التعرض للمجال المغناطيسي ٥٠/ ٦٠ هرتز والسرطان غير مُقرة ولا تعدو كونها افتراضات[٥٦].

- أظهر بحث حول آثار تعرض السكان للمجال الكهرومغناطيسي عدم وجود علاقه في زيادة حدوث سرطان الثدي للنساء[٥٧].
- تعرض العاملين للمجال الكهرومغناطيسي ليس له علاقة مباشرة بسرطان الدم[٥٨].
- أظهرتعرض السكان للمجال الكهرومغناطيسي من البطانيات الكهربائية عدم وجود علاقة في زيادة حدوث سرطان الثدي للنساء[٥٩].
- اللجنة الوطنية الأكادمية للعلوم في كاليفورنيا The National Academy of Science Committee لم تجد تهديدا واضحا على الساكنين أو دليلا مقنعا بحدوث الآثار الضارة كما ذكر في تقريرهم المنشور سنة ١٩٩٦ ولكنها تركت الباب مفتوحا لمزيد من الأبحاث وخصوصا في سرطان الدم للأطفال.
- لم تثبت عينات الدم الكثيرة التي جمعت من حيوانات التجارب والتي عُرِّضت للمجال الكهربائي تحت ظروف مختلفة أن هناك خللاً في وظائف الأعضاء Physiological Changes .
- لم يلاحظ تأثرات سلوكية عند تعريض حيوانات التجارب إلى مجال كهربائي قدره ١٠,٠٠٠ فولت/ متر وهو حد للتعرض[٥٦].
- عرضت مجموعة من الجرذان والفئران إلى مجال كهربائي عالي جدا قدره ١٠٠,٠٠٠ فولت/ متر لمدى زمني طويل ولم يظهر تناقص أو انقراض أو زيادة في الوفيات[٦٠].
- من الدراسات البشرية وبيانات التجارب استنتج أنه لا أضرار صحية من التعرض إلى مجال كهربائي مقداره ٢٠,٠٠٠ فولت/ مترلفترة زمنية قصيرة (UNEP/WHO/ IRPA 1984).

خطوط الضغط العالي

- ليس للتشعيع من خطوط الضغط العالي علاقة في ظهور العيوب الخلقية للمواليد[٦١].
- لم يظهر على الساكنين بالقرب من خطوط الضغط العالي في النرويج علاقة في زيادة العيوب الخلقية للمواليد[٦٢].
- أظهرت الدراسات والأبحاث على الأطفال الساكنين بالقرب من خطوط الضغط

العالي عدم وجود علاقة بين تعرضهم للمجال الكهرومغناطيسي والإصابة بأمراض السرطان وخصوصا سرطان الدم وسرطان المخ[١٩، ٢٠، ٢٣، ٢٤، ٢٧، ٦٣-٦٩].

٣,٣ الميلاتونين

ينتج هرمون الميلاتونين Melatonin غالبًا في الليل من عصارة غدة في المخ تدعى Pineal Gland والذي يهمنا من هذا الهرمون هو وجود عدة تقارير تفيد أنه يعيق نمو الخلايا السرطانية[٧٠، ٧١] وخصوصًا سرطان الثدي. فإذا كان التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية ٥٠/ ٦٠ هرتز تعمل على إنقاص إفراز الميلاتونين ، فهذا يؤخذ كدليل قوي بخطورة التعرض لتلك الأشعة. وقد أظهرت دراسات عدة بأن تعريض الجرذان إلى مجال كهربائي ذو تردد ٦٠ هرتز في الفترة الليلية أدى إلى نقصان مستوى تركيز الميلاتونين[٧٢، ٧٣]، وكذلك تعريضها إلى مجال مغناطيسي أدى إلى نفس النتيجة[٧٤، ٧٥]. إلا أن هناك نتائج مختلفة لدراسات أخرى أظهرت عدم وجود أثر[٧٦، ٧٧]. كذلك فإن مجموعة عمل تابعة للمعهد الوطني لعلوم الصحة البيئية NIEHS توصلت إلى وجود أدلة ضعيفة لتأثر الميلاتونين في القوارض مثل الفئران بسبب التعرض للمجالين الكهربائي والمغناطيسي ، ولكن لا يوجد تأثر للميلاتونين في الخراف أو قرود البابون[٧٨]. وربما يضعف هذا الادعاء مجموعة كبيرة من الأبحاث أثبتت عدم وجود رابط بين التعرض وتركيز الميلاتونين[٧٩-٩١].

٣,٤ الهالة الأيونية

تبعث خطوط الضغط العالي أكبر مجال كهربائي يمكن قياسه في البيئة يمكن أن يتعرض الناس إليه، وخصوصا الناس القاطنين في المنطقة القريبة منه، وحيث أن المجال الكهربائي يُحجب بالمباني فيكون تعرضهم له عند خروجهم لمنطقة مكشوفة وهي فترات زمنية ليست طويلة. ولكن هناك أمر آخر يمكن أن يؤثر على الصحة بسبب المجال الكهربائي، وهو أن تلك الخطوط تحيط نفسها بهالة من الأيونات Corona ions ويزيد حجم هذه الهالة بزيادة الجهد المنقول، وخطورة هذه الهالة أنها تكون أيونات من الغبار الأيوني الدقيق والإيروسول Aerosols ، وجسيمات الغبار Dust Particle التي تنتشر إلى مسافة معينة ثم تترسب تبعا لحركة الرياح وكتل وحجم تلك الجسيمات ، وأما الإيروسول (الهباء) وهو الغبار صغير الحجم (يقاس بالميكرو أو النانومتر) فيظل متطايراً

في الهواء وينتقل إلى مسافة أكبر وهو بالصغر الذي يجعله خلال عملية التنفس يتجاوز منطقة الأنف والقصبه الهوائية ويصل إلى الشعب الهوائية وربما الحويصلات في الجهاز التنفسي. وحيث أن تلك الجسيمات مشحونة فيمكن أن تؤثر على الصحة وتنتج الأمراض المختلفه خصوصًا إذا امتصت تلك الأيونات داخل الجسم عبر الدم. كما تعتبر هذه ايضًا آلية لتأثير المجال الكهربائي على الإنسان بطريق غير مباشر، وأما انتشار هذا النوع من الجسيمات المتطايرة فيعتبر أحد أنواع ملوثات الهواء. هذا الموضوع لم يناقش بالتفصيل في البحوث المنشورة ، ولكن أمكن تغطيته بطريق غير مباشر في البحوث الإحصائية وبحوث علم الأوبئه. البروفسور هنشو (Henshaw) من جامعة برستول وهو أحد المهتمين والمتحمسين في إثارة هذا الموضوع ، يذكر أن الأمراض المصاحبة من تلوث الهواء يجب أن يكون تحليلها مبني على ترسبات الإيروسول الذي أصبح مشحونًا بفعل المجال الكهربائي ومقارنتها بالترسبات للإيروسول غير المشحون[٩٢]. ويمكن أن تنتشر تلك الجسيمات المتطايرة إلى مسافة ٣٠٠ إلى ٥٠٠ متر من خطوط الجهد العالي، ويزداد سرطان الرئة مع ذلك الهواء المحمل بالإيروسول المشحون بسبب تلك الهالة الأيونية[٩٠] وأكثر الأحجام تأثيرا من تلك الجسيمات تلك التي يكون حجمها من (٢٠ – ٢٠٠) نانومتر .

٣,٥ *علاقة خطوط الجهد العالي بالأشعة المؤينة*

تربط بعض الأبحاث بين المجال الكهربائي الصادر من خطوط الضغط العالي والإشعاعات المؤينة γ-rays القادمة من الفضاء cosmic rays والذرات المشعة الأرضية والتلوث النووي، والفرضية تقول أن الهالة الأيونية بسبب خطوط الضغط العالي تجعل جسيمات الإيروسول مؤينة أو مشحونة، لذلك فإن جزيئات أو ذرات أخرى تميل إلى الالتصاق بها بفعل الكهرباء الاستاتيكية أو ظاهرة الأزيز الصوتي[٩١] fizzing sound . ومن الذرات أو النظائر الموجودة في حالة التلوث النووي على سبيل المثال Cs^{137} ، Co^{60} ومن النظائر الأرضية عنصر الرادون Radon وهو الأهم بسبب وجوده بالطبيعة في كل مكان لانبعاثه من الأرض. وتزيد الخطورة من أن تلك الجسيمات المشحونة تترسب في الرئة من ٥ إلى ٦ أضعاف أكثر مما لو كانت تلك الجسيمات متعادلة كهربائيًا[٩٣]، ويعتمد نسبة الترسب على مقدار الشحنة والطبيعة الكيميائية وحجم تلك

الجسيمات. وفي دراسة للبروفسور هنشو لتأكيد ما سبق، قام هو ومجموعته[٩٤] بوضع أساسين لتقدير ما يسقط على رأس إنسان يقف تحت خطوط الضغط العالي مقارنة بغيره. الأساس الأول نظري والآخر وهو تصميم دمية تكافئ جسم الإنسان ، وقد استخدموا كاشفًا عبارة عن فيلم بلاستيكي لتقدير كمية الإيروسول المترسبة على رأس الدمية. وقد تطابقت لمجموعة البحث النتائج النظرية والعملية لكمية المترسب. كما أثبتت تجربتهم أن الإيروسول المتذبذب يزيد نسبة المترسب من ضعفين إلى ثلاثة، وبسرعة ٤٠ ميل بالساعة وأن نسبة الرادون Rn تزيد أيضًا من ٤ , ١ إلى ٣ أضعاف[٩٤]. وهذا يفسر زيادة سرطان الجلد للساكنين قرب خطوط الضغط العالي[٩٥].

والمعروف أن عنصر الرادون يبعث جسيمات ألفا بالإضافة إلى أشعة جاما، وتعتبر أشعة ألفا المتفككة أو المتحللة بالهواء لا تمثل خطورة ، لأن متوسط مدى المسار لها بحدود السنتمتر، أما أذا ترسبت بالرئة فخطورتها كبيرة جدا لأن طاقتها سوف تمتص بالكامل داخل الرئة مكونة جرعة إشعاعية كبيرة.

وقد حسب هنشو الجرعة على خلايا الجلد بسبب ترسب عنصر الرادون داخل المنزل على الشخص بـ ٨ , ٩ ملي سفرت/ سنة (mS/y)، فإذا افترض أنه خارج المنزل بنسبة ١٠٪ فإن تلك الجرعة تزيد إلى ٣ , ١٨ ملي سفرت/ سنة وعلى الرغم من قصر الوقت الذي يقضيه خارج المنزل إلا أن الجرعة الإشعاعية تكون أكبر بسبب سرعة الترسب على الجلد للأسباب المتقدمة. ولو أن تلك الـ ١٠٪ قضيت تحت خطوط الضغط لكانت الجرعة بين (١ , ٢٢ – ٤ , ٣٦) ملي سفرت/ سنة. أما إذا كان تواجده دائمًا تحت خطوط الضغط فسوف تصل الجرعة الإشعاعية بين (١٣٣ – ١٧٥) ملي سفرت/ سنة. ومن المعلوم أن حدود الجرعة السنوية المسموح بها والتي حددتها الهيئة الدولية للحماية من الاشعاع International Commission on Radiological Protection (ICRP) يجب أن لا تتجاوز ٥٠ ملي سفرت/ سنة.

وقد لاقت الأبحاث التي تزعمها هنشو والمجموعة التي معه، وغالبهم من جامعة برستول أصداء واسعة في الأوساط العلمية وغالبها تتعارض مع ما تم طرحه فيما يخص التلوث الأيوني وزيادة التلوث الإشعاعي حول خطوط الضغط العالي والآثار الصحية التي تنتج بسببهما، مع الاتفاق معه في عدة جوانب. وفيما يلي سوف نستعرض

أهم الردود:

علقت الـ NRPB على دراسة هنشو سنة ١٩٩٦ والتي ذكر فيها الآلية التي تجعل المجال الكهربائي يؤدي إلى زيادة في ترسب الرادون المشع والأنوية الوليدة داخل الجهاز التنفسي مما يؤدي إلى جرعة إشعاعية مؤينة وعالية، هذا الطرح لم يتم تصديقه من قبل الـ NRPB من جانب زيادة الجرعة الإشعاعية من جهة ومن جانب الآلية البيولوجية التي من خلالها تؤثر الأشعة الكهرومغناطيسية في إحداث مراحل الإصابة بالسرطانات من جهة أخرى. ولذلك لم تغير الـ NRPB مبادئها التي كانت عليها حيال الـ ELF ، حتى بعد إطلاعها على الأبحاث التي نشرتها نفس المجموعة سنة ١٩٩٩ وخصوصًا فيما يخص سرطان الأطفال.

أوضحت المجموعة الاستشارية AGNIR سنة ٢٠٠١ أن الأسس الفيزيائية التي تجعل المجال الكهربائي العالي يزيد من سرعة ترسب الإيروسول لاجدال فيها، إلا أن زيادة الترسب للإيروسول لم تثبت بدليل معتبر بأنها تتصاحب مع الآثار السلبية للصحة لعامة الناس.

وفي تقرير سنة ٢٠٠٣ عقبت الـ AGNIR على فرضية البرفسور هنشو ومجموعته في ١٩٩٦ بأن ما ذكروه (من زيادة الترسب للأنوية الوليدة للرادون داخل جسم الإنسان نتيجة للتعرض لها بالحيز القريب من خطوط الضغط العالي عن طريق التنفس أو الترسب على الجلد، يكون سببا لسرطان الدم) لم يُشر إلى زيادة الجرعة الإشعاعية على مخ العظم bone marrow (مناطق صناعة الدم للإنسان) كما هي الحال في الدراسات المختصة في سرطان الدم بسبب الأشعة المؤينة .

وفي تقرير سنة ٢٠٠٤ لـ AGNIR أيدت في إشارة لموضوع البروفسور هنشو أن الهالة الأيونية بسبب المجال العالي من خطوط الضغط تشحن ذرات الغبار، وهي تبعًا لذلك تزيد من احتمالية ترسب تلك الجسيمات المشحونة في المسار الهوائي للجهاز التنفسي وربما في الرئة وهذا طبعًا مضر بالصحة. كما أوضح التقرير صعوبة كبيرة في تصميم مكافئ لجسم الإنسان بما في ذلك الجهاز التنفسي والجلد لوجود متغيرات كثيرة ، تجعل دقة النتائج ضعيفة ولايمكن الاعتماد عليها، لكن في هذه الحالة يمكن الأخذ

بالاستنتاج التالي[٩٦]: أنه يبدو من غير المحتمل أن هالة الأيونات من خطوط الضغط العالي والمتسببة لتلوث الهواء أن تحدث أكثر من أثر بسيط على الصحة في المدى البعيد، هذا فيما يخص الفرد، أما ما يخص العامة فالأثر أقل لأن نسبة قليلة هم من الذين يعيشون أو يعملون بالقرب من خطوط الضغط العالي، وعليه فإن أي احتمال خطر على الصحة بسبب ترسب الغبار على الجلد يعتبر مهملاً[٩٦].

٦ , ٣ *أجهزة منظمات ضربات القلب*

إن تعرض الأشخاص الذين زرع بداخلهم منظم لضربات القلب Cardiac Pace-maker إلى مجال كهربائي ٥٠/ ٦٠ هرتز قد يحدث تداخل interference مع تلك الأجهزة مما يؤدي إلى إثارتها أو توقفها، وقد دُرس هذا الموضوع من عدة متخصصين وذكروا أن مجالاً كهربائيًا بحدود ٥٠٠٠ فولت/ متر يمكن ان يحدث تداخلا مع بعض منظمات ضربات القلب[٩٧]، بل ذهب باحث آخر إلى أبعد من ذلك وذكر أن مجالا بحدود ١٥٠٠ فولت/ متر يمكن أن يحدث تداخلا مع تلك المُنظمات[٩٨]، ولكن إحدى المنظَمات الدولية (IRPA) أصدرت سنة ١٩٨٤ أنه لم يتم تسجيل مثل تلك التداخلات للمجال الكهربائي في حدود أقل من ٢ , ٥٠٠ فولت/ متر ولكن ربما يحدث ذلك عند مقدار أكبر[٩٩، ١٠٠].

كما قد توجد احتمالية لتعطل المنظم في حالة تعرضه إلى مجال مغناطيسي كبير ويعتمد ذلك على مقدار المجال ونوع وتصميم المنظم[٩٨، ١٠١، ١٠٢]. وفي دراسة نظرية حُسب من خلالها أن احتمال حدوث التداخل يمكن أن يَحدث عند ٤٠٠ ملي جاوس[١٠٣]. وقد قدرت ICNIRP المجال المغناطيسي الذي يمكن أن يحدث تداخلاً بـ ١٥٠ ملي جاوس تقريبًا ، ولكن احتمال حدوث تعطله قليل تحت كثافة فيض أقل من ٢٠٠٠ ملي جاوس[١٠٤]. وقد نشرت NRPB أن من غير المتوقع أن يحدث التداخل عند أقل من ٢٠٠ ملي جاوس [١٠٥]، وقد وضعت ACGIH حدود التعرض للمجال المغناطيسي[١٠٦] لمن غرس فيهم المنظم بمقدار ١٠٠٠ ملي جاوس. لكن في واقعية أكثر وبسبب الفيض المغناطيسي غير المتجانس في البيئة وبسبب صغر مساحة الملف للمنظم وضعف حساسيته فإن احتمال تعطل المنظم لتعرضه لمجال مغناطيسي أقل من ٢٠٠٠ ملي جاوس يعتبر صغيرًا جدًا[١٠٧]. ورغم ذلك فإن المرضى الذين يحملون هذه

المنظمات لابد وأن ينبهوا إلى خطر التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية بشكل عام بمافيها ٥٠/ ٦٠ هرتز وأن خطر تعطل تلك المنظمات تزيد بزيادة مقدار تلك الأشعة.

٤. الأبحاث المطولة

كلف الكونجرس الأمريكي في سنة ١٩٩٢ بإعداد برنامج لنشر التوعية المحلية لأبحاث المجال الكهربائي والمغناطيسي Electric and Magnetic Fields Research and Public Information Dissemination Program (EMF-RAPID Program) كُلاً من المعهد الوطني لعلوم الصحة البيئية The National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS) ، والمعهد الوطني للصحة National Institute of Health وإدارة الطاقة Department of Energy (DOE) في الولايات المتحدة الأمريكية لتزويده بأدلة علمية لتوضيح مدى خطورة التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية الصادرة من خطوط الضغط العالي أو من التيارات الكهربائية على الصحة، وقد قسمت المهام والمسئوليات على تلك المؤسسات كل فيما يخصه، فتم عمل مشروع بحثي ضخم وشامل من سنة ١٩٩٢ إلى نهاية سنة ١٩٩٦ تم خلاله مراجعة الأبحاث السابقة، وعمل استشارات واسعة ومفتوحة وعالية الشفافية إلى درجة فتح المجال وإعطاء الفرصة لكل من لديه مقولة أن يقدمها، وقد أنفق مبالغ ضخمة على إعداد هذا التقرير، وكان الدعم المقدم لـ NIEHS هو ٣٠ , ١ مليون دولار ، وقد توصلوا في هذا التقرير إلى أن الأدلة التي تثبت الأضرار الصحية بسبب التعرض للمجال الكهربائي والمغناطيسي هي أدلة ضعيفة[١٠٨-١١٠].

وكان أقوى الأدلة التي طرحت هي العلاقة بأمراض سرطان الدم للأطفال وسرطان الدم اللمفاوي كأثر بعيد (غير مباشر) للعاملين، وقد أرجع السبب لبعض الأخطاء المرتكبة في التقييم ولم يثبت ذلك بشكل جازم.

قامت الأكادمية الوطنية للعلوم بالولايات المتحدة The United States National Academy of Sciences في سنة ١٩٩٧ بإنشاء لجنة تقوم بمراجعة شاملة لما تم نشره من أبحاث وقد عنيت بمعرفة الأثر الصحي الممكن حدوثه بسبب التعرض للمجال الكهربائي والمغناطيسي في المساكن[١١١]. وقد خلصت اللجنة بناءً على التقييم الشامل لما نشر من أبحاث في هذا الموضوع أن تأثر الخلايا والأنسجة والأعضاء بسبب التعرض

لتلك المجالات لم تثبت خطورتها، خصوصًا عدم وجود دليل مقنع بتسببها بمرض السرطان والأمراض العصبية مثل الزهايمر أو تأثيرها على عملية التعويض والنمو للأنسجة.

أصدر المعهد الوطني للسرطان بالولايات المتحدة U.S. National Cancer Institute (NCI) نتائج بحث شامل ومطول بعلاقة المجالات الكهرومغناطيسية بسرطان الأطفال سنة ١٩٩٧ وكانت نتيجته أنه يدعم بشكل ضعيف الفرضية التي تقول بعلاقة التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية والسكن بالقرب من خطوط النقل والتوزيع الكهربائي والإصابة بسرطان الأطفال[١١٢].

نشرت المجلة الامريكية في علم الأوبئة American Journal of Epidemiology في سنة ١٩٩٩ نتائج أحد أكبر الأبحاث المعقدة في سرطان الدم للأطفال ، وعلاقته بالتعرض للمجالات الكهرومغناطيسية EMF ، والذي استغرق عشرة سنوات ، وشمل أطفالا من خمسة مقاطعات في كندا، وكانت نتائجه أيضًا أنه يدعم بشكل ضعيف الفرضية التي تقول بعلاقة التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية والسكن بالقرب من خطوط النقل والتوزيع الكهربائي والإصابة بسرطان الأطفال[١١٣].

نشرت المجلة الطبية البريطانية The Lancet في سنة ١٩٩٩ دراسةً شاملة عن سرطان الأطفال ، التي أسست على قاعدة سكانية كبيرة شملت انجلترا واسكتلندا وويلز واشترك في التحكم بهذه الدراسة خبراء مختصين في تلك المقاطعات بسرطان الأطفال[١١٤]. وقد قرروا أنه لا يوجد دليل على أن سرطان الدم للأطفال أو أي سرطانات أخرى تحدث من التعرض للمجال المغناطيسي ٥٠ هرتز، وكان المجال المغناطيسي في قياساتهم لا يتجاوز ٤ملي جاوس، وقد علق رئيس لجنة دراسة سرطان الأطفال بالمملكة المتحدة (والرئيس للمجموعة الاستشارية للإشعاع غير المؤين Sir Richard Doll (AGNIR) بقوله « أن مركبات المجال EMFs (المجال الكهربائي والمغناطيسي) كانت تحت الشبهة لوقت مضى، لكن هذه الدراسة الشاملة زودتنا بدليل ثابت وواضح بأن التعرض للمستوى الموجود للمجال المغناطيسي في المملكة المتحدة لا يمثل خطراً بالإصابة بسرطان الأطفال ».

وفي سنة ٢٠٠١ توصلت اللجنة الوطنية للحماية الأشعاعية The U.K. National Radiation Protection Board (NRPB) في المملكة المتحدة[١١٥] إلى أن التجارب

المعملية لم تُعط دليلاً جيدًا بأن المجالات الكهرومغناطيسية ذات التردد المنخفض جداً ELF يمكنها التسَبب في إحداث السرطان ، وحتى دراسات علم الأوبئة لم تظهر أكثر من ذلك.

ويلخص ما تم التوصل إليه بالتالي:

بعد مراجعة شاملة للمجموعة الاستشارية (لإعداد التقرير) للدراسات المعملية والوبائية والتي صدرت من سنة ١٩٩٢ والمتعلقة بالتقدير والتنبؤ بالأخطار الممكنة للتعرض لـ ELF وأمراض السرطان فقد وجدوا أن التجارب المعملية حتى (٢٠٠١) لم تقدم أدلة جيدة تفيد أن الـ ELF قادرة على إنتاج خلايا سرطانية عند تعرض الإنسان لمقادير مثل تلك الموجودة في البيئة كالمساكن والمدارس والمكاتب، كما أن دراسات علم الأوبئة خرجت بنفس النتائج أي أنها لم تقدم أدلة أفضل لحدوث تلك الأمراض بشكل عام. ولكن الأخيرة قدمت احتمالاً نادر الحدوث عند تعرض الأطفال لفترة طويلة لمجال عالي بالإصابة بسرطان الدم، ولكن بشكل عملي فإن احتمال حدوث ذلك ضعيف جداً في بريطانيا ، وكذلك احتمال أن يسجل مجالاً مغناطيسيًا أكبر من ٤ ملي جاوس خصوصًا في المناطق السكنية. وفي ظل غياب دليل واضح لأثر السرطان على البالغين أو توضيح مقبول من تجارب الحيوانات (تم تعريض عدد كبير من حيوانات التجارب والخلايا المعزولة على تلك المجالات وكانت النتائج لا تدعم فرضية تأثير تلك المجالات) فإنه يعتبر الدليل الذي قامت عليه الدراسات في علم الأوبئة دليلاً غير كاف لإثبات علاقة تلك المجالات بسرطان الدم للأطفال. بل إنهم ذكروا أنه لا يوجد سبب للاعتقاد أن المجال الكهرومغناطيسي في البيئة السكنية يمكن أن يكون له علاقة بسرطان الدم والمخ. وقد أضافوا إلى ذلك بأن بعض الدراسات التي روجعت أشارت إلى أن تلك النتائج (التي تكلمت عن وجود علاقة) ربما حصلت بالصدفة أو من شئ آخر غير التعرض للمجال الكهرومغناطيسي ذو التردد الضعيف جداً. ولكن يجب أن يوضح أن تعرض الأطفال لفترة طويلة لتلك المجالات يمكن أن يساعد على زيادة احتمال إصابة الأطفال بسرطان الدم. وفيما يخص العاملين أيضا فلا يوجد خطر مقنع للإصابة بسرطان الدم والمخ بسبب التعرض لتلك المجالات.

وفي سنة ٢٠٠١ عملت مراجعة من قبل الهيئة الدولية للحماية من الأشعة غير المؤينة International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) وقد

توصلت إلى أنه في ظل غياب الأدلة من تأثر الخلية أو من دراسة حيوانات التجارب ومن الطرق غير المحددة التي تعطى نتائج متضاربة، فإنه لايوجد احتمالية حدوث مرض مزمن للتعرض لتلك المجالات.

قدمت الوكالة الدولية لأبحاث السرطان The International Agency for Research on Cancer (IARC) والتي هي جزء من المنظمة العالمية للصحة WHO في سنة ٢٠٠٢ بحوثًا في أسباب تعرض الإنسان للسرطان، وميكانيكية المسرطنات، وتطوير طرق واستراتيجيات علمية للتحكم بالسرطان. وتقوم الوكالة بنشر المعلومات في المجلات والدوريات العلمية وتقوم بعمل اللقاءات والدورات فيما يخدم هذا الجانب[٧].

ومما قامت به فيما يخص موضوعنا هو تصنيف الموجات الكهرومغناطيسية ذو التردد الضعيف جدا تحت المرجع 2B والذي يصنف على أنه ممكن أن يكون مسرطنًا للبشر possibly carcinogenic to humans ، وهو أقل تصنيف للمسرطنات ويعتمد سبب هذا التقييم على الآتي :

وجود أدلة محدودة لإصابة البشر بالسرطان بسبب التعرض لتلك المجالات، مثل سرطان الدم للأطفال أو أي سرطان آخر.

عدم وجود دليل مناسب في التجارب على الحيوانات بإصابتها بالسرطان جراء تعرضها لتلك المجالات. ولكي لايبالغ في فهم هذا المصطلح نوضح في المثال التالي أصناف المسرطنات التي وضعتها IARC :

المصطلح	أمثلة
مسرطن للبشر Carcinogenic to humans يوجد أدلة قوية على تسببها بالسرطان للبشر	أشعة جاما، والأسبستوس، وغاز الخردل، والتبغ
يحتمل تسببه بالسرطان للبشر Probably carcinogenic to humans عادة توجد أدلة قوية على تسببها بالسرطان للحيوان	دخان مكائن الديزل، والأشعة فوق البنفسجية، والفورمالديهايد
يمكن أن يتسبب بالسرطان للبشر Possibly carcinogenic to humans يبنى على أدلة ليست قوية على البشر	أدخنة اللحام، والقهوة، والستايرين، ودخان ومكائن البنزين، والمجالات الكهرومغناطيسية ذات التردد الضعيف جدًا

وما ذكرته منظمة الصحة العالمية WHO أخيراً انه لا يوجد دليل على ان التعرض للمجالات ELF في البيئة التي نعيش فيها يمكن ان تحدث ضرراً في الجزيئات الحيوية بما في ذلك الـ (د.ن.أ)، كما أنه يبدو أن ELF لا يمكن ان تبتدئ بنشؤ الخلايا السرطانية أو حتى أستحثاثها على التكون. ولذلك فإن الأبحاث التي نشرت وتقول بأن وجود السكان في بيئة المجال المغناطيسي في حدود (٣ – ٤) ملي جاوس ترفع من احتمال سرطان الأطفال إلى الضعف مقارنة بالبيئة التي يكون فيها المجال المغناطيسي أقل من ذلك، هو قول فيه شك لاحتمال وجود عوامل أخرى لم تدرس. هذا مع العلم أن سرطان الدم للأطفال يعتبر مرضًا نادراً بحدود ٤ من كل ١٠٠,٠٠٠ طفل أعمارهم أقل من ١٤ سنة. أضف إلى ذلك أنه تم عمل مسح للبيئة السكانية ووجد أنه نادراً ماتسجل قراءة أكبر من (٣ – ٤) ملي جاوس، وبناءً على الدراسات الوبائية فإنها تمثل أقل من ١٪ للمناطق التي تستخدم جهوداً كهربائية في حدود ٢٤٠ فولت ، ولكنها أكبر في المناطق التي تستخدم ١٢٠ فولت في أنحاء العالم.

وفي دراسة مطولة عام ٢٠٠٢ لتقدير إمكانية الخطر من الموجات الكهرومغناطيسية الصادرة من التيارات الكهربائية من جميع مصادرها ، مثل خطوط نقل الطاقة ، والتوصيلات الداخلية للمنازل ، والأعمال الكهربائية ، والأجهزة ، عمل مراجعة لما تم نشره من أبحاث وأدلة لثلاثة من الباحثين المتخصصين بتكليف من إدارة الخدمات الصحية Department of Health Services (DHS) بولاية كليفورنيا[١١٦]، وملخص ما توصلوا إليه:

- لدرجة أو لأخرى فإن جميعهم يميلون إلى أن تلك المجالات يمكن ان تتسبب بزيادة الخطر للإصابة بسرطان الدم للأطفال، وسرطان المخ للبالغين، ومرض (Lou Geh-rig's) والإجهاض.
- جميعهم يعتقدون بشكل جازم أن تلك المجالات ليست لها علاقة بالعيوب الخلقية للمواليد أو نقص أوزانهم.
- جميعهم يعتقدون بشكل جازم أن تلك المجالات ليست مسرطنة بشكل عام ، حيث أن أنواعًا من السرطانات لم تظهر مصاحبة مع التعرض لتلك المجالات.
- لدرجة أو أخرى جميعهم يميل للاعتقاد بأن تلك المجالات لاتحدث زيادة في خطر

الإصابة بسرطان الثدي أو أمراض القلب أو الزهايمر أو الإحباط أو الحساسية .

- اثنان منهم لديهما الشك في علاقة تلك المجالات بسرطان الدم للبالغين بينما الآخر يميل إلى وجود تلك العلاقة.

وحيث إنه يوجد اختلاف في تحديد درجة التأثر بالمجالات الكهرومغناطيسية مع باحثين آخرين في (DHS) وكذلك أبحاث المعهد الوطني لعلوم الصحة البيئية (NIEHS) والوكالة الدولية لأبحاث السرطان International Agency for Research on Cancer (IARC) ، ومن المجموعة الاستشارية للإشعاع غيرالمؤين[٨٢] Advisory Group on Non-Ionising Radiation (AGNIR) والمجلس الوطني البريطاني للحماية الإشعاعية (NRPB)، فإن ما يهمنا هنا هو اتفاقهم على وجود الآثار السلبية للإشعاعات الكهرومغناطيسية ذات التردد المنخفض جداً ELF ، وكذلك إدراجها تحت المصطلح Possible Human Carcinogen من قبل IARC حتى لو كان أضعف مصطلح يمكن أن يستخدم فيما يتعلق بتصنيف المسرطنات[٨٠، ٨١].

آراء ومتابعـــــات

يرى البروفسور[١١٧] هنشو عدم وجود رؤية واضحة لتجنب العواقب المحتملة بسبب التعرض للمجال المغناطيسي مثل تلك الصادرة من خطوط الضغط العالي والتيارات الكهربائية بشكل عام، إلا أن بعض الدول فرضت أو أوصت بحدود مناسبة لتجنب التعرض الضار بالصحة حديثًا مثل السويد وسويسرا وأجزاء من إيطاليا وأستراليا.

بدأت بعض المنظمات تقر بأضرار المجال المغناطيسي واعتبرت إمكان أن يكون مسرطنًا ، وقد بني قرارهم على أساس دراسات علم الأوبئة. كما أظهرت إحدى الدراسات أن التعرض لمجال مغناطيسي أكبر من ٤ ملي جاوس يرفع من احتمال الإصابة بالسرطان إلى الضعف لدى الأطفال[١١٨، ١١٩].

أضافت إدارة الصحة في كاليفورنيا في تقرير مدعوم بشواهد من الناس خطر الإجهاض وسرطان الدم للأطفال والبالغين ، وسرطان المخ للبالغين ، وتصلب الأنسجة وأمراض عصبية. كما أضافت دراسات أخرى احتمالية الإحباط والانتحار كنتيجة

للتعرض لتلك الإشعاعات عند التعرض لمجال فوق ٢ ملي جاوس، وكذلك نقص إفراز الميلاتونين الليلي، وآثار سلبية على الأدوية، فمثلاً التعرض إلى ١٢ ملي جاوس ينقص من تأثير الـ Tamoxifen وهو علاج يستعمل للمصابين بسرطان الثدي .

٥. حـــدود التعـــرض

٥,١ *أسباب وضع حدود التعرض*

من أهم أسباب وضع حدود للتعرض للمجالات الكهربائية والمغناطيسية هي حماية الإنسان من الآثار الضارة ، سواءً تلك التي تحدث أضراراً مع مرور الزمن (Chronic hazard) سواءً منها الأضرار التي تزيد احتمالية حدوثها طرديًا مع زيادة التعرض ((Stochasticأو التي تحتاج لأن تتعرض إلى مقدار معين (عتبة threshold) لكي يحدث الضرر (Non-Stochastic or Deterministic)، أو تلك التي تحدث ضرراً مباشراً (Acute hazard)، وعلى أية حال يجب أن يوفر للإنسان ظروفًا صحية خالية من المخاطر، لذلك تم تأسيس الحدود .

وعندما ظهرت التوصيات لحدود التعرض لمعهد الهندسة الكهربائية والالكترونية (٢٠٠٢) IEEE للاطوال الموجية (> ٠ – ٣٠٠٠) هيرتزعبر (ICES) والتي ذكرت مجموعة الأسباب التي من أجلها وضعت تلك الحدود للحماية من الآثار السلبية للفترة القريبة وهي الآثار المؤلمة للخلايا العصبية ، والتهيج العضلي الذي قد يؤدي إلى أضرار (اصابات) خلال تأدية عمل فيه مخاطر والتهيج العصبي أو التأثيرات العصبية داخل المخ والاستثارة القلبية والآثار السلبية التي قد تحدثه الجهود الكهربائية المستحثة من تحريك الأيونات المفاجئ داخل الجسم على سبيل المثال في الدم.

والملاحظ أن الأخطار على المدى البعيد (Chronic effects) لم تدرج (أو لم يوضع لها اعتبار) والتي قد تتصاحب مع طول التعرض لتلك الموجات26]، ٣٥ .[وقد أرجعت (ICES) سبب ذلك إلى أمرين : الأول أنه لايوجد دليل كافي أو مقنع يمكن الاعتماد عليه ويثبت أنه يوجد أضرار سلبية أو أمراضًا مثل السرطان قد تحدث مع التعرض للمجال الكهربائي والمغناطيسي في حدود التردد من صفر إلى ٣٠٠٠ هيرتز على المدى

البعيد. والثاني أنه لا توجد طريقة مؤكدة يمكن أن تعطي أساسًا لتخمين الآثار السلبية على المدى البعيد. والسبب الأول يوحي بأنه ليس هناك اعتبار للأثر التراكمي للتعرض كما هو الحال في الأشعة المؤينة (أشعة جاما والأشعة السينية) لأن التعرض للأشعة المؤينة يحدث امتصاصًا لجزء من طاقتها وتسمى تلك الطاقة جرعة إشعاعية ممتصة (dose) وبتراكم الجرعات على مدى طويل (accumulated dose) ووصولها إلى عتبة معينة فان أثرا حيويا أو مرضا معينا يمكن أن يحدث باحتمال معين. والأمر هنا مختلف فالحدود وضعت على الآثار (الأضرار) التي تحدث مباشرة acute hazard في المدى القريب . ولهذا السبب فإن حدود التعرض مرتفعة وهذا أمر بديهي .

٥,٢ *الفئات المستهدفة لحدود التعرض*

يجب تحديد الفئة المستهدفة لحدود التعرض، وبشكل عام تعتبر الحدود المُصَدرة من هيئة معينة شاملة لجميع الفئات ما لم يُنَص على غير ذلك. والفئات المستهدفة هي مثلا العامة (جميع الناس) أو العاملين أو الأطفال أو الحوامل أو من لديهم حالات خاصة مثل الحساسية للمجالات الكهربائية أو من تم زرع أجهزة كهربائية داخلهم مثل منظم ضربات القلب. ومن مبررات التفريق بحدود التعرض بين العامه والعاملين هو أن العاملين أشخاص بالغين، ويفترض أنهم يعملون في بيئة تحت الضبط (التحكم)، وأنهم مدربون ومدركون للمخاطر فيأخذون الحيطة والحذر، وأخيرًا فهم يعملون خلال وقت محدد (فترة الدوام) ، أما العامة فيندرج تحتهم الأطفال، والمعاقون ، كما أنهم مسئولون عن البيئة التي يعيشون بها (من ناحية التلوث الإشعاعي) وربما لا توجد الثقافة أو القناعة بمخاطر الإشعاع لديهم، أو متى ينشأ الخطر، كما أن تواجدهم في بيئتهم غير محدود بزمن ، إذًا من الجدير أن تؤخذ هذه الأسباب وأسباب أخرى بالاعتبار.

٥,٣ *آلية التفاعل مع المجال الكهرومغناطيسي*

يستحث المجال الكهربائي شحنات الجسم للظهور على السطح وحيث أن تلك المجالات مترددة فينتج عن ذلك تيارات داخل الجسم، ويعتمد مقدار التيار على عوامل كثيرة ، منها شدة تلك المجالات وتوفر الشحنات (الأيونات) وشكل الجسم ووضعه ، كما أن المجال المغناطيسي يعمل على تكوين مجال كهربائي وتيار دوامًا، كما أن المجال

الكهربائي يتسبب في انتقال الشراره الكهربائية من وإلى الجسم عند الاقتراب من جسم آخر مسافة معينة بشرط وجود فرق جهد كافي مسببا ذلك وخزات مؤلمة.

٤, ٥ *طريقة وضع حدود التعرض*

كما ذكرنا فإن التعرض للأشعة ذات التردد الضعيف جداً ELF لا تحدث آثارا حيوية واضحة وقطعية لكي يبنى عليها حدود للتعرض سواءً للعاملين أو العامة ، كما هو الحال في الأشعة المؤينة ، أو حتى الأشعة فوق البنفسجية أو الليزر. وحيث أن جميع ما ذكر من أبحاث والتي تقول بوجود آثار حيوية بسبب التعرض لـ ELF لم تدعم بأبحاث أخرى بشكل كافي أو لم تعتبر مقنعة للهيئات والمنظمات الدولية والوطنية المعتبره عالميًا. ولذلك لجأت تلك الهيئات والمنظمات لتحديد التعرض لـ ELF عن طريق ما تحدثه من تيار كهربائي مستحث داخل جسم الإنسان (على سبيل المثال) بسبب تعرض الجسم لمجال كهربائي أو مجال مغناطيسي أو بهما معًا . فخطوط المجال الكهربائي سوف تمر عبر الجسم بمسارات شبه مستقيمة وسوف تسلك الطريق الأكثر توصيل كهربائي ، وحيث أن تلك الخطوط الوهمية تسمى بخطوط القوة الدافعة الكهربائية، فسوف تحرك الشحنات الحرة داخل الجسم، وحيث أن ذلك المجال مترددا فسوف تتردد تلك الشحنات تبعا له مكونة تيارا مترددا. أما المجال المغناطيسي فتبعا لقاعدة اليد اليمنى فسوف يتسبب بمرور تيار دوامي (على شكل دوائر) متردد (متغير الاتجاه) داخل الجسم . وقد بنيت حدود التعرض على ما يحدثه ذلك التيار من أضرار حيوية داخل الجسم ، لا ما تحدثه تلك الأشعة بشكل مباشر، لأن الضرر المباشر لم يُتمكن من تحديده بشكل قطعي بعد.

والقاعدة التي بني عليها أو المعيار لتلك الحدود ببساطة هو منع تكون تيار داخل الجسم أكبر ١٠ ملي أمبير/ متر مربع ($10\ mA\ m^{-2}$)، وهذا التيار هو أكبر بقليل من التيار الكهربي المستخدم بشكل طبيعي داخل الجسم الحي، كتلك الممثله في نبضات القلب أو الجهاز العصبي على سبيل المثال. وإذا حدث هذا التيار بسبب مؤثر خارجي فإن تفاعلات حيوية سوف تتجاوب معه ، وإذا كانت كثافة التيار داخل الجسم من (١٠ – ١٠٠) أمبير/ متر مربع فإن البصر والجهاز العصبي سوف يتأثر، وإذا كانت كثافة التيار

داخل الجسم من (١٠٠ – ١٠٠٠) أمبير/ متر مربع فسوف يتهيج النسيج الذي يمر به التيار وربما يحدث بعض التفاعلات الضارة ، وإذا تجاوزت كثافة التيار ١٠٠٠ أمبير/ متر مربع فإن عطبًا في القلب وأضرارًا أخرى قد تحدث[١٠٧].

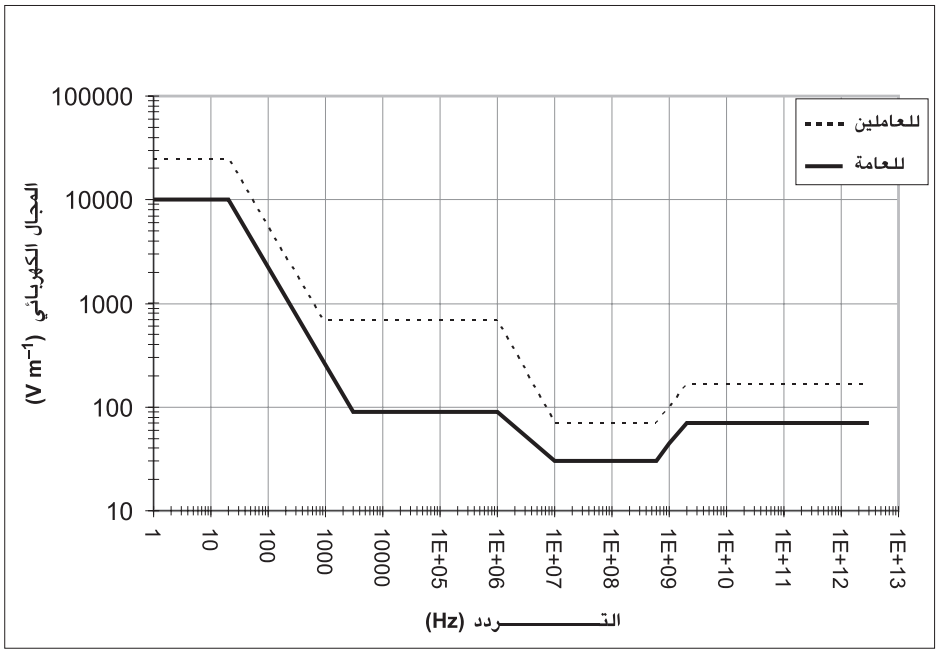
وللأسباب السابقة وضعت حدود التعرض مرتفعة جدًا مثل تلك الصادرة من ICNIRP حيث أن تلك الحدود لم تبنى على خطر الإصابة بمرض مثل السرطان الذي قد يحدث بسبب التعرض. إلا أنه يظل أن هناك من يقول أن تلك الحدود لا تحمي من احتمال وجود خطر يشتبه به لإحداث تلك الأمراض خلال زمن معين ولهذا السبب وجد التباين والاختلاف ووجدت تلك الحدود الصغيره للتعرض مثل حدود ٢,٥ ملي جاوس التي وضعها السويديون.

٥,٥ *حدود التعرض للمجال الكهرومغناطيسي*

بشكل عام وضعت ICNIRP في لقاءها سنة ١٩٩٨ حدود التعرض للمجالين الكهربائي والمغناطيسي مع أخذ زمن التعرض بالاعتبار وذلك لترددات حتى ٣٠٠ جيجا هيرتز (GHz) وتم وضع منحنى حدود التعرض لطيف عريض من الأطوال الموجية (الشكلان١و٢). وفيما يخص التردد من (٢٥ – ٨٢٠) هيرتزفإن حدود التعرض للمجال الكهربائي للعاملين هو ($500/f\ (V\ m^{-1})$ وللعامة ($250/f\ (V\ m^{-1})$ وحدود التعرض للفيض المغناطيسي هو ($25/f\ (T)$ للعاملين و ($5/f\ (T)$ للعامة، وحيث أن التردد الذي ننشده هو $f = 60\ Hz$ والذي يقع ضمن النطاق الموضح فيكون حدود التعرض كما هي موضحة بالجداول . وقد وضعت منظمات أخرى حدوداً مختلفة وسبب الاختلاف يرجع إلى الأسس التي بنيت عليها تلك الاحكام. و(الجدولان١ و ٢) يلخص تلك الحدود ويوضح التباين الكبير بينها .

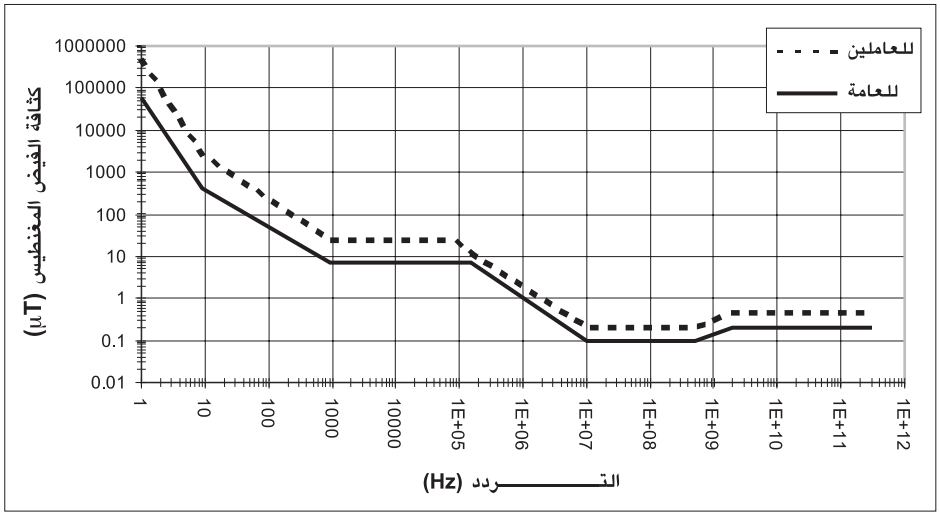
٥,٦ حدود التعرض لمدى زمني طويل

لم يُتَمكَّن من وضع حدود آمنة للتعرض للمجال الكهربائي على المدى البعيد في الوقت الحاضر بسبب أن المعلومات المتوفرة للتعرض لمجال بين (١٠٠٠ – ١٠,٠٠٠) فولت/ متر لم تؤكد بأنها تسبب مرضًا معينًا أو أنها تتصاحب مع أعراض مرضية أثناء التشعيع أو بعده بشكل جازم.



المصدر : ICNIRP 1998 EXPOSURE LIMIT[104]

شكل ١.



المصدر : ICNIRP 1998 EXPOSURE LIMIT[104]

شكل ٢.

جدول (١). حدود التعرض للمجال الكهربائي للتردد ٥٠/ ٦٠ هرتز .

توضيـــــــــــح	المجال الكهربائي ($V\ m^{-1}$)		السنة	المنظمة أو الدولة
	العاملين	العامة		
بنيت على ضرر التيار المستحث ٥٠ هرتز	٥٠٠٠		١٩٧٥	USSR
بنيت على ضرر التيار المستحث ٥٠ هرتز	١٥٠٠٠		١٩٨٠	POLAND
بنيت على ضرر التيار المستحث ٥٠ هرتز	٢٠٦٠٠	٢٠٦٠٠	١٩٨٩	GERMANY
بنيت على ضرر التيار المستحث ٥٠ هرتز	١٠٠٠٠	٥٠٠٠	١٩٨٩	(AUSTRALIA) NHMRC
آثار حيوية وأمراض المدى البعيد ٥٠ هرتز	٢٥	٢٥	١٩٩٠	SWEDISH STANDARDS
بنيت على ضرر التيار المستحث ٥٠ هرتز	١٠٠٠٠	١٠٠٠٠	١٩٩٣	(UK) NRPB
بنيت على ضرر التيار المستحث ٥٠ هرتز		٨٣٣٣	١٩٩٥	CENELEC
بنيت على ضرر التيار المستحث ومقيدة بزمن	٢٥٠٠٠		١٩٩٥	CENELEC
٥٠ هرتز	١٠٠	١٠	١٩٩٦	NCRP
بنيت على ضرر التيار المستحث ٦٠ هرتز	٨٣٣٣	٤١٦٦	١٩٩٨	ICNIRP
وقت قصير (عدة ساعات)	٣٠٠٠٠	١٠٠٠٠	١٩٩٨	ICNIRP
لمن لديه منظم ضربات القلب		١٠٠٠	١٩٩٨	(USA) ACGIH
بنيت على ضرر التيار المستحث ٦٠ هرتز	٢٥٠٠٠		٢٠٠٠	(USA) ACGIH
بنيت على المدى القريب (ضرر التيار)	٢٠٠٠٠	٥٠٠٠	٢٠٠٢	(USA) IEEE

المصادر: [١، ٢، ٧٨، ١٠٤، ١٠٥، ١٠٦، ١١٧، ١٢٧]

جدول (٢). حدود التعرض للمجال المغناطيسي للتردد ٥٠/ ٦٠ هرتز .

توضيـــــــــــــــــح	المجال المغناطيسي (mG)		السنة	المنظمة أو الدولة
	العاملين	العامة		
بنيت على ضرر التيار المستحث ٥٠ هيرتز	١٧٦٠٠		١٩٧٥	USSR
بنيت على ضرر التيار المستحث٥٠ هيرتز	٥٠٠٠٠	٥٠٠٠٠	١٩٨٩	GERMANY
بنيت على ضرر التيار المستحث٥٠ هيرتز	٥٠٠٠	١٠٠٠	١٩٨٩	(AUSTRALIA) NHMRC
آثار حيوية وأمراض المدى البعيد	٢,٥	٢,٥	١٩٩٠	SWEDISH STANDARDS
بنيت على ضرر التيار المستحث٥٠ هيرتز	١٣٣٣٠	١٣٣٣٠	١٩٩٣	(UK) NRPB)
بنيت على ضرر التيار المستحث٥٠ هيرتز	١٣٣٣٠	٥٣٣٠	١٩٩٥	CENELEC
تغير الميلاتونين	١٠٠	١٠	١٩٩٦	NCRP
بنيت على ضرر التيار المستحث٦٠ هيرتز	٤١٦٦	٨٣٣	١٩٩٨	ICNIRP
وقت قصير (عدة ساعات)	٤١٦٦٦	٨٣٣٣	١٩٩٨	ICNIRP
تعرض الاطراف فقط		٢٥٠٠٠٠	١٩٩٨	ICNIRP
بنيت على ضرر التيار المستحث٥٠ هيرتز		١٠	١٩٩٩	SWISS
بنيت على ضرر التيار المستحث٥٠ هيرتز		٢	٢٠٠٠	Parts of ITALY
لمن لدية منظم ضربات القلب		١٠٠٠	٢٠٠٠	(USA) ACGIH)
بنيت على ضرر التيار المستحث٦٠ هيرتز	١٠٠٠٠		٢٠٠٠	(USA) ACGIH
بنيت على ضرر التيار المستحث٥٠ هيرتز		٤	٢٠٠٠	QUEENSLAND AUSTRALIA
بنيت على المدى القريب (ضرر التيار)٦٠ هيرتز	٢٧١٠٠	٩٠٤٠	٢٠٠٢	(USA) IEEE

المصادر: [١، ٢، ٧٨، ١٠٤، ١٠٥، ١٠٦، ١١٧، ١٢٧]

١ ,٦ ,٥ *الدراسات البشرية للمجال الكهربائي*

من الصعب تطبيق التجارب على الإنسان بشكل مطلق، ولكن هناك حوادث يومية تحدث يمكن الاستفادة منها عن طريق جمعها كبيانات عملية بشرية، ومنها ما يحسه ويجده بعض الناس عند التعرض للمجالات الكهربائية، فالعاملون على سبيل المثال في مجالات ترتبط بالتعرض بالمجالات الكهرومغناطيسية يمكن جمع بيانات مهمة منهم عن طريق تطبيق طرق إحصائيه معينة واستخراج النتائج منها، مثل العاملون في تركيب وصيانة المولدات والمحولات وخطوط النقل. ومن المعلوم أن الإحساس بالمجال الكهربائي يحدث لـ ٥٠٪ من الناس عند عتبة مجال قدره ٢٠,٠٠٠ فولت/ متر ويكون بشكل تنميل أو وخزات في اليد وتحرك لشعر الرأس واليدين، ونسب قليلة لديها الإحساس عند ٢٠٠٠ فولت/ متر ويعتبرون حساسون للكهرباء[١٢٠]. كما توجد حالات فردية من متطوعين تم تعريضهم إلى مجال كهربائي قدره مماثل لذلك الذي يكون تحت خطوط الضغط العالي ذات الجهد ١٣٢٠٠٠ فولت ومقداره ٢٠,٠٠٠ فولت/ متر لفترات زمنية قصيرة (ساعات) دون وجود آثار طرأت عليهم[١٢١-١٢٣] ولكن هذا لا يعني أن نفس النتائج سوف تكون نفسها لفترات اطول (أشهر). كما توجد بعض الدراسات الإحصائية المتقنة والمطبقة على العاملين في المجالات الكهربائية لم تعط اختلافا إحصائيًا موثوقًا statistically significant بين مجموعة العاملين ومجموَعة التحكم (أشخاصًا لم يتعرضوا للمجالات الكهرومغناطيسية)[١٢٤-١٢٦]. وأما مرور التيار عبر جسم الإنسان بسبب الحوادث غير المقصودة مثل ملامسة الإنسان لجسم مشحون بتيار متردد ٥٠/ ٦٠ هرتز فإنه ينتج عنه مرور تيار داخل الجسم، وتعتمد كمية التيار على عوامل منها جهد الجسم المشحون ووضع جسم الإنسان واتصاله بالأرض أو بجسم معدني مؤرض، فيتناسب الضرر الذي يلحق بالإنسان مع كمية التيار المار والمنطقة من الجسم التي مربها وزمن أو فترة المرور. فإذا تجاوزت كمية التيار المارة عبر الجسم عتبة (Let-go) فقد السيطرة على الاعصاب أو العتبة من التيار التي تجعل الأعصاب تنقبض ولا تخضع للتحكم، فتكون عتبة الخطر في حالة عدم تدخل خارجي وسريع . ويختلف تيار (Let-go) من شخص لآخر ويقل عند الأطفال بالمقارنة بالبالغين إلى النصف. وتيار عتبة (Let-go) في البالغين ربما تكون بحدود ١٠ ملي أمبير وبالطبع

يزيد الخطر بتجاوز هذه العتبة[١٢٧-١٢٨].

التعرض المباشر للمجال الكهرومغناطيسي

يجب ألا يزيد كثافة التيار داخل الجسم عن ١٠ ملي أمبير/ متر مربع، أما في حالة التعرض لمدى زمني بعيد فلا زالت المعلومات ضحلة ولا يمكن الاعتماد عليها. وحيث أن حدود التعرض للمجال الكهربائي ١٠,٠٠٠ فولت/ متر(الذي حددته ICNIRP للتردد ٥٠ هرتز) فإن ذلك المجال سوف يحدث فقط تياراً كثافته ٤ ملي أمبير/ متر مربع وأما ما يخص العامة فكان الاحتياط لجانبهم أكبر حيث أن حدود التعرض لهم هو ٥٠٠٠ فولت/ متر وهذا الحد سوف يتسبب في تيار كثافته ٢ ملي أمبير/ مترمربع ويعتبر هذا الحد حماية جيدة لهم ، إلا أن الأبحاث التي تبنى على نفس المنطلق تعتمد على البيانات الإحصائية أو تلك التي تنظر على أن الخطر تراكمي accumulated وليس فقط الخطر المباشر، لذلك فإنها ترى أن هذه الحدود مرتفعة وتوصي بقيم مختلفة.

٥,٧ *حدود التعرض للمجال المغناطيسي*

تم وضع حدود التعرض للمجال المغناطيسي المتردد ٥٠/ ٦٠ هرتز بحيث لايتجاوز كثافة التيار المستحث بسبب التعرض للمجال داخل الجسم عن ١٠ ملي أمبير/ مترمربع (mA/m^2)، وهذه القيمة يمكن أن تحدث إذا تعرض الجسم إلى تدفق مغناطيسي قدره ٥٠,٠٠٠ ملي جاوس، وهذا الحد قد سجلت عنده بعض الحوادث الحيوية[١٠٧]، أما التعرض إلى تدفق مغناطيسي قدره من (٥٠,٠٠٠ - ١٠٠,٠٠٠) ملي جاوس أي انتاج تيار كثافته من (١٠ - ١٠٠) ملي أمبير/ مترمربع فقد سجل بشكل مؤكد حوادث بيولوجية مثل اختلال في النظام العصبي والإبصار. وعند تعرض الجسم إلى تدفق مغناطيسي بحدود ٥٠٠,٠٠٠ ملي جاوس أو أكثر، فسوف ينتج هذا المجال تياراً كهربائي مستحثا كثافته أكبر من ١٠٠٠ ملي أمبير/ مترمربع وهذا سوف يحدث ضررا حاداً acute hazard مثل توقف القلب[١٠٧].

٥,٧,١ *الدراسات البشرية للمجال المغناطيسي*

إن الدراسات على الإنسان مقيدة من عدة نواحي منها كثافة الفيض وزمن التعرض خوفا من إلحاق الضرر به ، لذلك لم تتوفر دراسات شاملة تعطي نواتج بحيث تكون

أساسًا لوضع حدود التعرض للمجال المغناطيسي المتردد ٥٠/ ٦٠ هرتز، لذلك فحيوانات التجارب هو الطريق الأسلم . ومع ذلك فقد تم تعريض بعض الأشخاص المتطوعين لفترات زمنية لا تتجاوز الأربع ساعات وإلى كثافة فيض مغناطيسي يصل مقداره إلى ٥٠,٠٠٠ ملي جاوس ولم يعكس ذلك أضراراً عليهم أو حصول أي تغيرات حيوية في وظائف الأعضاء. وقد تم تعريض بعض المتطوعين في دراسة معملية لفترات من أربعة إلى ست ساعات في اليوم لعدة أيام لتدفق مغناطيسي كثافته ٥٠,٠٠٠ ملي جاوس mG متصاحبًا مع مجال كهربائي شدته تصل إلى ٢٠,٠٠٠ فولت/ متر ولم تظهر بشكل جازم أي تأثيرات حيوية[١٠٧، ١٢١].

وحيث أن بعض الدراسات في العلم الوبائي اقترحت حدوداً للتعرض لكثافة التدفق المغناطيسي بمقدار ٢,٥ ملي جاوس وهذا متباين بشكل كبير جدا مع ما تحمله التجارب السابقة، فلو أن التعرض بدرجة أعلى بقليل من ٢,٥ ملي جاوس يحدث أثرا حيويا فمن المتوقع بل المؤكد أن يحدث التعرض إلى ٥٠,٠٠٠ ملي جاوس إلى ضرر حاد في الصحة (acute hazard). وللعلم فإن الحد ٢,٥ ملي جاوس يحدث تيارا أقل بكثير من تلك التيارات التي يستخدمها جسم الإنسان في النظام العصبي. وعلى رغم هذه المفارقة إلا أنه لايجب إهمال تلك الدراسات والحدود بل تستدعي الحاجة إلى زيادة البحوث المعملية والإحصائية.

٨,٥ *استقراء آثار التعرض للمجال الكهرومغناطيسي على الإنسان من التجارب على الحيوان*

خطورة تعريض الإنسان لمجالات كهربائية لمعرفة ما يترتب على ذلك التشعيع يخضع لتقييد كبير لذلك لابد من عملية استقراء النواتج من حيوانات التجارب. لكن وكما ذكرنا فإن المجال الكهربائي و/ أو المغناطيسي ينتج تياراً مستحثا داخل جسم الإنسان المتعرض له، وكمية تلك التيار أو كثافته تعتمد على عدة عوامل منها الحجم والشكل والكثافة والتوصيل والوضع.. إلى آخره، هذه الأشياء تجعل عتبة حدوث الأضرار الحيوية بين الإنسان والحيوان مختلفة لاختلاف تلك العناصر الأساسية لعملية الاستقراء ولذلك لا يمكن تطبيقها. لكن هناك محاولات لإيجاد نسب تكافؤية بين حيوان وحيوان آخر أو حيوان وإنسان ثم استقراء النتائج . على سبيل المثال إذا تعرض الأرنب في وضع معين إلى مجال كهربائي مقداره E_1 ونتج عنه تياراً مقداره I_1 ، ثم

عرض فأرًا في نفس الوضع إلى نفس المقدار من المجال ونتج عنه تيارًا داخل جسم الفأر مقداره I_2 فمن المتوقع أن ($I_1 \rangle I_2$). أما إذا عرض الفأر إلى مجال E_2 أكبر أو أقل من E_1 بحيث يكون ($I_1 = I_2$) عندها (بهذا الشرط) نقول إن ($E_2 \equiv E_1$) ولكن ($E_1 \rangle E_2$) أي أن المجالين المختلفين بالمقدار تسببا في تكوين تيار متساوي في الأرنب والفأر لذلك فهما متكافئان أو أن لهما نفس الكفاءة في إحداث نفس التيار. وبتكرار ذلك وإيجادعدة قيم يمكن من خلالها رسم علاقة رياضية للمجالات الكهربائية المتكافئة للفأر والأرنب. ويمكن ايجاد تلك العلاقة التكافؤية بين الإنسان والحيوان أيضًا. وفي دراسات أجريت بين الإنسان والخنزير[١٢٩، ١٣٠، ١٣٢] وجد أنه عند تعريض الخنزير لمجال كهربائي قدره ٢٥٠٠٠ فولت/ متر يكافئ تعريض الإنسان إلى مجال كهربائي قدره ١٣٠٠٠ فولت/ متر عند شروط معينة ، وفي الدراسة الأخرى للإنسان والخنزير والجرذ فقد تم ايجاد علاقة للمجال الكهربائي ٦٠ هرتز حيث أنه يحدث تيارا مستحثا داخل جسم الإنسان كثافته ٧,٣ ضعف ما يحدثه نفس المجال الكهربائي للخنزير (Swine) وتيارا مستحثا داخل جسم الإنسان كثافته ١٢,٥ ضعف ما يحدثه نفس المجال الكهربائي للجرذ ، وعلى سبيل المثال فإن ١٠٠,٠٠٠ فولت/ متر التي يتعرض لها الجرذ قد تكافئ ٨٠٠٠ فولت/ متر التي يتعرض لها الإنسان وكذلك فإن ١٠٠,٠٠٠ فولت/ متر التي يتعرض لها الخنزير تكافئ ١٣,٧٠٠ فولت/ مترالتي يتعرض إليها الإنسان وهكذا . ومن هذا يَستقرئ (يَستنتج) Czerski[١٣١] أن تعرض الإنسان إلى مجال كهربائي من ٨٠٠٠ الى ١٥,٠٠٠ فولت/ مترلا تنتج عيوبًا أو أضرارًا للإنسان لأنه طبق ما يكافئها على الحيوان فلم يجد أي آثار سلبية.

٦. الخاتمة

يمكن إيجاز نواتج الدراسة بالنقاط التالية:

- يوجد اختلاف كبير بين الباحثين والمنظمات العاملة في مجال الإشعاع الكهرومغناطيسي غير المؤين ٥٠/ ٦٠ هرتز في تحديد الأضرار الناتجة بسبب التعرض لتلك المجالات.
- هناك عدة مسببات لاختلاف استنتاجاتهم من أهمها أمرين:

الأول: اختلافهم في الأسس التي بنوا عليها نتائجهم، ففريق بنى نتائجه على إحصاء الأضرار الصحية مع التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية، ودراسات علم الأوبئة، والفريق الآخر كانت نتائجه مبنية على ناحية فيزيائية (نظرية ومعملية) وهو ما تحدثه تلك المجالات بالجسم من تيارات كهربائية مستحثه، ومن ثم درسوا أضرار تلك التيارات على الصحة بغض النظر عن مسببها.

الثاني: طبيعة المجالات الكهرومغناطيسة ٥٠/ ٦٠ هرتز، فطاقتها ضعيفة جداً ٢ , ٥ × ١٠-١٣ الكترون فولت وطولها الموجي ٠٠٠ , ٠٠٠ , ٥ متر ولذلك فتأثيرها الحيوي على الإنسان ضعيف جدا وتضع درجة كبيرة من الشك Uncertainty فيم إذا كان الأثر الحيوي الناتج كان بسبب التعرض لها أم لا.

- كنتيجة للاختلاف السابق، تباينت وضع حدود التعرض بشكل كبير. فالفريق الذي كانت أبحاثه قائمة على دراسة العلاقة بين التعرض لتلك المجالات والآثار السيئة للصحة ، كانت حدود التعرض التي وضعها صغيرة، ومبنية في الغالب على الآثار الصحية للمدى البعيد. أما الفريق الذي كانت دراساتهم مبنية على التيار الكهربائي المستحث داخل الأجسام نتيجة للتعرض لتلك المجالات فكانت حدود التعرض التي وضعوها كبيرة ومبنية غالبًا على الأثر المباشر.

- هناك آثار سلبية غير مباشرة على الإنسان، منها علاقة المجال الكهربائي مع خطوط الضغط والتلوث البيئي بوجود الأيونات Corona ions حول خطوط الضغط والتي بدورها تؤين ذرات الغبار والإيروسول الذي يظل عالقًا في الهواء لفترة زمنية وينتشر بسهولة بالرياح وقد يستنشقه الإنسان قبل أن يتعادل كهربيًا وبذلك يزيد من احتمالية ترسبه بالرئة، بالإضافة إلى أن الأجسام المشحونة أخطر من المتعادلة كهربائيا على الصحة. ومنها أيضا علاقة المجال الكهربائي بزيادة معدل الترسب للغبار والإيروسول، وكذلك التلوث البيئي بالتشويش بسبب انتشار الموجات الكهرومغناطيسية وتكوين التيارات المستحثة في الأجسام الموصلة قرب خطوط الضغط العالي.

- هرمون الميلاتونين والذي يفرز من غدة pineal أثناء الليل تم ذكره في بعض الدراسات وذكرت أنه بتعرض الإنسان لمجال مغناطيسي متردد ٥٠/ ٦٠ هرتز فإنه ينقص إفرازه ، مما يتسبب في مشاكل صحية منها سرطان الثدي ، إلا أن ذلك لم يثبت

من دراسات أخرى بالإضافة إلى أن هذا الهرمون يختلف تركيزه وإفرازه من شخص لآخر، وكذلك يمكن أن يتاثر بعوامل أخرى مثل أخذ جرعات من النيكوتين والكافيين.

● الأشخاص الذين زرع بداخلهم أجهزة ألكترونية لابد وأن يكون لديهم معرفة بإحتمالية تأثر تلك الأجهزة بالمجالات الكهرومغناطيسية رغم ضعف تلك الاحتمالية.

● لاشك أن الانتشار الكهرومغناطيسي، أمر غير مرغوب فيه، كما أنه أمر لا مفر منه، ولابد إذًا أن يوضع له حدود وضوابط . وحدود التعرض بإعتقادي أفضل من يحدده هي الهيئات الدولية مثل ICNIRP ، أخذًا بالاعتبار القدرات المالية والعلمية والتاريخية وعدد المختصين العاملين والباحثين والمساندة من المنظمات الدولية المختصة لها.

٧. التـــوصيـــات

● تَبَنِّي حدود التعرض الصادرة من الهيئة الدولية للحماية من الإشعاعات غير المؤينة ICNIRP .

● أما الأشعة الكهرومغناطيسية ٦٠ هرتز المنتشرة في البيئة والتي هي أقل من القيمة العليا لحدود التعرض فينظر إلى مصدرها، فإن كانت صادرة بسبب خطأ فني فلابد من معالجته.

● المخططات الكهربائية للمباني السكنية والمكاتب وخطوط النقل والتوزيع الكهربائي الهوائي والأرضي يجب أن يكون تصميمها على الوضع الذي يكون فيه الانتشار الإشعاعي أقل ما يمكن.

● تهتم المملكة العربية السعودية بتوفير بيئة صحية لمواطنيها وحيث أن هذا المجال قد تقدمت به هيئات دولية ولجان وطنية لدول عظمى منذ أكثر من ثلاثين سنة، وأنفق ولازال ينفق مبالغ هائلة على البحوث في هذا المجال الذي لا يمكن أن تجاريه الدول محدودة الدخل، والأفضل بالنسبة للمملكة العربية السعودية هو تكوين لجنة دائمة ومتفرغة من خمسة من المختصين على الأقل لمتابعة كل ما يصدر عن تلك الهيئات والمنظمات الدولية والوطنية وإصدار تقرير دوري يلخص كل ما يستجد على الساحة بهذا الخصوص، وتكون هذه اللجنة قادرة بذلك على إعطاء التوصيات المناسبة

للمملكة، ويكون اسمها مثلا اللجنة الدائمة لمتابعة أبحاث المجالات الكهرومغناطيسية غير المؤينة. وبذلك يتوفر للمملكة معلومات وبيانات مرصودة باللغة العربية ويكون الأشخاص العاملين بها مرجعية جاهزة لكل الاستفسارات والإرشادات التي تدعم تطور المملكة وبتكلفة قليلة.

● وكامتداد للنقطة السابقة والأخذ بمبدأ الأولويات فيفضل توجيه الباحثين في المملكة الى إجراء الأبحاث في المواضيع الأكثر أهمية، وهي دراسة الإشعاعات والجسيمات المؤينة، ودراسة الليزر و الميزر، و الإشعاعات غير المؤينة ذات الطاقة الأعلى من ١٠-٦ إلكترون فولت أي ابتداءً من منطقة مايسمى بالميكروويف (Microwaves) وفيها يكون الطول الموجي من واحد متر فأقل والتي يكون فيها احتمالية التفاعل مع جسم الإنسان معتبرة بشكل أكبر.

المراجع

[1] **Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE),** *IEEE PC95.6-2002 standard for safety levels with respect to human exposure to electromagnetic fields, 0 to 3 kHz.* Prepared by Subcommittee III of Standards Coordinating Committee 28, IEEE Standards Department. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. (2002).

[2] **Ahlbom, A.** and **Feychting, M.,** Electromagnetic radiation, *Brit Med Bull.* **68:** 157-165 (2003).

[3] **Swedish National Board for Electrical Safety,** *Revised Assessment of Magnetic Fields and Health Hazards,* Stockholm (1993).

[4] **Science Advisory Board,** *Potential Carcinogenicity of Electric and Magnetic Fields,* EPA SAB-RAC-92-013, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C. (1992).

[5] **Peach, H.G., Bonwick, W.J., Scanlan, R.** and **Wyse, T.,** *Report of the Panel on Electromagnetic Fields and Health to the Victorian Government,* Minister of Health, Melbourne, Australia (1992).

[6] **Oak Ridge Associated Universities Panel,** *Health Effects of Low Frequency Electric and Magnetic Fields,* ORAU 92/F8. Prepared for the Committee on Interagency Radiation Research and Policy Coordination, U.S. Government Printing Office: GPO 029-000-00443-9 (1992).

[7] **Expert Group of the Danish Ministry of Health on Non-Ionizing Radiation,** *Report on the Risk of Cancer in Children with Homes Exposed to 50Hz Magnetic Fields from High Voltage Installations,* Danish Ministry of Health, Copenhagen (1993).

[8] **Advisory Group on Non-Ionizing Radiation,** *Electromagnetic Fields and Cancer,* **3**(1), National Radiological Protection Board, Chilton, Didcot, Oxon, U.K. (1992).

[9] **Fedrowitz, M., Kamino, K.** and **Loscher, W.,** Significant differences in the effects of

magnetic field exposure on 7,12-dimethylbenz(a)anthracene-induced mammary carcinogenesis in two substrains of Sprague-Dawley rats, *Cancer Res.,* **64:** 243-251 (2004).

[10] **Lai, H.** and **Singh, N.P.,** *Magnetic Field-Induced DNA Strand Breaks in Brain Cells of the Rat,* Environ Health Perspect On Line 26-Jan. (2004).

[11] **Feychting, M., Jonsson, F., Pedersen, N.L.** and **Ahlbom, A.,** Occupational magnetic field exposure and neurodegenerative disease, *Epidemiology,* **14:** 413-419 (2003).

[12] **Hakansson, N., Gustavsson, P., Johansen, C.** and **Floderus, B.,** Neurodegenerative diseases in welders and other workers exposed to high levels of magnetic fields, *Epidemiology,* **14:** 420-426 (2003).

[13] **Harmanci, H., Emre, M., Gurvit, H., Bilgic, B., Hanagasi, H.** and **Gurol, E.,** Risk factors for Alzheimer disease, a population based case-control study in Istanbul, Turkey, *Alzheimer Dis Assoc Disord,* **17:** 139-145 (2003).

[14] **Tynes, T., Klboe, L.** and **Haldorsen, T.,** Residential and occupational exposure to 50Hz magnetic fields and malignant melanoma, a population based study, *Occupational and Environmental Medicine,* **60:** 343-347 (2003).

[15] **Charles, L.E., Loomis, D., Shy, C.M., Newman, B., Millikan, R., Nylander-French, L.A.** and **Couper, D.,** Electromagnetic fields, polychlorinated biphenyls, and prostate cancer mortality in electric utility workers, *Am. J. Epid.,* **157:** 683-691 (2003).

[16] **Pirozzoli, M.C., Marino, C., Lovisolo, G.A., Laconi, C., Mosiello, L.** and **Negroni, A.,** Effects of 50Hz electromagnetic field exposure on apoptosis and differentiation in a neuroblastoma cell line, *Bioelectromag,* **24:** 510-516 (2003).

[17] **Zhu, K., Hunter, S., Payne-Wilks, K., Roland, C.L.** and **Forbes, D.S.,** Use of electric bedding devices and risk of breast cancer in African-American women, *Am. J. Epid.,* **158:** 798-806 (2003).

[18] **Wertheimer, N.** and **Leeper, E.,** Electrical wiring configurations and childhood cancer, *Am. J. Epid.,* **109:** 273-284 (1979).

[19] **Fulton, J.P., Cobb, S., Preble, L., Leone, L.** and **Forman, E.,** Electrical wiring configurations and childhood leukemia in Rhode Island, *Am. J. Epid.,* **111:** 292-296 (1980).

[20] **Tomenius, L.,** 50Hz electromagnetic environment and the incidence of childhood tumors in Stockholm County, *Bioelectromag,* **7:** 191-207 (1986).

[21] **Savitz, D.A.** and **Wachtel, H.,** Case-control study of childhood cancer and exposure to 60 Hz magnetic fields, *Am. J. Epid.,* **128:** 21-38 (1988).

[22] **London, S.J., Thomas, D.C., Bowman, J.D., Sobel, E., Cheng, T.C.** and **Peters, J.M.,** Exposure to residential electric and magnetic fields and risk of childhood leukemia, *Am. J. Epid.,* **134:** 923-937 (1991).

[23] **Myers, A., Clayden, A., Carwright, R.** and **Cartwright, S.,** Childhood cancer and overhead powerlines, a case-control study, *Brit. J. Cancer,* **62:** 1008-1014 (1990).

[24] **Coleman, M.P., Bell, C., Taylor, H.** and **Primic-Zakelj M.,** Leukemia and residence near electricity transmission equipment, a case-control study, *Brit. J. Cancer,* **60:** 793-798 (1989).

[25] **Goheen, S.C., Gaither, K., Anantatmula, S.M., Mong, G.M., Sasser, L.B.** and **Battelle, D.L.,** Corona discharge influences ozone concentration near rats, *Bioelectromag,* **25:** 107-113 (2004).

[26] **Feychting, M.** and **Ahlbom, A.,** Magnetic Fields and Cancer in Children Residing near

Swedish High Voltage Power Lines, *Am. J. Epid.,* **138:** 467-481 (1993).

[27] **Verkasalo, P.K., Pukkala, E.** and **Hongisto, M.Y.,** Risk of cancer in Finnish children living close to power lines, *Brit. Medical J.,* **307:** 895-899 (1993).

[28] **Ahlbom, A., Feychting, M., Koskenvuo, M., Olsen, J.H., Pukkala, E., Schulgen, G.** and **Verkasalo, P.,** Electromagnetic Field and Childhood cancer, *Lancet,* **342:** 1295-1296 (1993).

[29] **Petridou, E., Kassimos, D., Kalmanti, M., Kosmidou, H., Haidas, S., Flytzani, V., Tong, D.** and **Trichopoulos, D.,** Age of Exposure to Infections and Risk of Childhood Leukaemia, *Brit. Medical J.,* **307:** 774 (1993).

[30] **Green, L.M., Miller, A.B.** and **Agnew, D.A.,** Childhood leukemia and personal monitoring of residential exposures to electric and magnetic fields in Ontario, Canada, *Cancer Causes Control,* **10:** 233-243 (1999).

[31] **Olsen, J.H., Nielsen, A.** and **Schulgen, G.,** Residence near high voltage facilities and risk of cancer in children, *Brit. Medical J.,* **307:** 891-895 (1993).

[32] **Feychting, M.** and **Ahlbom, A.,** Magnetic fields and cancer in children residing near Swedish high voltage Power Lines, *Am. J. Epid.,* **7:** 467-481 (1993).

[33] **Linet, M.S., Hatch, E.E., Kleinerman, R.A., Robison, L.L., Kaune W.T., Friedman D.R., Severson, R.K., Haines, C.M., Hartsock, C.T., Niwa, S., Wacholder, S.** and **Tarone, R.E.,** Residential exposure to magnetic fields and acute lymphoblastic leukemia in children, *New England J. Medicine,* **337:** 1-7 (1997).

[34] **McBride, M.L., Gallagher, R.P.** and **Theriault. G.,** Power frequency electric and magnetic fields and risk of childhood leukemia in Canada, *Am. J. Epid.,* **149:** 831-842 (1999).

[35] **Feychting, M.** and **Ahlbom, A.,** *Magnetic Fields and Cancer in People Residing near Swedish High Voltage Power Lines,* Institute of Environmental Medicine, Karolinska Institute, Stockholm (1992).

[36] **Hakansson, N., Gustavsson, P., Sastre, A.** and **Floderus, B.,** Occupational exposure to extremely low frequency magnetic fields and mortality from cardiovascular disease, *Am. J. Epid.,* **158:** 534-542 (2003).

[37] **Phillips, R.D.,** Biological Effects of Electrical Fields on Miniature Pigs, *Proceedings of the Fourth Workshop of the US/USSR Scientific Exchange Program on Physical Factors in the Environment,* June, 21-24 (1983).

[38] **Phillips, R.D.,** Biological Effects of 60Hz Electric Fields on Small and Large Animals, In: Biological effects of static and low frequency electromagnetic fields, *Proceedings of the US/USSR Scientific Exchange Program on Physical Factors Symposium,* Kiev, USSR, May 4-8 (1981).

[39] **Rommereirn, D.N.** and **Kaune, W.T.,** Reproductive and teratologic evaluation in rats chronically exposed at multiple strengths of 60Hz electric fields, *Abstracts of 10th Annual Meeting of the Bioelectromagnetics Society,* June 19-23 (1988).

[40] *Statement by the Council of the American Physical Society on Power Line Fields and Public Health,* April 22 (1995).

[41] **Heredia-Rojas, J.A., Caballero-Hernandez, D.E., Rodriguez-de la Fuente, A.O., Ramos Alfano, G.** and **Rodriguez-Flores, L.E.,** Lack of alterations on meiotic chromosomes and morphological characteristics of male germ cells in mice exposed to a 60Hz and 2.0 mT magnetic field, *Bioelectromag.,* **25:** 63-68 (2004).

[42] **Stronati, L., Testa, A., Villani, P., Marino, C., Lovisolo, G.A., Conti, D., Russo, F., Fresegna, A.M.** and **Cordelli, E.,** Absence of genotoxicity in human blood cells exposed to 50Hz magnetic fields as assessed by comet assay, chromosome aberration, micronucleus and sister chromatic exchange analyses, *Bioelectromag.,* **25:** 41-48 (2004).

[43] **Selmaoui, B., Aymard, N., Lambrozo, J.** and **Touitou, Y.,** Evaluation of the nocturnal levels of urinary biogenic amines in men exposed overnight to 50Hz magnetic field, *Life. Sci.,* **73:** 3073-3082 (2003).

[44] **Touitou, Y., Lambrozo, J., Camus, F.** and **Charbuy, H.,** Magnetic fields and the melatonin hypothesis, a study of workers chronically exposed to 50Hz magnetic fields, *Am. J. Physiology,* **284:** R1529-R1535 (2003).

[45] **Warman, G.R., Tripp, H., Warman, V.L.** and **Arendt, J.,** Acute exposure to circularly polarized 50Hz magnetic fields of 200-300 mT does not affect the pattern of melatonin secretion in young men, *J. Clin Endocrin Metab,* **88:** 5668-5673 (2003).

[46] **Kurokawa, Y., Nitta, H., Imai, H.** and **Kabuto, M.,** Acute exposure to 50Hz magnetic fields with harmonics and transient components, lack of effects on nighttime hormonal secretion in men, *Bioelectromag.,* **24:** 12-20 (2003).

[47] **Kurokawa, Y., Nitta, H., Imai, H.** and **Kabuto, M.,** Can extremely low frequency alternating magnetic fields modulate heart rate or its variability in humans? *Auton Neurosci-Basic Clin,* **105:** 53-61 (2003).

[48] **Schoenfeld, E.R., O'Leary, E.S., Henderson, K., Grimson, R., Kabat, G.C., Ahnn, S.** and **Kaune, W.T.,** Electromagnetic fields and breast cancer on Long Island, A case-control study, *Am. J Epid.,* **158:** 47-58 (2003).

[49] **Chung, M.K., Kim, J.C., Myung, S.H.** and **Lee, D.I.,** Developmental toxicity evaluation of ELF magnetic fields in Sprague-Dawley rats, *Bioelectromag.,* **24:** 231-240 (2003).

[50] **McLean, J.R., Thansandote, A., McNamee, J.P., Tryphonas, L., Lecuyer, D.** and **Gajda, G.,** A 60Hz magnetic field does not affect the incidence of squamous cell carcinomas in SENCAR mice, *Bioelectromag.,* **24:** 75-81 (2003).

[51] **Nakasono, S., Laramee, C., Saiki, H.** and **McLeod, K.J.,** Effect of power frequency magnetic fields on genome-scale gene expression in Saccharomyces cerevisiae, *Rad. Res.,* **160:** 25-37 (2003).

[52] **Santini, M.T., Rainaldi, G., Ferrante, A., Indovina, P.L., Vecchia, P.** and **Donelli, G.,** Effects of a 50Hz sinusoidal magnetic field on cell adhesion molecule expression in two human osteosarcoma cell lines (MG-63 and Saos-2), *Bioelectromag.,* **24:** 327-338 (2003).

[53] **Cho, Y.H.** and **Chung, H.W.,** The effect of extremely low frequency electromagnetic Fields (ELF-EMF) on the frequency of micronuclei and sister chromatid exchange in human lymphocytes induced by benzo(a)pyrene, *Toxicol Let.,* **143:** 37-44 (2003).

[54] **Verheyen, G.R., Pauwels, G., Verschaeve, L.** and **Schoeters, G.,** Effect of coexposure to 50Hz magnetic fields and an aneugen on human lymphocytes, determined by the cytokinesis block micronucleus assay, *Bioelectromag.,* **24:** 160-164 (2003).

[55] **Ikeda, K., Shinmura, Y., Mizoe, H., Yoshizawa, H., Yoshida, A., Kanao, S., Sumitani, H., Hasebe, S., Motomura, T., Yamakawa, T., Mizuno, F., Otaka, Y.** and **Hirose, H.,** No effects of extremely low frequency magnetic fields found on cytotoxic activities and cytokine production of human peripheral blood mononuclear cells *in vitro,*

Bioelectromag., **24:** 21-31 (2003).

[56] **Ahlbom, A., Albert, E.N., Fraser-Smith, A.C., Grodzinsky, A.J., Marron, M.T., Martin, A.O., Persinger, M.A., Shelanski, M.L.** and **Wolpow, E.R.,** Biological Effects of Power Line Fields. In: New York State Power Lines Project, *Scientific Advisory Panel Final Report,* New York, 67-87 (1987).

[57] **London, S.J., Pogoda, J.M., Hwang, K.L., Langholz, B., Monroe, K.R., Kolonel. L.N., Kaune, W.T., Peters, J.M.** and **Henderson, B.E.,** Residential magnetic field exposure and breast cancer risk, a nested case-control study from a multiethnic cohort in Los Angeles County, California, *Am. J. Epid.,* **158:** 969-980 (2003).

[58] **Willett, E.V., Mckinney, P.A., Fear, N.T., Cartwright, R.A.** and **Roman, E.,** Occupational exposure to electromagnetic fields and acute leukaemia, analysis of a case-control study, *Occupational and Environmental Medicine,* **60:** 577-583 (2003).

[59] **Kabat, G.C., O'Leary, E.S.** and **Schoenfeld, E.R.,** Electric blanket use and breast cancer on Long Island, *Epidemiology,* **14:** 514-520 (2003).

[60] **Bonnell, J.A., Broadbent, D.E., Lee, W.R., Male, J.C., Norris, W.T.** and **Stollery, B.T.,** Research on biological effects of power frequency fields, *Proceedings of the International Conference on Large High voltage Electric Systems, Paris, pp: 36-08,* August 27 - September 4 (1986).

[61] **Blaasaas, K.G., Tynes, T.** and **Lie, R.T.,** Risk of selected birth defects by maternal residence close to power lines during pregnancy, *Occupational and Environmental Medicine,* **61:** 174-176 (2004).

[62] **Blaasaas, K.G., Tynes, T.** and **Lie, R.T.,** Residence near power lines and the risk of birth defects, *Epidemiology.,* **14:** 95-98 (2003).

[63] **Gurney, J.G., Mueller, B.A., Davis, S., Schwartz, S.M., Stevens, R.G.** and **Kopecky, K.J.,** Childhood brain tumor occurrence in relation to residential power line configurations, electric heating sources and electric appliance use, *Am. J. Epid.,* **143:** 120-128 (1996).

[64] **Tynes, T.** and **Haldorsen, T.,** Electromagnetic fields and cancer in children residing near Norwegian high voltage power lines, *Am. J. Epid.,* **145:** 219-226 (1997).

[65] **Preston-Martin, S., Navidi, W., Thomas, D., Lee, P.J., Bowman, J.** and **Pogoda, J.,** Los Angeles study of residential magnetic fields and childhood brain tumors, *Am. J. Epid.,* **143:** 105-119 (1996).

[66] **Green, L.M., Miller, A.B., Villeneuve, P.J., Agnew, D.A., Greenberg, M.L., Li, J.** and **Donnelly, K.E.,** A case-control study of childhood leukemia in southern Ontario, Canada and exposure to magnetic fields in residences, *Int. J. Cancer,* **82:** 161-170 (1999).

[67] **Dockerty, J.D., Elwood, J.M., Skegg, D.C.G.** and **Herbison, G.P.,** Electromagnetic field exposures and childhood leukaemia in New Zealand, *Lancet,* **354:** 1967 (1999).

[68] **Dockerty, J.D., Elwood, J.M., Skegg, D.C.** and **Herbison, G.P.,** Electromagnetic field exposures and childhood cancers in New Zealand, *Cancer Causes Control,* **9:** 299-309 (1998).

[69] **Kleinerman, R.A., Kaune, W.T., Hatch, E.E., Wacholder, S., Linet, M.S., Robison, L.L., Niwa, S.** and **Tarone, R.E.,** Are children living near high voltage power lines at increased risk of acute lymphoblastic leukemia? *Am. J. Epid.,* **151:** 212-215 (2000).

[70] **Stevens, R.G., Davis. S., Thomas, D.B., Anderson, L.E.** and **Wilson, B.W.,** Electric

power, pineal function, and the risk of breast cancer, *FASEB J.,* **6:** 853-860 (1992).

[71] **Liburdy, R.P.** and **Sloma, T.R.,** ELF magnetic fields, breast cancer and melatonin: 60Hz fields block melatonin's oncostatic action on ER breast cancer cell proliferation, *J. Pineal Res.,* **14:** 89-97 (1993).

[72] **Wilson, B.W., Anderson, L.E., Hilton, D.I.** and **Phillips, R.D.,** Chronic Exposure to 60Hz Electric Fields: Effects on Pineal Function in the Rat, *Bioelectromagnetics,* **2:** 371-380 (1981).

[73] **Wilson, B.W., Chess, E.K.** and **Anderson, L.E.,** 60Hz Electric Field Effects on Pineal Melatonin Rhythms: Time Course for Onset and Recovery, *Bioelectromagnetics,* **7:** 239-242 (1986).

[74] **Kato, M., Honma, K., Shigemitsu, T.** and **Shiga, Y.,** Effects of Exposure to a Circularly Polarized 50Hz Magnetic Field on Plasma and Pineal Melatonin Levels in Rats, *Bioelectromagnetics,* **14:** 97-106 (1993).

[75] **Selmaoui, B.** and **Touitou, Y.,** Sinusoidal 50Hz MagneticFields Depress Rat Pineal NAT Activity and Serum Melatonin, Role of Duration and Intensity of Exposure, *Life Sci.,* **57:** 1351-1358 (1995).

[76] **Lee, J.M., Stormshak, F., Thompson, J.M., Thinesen, P., Painter, L.J., Olenchek, E.G., Hess, D.L., Forbes, R.** and **Foster, D.L.,** Melatonin Secretion and Puberty in Female Lambs Exposed to Environmental Electric and Magnetic Fields, *Biology of Reproduction,* **49:** 857-864 (1993).

[77] **Levine, R.L., Dooley, J.K.** and **Bluni, T.D.,** Magnetic Field Effects on Spatial Discrimination and Melatonin Levels in Mice, *Physiol Behav.,* **58:** 535-537 (1995).

[78] *National Institute of Environmental Health Sciences, Assessment of Health Effects from Exposure to Power Line Frequency Electric and Magnetic Fields* (NIEHS Working Group Report), Research Triangle Park, NC, NIEHS (1998).

[79] **Youngstedt, S.D., Kripke, D.F., Elliott, J.A.** and **Assmus, J.D.,** No association of 6-sulfatoxymelatonin with in-bed 60Hz magnetic field exposure or illumination level among older adults, *Environ Res.,* A **89:** 201-209 (2002).

[80] *International Agency for Research on Cancer IARC,* finds limited evidence that residential magnetic fields increase risk childhood leukaemia, *IARC Press release 27* June (2001).

[81] *International Agency for Research on Cancer IARC,* Static and Extremely Low Frequency Electric and Magnetic Fields, *Recent and Forthcoming IARC Monographs,* **80:** 19-26 June (2001).

[82] *Advisory Group on Non-Ionising Radiation AGNIR,* ELF Electromagnetic Fields and the Risk of Cancer Doc, *NRPB*, **12**(1): 1-179 (2001).

[83] **Griefahn, B., K nemund, C., Blaszkewicz, M., Golka, K.** and **Degen, G.,** Experiments on the effects of a continuous 16.7 Hz magnetic field on melatonin secretion, core body temperature and heart rates in humans, *Bioelectromag,* **22:** 581-588 (2001).

[84] **Crasson, M., Beckers, V., Pequeux, C., Claustrat, B.** and **Legros, J.J.,** Daytime 50Hz magnetic field exposure and plasma melatonin and urinary 6-sulfatoxymelatonin concentration profiles in humans, *J. Pineal Res.,* **31:** 234-241 (2001).

[85] **Levallois, P., Dumont, M., Touitou, Y., Gingras, S., Masse, B., Gauvin, D., Kroger, E., Bourdages, M.** and **Douville, P.,** Effects of electric and magnetic fields from high power lines on female urinary excretion of 6-sulfatoxymelatonin, *Am. J. Epid.,* **154:**

601-609 (2001).

[86] **Hong, S.C., Kurokawa, Y., Kabuto, M.** and **Ohtsuka, R.,** Chronic exposure to ELF magnetic fields during night sleep with electric sheet: Effects on diurnal melatonin rhythms in men, *Bioelectromag.,* **22:** 138-143 (2001).

[87] **Graham, C., Cook, M.R., Gerkovich, M.M.** and **Sastre, A.,** Examination of the melatonin hypothesis in women exposed at night to EMF or bright light, *Environ Health Perspect,* **5:** 501-507 (2001).

[88] **Graham, C., Sastre, A., Cook, M.R.** and **Gerkovich, M.M.,** All-night exposure to EMF does not alter urinary melatonin, 6- OHMS or immune measures in older men and women, *J. Pineal Res.,* **31:** 109-113 (2001).

[89] **Graham, C., Cook, M.R., Sastre. A., Riffle, D.W.** and **Gerkovich, M.M.,** Multi-night exposure to 60Hz magnetic fields, Effects on melatonin and its enzymatic metabolite, *J. Pineal Res.,* **28:** 1-8 (2000).

[90] **Katsouyanni, K.** and **Pershagen, G.,** Ambient air pollution exposure and cancer, *Cancer Causes and Control,* **8:** 284-291 (1997).

[91] **Fews, A.P., Henshaw, D.L., Wilding, R.J.** and **Keitch, P.A.,** Corona ions from powerlines and increased exposure to pollutant aerosols, *International Journal of Radiation Biology,* **75** (12): 1523-1531 (1999).

[92] **Henshaw, D.L.,** Does our electricity distribution system pose a serious risk to public health? *Medical Hypotheses,* **59:** 39-51 (2002).

[93] **Cohen, B.S., Xiong, J.Q., Fang, C.P.** and **Li, W.,** Deposition of charged particles on lung airways, *Health Physics,* **74**(5): 554-560 (1998).

[94] **Fews, A.P., Henshaw, D.L., Keitch, P.A., Close, J.J.** and **Wilding, R.J.,** Increased exposure to pollutant aerosols under high voltage powerlines, *International Journal of Radiation Biology,* **75**(12): 1505-1521 (1999).

[95] **Preece, A.W., Iwi, G.R.** and **Etherington, D.J.,** *Radon, Skin Cancer and Interaction with Power Lines,* US Department of Energy Contractors Review Meeting, San Antonio, Texas, (Nov.) 17-21 (1996).

[96] *National Radiation Protection Board (NRPB),* Particle deposition in the vicinity of power lines and possible effects on health, *Report of an independent Advisory Group on Non-ionising Radiation,* **15**(1): 5-55 (2004).

[97] **Dawson, T.W., Stuchly, M.A., Caputa, K., Sastre, A., Shepard, R.B.** and **Kavet, R.,** Pacemaker interference and low-frequency electric induction in humans by external fields and electrodes, *IEEE Trans Biomed Eng.,* **47:** 1211-1218 (2000).

[98] **Astridge, P.S., Kaye, G.C., Whitworth, S., Kelly, P., Camm, A.J.** and **Perrins, E.J.,** The response of implanted dual chamber pacemakers to 50Hz extraneous electrical interference, *PACE,* **16:** 1966-1974 (1993).

[99] **Moss, A.J.** and **Carsensen, E.,** Evaluation of the Effects of Electric Fields on Implanted Cardiac Pacemakers, Palo Alto. CA: Electric Power Research Institute, Report EPRI-EA 3917 (1985).

[100] *United Nations Environment Programme/World Health Organization/Internatio-nal Radiation Protection Association, Environmental Health Criteria 35, Extremely Low Frequency (ELF) Fields,* Geneva, World Health Organization (1984).

[101] **Bridges, J.E.** and **Frazier, M.J.,** The effect of 60 hertz electric and magnetic fields on implanted cardiac pacemakers, Palo Alto, CA, *Electric Power Research Institute, Re-*

port EPRI-EA 1174 (1979).

[102] **Hayes, D.L.** and **Vlietstra, R.E.,** Pacemaker malfunction, *Ann. Internal. Med.,* **119:** 828-835 (1993).

[103] **Dawson, T.W., Caputa, K., Stuchly, M.A., Shepard, R.B., Kavet. R.** and **Sastre, A.,** Pacemaker interference by magnetic fields at power line frequencies, *IEEE Trans Biomed Eng.,* **49:** 254-262 (2002).

[104] *International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection,* Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz), *Health Phys.,* **74:** 494-522 (1998).

[105] Restriction on human exposures to static and time varying EM fields and radiation, *Documents of the NRPB,* **4**(5): 1-69 (1993.)

[106] Sub-radiofrequency (30 kHz and below) magnetic fields, In: *Documentation of the Threshold Limit Values,* ACGIH, pp: 55-64 (1994).

[107] **United Nations Environment Programme/WHO/International Radiation Protection Association,** *Environmental Health Criteria 69. Magnetic Fields,* Geneva, World Health Organization (1987).

[108] **National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS),** NIEHS Report on Health Effects from Exposure to Power-Line Frequency Electric and Magnetic fields, *NIH Publication,* **99:** 4493 (1999).

[109] **Department of Health and Human Services, National Institutes of Health, National Institute of Environmental Health Sciences NIEHS,** Letter from Dr. Kenneth Olden, *Report on Health Effects from Exposure to Power-Line Frequency Electric and Magnetic Fields* (1999).

[110] **National Institute of Environmental Health Sciences NIEHS,** Executive Summary, *Report on Health Effects from Exposure to Power-Line Frequency Electric and Magnetic Fields* (1999).

[111] **National Academy of Sciences U.S.,** *Possible Health Effects of Exposure to Residential Electric and Magnetic Fields,* National Academy Press (1997).

[112] **National Cancer Institute (NCI) U.S.,** Residential exposure to magnetic fields and acute lymphoblastic leukemia in children, *New England J. of Medicine,* **337**(1): 1-7, July 3 (1997).

[113] **McBride, M.L., Gallagher, R.P., Theriault, G., Armstrong, B.G., Tamaro, S., Spinelli, J.J., Deadman, J.E., Fincham, S., Robson, D.** and **Choi, W.,** Power-frequency electric and magnetic fields and risk of childhood leukemia in Canada, *Am. J. Epid.,* **149**(9): 831-42 (1999).

[114] **UK Childhood Cancer Study Investigators,** Exposure to power-frequency magnetic fields and the risk of childhood cancer, *Lancet,* **354:** 1925-31 (1999).

[115] **National Radiation Protection Board (NRPB),** Report of an Advisory Group on Non-ionising Radiation. ELF Electromagnetic Fields and the Risk of Cancer, *Documents of the NRPB,* **12**(1) (2001).

[116] **California Department of Health Services,** An Evaluation of the Possible Risks From Electric and Magnetic Fields (EMFs) From Power Lines, Internal Wiring, Electrical Occupations, and Appliances, *California EMF Prgram, Final Report,* June (2002).

[117] **Henshaw, D.L.,** Why we need prudent avoidance of exposure to elevated levels of

magnetic fields associated with the electricity supply, Internet Files Google Opinion (Prof. D.L. Henshaw 2002) http://www.electric-fields.bris.ac.uk/Prudent%20avoidance.htm

[118] **Greenland, S., Sheppard, A.R., Kaune, W.T., Poole, C.** and **Kelsh, M.A.,** A pooled analysis of magnetic fields, wire codes and childhood leukaemia, *Epidemiology,* **11:** 624-634 (2000).

[119] **Ahlbom, A., Day, N., Feychting, M., Roman, E., Skinner, J., Dockerty, J., McBride, M., Michaelis, J., Olsen, J.H., Tynes, T.** and **Verkasalo, P.K.,** A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia, *Brit. J. Cancer,* **83**(5): 692-698 (2000).

[120] **Cabanes, J.** and **Gary, C.,** Direct perception of the electric field. In: *International Conference on Large High Voltage Electric Systems,* CIGRE, Stockholm (1981).

[121] **Sander, R., Brinkman, J.** and **Kuhne, B.,** Laboratory studies on animals and human beings exposed to 50Hz electric and magnetic fields, *Proceedings of the International Conference on Large High Voltage Electric Systems,* September 1-9 1982; Paris: CIERE, pp: 36-01 (1982).

[122] **Hauf, R.** and **Wiesinger, J.,** Biological effects of technical electric and electromagnetic VLF fields, *International J. Biometeorol,* **17:** 213-215 (1973).

[123] **Rupilius, J.P.,** *Investigations on the Effects on Man of an Electrical and Magnetic 50Hz Alternating Field,* Freiburg, Germany, Albert Ludwig University (1976).

[124] **Knave, B., Gamberale, F., Bergstrom, S.** and **Birke, E.,** Long-term exposure to electric fields. A cross-sectional epidemiological investigation on occupationally exposed high voltage substations, *Scan. J. Work Environ. Health,* **5:** 115-125 (1979).

[125] **Stopps, G.J.** and **Janischewsky, W.,** Epidemiological study of workers maintaining HV equipment and transmission lines in Ontario, Vancouver, B.C. Vancouver, British Columbia, Canada, *Canadian Electrical Association Research Report* (1979).

[126] **Baroncelli, P., Battisti, S., Checcucci, A., Comba, P., Grandolfo, M., Serio, A.** and **Vecchia, P.A.,** A survey on the health conditions among workers of the Italian state railways high voltage substations, *Am. J. Occup. Med.,* **10:** 45-55 (1986).

[127] **Institute of Electrical and Electronics Engineers,** Working Group on Electrostatic and Electromagnetic Effects. Electric and magnetic field coupling from high voltage AC power transmission lines classification of short term effects on people, *IEEE Trans. Power Appar Syst.,* **97:** 2243-2252 (1978).

[128] **Institute of Electrical and Electronics Engineers,** Power Engineering Society Transmission and Distribution Committee. Corona and field effects of AC overhead transmission lines, Available from: *IEEE, 445 Hoes Lane, Piscataway, NJ* (1984).

[129] **Kaune, W.T.** and **Forsythe, W.C.,** Current densities measured in human models exposed to 60 Hz electric fields, *Bioelectromagnetics,* **6:** 13-22 (1985).

[130] **Kaune, W.T.** and **Forsythe, W.C.,** Current densities induced in swine and rat models by power frequency electric fields, *Bioelectromagnetics,* **9:** 1-24 (1988).

[131] **Czerski, P.,** Extremely low frequency (ELF) electric fields, biological effects and health risk assessment, In: Repacholi MH (ed.) Non-ionizing radiations: Physical characteristics, biological effects and health hazards assessment, *Proceedings of the International Non-ionizing Radiation Workshop, Melbourne,* 255-271, Available from Australian Radiation Laboratory, Yallambie, Victoria, Australia, 5-9 April (1988).

[132] **Kaune, W.T., Phillips, R.D.** and **Anderson, L.E.,** Biological studies of swine exposed to 60Hz electric fields. Palo Alto, CA, *Electrical Power Research Institute, Report EPRI-EA 4318* (Project 799.1) (1985).

Evaluation of the Risks of Very Low Frequency and Non-Ionizing Electromagnetic Radiations Emitted by Electric Current of 50/60 Hz, its Biological Effects, and Organizations of Legislating Exposure Limits

M.A. Al-Rajhi
Riyadh College of Technology, Riyadh, Saudi Arabia

Abstract. An international and wide dispute is currently undergoing about the radiation emitted from the electric current of high voltage, domestic connections or appliances; and about their effects on human beings either directly or indirectly. People are divided about their risks between an exaggerating group and a group that paid no attention to them. Researchers also show a discrepancy, according to their results

As a result, legislation committees and organizations varied in defining the exposure limits of electric and magnetic fields of 50/60 Hz. This research puts forward an introduction to the extent of this dispute compared to other types of radiation of electromagnetic spectrum. It also clarified the variation of other research works, exposure limits and causes. This study comes out with the followings:

First: Exposure to electric and magnetic fields within the permissible limits issued by international committees, such as (ICNIRP) and others. There has been no definite evidence that exposure to these fields is linked to diseases such as cancer in children or adults. In one hand, the scientific and statistic researches that presented this link were short of controlling factors that interfere in the occurrence of these diseases, or they were not supported by researches confirming this link. On the other hand, there are many researches that disapprove such link between those fields and cancer. The main verification that can be used by those who approve such link is the classification of the very low frequency electromagnetic radiation as a carcinogen issued by IARC. Second: specialized organizations open the door for researches in this field because the idea of a link between exposure to electric field and cancer still exists. Third: Technical faults, which increase radiation pollution, should be avoided by putting rules for the methods

of electrical connections. Forth: Exposure rates below limits of the electromagnetic emissions, due to high power and other electric network, should be further reduced if possible economically since there is no confirmed link between such rate limits and health. However, technical faults are not accepted, *i.e.,* they should be fixed even exposure rates are very low.