



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الشهيد حمّة لخضر بالوادي
كلية العلوم الاجتماعية والإنسانية
قسم علم النفس وعلوم التربية



تطبيقات الهندسة البشرية في مجال الزراعة بالوادي

أطروحة مقدمة ضمن متطلبات نيل شهادة الدكتوراه ل م د: تخصص: علم النفس عمل وتنظيم

إشراف الأستاذ:

د. فارس إسماعيل

إعداد الطالب

عبد الرزاق سعداني

اللجنة المناقشة:

الرقم	الاسم واللقب	الرتبة	مؤسسة الانتماء	الصّفة
01	محمد السعيد قيسي	أستاذ محاضر أ	جامعة الوادي	رئيسا
02	فارس إسماعيل	أستاذ محاضر أ	جامعة الوادي	مشرفا
03	يوسف جواوي	أستاذ	جامعة بسكرة	ممتحنا
04	إلهام قشي	أستاذ	جامعة بسكرة	ممتحنا
05	محمد رضا شنة	أستاذ محاضر أ	جامعة الوادي	ممتحنا
06	محمد سبع	أستاذ محاضر أ	جامعة الوادي	ممتحنا

الموسم الجامعي: 2022/2021

شكراً واحترافاً

الحمد لله وكفى والصلاة على الحبيب المصطفى

وأهله ومن وفى أما بعد:

الحمد لله الذي وفقنا لشمين هذه الخطوة في مسيرتنا الدراسية بمذكرتنا،

هي ثمرة الجهد والنجاح بفضلته تعالى

فالشكر موصول إلى استاذي المحترم: الدكتور فاروق إسماعيل

على توجيهاته ومجهوداته التي بذلها من أجل أن يرى هذا العمل النور

وأسأل الله أن يجعل جهده وتقبله لما أسلفت وفرحت في حقه في ميزان حسناته.

كما أتقدم بالشكر الجزيل إلى أعضاء لجنة المناقشة الموقرة،

دون نسيان مدير ي على كل التسهيلات التي منحها لنا

كما أشكر كل من ساهم في إنجاز هذا العمل من قريب أو بعيد

ملخص الدراسة:

هدفت الدراسة الحالية إلى معرفة مدى تطبيق مبادئ الهندسة البشرية في مجال الزراعة بولاية الوادي، بالاعتماد على المنهج الوصفي الاستكشافي لكونه المناسب لهذه الدراسة، حيث قام الطالب بمعرفة مستوى الضوضاء ومستوى درجة الحرارة التي يتعرض لها العاملون في المزارع بولاية الوادي، كما تم أخذ القياسات الجسمية لمجموعة من أبعاد الجسم للعمال واستكشاف مدى تناسبها مع الأدوات المستعملة في المزارع، ومدى التزام العمال بإجراءات الوقاية وتوفير أدواتها على عينة تتكون من 152 عامل بالمزرعة وهو العدد الإجمالي المتوفر يعملون في مراكز عمل مختلفة حيث تم حصر شامل لهم، ولقد كانت النتائج كما يلي:

- عدم تطبيق مبادئ الهندسة البشرية للحد من آثار الظروف الفيزيائية للعاملين في مجال الزراعة بولاية الوادي.

- عدم تطبيق مبادئ الهندسة البشرية على أدوات الإنتاج لخلق مواءمة مع الأبعاد الجسمية للعاملين في مجال الزراعة بولاية الوادي.

Study summary:

The current study aimed to know the reality of human engineering applications in the agricultural field in El-Oued State, based on the exploratory descriptive approach because it is appropriate for this study. From the dimensions of the body and exploring their suitability with the tools used in the farms, and the extent of the workers' commitment to preventive measures and the availability of their tools on a sample of 152 workers on the farm, which is the total number available working in different work centers where a comprehensive inventory was made of them, and the results were as follows:

- Failure to apply the principles of human engineering to reduce the effects of the physical conditions of workers in the agricultural field in El-Oued State.
- Failure to apply the principles of human engineering to production tools to create compatibility with the anthropometric measurements of workers in the agricultural field in El--Oued State.

فهرس المحتويات

الصفحة	الموضوعات
أ	ملخص الدراسة بالعربية
ب	ملخص الدراسة بالإنجليزية
ج	فهرس المحتويات
و	قائمة الجداول
ط	قائمة الأشكال
1	مقدمة
الجانب النظري	
الفصل الأول: الاطار المفاهيمي	
6	1- إشكالية الدراسة
17	2- تساؤلات الدراسة
18	3- تحديد مصطلحات الدراسة
19	4- أهمية وأهداف الدراسة
الفصل الثاني: الهندسة البشرية	
21	أولاً- تعريف الهندسة البشرية
23	ثانياً- نشأة الهندسة البشرية (الارغونوميا)
23	1- مرحلة ما قبل الحرب العالمية الثانية
25	2-مرحلة ما بعد الحرب العالمية الثانية
27	3- المرحلة الراهنة
29	ثالثاً- أهمية الهندسة البشرية
30	رابع- مراحل البحث في الهندسة البشرية
30	1- ارغونوميا الكلاسيكية
31	2- ارغونوميا الأنساق
33	3- ارغونوميا الخطأ
34	خامساً- مجالات التدخل للهندسة البشرية

34	1- الهندسة البشرية الفيزيائية
34	2- الهندسة البشرية المعرفية
34	3- الهندسة البشرية التنظيمية
35	سادسا- مبادئ الهندسة البشرية
35	1- تحليل موقع العمل
35	2- منع المخاطر والسيطرة عليها
36	3- التدريب والتعليم
38	4- التقويم المستمر
38	5- إدارة الصحة والسلامة المهنية
39	سابعاً- أنواع الهندسة البشرية
39	1- الهندسة البشرية المعرفية
42	2- الهندسة البشرية التنظيمية
43	3- الهندسة البشرية الفيزيائية
43	3-1- الضوضاء
80	3-2- الحرارة
101	3-3- الإضاءة
118	3-4- التهوية
126	3-5- الاهتزازات
149	3-6- الإشعاعات
184	3-7- المواد الكيميائية
220	3-8- القياسات الانتربيومترية
الجانب الميداني	
الفصل الثالث: الدراسة الاستطلاعية والأساسية	
246	تمهيد
246	1- مجالات الدراسة
247	2- عينة الدراسة

250	3- منهج الدراسة
251	4- أدوات جمع المعلومات
254	5- الأساليب الإحصائية المستخدمة
الفصل الرابع: دراسة النتائج وتفسيرها	
256	1- عرض نتائج الدراسة
262	2- تفسير نتائج الدراسة
285	3- اقتراحات وتوصيات
287	قائمة المراجع

قائمة الجداول

الرقم	العنوان	الصفحة
1	يبين ترتيب أهم المشاكل التي تواجه العمال حسب المنطقة	09
2	مستويات الضوضاء المسموح بها في أماكن العمل المختلفة	48
3	مستوى الضوضاء لمختلف الأدوات والمعدات	48
4	يوضح مستوى الضوضاء التي يتعرض لها الفرد بالنسبة لزمّن المسموح	49
5	مستوى حدود الضوضاء حسب المناطق المختلفة	49
6	مستوى حدود الضوضاء حسب منظمة السلامة والصحة المهنية ووزارة الطاقة الأمريكية	50
7	حد الأقصى المسموح به للضوضاء المتقطعة الصادرة من المطارق الثقيلة	51
8	مستوى ونوعية الضوضاء الصادرة عن الآلات المختلفة	52
9	قاعدة جمع قيم الديسيبل لمصدرين من مصادر الضوضاء	55
10	يوضح مؤشرات اختيار أداة قياس الضوضاء	61
11	يوضح مقياس ضعف السمع	64
12	يوضح مستويات الضوضاء لبعض نشاطات وتأثيراتها السمعية	65
13	يوضح نسبة تخفيض الضوضاء للوسائل الوقائية الفردية	66
14	يبين معايير الحرارة والرطوبة حسب نوعية العمل	89
15	يبين درجة الحرارة حسب طبيعة العمل	90
16	يوضح مدة العمل المسموح بها وعلاقتها بدرجة الحرارة	93
17	درجة الحرارة والمدة التعرض المسموح بها	94
18	أنواع أمراض الحرارة وأعراضها وعلاجها	96
19	مستويات الإضاءة الموصى بها	104
20	متوسط الإضاءة والحد الأدنى المقاس لأنواع مختلفة من العمل	105
21	نسب الإضاءة القصوى	106
22	مستويات الإضاءة الموصى بها مقاسه بوحدة اللكس	106
23	مقاييس الإضاءة بالنسبة لبعض المهام طبقا للمعياريين الأمريكي والألماني	109

110	يوضع علاقة مستوى الإضاءة في مكان العمل بمستواها في المحيط	24
112	يوضع تأثيرات الضوء الملون على فسيولوجيا الإنسان	25
112	يوضع تأثيرات الألوان على فسيولوجيا الإنسان	26
115	يوضع تأثيرات النفسية للألوان على فسيولوجيا الإنسان	27
116	يبين مستويات شدة الإضاءة دولياً مقدره باللوكس	28
122	تأثير درجة الحرارة وحركة الهواء في العمل	29
133	تأثير درجة الحرارة وحركة الهواء في العمل	30
138	مراحل مقياس ستوكهولم لاضطرابات الأوعية الدموية	31
139	العوامل التي تؤثر على خطر الإصابة بمتلازمة اهتزاز اليد والذراع	32
141	مراحل مقياس ستوكهولم للتأثيرات العصبية	33
144	القيم الحدية العتبية الخاصة بالاهتزاز	34
144	مستويات التعرض للاهتزازات وتأثيراتها حسب مجلس الاتحاد الأوروبي	35
145	الحدود القصوى وقيم بداية الإجراءات الوقائية عند التعرض للاهتزازات حسب مجلس الاتحاد الأوروبي	36
148	الإجراءات الوقائية التي تؤخذ بعين الاعتبار لدى تعرض الأشخاص للاهتزاز	37
153	يوضح نوع الإشعاع ومصدره وإجراءات الوقاية من أخطارها	38
155	مدة التعرض للأشعة فوق البنفسجية	39
156	الأطوال الموجية وترددات منطقة الأشعة تحت الحمراء	40
168	أهم الإشعاعات ومصادرها الطبيعية في مكونات البيئة	41
172	معدل الجرعة الإشعاعية الصادرة من أجهزة التلفزيون الملونة أثناء تشغيلها	42
176	الآثار الصحية وحدود التعرض المسموح بها	43
178	كمية الإشعاع والآثار الصحية لها	44
180	وحدة الإشعاع وتعريفاتها	45
184	نوع الإشعاع وطريقة الوقاية منه	46

196	التأثيرات الصحية للأتربة	47
202	خصائص الغازات وتركيبها والأماكن التي تتواجد فيها والجرعات المسموح بها	48
205	أكبر الحوادث الخاصة بالكيميائيات	49
206	المواد الكيميائية وأعراضها على صحة الإنسان	50
207	المواد الكيميائية وتأثيراتها على الجلد	51
213	المواد الكيميائية وتأثيراتها على صحة الإنسان	52
243	يوضح عامل الثبات الخاص بالمئني	53
248	يمثل توزيع أفراد العينة حسب السن	54
248	يمثل توزيع أفراد العينة حسب المستوى الدراسي	55
249	يمثل توزيع أفراد العينة حسب مراكز العمل	56
256	يبين درجات الحرارة في مراكز العمل	57
257	يبين مستوى الضوضاء في مراكز العمل	58
258	يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والمئينيات للأبعاد الأنثروبومترية للعمال	59
258	يبين قياس للأبعاد خزان آلة رش المبيدات اليدوية	60
259	يبين الفرق بين قياس للأبعاد خزان آلة رش المبيدات اليدوية وقياسات الانثروبومترية لأبعاد الجسمية للعمال	61
260	يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والمئينيات للأبعاد الأنثروبومترية للعمال	62
261	يبين قياس للأبعاد مقبض المنجل	63
261	يبين الفرق بين قياس للأبعاد مقبض المنجل وقياسات الانثروبومترية لأبعاد الجسمية للعمال.	64
263	بعض الأمراض الرئيسية المرتبطة بالحرارة	65
274	مستويات الضوضاء لمهمة إنتاج الحبوب	66

قائمة الأشكال

الرقم	العنوان	الصفحة
1	يوضح مجالات السمع لدى الإنسان	54
2	ملخص تخطيطي للحالات المرضية التي يمكن أن تصيب جسم الإنسان من الضوضاء	68
3	استراتيجية معالجة الضوضاء	72
4	تخفيض مستوى الضوضاء باستخدام الحواجز	76
5	نموذج للحالات المرضية المرتبطة بالحرارة مع الأعراض المصاحبة لها	92
6	تحليل الطيف الكهرومغناطيسي إلى موجات غير مرئية والطيف الضوئي المرئي	102
7	يوضح العصب المتوسط في اليد	142
8	مخطط طيف الأشعة الكهرطيسية	162
9	الأطوال	229
10	يوضح النقاط التشريحية	230
11	يوضح طريقة قياس الطول الكلي	231
12	يوضح طريقة قياس الأطراف السفلى	232
13	يوضح طريقة قياس الأطراف العلوية	233
14	يوضح طريقة قياس المحيطات	235
15	يوضح طريقة قياس الأعماق	237
16	يوضح كيفية اخذ القياسات الجسمية	253
17	يوضح كيفية اخذ القياسات الجسمية لمقبض اليد	253
18	يوضح كيفية اخذ أبعاد خزان آلة رش المبيدات اليدوية	259
19	يوضح كيفية اخذ أبعاد مقبض المنجل	261

مقدمة:

يسعى العالم اليوم إلى تحقيق التطوير في كل المجالات، لاسيما تلك التي لها العلاقة المباشرة بالإنسان وبحاجاته اليومية، ويعد توفير الغذاء أهم حاجة للإنسان اليوم، حيث يوظفها ابراهام ماسلو 1954 في قاع هرم الحاجات الإنسانية وأشار إلى أن الإنسان كلما اشبع مجموعة من الحاجات انطلق إلى الحاجات التي تليها، كما يرى ماسلو الحاجات الفيزيولوجية على أنها قاعد انطلاق لباقي الحاجات الأخرى للإنسان، فبدونها لا يستطيع العيش أو تلبية الحاجيات الأخرى، ولتوفيرها يجب الاهتمام بالزراعة والإشراف عليها من أجل الحصول على أفضلها، وبهذا تعد الزراعة من المجالات المهمة للإنسان منذ القدم، فقد عرفت الزراعة منذ العصور القديمة، كما عرفت أيضا تطور مستمر إلى أن وصلت إلى ما نراه اليوم حيث نجد أنها تنوعت في إنتاج المحاصيل وكذلك في الآلات، فالعالم اليوم يعتمد على الزراعة لما لها من دور فعال في سبيل تحقيق التنمية الاقتصادية وتوفير رؤوس الأموال والتشغيل.

كما عرف هذا المجال عدة إصلاحات على المستوى العالمي، ومن بين هذه الإصلاحات الاهتمام بالموارد البشرية العاملة فيها، وهذا من منطلق أن الموارد البشرية هي الركيزة الأساسية في أي قطاع، وتشير الموارد البشرية إلى مجموع الأفراد الذين يشتغلون في منظمة ما، فهي من أهم عوامل العمل والإنتاج وجوهر أداء العمليات في الزراعة وغيرها، وانطلاق من هذا كان اختيار وتوظيف موارد بشرية ذات كفاءة عالية هو ما تهدف إليه كل المنظمات اليوم وهذا لما يشهده العالم من تنافس على جميع الأصعدة، كما أن المحافظة عليه يعد ركيزة أساسية، وتطلق المنظمة برامج عديدة في سبيل تكوينه وتطويره، كما أنها تسعى إلى توفير كل حاجياتها خاصة بتوفير بيئة عمل تناسبه.

وشهدت بيئة العمل الفيزيائية بحثا مكثفا لما لها من تأثير كبير على أداء العامل وصحته، واهم هذه البحوث تجارب الهاوثون التي كانت على يد ألتون مايو بين عامي 1927 - 1932 بمدينة شيكاغو الأمريكية، حول الإضاءة والظروف العمل وفترات الراحة وأثارها على إنتاجية الأفراد.

والظروف الفيزيائية هي جزء من ظروف العمل المتنوعة، كما تعد ظروف العمل باختلاف بيئات العمل صناعية أو زراعية أو غيرها كل عنصر يحيط بالعامل ويؤثر على صحته وسلامته، فقد أولت إدارة الموارد البشرية اهتمام كبير للمحافظة على سلامة العامل من أي آثار سلبية قد تتجم عنه حوادث في مكان العمل، وأقرت العديد من الدول قوانين وتشريعات

لترسيخ ما يعرف بمنظمة الصحة والسلامة المهنية، حيث تقوم هذه الأخيرة على سن مجموعة من القوانين والمبادئ تسعى من خلالها إلى حماية العمال في مختلف بيئات العمل من المخاطر المهنية مهما كان نوعها، وتتنوع المخاطر المهنية بين ما هو فيزيولوجي ونفسي، ولتحقيق أهداف السلامة المهنية والحفاظ على عناصر الإنتاج (اليد العاملة ووسائل الإنتاج ومواده) من أي تلف أو حادث يمكن أن يصيبها.

تعد ظاهرة الحوادث المهنية من أهم المشاكل التي يواجهها العمال وأرباب العمل على حد سواء، حيث تسبب في خسارة كبيرة على كافة الأصعدة، ويمكن تعريف الحوادث المهنية على أنها الوقائع المفاجئة التي تقع في مكان العمل نتيجة لظروف سيئة وغير آمنة تسبب في خسائر جسدية ونفسية ومالية، ونتيجة للتطور الرهيب في آلات العمل فقد عانى العامل من حوادث مختلفة، وقد أثار ذلك الباحثين من أجل البحث في أسبابها فمن بين النظريات التي كانت حول حوادث المهنية نظرية الضغط والتكيف، التي ترى أن هذه الحوادث ترجع إلى الضغط الناتج من ظروف العمل السيئة كالحرارة الإضاءة، كما تنتج الحوادث المهنية أيضا من التصميمات السيئة لأدوات العمل، من هنا انطلق البحث فيما يعرف بالهندسة البشرية أو الارغونوميا.

فالهندسة البشرية هو العلم يهتم بموائمة قدرات الإنسان الجسدية والعقلية مع بيئة العمل ومعداتنا، مما يترك اثر ايجابي لأداء المنظمة وعمالها، ووقاية العمال من الحوادث المهنية، وذلك عن طريق التعرف على قدرات الإنسان وقدرات الآلات وخلق نوع من الانسجام مع بعضهما، وتعرف تطبيقات الهندسة البشرية انتشار واسع في مختلف بيئات العمل، حيث يعرف هذا العلم الكثير من التطور يوم بعد يوم، فقد أثبت نجاعته ونجاحه في تصميم أماكن العمل وزيادة الإنتاج، كما قلل نسب الحوادث التي يتعرض لها العمال، وبالرغم من انتشار العديد من البحوث في مجال الهندسة البشرية، إلا أنها حسب اطلاع الباحث وخاصة في الجزائر أهملت تطبيقاتها في مجال الزراعة، حيث نجد ندرة كبيرة في الدراسات التي تناولت الهندسة البشرية في مجال الزراعة، وعليه جاءت هذه الدراسة كمحاولة لتسليط الضوء على تطبيق هذا العلم في مجال الزراعة بولاية الوادي التي عرفت طفرة نوعية في هذا المجال.

وكغيره من البحوث الأكاديمية سيتم تناول هذا الموضوع من خلال جانبين، جانب نظري وجانب تطبيقي، حيث يحتوي الجانب النظري على فصلين وهي الفصل التمهيدي، حيث تيم فيه طرح الإشكالية وطرح فرضيات الدراسة وتحديد مصطلحات البحث بالإضافة إلى تبيان أهمية وأهداف الدراسة، أما الفصل الثاني فقد تم عرض الهندسة البشرية وأنواعها، كما تم التطرق إلى الظروف الفيزيائية من الحرارة والإضاءة والضوضاء، الاهتزازات، المواد الكيميائية وتأثيرها على صحة العاملين وطرق الوقاية منها، كما تناول الباحث أيضا الانتروبومترية وطرق القياس.

أما الجانب الميداني فلقد تم فيه عرض خطوات الدراسة الاستطلاعية ومجالاتها وأدوات الدراسة وخصائصها السيكمترية، ثم عرض الدراسة الأساسية بعد التطبيق، وكل ما يتعلق ويرتبط بها من مجالاتها وعرض للنتائج وتفسيرها.

الجانب النظري

الفصل الأول: الاطار المفاهيمي

أولاً- إشكالية الدراسة

ثانياً- تحديد مصطلحات الدراسة

ثالثاً- أهمية وأهداف الدراسة

أولاً- إشكالية الدراسة:

تعد مسألة التنمية الاقتصادية والمحافظة على النمو الاقتصادي، الشغل الشاغل للدول والهيئات، ذلك لأن تحقيق التنمية الاقتصادية هي الهدف الرئيسي الذي تسعى إليه معظم الدول، وهو القياس الأهم في تصنيف تلك الدول، ولقد أدركت جميع دول العالم أهمية القطاع الزراعي كقطاع تنموي بديل لباقي القطاعات، وعلى رأسها قطاع المحروقات خصوصاً الدول النامية، على اعتبار أن زيادة الإنتاج لمواكبة متطلبات المجتمع وتوفير المنتوجات الزراعية أمر ضروري لتحقيق التنمية الاقتصادية (بوعافية، وزهواني، 2017، ص293)، فالقطاع الزراعي من القطاعات الرئيسية منتج للسلع الغذائية الأساسية، لإشباع الحاجيات المتزايدة للسكان وفق التزايد الغير محدود في عددهم، ويحتل القطاع الزراعي الصدارة من حيث الأهمية بين مختلف القطاعات الأخرى لدى مختلف دول العالم.

وفي الجزائر يعد القطاع الزراعي من بين أهم القطاعات الاقتصادية المختلفة، والذي سعت بكل الإمكانيات إلى استغلاله بشكل أمثل، وتظهر الأهمية الكبيرة لهذا القطاع في الاقتصاد الوطني من خلال مساهمته في الناتج المحلي الإجمالي، وفي توفير فرص العمل لنسبة كبيرة من السكان خاصة في الريف، بالإضافة إلى توفير العملة الصعبة، وتكوين رأس المال، وتطوير القطاع الصناعي وذلك للعلاقة التبادلية بينهما، وبهذا يحتل مكانة الصدارة من حيث الأهمية بين القطاعات الأخرى، ويعطي الناتج الزراعي الداخلي الصورة الحقيقية لمساهمة القطاع الزراعي في الناتج الداخلي الخام، هذا من حيث الكمية وقيمة الإنتاج الزراعي، فقد عرف تطورا كبيرا في الفترة بين (2005-2013) حيث انتقلت من 647 مليار دينار إلى 1627,18 مليار دينار، وهو ما يمثل زيادة بنسبة (60.23%)، والناتج المحلي ارتفع بنسبة (54,61%)، مما يعني أن زيادة الناتج الزراعي أكبر من زيادة الناتج المحلي، وهذا راجع كذلك لانخفاض مداخيل قطاع المحروقات الذي يعتبر المساهم الأكبر في الناتج الداخلي الخام بانخفاض أسعار البترول لتصل لأقل من 50 دولار للبرميل، كما أن نسبة مساهمة الناتج الزراعي من الناتج الكلي الخام في 2005 قدرت بنسبة (8.60%) أما في سنة 2013 فقد قدرت بنسبة (9.82%)، وهي نسبة ضعيفة مقارنة بما سطر في برنامج المخطط الوطني للتنمية الفلاحية وبرنامج التجديد الفلاحي والريفي، بالرغم من أهمية القطاع الزراعي وفي سبيل تحديد مدى مساهمة الزراعة في الناتج المحلي مقارنة بالقطاعات الأخرى فقد عرفت القيمة المضافة تطور وزيادة مست جميع القطاعات الاقتصادية في الفترة من 2005

إلى 2013، في المرتبة الأولى تجد قطاع المحروقات يليه قطاع الخدمات ثانياً، ثم ثالثاً قطاع الأشغال والبناء والقطاع الزراعي رابعاً، ليأتي في الأخير قطاع الصناعة، كما أن القطاع الزراعي عرف تزايداً مستمراً من سنة إلى أخرى حيث سجل نسبت مساهمة قدرت ب (9.03%) في سنة 2005 لترتفع إلى (11.56%) في سنة 2009، وتنخفض في 2011 لتسجل (10.48%)، لكنه في نفس الوقت لم يسجل انخفاض في الإنتاج بل على العكس حقق إنتاج قدره 1183.2 مليار دينار، أي ما يعادل زيادة بنسبة (14.19%) مقارنة ب 2010، لكنها ارتفعت مرة أخرى في 2013 وسجلت (12.70%)

كما تعد اليد العاملة هي المحرك الرئيسي في الزراعة والعملية الإنتاجية ككل، والجزائر تعتمد على اليد العاملة في الزراعة بنسبة كبيرة، ولكنها تتأثر دائماً بالسياسات التي اتبعت في الاقتصاد الوطني بشكل عام، فالعمالة الزراعية مرتفعة في المناطق الساحلية والسهوب بنسبة (32.24%) تليها مناطق المرتفعات بنسبة (29.16%)، ثم نجد كل من الجبال والجنوب الجزائري (21.38%) و(17.21%) على التوالي، وهذا راجع إلى أن العمالة الزراعية تتركز في المناطق ذات النشاط الفلاحي الكبير، وهي المناطق الشمالية بالرغم من أن مشاريع فلاحية ضخمة سطرته البرامج التنموية في الجنوب، ويقدر عدد اليد العاملة في القطاع الزراعي بـ 2234915 في 2005 لتبقي بين ارتفاع وانخفاض حتى سنة 2009 الذي قدرت اليد العاملة فيه بـ 2244148 عامل، لتواصل الارتفاع لتسجل 2528972 عامل في 2013 وهذا راجع لكل الإمكانيات والعناية التي أولتها البرامج التنموية للقطاع، ومع هذا فهي تعتبر نسبة مخفضة مقارنة بالقطاعات الأخرى (جابر، 2018، ص 63)

ويواجه القطاع الزراعي تحديات تنافسية متزايدة في العقود القادمة، خاصة بنزوح السكان من المناطق الريفية نحو المدن، إذ إن تقدم العلم والتكنولوجيا يضغط بشكل متزايد على الدول لتحديث طرق العمل في الزراعة، حيث تتكيف هذه الطرق مع التطورات التي يشهدها العالم خاصة في تقنيات الزراعة، يجب تكييفها مع السياقات الجديدة لتكون فعالة، ويعتمد

هذا على قدرة الموارد البشرية على التكيف مع المتغيرات التي توجهم في البيئة الزراعية تعتبر تنمية الموارد البشرية من العوامل الرئيسية لنجاح التنمية الزراعية بشكل عام، وإنتاج ومعالجة وتوزيع المحاصيل والسلع الغذائية بشكل خاص، بدون توفير موارد بشرية مؤهلة لا يمكن إنتاج منتجات زراعية متخصصة وعالية الجودة، حتى لو توفرت جميع العوامل الرئيسية الأخرى كالأرض، والمياه، لذلك يلعب التعليم والتدريب الزراعيان دوراً مهماً، وفي

الواقع يجب أن يكون التعليم والتدريب الزراعي جزءًا لا يتجزأ من أي جهد للتنمية الزراعية (WILLIAM, 1995)

والعمال الزراعيون هم النساء والرجال الذين يعملون في حقول المحاصيل والبساتين والبيوت الزجاجية والبلاستيكية ووحدات الثروة الحيوانية، يتم توظيفهم في المزارع المختلفة فهم عمال مأجورون لأنهم لا يمتلكون الأرض التي يعملون فيها ولا الأدوات والمعدات التي يستخدمونها، وبالتالي فهم مجموعة متميزة عن المزارعين، ويكونوا بهذا غير متجانسون، تختلف شروط وأحكام التوظيف الخاصة بهم بشكل كبير، مما يؤدي إلى إنشاء فئات متنوعة: عمال زراعيون دائمون (بدوام كامل)، عمال زراعيون مؤقتون، عمال زراعيون موسميون، العمال الزراعيون بالقطعة كعمل العمال الزراعيون مقابل نوع من الأجر، سواء كان نقديا، أو مدفوعات عينية، أو مزيجًا من هذه الأنواع.

يتأرجح الطلب على العمالة الزراعية مع المواسم وينعكس ذلك على طبيعة القوى العاملة، وتكون ساعات العمل طويلة أثناء الزراعة والحصاد، مع ساعات أقصر في بعض الأوقات وهي قليلة، وينتقل العامل للعمل من الفجر إلى غروب الشمس في الكثير من الأحيان، كما تؤدي أنظمة الدفع إلى تفاقم هذا الوضع، فالأجور تكون منخفضة، والعديد من العمال المؤقتين أو الموسميين يحصلون على أجور جزئية على أساس العمل بالقطعة - أي لكل كيلوغرام من المحاصيل المقطوفة أو الحشائش أو الهكتار الذي يتم رشه أو زرعه، كما أن هناك حافز مالي قوي لهم لتمديد وقت عملهم إلى أقصى حد من أجل تعزيز الأرباح، والكثير من الأعمال الزراعية تتطلب بطبيعتها بنية جسدية قوية، حيث يتضمن العمل الزراعي فترات طويلة من الوقوف والانحناء وتنفيذ حركات متكررة في أوضاع جسدية غير ملائمة، وهذا يزيد خطر وقوع الحوادث بسبب الإرهاق وسوء تصميم الأدوات والتضاريس الصعبة والتعرض للعوامل الجوية وسوء الصحة العامة. حتى عندما أدى التغيير التكنولوجي إلى الحد من الكدح المادي للعمل الزراعي، فقد أدى إلى مخاطر جديدة، لا سيما المرتبطة باستخدام الآلات المتطورة والاستخدام المكثف للمواد الكيميائية في كثير من الأحيان دون تدابير السلامة المناسبة والمعلومات والتدريب، وهذا ما يجعل مستوى الحوادث والأمراض المميتة والخطيرة مرتفع، ومع ذلك فإن العمال الزراعيين هم من بين أقل العمال حماية فيما يتعلق بالحصول على الرعاية الصحية وتعويضات العمال والتأمين طويل الأجل ضد العجز والحوادث المهنية (Peter, 2007)

وتُعرّف الزراعة بأنها إنتاج المحاصيل والثروة الحيوانية، ويتم تعريف البستنة على أنها فرع من فروع الزراعة النباتية التي تتعامل مع محاصيل الحدائق، والفواكه والخضروات ونباتات الزينة بشكل عام، ولا تزال المزارع العائلية مهمة في معظم الزراعة الغربية، ففي الولايات المتحدة 87% من المزارع يديرها عائلات، والوضع هو نفسه تقريباً في معظم الدول، ومع ذلك فإن الجزء الأكبر من الإنتاج الزراعي يتم في المزارع الكبيرة مع الموظفين أو العمال يعملون بشكل عام في مهام متعددة لساعات طويلة، ويؤدي هذا إلى التعرض لعوامل البيئة كالحرارة والبرودة الشديدة بشكل أطول، مما يسبب لهم التعرض للمخاطر والأمراض المهنية، فقد أظهر المسح الأوروبي حول بيئات العمل أن الزراعة والبناء والنقل هي القطاعات التي يظهر فيها أكبر عدد من الحوادث، وينعكس هذا في نسبة العمال الذين يشعرون بالخطر حيث أن 51% في الزراعة، و46% في البناء، و37.5% في النقل، ويوضح الجدول التالي أهم المشاكل التي يعانون منها.

الجدول رقم (01): يبين ترتيب أهم المشاكل التي تواجه العمال حسب المنطقة.

مناطق الدراسة	السويد 1975	ألمانيا 1986	السويد 1988
ترتيب أهم المشاكل التي تواجه العمال	المناخ	وضعيات الجسم المتعبة	وضعيات الجسم المتعبة
	العمل لساعات طويلة	التعرض للمبيدات الكيميائية	المناخ
	وضعيات الجسم المتعبة	العمل لساعات طويلة	التعرض للمبيدات الكيميائية

فالعامل في الزراعة من أخطر المهن في العديد من البلدان، ففي عام 1991 نظم الجراحون في الولايات المتحدة مؤتمراً وطنياً حول السلامة والصحة الزراعية، وتمت الإشارة إلى أن الزراعة هي الأكثر خطورة من بين جميع المهن، حيث يجب اتخاذ جميع التدابير الممكنة لتحسين الوقاية من الحوادث وخدمات الصحة المهنية، وتوفي ما مجموعه 6727 عاملاً بسبب إصابات مرتبطة بالعمل في قطاعي الزراعة والخدمات الزراعية بين عامي 1980 و1989، وفقاً لبيانات من نظام مراقبة الوفيات المهنية الوطنية (NTOF) التابع للمعهد الوطني للسلامة والصحة المهنية (NIOSH)، كان قطاع الإنتاج الزراعي مسؤولاً عن معدل الوفيات الأعلى (22 حالة وفاة لكل 100,000 عامل)، ويرجع ذلك إلى حد كبير إلى الوفيات الناجمة عن الآلات والمركبات، وكان السبب الرئيسي للوفاة في قطاع الزراعة هو التعرض للأجسام المتساقطة وخاصة الأشجار، وفي السويد بلغ معدل الوفيات في الزراعة 23 حالة وفاة لكل 100000 عامل سنة 1996 بما في ذلك العمال العاملين والمزارعين

العاملين لحسابهم الخاص، بالمقارنة مع الصناعات الأخرى، فإن الزراعة هي الأكثر خطورة في السويد، وحسب الإحصاءات الرسمية فإن أيام التعويض عن الحوادث في الزراعة كانت أعلى من النشاطات الأخرى، وهذا بسبب خطورة الحوادث، وفي حقيقة انه لا يتم الإبلاغ عن الحوادث المهنية في الزراعة إلا بشكل قليل، كما أجرت جمعية سلامة المزارعين السويدية والصحة الوقائية بالاشتراك مع المجلس الوطني السويدي للسلامة والصحة المهنية والإحصاء السويدي، دراسة استقصائية خاصة، تم توزيع حوالي 20.000 استبيان حول الحوادث التي وقعت عام 1987 على المزارع، حيث في عام 1987 كان هناك حوالي 227.700 مزرعة في السويد، فقد كانت الأسباب متنوعة منها استعمال الأدوات اليدوية وأثناء نقل المنتجات وغيرها (Lundqvist, 2001)

فالزراعة واحدة من أكثر القطاعات خطورة، فهي تأتي في المرتبة الثانية بين الإصابات والوفيات والأمراض المهنية في العالم، تشمل مجموعة الأمراض المهنية فقدان السمع والسرطانات واضطرابات الجهاز العضلي الهيكلي والأمراض الجهاز التنفسي وضربات الشمس، كما تعد اضطرابات الجهاز العضلي الهيكلي الأكثر انتشارًا الناتجة على وجه الخصوص من الأحمال الثقيلة، وانحناء الجذع لفترات طويلة، والعمل اليدوي المكثف، كما أن العمل في أوضاع محرجة للمعصم والجذع هي مهام مرتبطة بعوامل الخطر الرئيسية المتعلقة بأمراض القلب والأوعية الدموية، كما تعد آلام أسفل الظهر أكثر الاضطرابات العضلية الهيكلية انتشارًا التي تعاني منها العمال في المزارع في كل من البلدان النامية والمتقدمة. في الواقع يعد الانحناء المتكرر والمستمر عامل الخطر الأساسي لآلام أسفل الظهر، وتكون نتيجة الانحناء المطول والمتكرر، وكذلك القطع المكثف وغيرها، ونظرًا للعدد الهائل من العمال الزراعيين على مستوى العالم، فقد تم تطوير وتنفيذ وتقييم التقنيات المريحة كوسيلة للتخفيف من تلك الآلام، وتهدف هذه التدخلات إلى مساعدة عمال المزارع من خلال تحسين مكان العمل، وتحسين الأدوات، بحيث لوحظ أنه حتى التغييرات الصغيرة تترجم إلى اختلافات كبيرة في الآلام المبلغ عنها، وأيضًا فترات راحة المؤقتة، ويكون التدخل من أجل هذه التحسينات عن طريق ما يعرف بالهندسة البشرية.

تعتبر هذه الأخيرة موضوعًا متعدد الاستخدامات ومتعدد التخصصات يتضمن تحديد عوامل الخطر المتعلقة بجميع الأمراض، تحديد أسبابه الرئيسية، وكذلك تطوير وتنفيذ وتقييم التدخلات في آلات وطرق العمل من أجل خلق بيئة عمل مريحة. (Benos et al, 2020)

ويعد علم الهندسة البشرية هو العلم الذي يهدف إلى التعرف على قدرات الإنسان الجسدية والمعرفية بغية تحسين التفاعل بينه وما يحيط به من بيئات وأنظمة، إذ يزود علم الهندسة البشرية المهتمين بالأمور الأساسية التي يجب التركيز عليها وبما تؤثر ايجابيا على مستوى عالي من الأداء يتميز بالسلامة والكفاءة (اللامي، 2015، ص204)، كما يعد علم الهندسة البشرية علم متعدد التخصصات يسعى إلى جعل أفضل ملائمة بين الوظيفة والعامل، كما يركز على تصميم الآلات وترتيبها بحيث يمكن للعمال استخدامها بسهولة وأمان، يشمل فروع كالهندسة البشرية المعرفية والفيزيائية، ويعتمد التدخل لعلم الهندسة البشرية ليس لاستكشاف عوامل الخطر فحسب، بل تقديم الطرق العملية للوقاية من هذا الخطر، ويتعرض معظم المزارعين لأنواع عديدة من المخاطر المهنية. (Naeini et al, 2014)

وتعد أدوات ومحيط العمل مصدرا للعديد منها، الفيزيائية (الفيزيائية)، الكيميائية والبيولوجية، النفسية والاجتماعية، والتي تكون لها آثار سلبية على الحالة الصحية للعامل من الناحية البدنية والنفسية وتكون سببا في إصاباته في العمل، وقد تساهم مع غيرها من العوامل من داخل أو خارج العمل في الإصابة بالأمراض التي لها علاقة بالعمل، أو قد تزيد من شدة بعض الأمراض الأخرى التي ليست لها علاقة سببية بالعمل (كحلوش، 2014، ص16)، والمقصود بالظروف الفيزيائية مجموعة من الظروف المحيطة ببيئة العمل كالضوضاء والحرارة والرطوبة التي تساعد العامل على أداء مهامه على أكمل وجه دون تعب أو إرهاق أو أي مرض آخر، فهذه الظروف إذا توفرت بالشكل المناسب والمتفق عليه عالميا حيث لا تتجاوز تلك الحدود، ساعدت العامل على راحته وتجنب الحوادث المهنية، حيث يرى برقان وناوي (2014) أن تواجد العامل في بيئة فيزيائية غير ملائمة تجعل منه عرضة للمواقف الضاغطة التي تستنفذ منه الكثير من الطاقة من أجل محاولة التوافق مع متطلبات الوضع، حيث كلما اتسمت الظروف المحيطة بالشدة والتطرف تطلب ذلك من العامل بذل المزيد من الجهد البدني والنفسي، من أجل التمكن والتحكم في المواقف وتحقيق الأداء المنشود، وهذا مقارنة مع العمل في الظروف الملائمة والجو الهادي.

فالجوانب الفيزيائية لمكان العمل تأثير مباشر على الإنتاجية والصحة والسلامة والراحة والتركيز والرضا الوظيفي والروح المعنوية للعاملين فيها، وتشمل العوامل الفيزيائية في بيئة العمل التي يجب مراعاتها تصميم المبنى، وتخطيط مكان العمل، وإعداد محطة العمل، وتصميم الأثاث والمعدات، ودرجة الحرارة، والتهوية، والإضاءة والضوضاء، والاهتزاز،

والإشعاع، وجودة الهواء. فقد أثبتت الدراسات تأثير الظروف الفيزيائية الغير مناسبة على إنتاجية الموظفين في جميع أنحاء العالم، ولها تأثير على أداء عمل الأفراد والصحة والسلامة على المدى القصير والطويل (Sarode & Shirsath, 2014)، ومن الظروف الفيزيائية التي يتعرض لها الإنسان في مختلف بيئات العمال الضوضاء، حيث يطلق هذا اللفظ على الأصوات الغير مرغوب فيها، والتي تسبب للإنسان نوعا من الإزعاج أو الاضطراب الذي يؤثر على سلوكه بشكل سلبي (أحمد مسعود، 2017، 81)، فالضوضاء تشتت الانتباه وتؤدي إلى خفض إنتاج العامل رغم زيادة الجهد الذي يبذله في العمل، وقد أثبتت بعض الأبحاث التي أجريت في إنجلترا في صناعة النسيج أن الإنتاج قد زاد بنسبة 3%، كما ازدادت كفاية العامل الإنتاجية بنسبة 7.5% عندما استعمل هؤلاء العمال واقيات للأذن، فهي تعمل على خفض شدة الضوضاء بحوالي 50% مما يجعلهم يشعرون بالارتياح، ويعرف برواز (1960): " الضوضاء على أنها عبارة عن الإشارات الصوتية التي يمكنها أن تؤثر سلبا على الجانب الفيزيولوجي والسيكولوجي للفرد، فهي الخليط المتنافر من الأصوات التي تنتشر في جو العمل، حيث تؤثر على نشاط العاملين فتقلل من إنتاجهم، فضلا عن الآثار التي تحدثها على المدى الطويل، على الصحة والروح المعنوية للعاملين بالوحدة الإنتاجية " (عاشور، 2016، 131)، وتبين احد التقارير " لமாகاتي " (1941) على انه انخفضت الأخطاء إلى ثمن عددها السابق عندما انتقل العمل من مكان قريب لورشة للغلايات إلى منطقة هادئة، وزاد عمل المكتب بنسبة 8.8%، وقلت أخطاء الكتابة على الآلة الكاتبة بنسبة 24% عندما انخفضت نسبة الضوضاء بمقدار 14.5%، وقد قلل تخفيض الضوضاء كذلك معدل دوران العمل بنسبة 47%، والتغيب بنسبة 37%، وفي مقال ستابلس (1996) عن استجابة البشر للضوضاء البيئية تشير إلى أن نتائج بعض البحوث التي أجراها المتخصصون في السبعينات والثمانينات والتسعينات من هذا القرن كانت ايجابية، مثل ارتباط طول تعرض الفرد للضوضاء البيئية بضعف القدرة التعليمية والتحصيل الدراسي، وارتفاع ضغط الدم، ونقص القدرة على تحمل الإحباط، وزيادة تعاطي الأدوية والطلب على الخدمات الصحية، وزيادة الهرمونات التي تفرز أثناء تعرض الفرد للضغوط النفسية (فرج، 2001، 260، 261)، وتشهد البيئة الزراعية انتشار واسع للإصابة بأمراض الضوضاء، حيث اظهر فحص 6000 مزارع في نيو ساوث ويلز إصابتهم بفقدان السمع الذي يكون نتيجة التأثيرات الطويلة والتراكمية للضوضاء من الآلات كالجرارات والمناشير، فضعف السمع يحد من التفاعل

اللفظي بسبب سوء الفهم المتكرر وعدم القدرة عن السمع، فوجدهم دائما القلق والتوتر (Depczynski et al, 2005)، وهذا ما أشار إليه (Warwick et al, 2015) في دراستهم التي كانت حول مدى تعرض المزارعين للضوضاء الخطرة، بأن المزارع تنتشر فيها الجرارات والأدوات المختلفة والآلات الثقيلة والأسلحة النارية، فهذه تعتبر من مصادر الضوضاء، وهي احد أسباب ضعف السمع أو فقدانه لديهم، وذلك ما أكدته تقارير عن المزارعين الاستراليين أن أكثر من 40% منهم يعانون من مشاكل في السمع، وتوصلت هذه الدراسة أيضا إلى أن مدة تعرض المزارع للضوضاء تتميز بتقلبات عالية وتباين كبير على مدار العام، كما أشارت الدراسة إلى أنه تم تسجيل أعلى قيمة للضوضاء في أوقات الحصاد والنقل والحرق، بينما لوحظت أدنى القيم في الشتاء وارتبطت بالمهن في الورشة، وقطع الأخشاب بالمناشير، وتشير نتائج دراسة (Leszek Solecki, 2000) التي كانت حول قياس مدة التعرض للضوضاء بين المزارعين كعامل مهم للمخاطر المهنية، أن أعلى قيم زمنية للتعرض للضوضاء قد لوحظت خلال شهور العمل المكثفة، ومهن النقل المرتبطة بحصاد الحبوب والمحاصيل، أي في أغسطس وسبتمبر وأكتوبر، وكذلك خلال أنشطة زراعة التربة والمعالجة الكيميائية في أبريل، كما أن أعلى مستويات الضوضاء تصاحب المهن التي تسبب حملاً كبيراً للمحرك، كنقل المقطورات المحملة والحفر والحرق، التي يتم تنفيذها باستخدام الجرارات، كما أكدت دراسة (Adarsh et al, 2005) أن مستعملي الجرارات لديهم ضعف سمع عالي التردد في كثير من الأحيان عند مقارنته بالمجموعة الأخرى، ولا تقتصر مصادر الضوضاء في المناطق الزراعية على الجرارات فحسب، بل تشمل أيضاً مجموعات مضخات المياه، وآلات قطع الأعلاف، ومطاحن الدقيق وغيرها من المعدات التي تعمل بمحركات.

وتوصلت دراسة برقاد وناوي (2014) التي تمحورت حول واقع الظروف الفيزيكية للعمل وعلاقتها بظهور القلق عند العمال، إلى وجود علاقة ارتباطيه بين الظروف الفيزيكية السيئة (ضوضاء مرتفعة، إضاءة سيئة) ومستوى القلق، فمن بين الأسباب التي تؤدي إلى ظهور الآثار النفسية السيئة للضوضاء هو ادراك الأفراد المعرضين لها بعجزهم عن ضبطها وأنهم لا يستطيعون التحكم في البيئة من حولهم، وكذلك توصلت دراسة إسعادي (2015) التي كانت حول اثر الظروف الفيزيكية على ظهور بعض الاضطرابات التنظيمية والنفسية، حيث حددت الظروف الفيزيكية في الحرارة والضوضاء أما الاضطرابات النفسية فقد تم حصرها في

القلق والاكتئاب، وأما الاضطرابات المهنية فتم حصرها في العلاقات الاجتماعية، دوران العمل والتسيب المهني والاعتراب المهني، وأفضت الدراسة إلى أن العمال الذين يشتغلون في ورشات ذات مستوى مرتفع من الحرارة أو ضوضاء أكثر عرضة للاضطرابات النفسية القلق والاكتئاب، وأكثر عرضة لاضطراب العلاقات الاجتماعية، كما أن طبيعة العمل وتغير درجة الحرارة حسب فصول السنة له تأثير على جسم الإنسان كما أشار مباركى (2004)، ولكن هذا التغير في الحرارة يجب أن لا يغير في حرارة الأجزاء الداخلية للجسم كالدماغ والقلب... فلا يمكن أن تتعدى حرارتها عن 37 درجة، فالإنسان مهما كان نوعية العمل عضليا أو ذهنيا فيجب أن تكون درجة الحرارة معتدلة، فان كفاءة الفرد تقل كلما زادت درجة الحرارة أو انخفضت عن المعدل المناسب كما ذكره الكلابي (2016)، وتفرض الإصابات المكتسبة أثناء العمل خسائر فادحة على العمال والمنظمات، حيث تقدر منظمة العمل الدولية أن 317 مليون حادث في مكان العمل على مستوى العالم تحدث كل عام، أي ما يعادل 153 حادثاً كل 15 ثانية، تقدر التكاليف الاقتصادية للمشاكل الصحية المتعلقة بالعمل بما في ذلك الإصابات بما يعادل 4-6% من الناتج المحلي الإجمالي لمعظم البلدان، ويعد تحديد وتقييم عوامل الخطر لإصابات العمل أمراً ضرورياً لتطبيق سياسات وبرامج وممارسات الوقاية من الإصابات، وتمثل درجة الحرارة خطراً على العامل، حيث وجدت الدراسات علاقة قوية بين زيادة درجة الحرارة وخطر الإصابة بين العاملين خاصة في الهواء الطلق (Judith et al, 2017)، وتؤكد دراسة (Kenneth et al, 2011) أن العمال الذين يعملون في المهن الخارجية مثل الزراعة معرضون للبيئات الحارة والرطوبة، التي تعرضهم لخطر الجفاف والأمراض المرتبطة بالحرارة، ونصح مركز الصحة والسلامة المهنية على شرب نص لتر من الماء كل نص ساعة عمل في الهواء الطلق، كما توصلت دراسة (Yuping & Neng, 2013) إلى أن درجات الحرارة المرتفعة والرطوبة في بيئة العمل تؤثر بشكل كبير على صحة وسلامة العامل، وذلك عن طريق التأثير على القلب والأوعية الدموية والجهاز التنفسي، وتشير دراسة (Subhashis et al, 2013) أن معظم العمال أبلغوا عن الإرهاق والألم أثناء العمل في الأيام الحارة، كما تم ملاحظة خفض مستوى الإنتاج، وفي دراسة "لماكويرث" Mackworth " نشرت في عام 1950 تبين أن معدل الأخطاء في العمل العضلي كان يتزايد بزيادة درجات الحرارة المؤثرة من 26 إلى 36 درجة مئوية، كما وجد "بيلر" Pepler " في بحثه المنشور عام 1953 تأييداً لذلك في الأعمال الذهنية، حيث

كانت الكفاءة تتدهور في درجة حرارة مؤثرة 24 إلى 32 درجة مئوية، وفيما يتعلق بالبرودة، فقد تبين لـ "كلارك" Clark "من بحثه المنشور عام 1961 انخفاض الإنتاج بانخفاض درجة حرارة الجلد عن 12 درجة مئوية (فرج، 2001، 254)، يشير عجمي وعلوان (2010) أن الإنسان يشعر بالراحة الحرارية بين (25-30) درجة مئوية بالنسبة للمناطق الحارة، فإذا خرجت عن هذا المدى يجب اخذ التدابير كارتداء الملابس المناسبة، أو التعرض إلى تيار هوائي، أو استخدام وسائل مختلفة للتبريد عند ارتفاع الحرارة عن (30) درجة مئوية.

كما أن أحد المبادئ المهمة لبيئة العمل هو أن أبعاد مكان العمل يجب أن تتطابق مع أبعاد الجسم للمستخدمين، ويتم ذلك بتطبيق بيانات القياسات البشرية، فالتصميم السيئ لمكان العمل وأدواته يتسبب في إزعاج نفسي وإرهاق بدني، وهو ضار على المدى الطويل، لذلك تعد بيانات القياسات البشرية شرطاً أساسياً لتصميم آلات وأدوات وأماكن عمل آمنة ومريحة وفعالة، بدأت أول دراسات قياس الأنثروبومترية في الأربعينيات من القرن الماضي. من ناحية أخرى، في البلدان النامية مثل الجزائر، هناك حوالي 7 ملايين مزارع سنة 1998 فحاجة لبيانات القياسات البشرية لهؤلاء المزارعين لأغراض مختلفة، أولها تصميم أو إعادة تصميم المعدات الزراعية وأماكن العمل والأدوات والملابس، بحيث يمكن ضمان الاستخدام الفعال مع السلامة والراحة للمستخدمين (Mokdad, 2002)، لقد شهدت أواخر القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين اهتماماً وتطوراً في قياس الأبعاد الجسمية، فالإحصائيات المجندين خلال الحرب الأهلية في الولايات المتحدة والحربين العالميتين أعلنت منطلقاً جديداً لعلم قياس أبعاد الجسم، وبهذا أصبح علم قياس أبعاد الجسم أحد فروع الأنثروبولوجيا مع بداية القرن العشرين، رغم أن طرق البحث والقياس كانت تختلف من باحث لآخر، بحيث أصبح مشكل طرق القياس وتقنياته يطرح نفسه، وأول ما طرح هذا المشكل كان في المؤتمر العالمي للأنثروبولوجيين الذي انعقد في أبريل 1906 بموناكو، حيث اتفقوا على أغلب تقنيات قياسات الجمجمة والرأس والوجه، وفي المؤتمر العالمي لسنة 1912 بجنيف تطرقوا إلى قياس أبعاد جسمية أخرى، فلقد كان الاهتمام منصبا حول حركات جسم الإنسان وأبعاده بغرض تحسين الإنتاج، وكان هذا الاهتمام يعتمد أساساً على العلوم الفيزيائية بدل العلوم البيولوجية، فقد كان اهتماماً هندسياً بالدرجة الأولى، منطلقاً أساساً من التوجيهات الإنتاجية لكل من تايلور وجلبرت وأتباعهم من الباحثين الذين كان شغلهم الشاغل التطبيقات الميدانية (مباركي، 2004، ص 76-77)، فقد أكد العديد من الدراسات أن سوء التصميم

لأدوات العمل تسبب العديد من الأمراض من بين تلك الدراسات دراسة (Kumbhare et al, 2016)، حيث يشير إلى أن تصميم السيئ للأدوات يضر بصحة الإنسان ويؤثر أيضًا على آلام أسفل الظهر بسبب وزن المعدات، واستخدام هذه الآلة لوقت طويل تؤثر بشكل سلبي على صحة الإنسان. ويشير أيضا (Dewangan et al, 2010) في دراستهم إلى أن الأدوات والمعدات اليدوية المحسنة تعد ضرورة أساسية، ولتحقيق كفاءة أفضل للأداء، والمزيد من راحة الإنسان وتقليل إصابات العضلات والعظام، فمن الضروري تصميم الأدوات والمعدات اليدوية مع مراعاة قدرات المشغل، ويعد تصميم المعدات بمثابة حل وسط بين الاحتياجات البيولوجية للمشغل، والمتطلبات المادية للمعدات، في هذا الصدد فالمعلومات الأساسية المطلوبة هي أبعاد الجسم الأنثروبومترية لمستخدمي الأدوات ومعدات، كما توصلت دراسة (Nag et al, 1988) أن استعمال أداة المنجل لدى المزارعين لم يكن مناسب لهم، مما يجبرهم على اتخاذ العديد من الوضعيات المحرجة، والتي غالبًا ما تؤدي إلى مضاعفات طويلة المدى تتعلق بآلام الظهر ومفاصل الأطراف، كما أكدت دراسة (Dewangan et al, 2008) أن الأدوات الزراعية تعاني من التصميم السيئ، وذلك بسبب أن وحدات التصنيع هذه عادة ما تكون في أماكن بعيدة، مما يؤدي إلى فجوة بين المستخدمين والمصممين وهذا يؤدي إلى تصميمات لا تتناسب المستخدمين، إن الاهتمام بدراسة ظروف العمل تعني تسليط الضوء على "الآثار السلبية التي يمارسها العمل على الإنسان والتي من الواجب التعرف عليها، أي التعرف على الأمراض وكذا الأخطار المرتبطة بها، فظروف العمل كثيرا ما ترتبط بالمشقة في العمل، وهي متعددة الأبعاد وهذه الأبعاد هي التي تسمح برسم نمطية لظروف العمل تكشف تنوع الحالات تبعا للأفراد والتنظيمات (خلفان ومعروف، 2012، 59)، ومن هنا كانت الحاجة إلى إعادة تقييم الأساليب والممارسات المعمول بها والعمل على تعديلها، وفقاً للمعطيات البيئية والجسمية والعقلية والوجدانية والاجتماعية للعاملين، وذلك من أجل تزودهم بالعديد من المهارات التي تعينهم على التكيف، من خلال إدخال منهجية الارجونوميكا Ergonomics، التي تعنى بتصميم بيئة العمل، والاهتمام بكل التغيرات المنشودة لتحسين مستوى الأفراد عن طريق إشباع حاجاتهم الطبيعية والاجتماعية، أي ترتبط ارتباطا وثيقاً بنظم تفاعلات البشر وأنماطها، فهي تعبير واضح ومنهجي لتنمية البشر اجتماعيا(المعايطة، 2007، ص23)، ويعد مجال الفلاحة احد تلك المجالات التي يمارس فيها الإنسان العمل، فقد عرف الوطن العربي بتنوع المحاصيل والأقاليم الزراعية والمناخية والتي تحتوي على أنواع

مختلفة من الآلات والأجهزة التي تساعده على أداء مهامه، فالآلات الزراعية يستعملها الإنسان من أجل:

- تقليل تكاليف الخدمة الزراعية: بمقارنة الآلات الزراعية مع الآلات اليدوية والتي تعتمد في تشغيلها على القوة الحيوانية في خدمة التربة وجد أن نسبة تكاليف حرث الفدان الواحد انخفضت باستخدام الآلات الزراعية إلى الثلث

- سرعة أداء العمليات الزراعية: كل محصول له موعد محدد لزراعته ولذا إذا تأخر في ميعاد الزراعة فالمحصول يتعرض لعوامل جوية غير ملائمة لنموه، فاستخدام الآلات الزراعية في إنجاز العمليات كالري والحرث ومقاومة الآفات والحصاد أسرع من الآلات البدائية.

- زيادة إنتاجية: إن زيادة في المنتجات الزراعية تتوقف على خدمة التربة، ومن التجارب يفضل اختيار الآلات الزراعية المناسبة لكل محصول (مبارك والسحار، 2007، 8، 9)

ولقد شهد قطاع الفلاحة في الجزائر نمو كبير، خاصة بمنطقة الوادي التي تعرف "ديناميكية منذ التسعينات إلى اليوم، هذا التطور الملحوظ تجسد من خلال وجود 1240000 نخلة و1605320 قنطار من المحاصيل الحقلية و1605320 هكتار من الأراضي الفلاحية (صيفي، 2015، 52)، فهذا القطاع الكبير يشغل أزيد من 5000 عامل، ويتعرض العاملون في الزراعة لأخطار متنوعة وكثيرة جداً، تواجه البلدان هذه الأخطار بواسطة القوانين أو الأنظمة أو المعايير حيث يشمل كل منها موضوعاً محدداً (مثلاً أبنية المزرعة والجرارات والمبيدات وآلات النجارة)(وزارة الصحة، 2001، 20)، كما أن هذا القطاع في الجنوب يعاني من نفس المشاكل تعاني منها كل المناطق الأخرى.

وتأسيساً من هذا جاءت هذه الدراسة للإجابة على التساؤل التالي: **مدى تطبيق مبادئ الهندسة البشرية في مجال الزراعة بولاية الوادي؟**

تندرج تحته التساؤلات التالية:

- مدى تطبيق مبادئ الهندسة البشرية للحد من آثار الظروف الفيزيائية للعاملين في

مجال الزراعة بولاية الوادي؟

- مدى تطبيق مبادئ الهندسة البشرية على أدوات الإنتاج لخلق مواءمة مع الأبعاد

الجسمية للعاملين في مجال الزراعة بولاية الوادي؟

ثالثاً - تحديد مصطلحات الدراسة

تحتوي هذه الدراسة على المصطلحات التالية:

1- الهندسة البشرية (الارغونوميا): هو علم يهتم بدراسة آليات التوافق بين الإنسان (المستخدم) والمعداته وبيئته، وذلك باعتماد مجموعة من التدخلات على مستوى محيط العمل تتماشى وقدرات المستخدم، لضمان بيئة عمل آمنة ومريحة، حيث تعرّف إجرائياً في هذه الدراسة بالضوضاء والحرارة والقياسات الأنثروبومترية.

2- الظروف الفيزيائية: يعرفها عبد الرحمان عيسوي بأنها " الظروف الفيزيائية المحيطة بالعمل من درجة الحرارة، البرودة، الرطوبة، الإضاءة، التهوية والضوضاء، والتي ينبغي أن تكون مواتية بحيث تساعد العامل على سرعة الإنتاج وتحسينه وعلى قلة التعب أو الملل والإرهاق " (ورد بركاد وناوي، 2014، 135).

وتعرّف إجرائياً في هذه الدراسة مستوى الضوضاء ومستوى الحرارة.

- الضوضاء: هي كل الأصوات الصادرة عن الآلات المتواجدة ببيئة العمل، والمستمرة لمدة 8 ساعات، والتي تفوق درجتها 90 DB كما حددتها منظمة السلامة والصحة المهنية.

- الحرارة: وهي درجة الحرارة المحسوسة في مكان العمل الناتجة عن كل مصادر الحرارة في بيئة العمل الشمس، الآلات، الهواء، ويكون عمل في وضعية الوقوف والجلوس متوسط الصعوبة والتي تم تحديدها في الظروف العادية من 17 إلى 22 (C°) حسب ما هو متفق عليه في المعايير الدولية.

3- القياسات الأنثروبومترية: وهو علم يدرس قياسات الجسمية الثابتة للإنسان كالعرض والارتفاع وغيرها من القياسات.

4- أدوات الإنتاج: ويقصد بها الآلات والمعدات التي يستخدمها العامل لتساعده في الزراعة والحصاد، وتتمثل في خزان آلة رش المبيدات اليدوية ومقبض المنجل.

- خزان آلة رش المبيدات اليدوية: هي آلة يقوم العامل بحملها على ظهره بها خزان يوضع فيه المبيدات، ويتم الرش عن طريق مقبض باليد.

- مقبض المنجل: يشير المنجل إلى أداة زراعية بسيطة تستخدم بيد واحدة للحصاد أو قطع الأعشاب، حيث تكون بشكل شيفرات حادة ومنحنية بها مقبض من الخشب، وتصنع من الحديد حيث لا يتجاوز طولها 20 سم.

رابعاً - أهمية الدراسة

تكمن أهمية هذه الدراسة في:

- تشخيص المشاكل التي يواجهها العامل في المزارع الناشئة عن إهمال قواعد الهندسة البشرية وفقاً لتطبيقاتها المعتمدة دولياً، وبذلك محاولة لمعالجتها من خلال النتائج المتوصل إليها.

- توفير قاعدة معلوماتية عن الهندسة البشرية في المزارع، وأثرها على الإنسان والإنتاجية.
- إن هذه الدراسة تأتي لتسد حيز مهم في مجال البحوث المهنية، لوجود قلة وشح في البحوث التي تسلط الضوء على تطبيقات الهندسة البشرية في مجال الزراعة.
- يمكن توظيف النتائج التي تخرج بها هذه الدراسة في إيجاد حلول ومعالجات من شأنها توظيف معايير الهندسة البشرية في مجال الزراعة الأمر الذي ينعكس إيجاباً على مجمل العملية الفلاحية.

- معرفة مستوى الضوضاء والحرارة السائدة في المزارع بولاية الوادي.
- مواكبة التطورات التكنولوجية الحديثة والسريعة في تصميم الأدوات الفلاحية، وما ينتج عنها من أنواع مختلفة من المخاطر والتي قد تؤثر على صحة وسلامة الإنسان وكفاءة الإنتاج والمنتج.

- بيان أهمية إسهامات تطبيقات علم الهندسة البشرية في مجال الزراعة للحد من التعرض لمخاطر أماكن العمل.
- تحديد قواعد الهندسة البشرية التي تقود إلى رفع كفاءة العامل في المزارع.

الفصل الثاني: الهندسة البشرية

تمهيد

أولاً- تعريف الهندسة البشرية

ثانياً- نشأة الهندسة البشرية (الأرغونوميا)

ثالثاً- أهمية الهندسة البشرية

رابعاً- مراحل البحث في الهندسة البشرية

خامساً- مجالات التدخل للهندسة البشرية

سادساً- مبادئ الهندسة البشرية

سابعاً- أنواع الهندسة البشرية

خلاصة الفصل

تمهيد:

الهندسة البشرية كعلم قائم يسعى إلى انجاز بحوث من شأنها الحفاظ على سلامة العامل في أماكن العمل المختلفة

ويتضح ذلك من الأبحاث المتزايدة حول العديد من الموضوعات المختلفة، بدءًا من تأثير تصميمات لوحة مفاتيح الكمبيوتر على المستخدمين الذين يعانون من إصابات أو اضطرابات مرتبطة بها، إلى تصميم الأدوات والأثاث المريح كمقاعد السيارة. وترى الرابطة الدولية للهندسة البشرية بأنه العلم المعني بفهم التفاعل بين العمال وأدوات العمل، وتطبيق المبادئ والبيانات والأساليب للتصميم من أجل رفاهية الإنسان وزيادة الإنتاج، وترتكز الهندسة البشرية على خمسة مبادئ رئيسية وهي السلامة والراحة وسهولة الاستخدام والفاعلية الأداء والجماليات فقد اكتسبت دراسة الهندسة البشرية أهمية متزايدة خاصة عند انتشار بيئة العمل السيئة مما أدى إلى تدهور الإنتاج وارتفاع مستوى الحوادث والأمراض المهنية (Gyusung et al.2013) وانطلاقًا من هذا سيتم العرض المفصل لمفهوم الهندسة البشرية وأهميتها.

أولاً- تعريف الهندسة البشرية:

إن الهندسة البشرية هي بالتأكيد واحدة من العلوم القليلة جدًا التي نشأت من فترة بداية الحضارة، عندما صنع الإنسان البدائي الفأس الأول في العصر الحجري القديم وعدّل شكله وفقًا لتشريح اليد البشرية، فقد أرسى دون وعي أسس هذا العلم في الواقع، ثم تم تطبيق المبادئ والقوانين المريحة في ذلك الوقت على أساس حدسي (Zunjic, 2017,01).

إن متطلبات الفهم العميق للمصطلحات الأساسية المتعلقة بالهندسة البشرية مدفوعة بوجهات نظر مختلفة حول ما يتضمنه هذا العلم وأهدافه الرئيسية، على الرغم من أن الهندسة البشرية تهدف إلى تحقيق علاقة منطقية وذات صلة بين الأفراد والآلات والمنظمة، حيث يُنظر إليها على أنها نظام شامل، إلا أن الفروق الدقيقة في المصطلحات الحالية تفرض نظرة عامة على تعريفاتهم (Boatac & Cirjaliu, 2015, p55)

حيث عرف (Zunjic 2017) الهندسة البشرية هو علم متعدد التخصصات يهدف إلى دراسة تأثير وسائل العمل وظروف العمل ومراحل العمل ومنتجاته على الأفراد من الجوانب النفسية والفسولوجية والتشريحية والميكانيكية الحيوية والاجتماعية والتنظيمية والفيزياء، من خلال تطبيق طرق البحث الكمية والنوعية، وكذلك تكييف تصميم العناصر المذكورة أعلاه

مع الأفراد، بهدف تحسين الراحة والأمان والكفاءة والرضا، والتي تؤخذ جميعها في الاعتبار أثناء تفاعلها مع الأفراد.

كما عرف (Raolji et al, 2018) الهندسة البشرية على أنها بيئة العمل تهتم بدراسة العمل بشكل أكثر تحديداً، فهو علم الذي يتعامل مع تصميم الوظيفة لتناسب العامل، بدلاً من إجبار العامل على ملائمة الوظيفة، فيساعده على التكيف مع الوظائف اليومية ومكان العمل والأدوات والمعدات للقضاء على العديد من الاضطرابات العضلية الهيكلية والعوامل البيئية.

وأشار كل من (Lee et al, 2014) إن الهندسة البشرية تعبر عن ثلاث جوانب، الجسدية تهتم بتفاعلات حركة الجسم في العمل، والجانب المعرفي إلى كيفية حدوث العمليات المرتبطة بالذاكرة والإدراك، كما يهتم الجانب التنظيمي بتحسين النظم الاجتماعية للعمل وسياساته كل هذه الجوانب لتقادي الاضطرابات المختلفة للعامل.

كما عرفت المنظمة الدولية للهندسة البشرية بأنها "هو العلم الذي يهتم بفهم تفاعل بين الإنسان وعناصر العمل، التي تطبق مبادئ والنظرية والبيانات والأساليب للتصميم من أجل رفاهية الإنسان وتحسين أدائهم. (Lee et al, 2014, p457)

كما تمثل الهندسة البشرية عاملاً رئيسياً في سلامة العامل ومكان العمل، وهي مشتقة من المصطلح اليوناني (Ergonomics) المتكون من مقطعين (Ergon) وتعني العمل و(nomos) وتعني القوانين، وبالتالي فإنها تعني قوانين العمل، تتضمن دراسة كيفية ارتباط الموظفين جسدياً ونفسياً ببيئة عملهم (Nicholson,2010)، فهو حقل متعدد التخصصات يتضمن مساهمات من علم النفس، والهندسة، والتصميم الصناعي، التصميم الجرافيكي، والإحصاء، وبحوث العمليات والمقاييس البدنية. في جوهرها هي دراسة تصميم المعدات والأجهزة التي تناسب جسم الإنسان وقدراته المعرفية، كما يؤكد كل من (Boatac & Cirjaliu 2015) إن من خصائص هذا العلم انه متعدد التخصصات حيث لا يمكن أن يكون إلا من خلال مشاركة العديد من التخصصات مثل علم النفس والهندسة، والتصميم، والطب، والاقتصاد فسمت تعدد التخصصات تعد شرط أساسياً لوجود الهندسة البشرية.

فالمصطلحان "العوامل البشرية و"Ergonomics" مترادفان بشكل أساسي، تهتم العوامل البشرية و"Ergonomics" بالتوافق بين المستخدم والمعدات وبيئاتهم، يأخذ في الاعتبار قدرات المستخدم والقيود في السعي لضمان أن المهام والوظائف والمعلومات والبيئة تناسب كل

مستخدم، إن فهم أهداف تدخل الهندسة البشرية يخلق السياق الصحيح للتحسينات وإدماجها في الحياة اليومية، كما ان الثقافة التنظيمية أحد الجوانب الرئيسية التي تحتاج إلى أخذها في الاعتبار عند تحليل وضع النظم والعمليات من وجهة المريحة (Gani et al, 2018)، ويشير رغير (2011) أن الهندسة البشرية علم وقائي يهتم بتصميم مواقع العمل، بحيث تكيف بيئة العمل مع ما يناسب العامل لخلق بيئة عمل خالية من الحوادث والأمراض المهنية التي قد تصيب العامل أثناء تأديته لمهامه.

من خلال المفاهيم السابقة يتضح لنا أن الهندسة البشرية هو علم مشترك بين العديد من العلوم كعلم النفس والهندسة، والطب والاقتصاد حيث يهتم بدراسة التفاعل بين خصائص العامل النفسية والجسمية وبيئة العمل من آلات والمعدات ونظم العمل، كل هذا من اجل تكييف خصائص المختلفة لبيئة العمل مع خصائص المختلفة للعامل، لما يضمن صحة العامل.

ثانيا- نشأة علم الهندسة البشرية (الارغونوميا):

مر علم الهندسة البشرية بالعديد من المراحل ويمكن إيجازها فيما يلي:

01/ مرحلة ما قبل الحرب العالمية الثانية:

منذ العصور القديمة، نشأ الاهتمام في أوروبا بالعنصر البشري لزيادة الإنتاج، فكانت هناك تدخلات بسيطة حول تطوير الوسائل تقنية لزيادة كفاءة العاملين، وفي القرن 19 تطور الاهتمام بظروف العمل فكانت الدراسات حول عمال المناجم لما تعرضوا له من أمراض والخياطين لما تعرضوا له من تشوهات في العمود الفقري، كما اهتمت أرماندا دي فيلنوف (Armanda de Villeneuve) بظروف العمل وخاصة العوامل البيئية مثل الحرارة والرطوبة والغبار والمواد السامة لصانعي الزجاج والحدادين، كما وصف الطبيب الايطالي رامازيني (Ramazzini)، العلاقة بين المشاكل الصحية وظروف العمل في 52 مهنة، مثل تقرحات الساق وضربة الشمس، لقد فهم رامازيني (Ramazzini) جيداً أن العمل يلعب دوراً في الحالة الصحية لمرضاه وكتب مخاطباً زملائه: "أنصح الطبيب الذي يزور العامل أن يجلس على مقعد بسيط يتم تقديمه له على شكل كرسي بذراعين، واستجواب المريض بضمير وقلب، وان يطرح السؤال التالي: ما هي الأمراض التي تعاني منها في العمل؟، كما كانت الدراسات في ذلك الوقت بملاحظة أماكن العمل وكيفية تنفيذه، وعلى غرار دراسة رامازيني (Ramazzini) كانت هناك دراسات فيلارمي (Villermé) حول أوقات العمل والأجور ومعدل

الوفيات حسب الطبقات الاجتماعية والمهنية وتشغيل الأطفال، ومن سنة 1841 إلى 1892 تم اتخاذ قانون بشأن الحد الأدنى لسن تشغيل الأطفال وساعات العمل وحوادث العمل لتتأثر هذه القرارات بهيمنة أرباب العمل وعدم تطبيقها. (Falzon, 2004).

كما كان لفلسفة الإدارة العلمية إسهام كبير في تظر الارغونوميا، حيث بدأت على يد المهندس الأمريكي فريدريك تايلر (Fredrick Taylor)، الذي جعل العمل أكثر عائد إنتاجيا، ففي عام 1880 بدأ تايلور دراسات مفصلة لطرق العمل التي كانت متبعة في انجاز بعض الأعمال، وربما كان تايلور مشهورا أكثر بدراسته عن شحنه كتله الحديد الخام في شركة بيتلهم للصلب عام 1899، ذلك أن تايلور تبين ان ما يشحنه العامل الشحن من كتله الحديد كانت حوالي 12.5 طن يومي في المتوسط، وان العامل الممتاز في هذا العمل يقضي 43% من يومه وهو يحمل بالفعل بينما يقضي 57% الباقية بعيدا عن أي نشاط مساهم فعلا في الإنتاج، وكنتيجة لدراسته عن كيفية انجاز العمل استنبط تايلور طريقه لتحميل الحديد الخام كانت شديدة التفصيل، تضمنت برنامج مفصلا مؤقتا ومنظما واجب تلو واجب، متخللا إياه فترات راحة محددة، وذلك بالنسبة لليوم الكامل لعمل الشحن، واختار تايلور لتنفيذ تجربته وتطبيق برنامج العمل اليومي الذي وضعه هذا عاملا من أصل هولندي لاحظ عليه حبه الشديد للمال، ورغبته القوية في الادخار، أطلق عليه شميدت وساوومه مغريا إياه برفع أجره من 1.15 دولار يوميا إلى 1.85 دولار يوميا، أي بزيادة 60% تقريبا في أجره اليومي، إن هو قبل العمل وفق التعليمات والأوامر التي يصدرها شخص عينه لهذا الغرض، بحيث ينفذها بالضبط ودون جدل أو مراجعة، فعندما يقول له هذا الشخص المعين ارفع هذه الكتلة وسر فينبغي على شميدت أن يرفعها ويسير بها، وعندما يخبره بالجلوس والراحة فعليه أن ينفذ ذلك، وهكذا وباختصار عليه أن ينفذ كل ما يقال له طوال اليوم دون تردد أو مراجعة أو جدال، وعلى هذا عمل شميدت طوال اليوم عندما كان يؤمر بالعمل والكيفية التي كان يؤمر بإتباعها وأدائها، والاستراحة عندما كان يؤمر بالاستراحة، وفي النهاية اليوم كان قد حمل 47.5 طنا على الشاحنة، ولم يفشل أبدا في أن يحقق المعدل اليومي خلال الأعوام الثلاثة التالية التي قضاها تايلور في شركة بتلهم، وعندما قامت بتعميم نتائج تجربته هذه على الشحن الحديد بالشركة أدى ذلك إلى زيادة ضخمة في الإنتاج، دون زيادة في الجهد المبذول بالعمل أو زيادة في التعب (عبد القادر طه، 2001، ص29)، كما كان للمهندس الأمريكي فرانك جلبرت وزوجته ليليان جلبرت دراسة الحركة والزمن حول تطوير طرق تنفيذ المهام

لزيادة الإنتاج، حيث قسم المهام إلى عناصر وهذه الأخيرة إلى حركات وإجراءات أساسية مطلوبة وحركات زائدة عن الحاجة فيتم إلغائها، وتم تصميم العمل انطلاقاً من الحركات الأساسية فقط (Bridger, 2003)، ففي يوم من الأيام لاحظ الباحثان أن عمال صناعة الطوب يقومون بحركات كثيرة زائدة أثناء قيامهم بالعمل، وعندما طبقا دراسات الحركة والزمن على هذا العمل، تمكنا من خفض الحركات من 18 حركة إلى 5.4 حركات وبالتالي، فقد ازداد إنتاج صناعة الطوب من 120 طوبة في الساعة إلى 350 طوبة في الساعة، لهذا فإن عملهما يعتبر امتداداً للعمل الذي قام به من قبلهما المهندس تايلور والحقيقة أن مبادئ الإدارة العلمية ودراسات الحركة والزمن متكاملة (مقداد، 2010، ص7).

02/ مرحلة ما بعد الحرب العالمية الثانية:

ميزت هذه السنوات بالحاجة إلى إعادة بناء الدول الأوروبية التي دمرتها الحرب، وذلك بمساعدة الولايات المتحدة الأمريكية، فاتجهت إلى تطوير الصناعة وللبحث أكثر في هذا المجال، فتم وضع المجموعة من التشريعات تنظم العمل والتعويضات عن الحوادث والأمراض المهنية، كما سنت قوانين لتمثيل العمال في الشركات خاصة ومجال الصحة والسلامة المهنية، وأنشأت مراكز للبحث في ظروف العمل، حيث انشأ (Cazamian) في فرنسا مركز (Wisner) للبحث في بيئة العمل لتحسين راحة السيارات وسلامتها في إحدى الشركات الكبرى لصناعة السيارات، كما طور كل من (Ombredane, Faverge, Leplat) تقنيات الاختيار المهني بالتركيز على تحليل العمل في مركز (CERP) (Psychotechnique centre d'Etude et de Recherche

كما قام (Grandjean) في سويسرا، بتطوير البحث بتخصص العلوم التطبيقية في العمل بالمعهد الفدرالي السويسري للتكنولوجيا في زيورخ، وتم إنشاء عام 1963 بفرنسا مركز (SELF)

(Murrel) Société d'Ergonomie de Langue Française)، كما يعتبر العالم البريطاني (Murrel) أول من أطلق مصطلح الارغونوميا عن طريق إنشائه لجمعية (l'Ergonomic Research Society anglaise) سنة 1949 (ANTOINE, 2001)، كما نشأة في نفس الفترة شركة (GAPP) للبحوث والتخطيط (Associate Group for Research and Planning) وبدأت في تقديم الخدمات الاستشارية حول الهندسة البشرية لشركات مختلفة من البرازيل مثل: (Companhia Siderurgica Nacional and the METRO (Marcelo, 2006).

وشهدت أوائل السبعينيات من القرن الماضي بداية دراسات مكثفة متعددة التخصصات حول الموضوعات ذات الاهتمام المشترك، ففي أواخر عام 1972 نظم (Bulat) بالتعاون مع لجنة إنتاجية العمل التابعة لاتحاد المهندسين الميكانيكيين والكهربائيين والفنيين ندوة دولية بعنوان "System, Man, Machine and Environment"، جمعت هذه الندوة 25 مهندسًا وعالمًا من مختلف التخصصات مع متخصصين في بيئة العمل من بريطانيا وفرنسا، واليابان، وألمانيا، ورومانيا، والولايات المتحدة الأمريكية (Seminara, 1983)، وفي سنة 1971 تم مناقشة أول رسالة دكتوراه في جامعة ساو باولو حول الهندسة البشرية في البرازيل كانت للبروفيسور (Itiro Iida) تحت عنوان (The ergonomics of handling)، كما نظم المعهد العالي للدراسات والبحوث النفسية والاجتماعية التابع لمؤسسة (Getu´lio Vargas) في البرازيل أول ندوة له حول الهندسة البشرية، كما نشر للبروفيسور (Itiro Iida) عام 1978 أول كتاب حول الهندسة البشرية في البرازيل بعنوان (Ergonomics: class notes)، كما شهدت كولومبيا إنشاء أول منظمة مهتمة بالهندسة البشرية (SCE) سنة 1991 والتي حضرها في ندوتها الأولى ما يفوق 240 مشارك، وفي ماي 1997 تم تأسيس جمعية (The Ergonomists (Society in Mexico (SEMAC) في المكسيك التي عقدت المؤتمر الدولي الأول لها في 20 نوفمبر 1999 احتفالاً بالذكرى السنوية للثورة المكسيكية، في 2001 تم الاعتراف ب SEMAC كعضو في اتحاد وكالة الطاقة الدولية. (Marcelo, 2006)، وعلى الرغم من إن الارغونوميا نشأة وتطورت في البلدان الاقتصادية الكبرى، إلا أن هذا لا يمنع من استفادة منها في البلدان السائر بطريق النمو، والدول العربية باعتبارها احد تلك الدول التي استفادة من التطور الحاصل، حيث كانت هناك دراسات عربية في هذا المجال من بينها دراسة مباركي (1989) التي كانت حول ربات البيوت وأعمالهن المنزلية، حيث توصل إلى أن ربات البيوت يعانين من إجهاد عالي جراء الأعمال المنزلية المتنوعة مما فرض وضعيات جسم مختلفة، وافر أن تطبيق الارغونوميا يساعد على انجاز الأعمال المنزلية بشكل أسرع ومريح (مقداد، 2012)، كما كانت دراسة في البحرين التي قام بها كل من (Mokdad & Ansari, 2009) على الأطفال من السن 06 - 12 سنة بالبحث في القياسات الانثروبومترية لتصميم الأثاث المدرسي المناسب لهم، ودراسة مقداد (1989) في الجانب الارغونومي في مجال الزراعة، تهتم بالفلاحين الجزائريين وما يتعرضون له من إجهاد جراء ما يقومون به من اجل زراعة النخيل، كما شهدت نيجريا هي الأخرى بداية توجه

نحوى دراسة الارغونوميا، حيث قام (Yisa, 2002) بتسليط الضوء على مدى ملائمة الجرات مع القياسات الانثروبومترية للفلاحين النيجيريين، كما يذكر (Shikdar & Sawaqed, 2003) في دراسته حول العوامل الارغونومية التي تؤثر في إنتاجية والصحة والسلامة المهنية للعمال بسلطنة عمان، أنه لا توجد بيانات قياس الأنثروبومترية متاحة لسكان سلطنة عمان، وان من أهداف هذه الدراسة تطوير قاعدة بيانات القياسات البشرية لسكان العمانيين الذكور من الفئة العمرية 18- 60 سنة. أي تعد هذه من الدراسات الأولى في هذه الدولة.

03/ المرحلة الراهنة:

كما هو الحال مع معظم التخصصات العلمية، بدأ البحث والممارسة في مجال الهندسة البشرية بالملاحظات من خلال العين المجردة والتسجيلات والتحليلات التي يتم إجراؤها باستخدام ساعات وأقلام الرصاص والأوراق، مثلما شهدت بيئة العمل لدينا تغيرًا تقنيًا سريعًا، يتم أيضا إدخال واستغلال تقنيات جديدة للبحث والممارسة في مجال الهندسة البشرية لمواجهة التحديات الجديدة الناتجة عن بيئة تكنولوجية معقدة بشكل متزايد، نتجت عن هذه التقنيات ثورة رقمية في كل من البرامج والأجهزة، على سبيل المثال انخفاض حجم الحاسوب بشكل كبير في الثلاثين العام الماضي من أجهزة الكمبيوتر المركزية إلى أجهزة الكمبيوتر الشخصية، وأجهزة الكمبيوتر المحمولة، والأجهزة لوحية، والهواتف الذكية، وأجهزة الكمبيوتر القابلة للارتداء كالساعة، حيث توفر التقنيات الجديدة فرصًا لأبحاث وممارسات في مجال الهندسة البشرية التي لم يكن من الممكن تخيلها في أوائل القرن العشرين، تعتمد الأبحاث في الهندسة البشرية، سواء أجريت في الميدان أو في المختبر بشكل كبير على هذه التقنيات التفاعلية الجديدة.

ومع ذلك، فإن العديد من المبادئ الأساسية الكامنة وراء معظم القياسات الفسيولوجية، والميكانيكية الحيوية، والنفسية تظل كما هي، فنحن نعتمد على معدل ضربات القلب، ومستوى استهلاك الأكسجين، والقوة، والوزن، والزوايا، ودرجة الحرارة، والتخطيط الكهربائي للعضلات، وما إلى ذلك لاكتساب رؤى جديدة حول القدرات البشرية، في المجهود والراحة والأداء، وبفضل التطورات التكنولوجية الحديثة، أصبحت قدرتنا على إجراء هذه القياسات أكثر قابلية للحمل، وأكثر دقة، وأتاحت فترات تشغيل أطول، والقدرة على التخزين ومعالجة بيانات أكثر مما كانت عليه في الماضي، كما تم اختراع أدوات جديدة لتتبع تسجيل المزيد من حالات أجزاء جسم الإنسان في الفضاء بمعدلات أعلى، لإنشاء بيئة افتراضية، وحتى

لمعالجة البيانات في الوقت القصير (Hua lin et at, 2017)، فقد أحدث ظهور أجهزة الكمبيوتر ثورة في مكان العمل. حتى ذلك الوقت كان العمل المكتبي يتضمن مجموعة من الأنشطة بما في ذلك الكتابة، وحفظ الملفات، والقراءة، ومع إدخال أجهزة الكمبيوتر جمع هذه المهام في الأماكن التي يمكن أن يتواجد فيها معظمهم يتم إجراؤها دون الانتقال من سطح المكتب، وبالتالي تحسين الجودة والإنتاج والكفاءة، تشير التقديرات إلى أن 75٪ من جميع الوظائف في عام 2000 تضمنت استخدام الكمبيوتر، وفي عام 1990 كان حوالي 15٪ من الأسر الأمريكية تمتلك جهاز كمبيوتر، وهو الرقم الذي ارتفع الآن إلى 50٪ فبسبب هذا الاستخدام المكثف لأجهزة الكمبيوتر، تم إجراء العديد من الدراسات في محاولة للإجابة على الأسئلة المتعلقة بسلامة وصحة الأفراد، حتى كشفت دراسة أن الاضطرابات الجسدية والاكنتاب والوساوس تزداد مع استخدام الكمبيوتر، خاصة عندما يكون وقت التشغيل أكثر من 30 ساعة في الأسبوع واستخدام أكثر من 10 سنوات، كما أظهرت الدراسات أن الأعراض المتعلقة بالعين هي أكثر المشاكل الصحية التي تحدث بشكل متكرر بين المرضى وتشمل الأعراض البصرية الرئيسية التي أبلغ عنها مستخدمو إجهاد العين، والتهيج، والاحمرار وعدم وضوح الرؤية وازدواج الرؤية، يقدر وفقاً لبعض التقارير أن تشخيص هذه الأعراض وعلاجها يكلفان تقريباً 2 مليار دولار أمريكي (Blehm et at, 2005)

تشير التقرير الحديثة صادر عن الأكاديمية الوطنية للهندسة (2004) في الولايات المتحدة الأمريكية إلى أن التطورات الجارية في الهندسة في المستقبل القريب سوف تكون: التوسع نحو روابط أكثر إحكاماً بين التكنولوجيا والإنسان، بما في ذلك المنتجات الجديدة المخصصة فتكون حسب أبعاد وقدرات المستخدم، والتصميم المريح للمنتجات، في حين أن الهندسة البشرية في الماضي كانت مدفوعة بالتكنولوجيا (نهج التصميم التفاعلي)، أما الهندسة البشرية المستقبلية يجب أن تقود التكنولوجيا (نهج التصميم الاستباقي).

الهندسة هي "التصميم الخاضع لقيود" التكلفة والموثوقية والسلامة والتأثير البيئي وسهولة الاستخدام والموارد البشرية والمادية المتاحة وقابلية التصنيع واللوائح الحكومية والقوانين والسياسة، تسعى الهندسة إلى تشكيل عالم قادر على تلبية احتياجات الإنسان ورغباته، حيث تطبق الهندسة البشرية المعاصرة معلومات حول السلوك البشري والقدرات والقيود والخصائص الأخرى لتصميم الأدوات والآلات والأنظمة والمهام والوظائف والبيئات من أجل الاستخدام البشري لمنتج آمن والمريح والفعال، في هذا السياق تتعامل الهندسة البشرية مع نطاق واسع

من المشكلات ذات الصلة بتصميم وتقييم أنظمة العمل والمنتجات الاستهلاكية وبيئات العمل، حيث تؤثر التفاعلات بين الإنسان والآلة على الأداء البشري وإمكانية استخدام المنتج. (Karwowski, 2005)

في العقد الأول من القرن الحادي والعشرين، تحسن الوضع الاقتصادي في العالم، نتيجة لذلك تم تعزيز النشاط في مختلف مجالات الهندسة البشرية، كما استبدلت العديد من المصانع معدات الإنتاج بالآلات ذات تكنولوجيا متطورة، مطبقة توجه جديدة نحو تصميم الآلات لتناسب الإنسان، حيث تبنت المؤسسات شعارات جديدة تهتم بالهندسة البشرية مثل (Good ergonomics - good economics) و (Diversity in ergonomics) و (Ergonomic is a style of life)، حيث تؤكد جميعها على التركيز موجه نحو العامل، وقد تبنت المنظمات الناشطة في مجال الهندسة البشرية مسؤولية تطوير هذا المجال لما يواجهه العالم اليوم من تطور سريع في عالم الشغل. (Davy et al, 2018)

ثالثاً - أهمية الهندسة البشرية:

تهتم الهندسة البشرية بالفرد والإنتاج، عند تطبيقها بالشكل المناسب وبكفاءة عالية، فهي تهتم بسلامة وصحة المورد البشري وكذلك خفض تكاليف المنظمة.

- **سلامة وصحة المورد البشري:** الاستثمار في الهندسة البشرية يزيد من صحة وسلامة العامل، كما تقلل الممارسات الصحيحة من الإصابة بحوادث العمل، حيث كانت أكثر الإصابات في أسفل الظهر، والتهاب الأوتار العضلية، ومتلازمة النفق الرسغي، فتعتبر هذه الآن من الأسباب الرئيسية للأمراض المهنية الحديثة في الولايات المتحدة الأمريكية، تشير إدارة السلامة والصحة المهنية (OSHA) أن ما يصل إلى 1.8 مليون من الاضطرابات العضلية الهيكلية المرتبطة بالعمل تحدث كل عام، تؤدي هذه الإصابات إلى خسارة 650.000 يوم عمل في السنة، أي أكثر من ثلث المبلغ الإجمالي لأيام العمل الضائعة على أساس سنوي، يعتقد أنطون وأوكس (2016) أن ما يقرب من 80 % من المشاركين أبلغوا عن أعراض عضلية هيكلية مرتبطة بالعمل. علاوة على ذلك، فقد توصل فريدمان وآخرون (2012) إلى أن التغيب عن مكان العمل بسبب مشاكل صحية عامة منتشرة ومكلفة ويمكن الوقاية منها، حيث يعاني الآلاف من العمال الأمريكيين من التغيب، فإذا كان العامل يمارس عمله بطريقة صحيحة كان أقل عرضة للإرهاق وأقل عرضة للإصابة أثناء العمل، مما يقلل من التغيب عن العمل والمطالبة بالتأمين، علاوة على ذلك فهي تقلل

التكاليف الغير المباشرة الناتجة عن الفشل في تطبيق الهندسة البشرية في مكان العمل، فعندما يصاب العامل في العمل، فإنه يتسبب في العديد من التكاليف الغير المباشرة مثل دفع مصاريف الحادث، وتكلفة تسجيل بعض العمال لوقت إضافي لتغطية العمال الغائبين، وانخفاض الروح المعنوية للموظفين عند معرفة إصابة زميلهم، والتكاليف القانونية والتحقيق إذا وصلت القضية إلى المحكمة، إلى جانب ذلك يزيد الاهتمام بالهندسة البشرية من رفع معنويات العمال عندما يشعرون أنهم في مجال الاهتمام من طرف الإدارة، يساعدهم على القيام بمزيد من العمل لأنهم يحتاجون إلى وقت أقل للراحة

- خفض تكاليف المنظمة وزيادة أرباحها: تؤدي الوضعيات الصحيحة الفعالة أثناء أداء العمل إلى زيادة الإنتاجية عن طريق تقليل الوقت المستغرق لإكمال المهام اليومية، نتيجة لذلك يمكن أيضا زيادة أرباح الشركة، بالإضافة إلى الإنتاجية تزداد جودة الإنتاج من ناحية أخرى، أما إذا كان عدم الاهتمام بالهندسة البشرية، فإنها ستكلف المنظمات الكثير من المال سواء في أماكن العمل أو طريقته، ففي دراسة (Tompa et al, 2007) توصل إلى أن تحسين من كيفية العمل عن طريق اقتراح وضعيات معينة في العمل ساعد على أداء المهام في اقل وقت وبتكلفة اقل كما كان هناك تحسين في نوعية الإنتاج (Mokdad & Tawfik, 2017)

رابعا- مراحل البحث في الهندسة البشرية:

أصبحت الهندسة البشرية موضوعًا للدراسة منذ اللحظة التي شعر فيها العامل بالحاجة إلى التكيف مع عمله، وهذا الأخير أصبح في تغير مستمر الذي نتج عليه تغيرات في عملية الإنتاج، لذلك كانت هناك مراحل عديدة في تطوره والتي صاحبها تطور وتقدم في التكنولوجيا (Bossardi, 2018)

1- أرغونوميا الكلاسيكية: يمكن تسمية النظرة الكلاسيكية الأرغونوميا بالنظرة العلائقية التي تهتم بالعلاقة بين الإنسان والآلة، حيث تركز بالدرجة الأولى على وسائل العرض وأدوات المراقبة، ومن أهم إسهامات النظرة الكلاسيكية تلك المتعلقة بتحسين تصميم المزاوول وأجهزة القياس وأزرار المراقبة وترتيب ألواح العرض، وقد تعدى اهتمام النظرة الكلاسيكية من مجرد وظائف المدخلات والمخرجات إلى التصميم الشامل لمجال العمل أخذاً في الحسبان ترتيب الأجهزة وتصميم المقاعد والطاولات والمناضد والآلات (مباركي، 2004، ص 15) في عام 1915 بإنجلترا، تم تشكيل لجنة تهدف إلى فحص صحة العمال العاملين في صناعة العسكرية، بعد شكوى العديد من العمال لعدم التوافق بين العمل والعاملين في الإنتاج

العسكري، كما كشفت الحرب العالمية الثانية إن الرادارات والسيارات والطائرات عن عدم قدرة الإنسان على التعامل بفعالية مع الآلة، لقد أثرت هذه الظروف الجديدة على كل من إنجلترا والولايات المتحدة، لتشكيل مجموعات جديدة متعددة التخصصات من اجل دراسة هذا المشكل، وكانت الأهداف، أولاً زيادة الفعالية في القتال، وثانياً ضمان السلامة وراحة المقاتلين، وبعد النجاح الذي حققته الهندسة البشرية الكلاسيكية لاحظ خبراء أن الآلات المنزلية والعديد من الأدوات اليومية كانت تعاني من نفس المشاكل، عدم ملائمتها مع الإنسان، نتيجة عدم تكيفها مع السمات الجسدية والعقلية والمعرفية للإنسان وإلى تسببها في أمراض مختلفة، كانت الجوانب المادية للعمل والقدرات البشرية، هي محور الهندسة البشرية الكلاسيكية، حيث أجريت الدراسات عن طريق المحاكاة داخل المختبرات (Bossardi, 2018) مما جعلها محدودة الفعالية في التطبيقات الصناعية الميدانية نظراً للعيب الكلاسيكي لأي بحث مخبري، معنى هذا الطابع الاصطناعي للظروف المخبرية الذي يحد من تأثير عوامل كثيرة في الظاهرة محل الدراسة، ولذلك يصعب تعميم نتائجها في الحالات الأكثر تعقيداً، مما وضع الباحث في وضعية نصح وإرشاد عام وهذا انطلاقاً من النتائج الاصطناعية للمخبر، لأنه غير قادر على توقع النتائج محددة الانحراف عند المعايير أو الإرشادات التي يقدمها سواء في الظرف المماثل للظروف المخبرية أو ظرف مغاير، وعلى النقيض من ذلك فإن المشتغلين في الميدان من صناعيين ومخترعين ومصممين يريدون إجابات محددة للمشاكل القائمة ويجدون طريقة الطرح الكلاسيكي غير مقنعة. (مباركي، 2004، ص16)

2- أرغونوميا الأنساق: تشير الارغونوميا الأنساق أو الأنظمة إلى تصميم النظام كامل، ينصب التركيز على التصميم الفعال ودمج مكونات النسق بشكل كلي، بدلاً من بناء المكونات بشكل منفصل ومحاولة ملائمتها معاً لاحقاً، وترتكز الارغونوميا الأنساق على الجانب البشري حيث يشارك الإنسان في النسق بما يحمله من معارف ومهارات متعلقة بالسلوك البشري والجانب التقني من الأدوات وتقنيات وتكنولوجيا والإجراءات، حيث كلا الجانبان يعملان معاً بشكل فعال، فتصمم الأنساق لتناسب الأشخاص بشكل أفضل محققة الملائمة بين جميع مكونات النسق، فيمكن للأفراد في النسق الأداء مع احتمال منخفض للخطأ أو الإصابة أو المرض أو الإجهاد واحتمال عالي للإنتاج والجودة والسلامة والرضا الوظيفي (RIVERA & KARSH,2008)

ظهر هذا الاتجاه خاصة في الولايات المتحدة الأمريكية خلال الحرب الباردة من خمسينيات القرن العشرين، كرد فعل على الاستياء من النظرة الكلاسيكية للأرغونوميا، بحيث دراسة هذا النسق يبدأ من المراحل الأولى للتصميم، مروراً بتحديد الأهداف والمهام التي بدورها تحقق الهدف النهائية لأي نسق، ثم توزيع مهام هذا النسق بين الأفراد من جهة والآلات من جهة أخرى، وطبقاً لذلك فإن المختص في إرغونوميا الأنساق بالإضافة إلى تصميمه للعلاقة الرابطة بين الإنسان والآلة ومكان العمل، فإنه يقوم بتطوير وتنمية الأنساق الجزئية التي يتكون منها النسق الكلي محل المعالجة (مباركي، 2004)، ويتحقق ذلك عن طريق تحليل نظام العمل فهي طريقة جيدة لتطبيق مبادئ الارغونوميا الأنساق فنستطيع تعلم تحليل النسق، بحيث يعد تحليل خطوة أولى مهمة في فهم تغييرات النسق، عادة ما تكون نتيجة تحليل عبارة عن خريطة بيانية تصور المدخلات والتحويلات والمخرجات للنسق قيد الدراسة، يتم رسمها كمخططات انسيابية توضح كيفية تفاعل العمليات والخطوات المختلفة داخل العمليات في النسق، يمكن أن يساعد تحليل في تحديد المشكلات في العمليات الحالية، ويمكن استخدامه كطريقة استباقية لتصميم الأنساق جديدة ذات مخاطر أقل، ويمكن استخدامه في البحث للمساعدة في فهم سبب وجود المشكلات في العملية (RIVERA & KARSH,2008)

وهذا تطوير لتقنية دراسة الحركة والزمن لتايلور وجلبرت، كما يعتبر الإشراف على سيرورة النسق وتتبع مراحلها من مهام المختص في الارغونوميا الأنساق، بحيث يتدخل أيضاً في عملية الانتقاء والتدريب، وبالمقارنة بين ارغونوميا الأنساق والكلاسيكية نجد:

- التعاون بين المختصين في الأرغونوميا من جهة والمهندس من جهة ثانية، ابتداء من المراحل الأولى لتطوير النسق، مما يقلل من تكرار بعض (مراحل التطوير ذات الكلفة العالية) إن قام كل طرف بعمله بمعزل عن الآخر.

- من أبرز مميزات التعاون الذي تتادي به النظرة النسقية القضاء على أسباب الصراع بين التخصصات الذي يسود النظرة الكلاسيكية للأرغونوميا بدل التكامل بينهما وهذا الاتجاه لم يعمر طويلاً بل لم يبلغ الأهداف المرجوة منه نظراً لجملة من المصاعب نذكر منها:

- عدم وجود محك دقيقة في توزيع المهام والعمليات بين الأفراد والآلات.

- تدخل الأروغونومي في إعادة تنظيم وتنمية الأنساق الجزئية الموجودة سلفاً، والتي ينظر إليها رجل الميدان على أنها عملية تهدد مباشرة أنماط التسيير البشري وبالتالي فهي تقابل بكثير من المقاومة.

أما في هذه المرحلة يتم أخذ الأخطاء البشرية بعين الاعتبار لكون الإنسان مسئول عن فشل النسق باعتباره هو الصانع للآلة ومستعملها. (مباركي، 2004، ص17)

3- أروغونوميا الخطأ: يمكن ببساطة وصف أروغونوميا الخطأ بأنه خطأ ارتكبه العامل، يعد الخطأ البشري مفهوماً مهماً في الهندسة البشرية لكن الأمر يصبح أكثر تعقيداً من ذلك، حيث أن العمال يخطئون لكن سبب ارتكابهم للأخطاء مهم، كما هناك اعتقاد بأن جميع الأخطاء البشرية تقريباً مرتبطة بنقص التصميم لأن التصميم الجيد يجب أن يأخذ في الاعتبار السلوك البشري وتصمم هذه الاحتمالات بينما في الجانب الآخر يعتقدون أن الناس يرتكبون أخطاء وبغض النظر عما تقدمه لهم، ويشمل الخطأ البشري ما يلي:

- عدم أداء أو حذف مهمة
- أداء المهمة بشكل غير صحيح
- القيام بمهمة إضافية أو غير مطلوبة
- أداء المهام خارج التسلسل
- عدم أداء المهمة خلال المهلة الزمنية المحددة بها
- عدم الاستجابة بشكل كاف للطوارئ (Adams, 2018)

جاءت هذه النظرة كبديلة لإروغونوميا الأنساق، وهي تتبنى دراسة وتفسير الخطأ البشري في نسق الإنسان والآلة، ويسود الاعتقاد لدى أنصار هذه النظرة أن فشل النسق في أداء مهامه يرجع أساساً إلى الخطأ البشري بغض النظر عن نوع النسق، حتى لو كان النسق منظماً تنظيماً كلياً، وحسب هذا المنظور فإن أسباب العطب يمكن تتبعها وإيجادها في إحدى مراحل تطوير النسق من طرف الإنسان، قد تكمن هذه الأسباب في مراحل التصميم أو في مراحل التركيب، أو في مراحل الصيانة، وعلى هذا الأساس فإن أي خطأ هو في الأصل خطأ بشري لا غير ولا دخل للجانب الميكانيكي أو الآلي فيه، لأن هذا الأخير ما هو في واقع الأمر إلا صنعا بشريا (مادام الإنسان هو مصمم الآلة)، وحين يحدث خطأ أو عطب فالمسؤول الأول والأخير هو الإنسان هناك نظريتين متكاملتين لإروغونوميا الخطأ:

أ/ النظرية الأولى: تدعى بنظرية انعدام الخلل، حيث تفترض أن الخطأ البشري ينتج أساساً عن نقص في التحفيز وبالتالي يكمن الحل فيما يسمى ببرنامج الخلل الصفري التي تتمثل في حملات تحفيزية أو دعائية للأمن والوقاية موجهة للعاملين قصد الرفع من مستويات الأداء.

ب/ النظرية الثانية: يطلق عليها اسم بنك معطيات الخطأ، وتأتي هذه النظرية كتكملة لمتطلبات النظرية الأولى حيث تفترض بأن الخطأ البشري لا يمكن تفاديه، وبالتالي فإن حل المشاكل المترتبة عن هذا الخطأ البشري تمكن في طرق تحسين وأشكال تصميم الأنساق إلى أقصى درجة ممكنة من الأمن والسلامة والفعالية، مما يقلل من وقوع الخلل أو الخطأ وكذا أثاره إن حدث إلى أدنى درجة، ولذلك يكون من الضروري توقع حدوثه (مباركي، 2004، ص18)

خامساً- مجالات التدخل للهندسة البشرية:

يحتاج علماء الهندسة البشرية إلى فهم واسع النطاق للنسق ككل، مع مراعاة العوامل المادية والمعرفية والاجتماعية والتنظيمية والبيئية وغيرها، كما تتميز الهندسة البشرية بتطبيقاتها في المجالات واسعة وتطورها المستمر بحيث تشجع الباحثين لدراسة أعمق في سمات والخصائص البشرية (Falzon,2004).

1- الهندسة البشرية الفيزيائية: تهتم الهندسة البشرية الفيزيائية بالخصائص التشريحية والأنثروبومترية والفسولوجية والميكانيكية لجسم الإنسان أثناء أدائهم للنشاط البدني، فهيا تشمل الأوضاع التي يؤديها العامل أثناء عمله (Falzon,2004)، كما تهتم بالتفاعلات الفسولوجية للإنسان ونشاطه، بحيث ويتم السعي إلى تحسينات في مجالات أوضاع العمل المختلفة، والحركة المتكررة، والتكوين، مكان العمل، وبشكل عام الصحة والسلامة المهنية. (Marref, 2020)

2- الهندسة البشرية المعرفية: تهتم الهندسة البشرية المعرفية بالعمليات العقلية، مثل الإدراك والذاكرة والتفكير والاستجابات الحركية، في تأثيرها على التفاعلات بين الإنسان والمكونات الأخرى للنسق (Falzon,2004)، كما تهتم بشكل خاص بالتحسينات المنشودة في الأداء وصنع القرار والإدارة أخطاء وضغوط المهنية (Marref, 2020).

3- الهندسة البشرية التنظيمية: تهتم الهندسة البشرية التنظيمية بتحسين النظم الاجتماعية والتقنية، بما في ذلك الهيكل التنظيمي وقواعده وعملياته، تشمل ساعات العمل

وأساليب الإدارة، وأنواع المهام، وتصميم العمل، والثقافة التنظيمية، والاتصال (Falzon,2004) ومن جهة أخرى يهتم هذا النوع من الأرغونوميا بتنظيم الورشة، أي البعد بين الآلات المختلفة حتى يستطيع العامل أن ينجز عمله في هدوء، ويستطيع الحركة والتنقل بكل حرية، وحتى لا يحدث ازدحام الآلات واقتربها قلقًا أو توترا عند العمال أو عرقلة الإنتاج.(الزاملوي ومحسن، 2018، ص18)

سادسا- مبادئ الهندسة البشرية:

لقد خلق الالتزام بتأسيس علم الهندسة البشرية الحاجة إلى تحديد العناصر الرئيسية، وتطويرها وتوفير الدعائم المناسبة، ونقل التكنولوجيا الهندسة البشرية إلى كل منظمة، ويتم تطبيق هذا من خلال إجراءات ومبادئ تضمن صحة وسلامة العنصر البشري على مستوى المنظمة (Drury et al.1999). ويتم تحديد هذه المبادئ كالتالي:

1- تحليل موقع العمل: تعتبر هذه المرحلة الأولية حيث يتم التركيز خلالها على هندسة الوظائف لتناسب العاملين من أجل تحسين مناخ العمل، إذ يتم تحليل موقع العمل بتحديد وقياس عوامل الخطر الكامنة في الوظائف، وإعادة تصميم الوظائف للتخلص من عوامل الخطر هذه، وتوفير مقاييس كمية يمكن من خلالها تقديم التصاميم البديلة لها. (Drury et al.1999)، ويشير نجم (2012) ان موقع العمل هو الحيز الضروري والملائم لعمل العامل ولوضع عدته وأدواته، والذي يمكن أن يتحرك فيه بدون أن يحتك بالعمال الآخرين أو الآلات، فتهيئة مكان للجلوس أثناء انتهاء العمل، لأن الوقوف فترة طويلة يسبب الكثير من الإرهاق (Geigle:2012). ويعد تصميم موقع العمل حسب النعيمي (2009) من المجالات الواسعة لاستعمال القواعد والإجراءات الخاصة بالهندسة البشرية فتصميم مواقع العمل يتطلب الأخذ بنظر الاعتبار حالات الوقوف والجلوس المناسبة للفرد بغية إنجاز المهام الموكلة، كما يضيف نجم (2012) انه ينبغي أن تكون مستلزمات العمل في مواضع أقرب وأمام العامل، أي أن ترتب المواد والأدوات وتهيئته بطريقة واضحة ومحددة وسهلة الوصول لكي يتجنب العامل عملية البحث عنها أثناء العمل (شيلان، 2013، ص52)

2- منع المخاطر والسيطرة عليها: يتم تطوير خطة عمل وذلك من خلال زيادة تحليل موقع العمل عبر الملاحظة العامة، وتحليل الفيديو، والصور، والرسومات التخطيطية، لتقييم المخاطر في طريقة ومكان العمل. حيث يتم التركيز على اختيار أماكن العمل للجلوس والوقوف، وتحديد موضع الرأس، ومكان العمل بالنسبة لارتفاع سطح العمل، فيساعد هذا

فالحفاظ على الحركات بشكل جيد ضمن قدرة مفاصل الجسم، وتقليل معدل تكرارها، وتعديل الإضاءة، كما يتم التركيز أيضا على المهام الإدارية وتفعيل الرقابة الإدارية، كما يؤخذ بعين الاعتبار اقتراحات العمال (Drury et al.1999)، ويؤكد طويل ورغد (2012) إن سلامة العمل تعتمد على المخطط السليم لموقع العمل والمقاييس والمعدات وغيرها من الظروف السائدة، وما يترتب عن العمل ونوع الأفراد المطلوبين، فهي معلومات تساعد في اتخاذ الإجراءات الصحيحة، كما أكدت الوكالة الاتحادية للتعامل مع إدارة الطوارئ في الولايات المتحدة الأمريكية (1996) بأن السيطرة ومنع الخطر يعتبر عنصرا رئيسيا من عناصر الهندسة البشرية، وكأسلوب مناسب لمنع الإصابات المهنية، وأن الهدف الأساسي من إستراتيجية هذه تتمثل في تصميم موقع العمل، وطرق العمل بشكلها السليم، ذلك من أجل تقليل تعرض العامل إلى خطر الإصابة وبشكل عام هناك ثلاثة أنواع من إستراتيجية المنع المخاطر والسيطرة عليها.

أ- المراقبة الهندسية: نقصد بها تغيير مكان العمل أو استخدام العدد والآلات في موقع العمل من أجل تقليل أو إزالة المخاطر التي يتعرض لها العامل، وتعد هذه الطريقة مناسبة للمخاطر الهندسية التي تقع خارج موقع العمل، وذلك بسبب أن التركيز الأولي كان موجهها نحو مخاطر الهندسية البشرية حيث الوظيفة التي يعمل بها العامل تناسب عمله وليس قوته تناسب عمله

ب- المراقبة الإدارية: الإستراتيجية الأخرى من إستراتيجيات منع المخاطر والسيطرة عليها، ونقصد بها تقليل تعرض العامل لمخاطر الإصابة في موقع العمل، وذلك بتوفير معدات الحماية الشخصية، كالملابس التي يرتديها العامل وخوذة وأحزمة وأحذية ونظارات وغيرها، كل حسب نوع وطبيعة العمل بحيث يتم تصميم معدات الحماية الشخصية طبقاً لقوانين السلامة المهنية.

ج- مراقبة أنشطة العمل: تتطلب إجراءات السلامة في موقع العمل مراقبة أنشطة العمل، وأن على العاملين في موقع العمل تطبيق برنامج جيد في موقع العمل كتدريب الأفراد العاملين على الاستخدام الصحيح للألة. (بكار، 2016، ص 43 44)

3- التدريب والتعليم: عملية التدريب هي عملية مستمرة وضرورية، للتأكد من أن جميع العمال يقومون بتطبيق تعليمات الصحة والسلامة المهنية ولديهم معرفة وفهما للهندسة البشرية، إذ تساعد هذه المعرفة على قبول التغيرات المستمرة في بيئة العمل ونجاحها داخل

المنظمة، بالإضافة إلى ذلك فعملية التدريب تشمل جميع العمال من مشرفين إلى المنفذين، كما يساعد العمال المدربون في عملية تقييم مكان العمل وفهمًا أكبر للتفاصيل المتعلقة بعوامل الخطر والتحكم بها، ويمتلكون القدرة على نقل تلك الخبرة إلى العمال الآخرين ليصبحوا موردا مفيدا على مستوى المنظمة. (Drury et al,1999)، يؤكد (Maras & 2006) Karwowski، (رغيد، 2011، ص21) أن التدريب في مجال الهندسة البشرية يعتمد على عدة أنواع وهي:

أ - **التدريب الداخلي المُركّز:** باستثناء الخبرات الخارجية، إذ يقدم هذا النوع من التدريب إلى الأشخاص أو مسؤولي الفرق ذات الصلة بالهندسة البشرية، ويهدف إلى:

- فهم الأهداف والبرامج الإجمالية للهندسة البشرية
- توضيح مفهوم الأمراض المهنية والإصابات التي تقع في موقع العمل والعودة إلى العمل وتلافيها مستقبلا
- القدرة على مراقبة وتفسير السجلات الطبية والصحية والسلامة المهنية.

ب - **الوعي التدريبي:** مستوى الوعي التدريبي فيما يتعلق بالهندسة البشرية يُجهز الأفراد العاملين للمشاركة في عمليات الهندسة البشرية، إذ يهدف هذا البرنامج إلى:

- الفهم العام لبرنامج الهندسة البشرية
- الإدراك الكامل للمسؤوليات والأدوار من تنفيذ هذا البرنامج
- فهم نظام الإدارة العامة للمنظمة.

ج- **التدريب التنشيطي:** يمكن أن يؤدي نقص المكتسبات المعرفية في مجالات الصحة والسلامة المهنية إلى أخطاء باهظة الثمن، كالإصابات الجسدية، لذلك يعد إجراء إعادة التدريب أو التدريب التنشيطي لتحديث المعرفة وتغطية الموضوعات الجديدة في مكان العمل أمراً ضرورياً، حيث يتلقى العامل تدريب في موضوع كان قد تدرب عليه سابقاً لتحديث معارفه يمكن تطبيقه على أي نوع من برامج التدريب، ولكنه كثيراً ما يستخدم في مجال الصحة والسلامة المهنية، حيث يساعد في الحفاظ على المعرفة الهامة جديدة في أذهان الموظفين وتعزيز الإجراءات والعمليات تنظيمية الأكثر تعقيداً، كما أن تطبيق هذا النوع من التدريب يعتمد على خمسة مؤشرات رئيسية وهي:

- ارتكاب العمال لنفس الخطأ بشكل متكرر
- تحديث التقنيات التكنولوجية وعدم قدرة الموظفين على استخدامها بشكل اللائق

- زيادة الحوادث المهنية

- انخفاض معدل الرضا الوظيفي

- انخفاض معدل الإنتاج وزيادة الاستغراب الوظيفي. (Colman, 2021)

4- التقييم المستمر: يعتبر الطويل ورغيد (2009) التقييم المستمر عنصراً ضرورياً لأداء أي نشاط أو عملية إدارية حيث يُسهم في تقديم البيانات والمعلومات التي تُستخدم في قياس أداء العمال، فهو عملية متواصلة تتطلب الملاحظة والتحليل المستمر للأداء وفق سياسات ومعايير ومواعيد ثابتة يُقاس بموجبها أداء العامل، كما إن توفير متطلبات الأمان والراحة والسلامة للموارد البشرية أثناء انجازه للأعمال والمهام المختلفة وصولاً إلى أفضل أداء من جهة وتحقيق الاستثمار الفاعل للموارد المتاحة للمنظمة من جهة ثانية يتطلب التقييم المستمر لكل من تصميم مواقع العمل وتصميم العمل وتصميم الآلات والمعدات وتنظيم العمل وتقييم المتغيرات الفيزيائية وتقييم أداء الموارد البشرية. (بكار، 2016، ص45)، ويرى (Carol & Harrison, 1989) أن التقييم المستمر للأداء هو أحد خطوات التحليل الداخلي التي تقوم بوصف تحليلي إذ أن عملية التقييم هذه تستوجب وصفها بكل تفاصيلها، فضلاً عن مناقشة فيما إذا كانت تلك الأساليب ناجحة وموفقة ومن ثم تقييمها لتحديد ما إذا كانت تلاؤم طبيعة المنظمة والموارد المتاحة لها أم لا. (شيلان، 2013، ص52)

5- إدارة الصحة والسلامة المهنية: يرى محروس (2011) إن سلامة العمال أثناء قيامهم بأداء أعمالهم في أماكن العمل وتنوع الصناعات وظهور الكثير من مشاكل العمل وكثرة الحوادث الناتجة بسبب بيئة العمل الغير الآمنة، حيث أصبح لا بد من وجود تشريعات وأنظمة تضمن سلامة العاملين وتضمن استمرارية العمل وبدون وجود أي ضرر أو أي إصابات عمل (المحافظة، 2016، ص18)، كما تتم ممارسة إجراءات الإدارة الصحة والسلامة المهنية في بيئة العمل في كل منظمة لتقليل أو القضاء على مخاطر الإصابات من خلال التعرف المبكر على مسبباتها وعلاجها بشكل صحيح، فيراقب فريق العمل التطورات من حيث التزام بإجراءات الصحة والسلامة المهنية ويبلغ هذه المعلومات لكل قسم، إذ تشمل إجراءات الإدارة بتطبيق توصيات اللجنة وحث العمال على الالتزام بها. (Drury et al, 1999)

سابعا- أنواع الهندسة البشرية:

1- الهندسة البشرية المعرفية:

وفقاً لجمعية الدولية للهندسة البشرية، تهتم بيئة العمل المعرفية بالعمليات العقلية مثل الإدراك والانتباه والذاكرة والاستدلال والاستجابة الحركية، لأنها تؤثر على التفاعلات بين الفرد وعناصر النسق الأخرى، حيث إنه أسلوب والممارسات لجعل تفاعل الإنسان مع النسق متوافقاً وقدراته المعرفية، لاسيما في مجال العمل، كما تشمل موضوعات البحث ذات الصلة في الهندسة البشرية المعرفية عبء العمل العقلي واتخاذ القرار، الأداء، وضغوط العمل، والتدريب لأنها قد تتعلق بتصميم النظام البشري، ومن ثم فإن الهندسة البشرية المعرفية تدرس بشكل أساسي الإدراك في بيئة العمل من أجل ضمان صحة وسلامة الأفراد وأداء النسق بشكل فعال، حيث أن الغرض من الهندسة البشرية المعرفية هو توضيح طبيعة القدرات البشرية في معالجة المعلومات، وهذا يعني أن الهدف المحدد هو تحسين ظروف العمل والأداء البشري، فضلاً عن الصحة والسلامة المهنية، وتجنب الأخطاء البشرية والأعباء والإجهاد، كما يجب دراسة هذه الجوانب بشكل شامل في سياق العمل والأنظمة الأخرى، وفي السنوات الأخيرة كان هناك أيضاً اتجاه لاستغلال علم الأعصاب في مجال الهندسة البشرية المعرفية، كما توفر ممارسة الهندسة البشرية المعرفية الفوائد التالية لتحسين السلامة والإنتاجية وتقليل الحوادث والإصابات في أماكن العمل:

1/ تصميم واجهة البرنامج محوره المستخدم.

2/ تصميم علامة لإيصال الرسالة بحيث يفهم الناس ويتصرفون بالطريقة المقصودة.

3/ تصميم أدوات وآلات أكثر أماناً حتى يتمكن المشغلون من عدم ارتكاب أخطاء فادحة

4/ تصميم أنظمة تقنية المعلومات الداعمة المهام المعرفية.

5/ إعادة تصميم العمل لإدارة عبء العمل المعرفي وزيادة القدرة البشرية في معالجة

المعلومات. (Kim, 2016)

يشير الإحساس والإدراك إلى إدراك المنبهات التي يتم جمعها من خلال الحواس مثل البصر والسمع والتذوق والشم و/ أو اللمس. على سبيل المثال، في أعمال البناء، يحتاج الفرد إلى سماع إشارات التحذير وفي الرعاية الطبية يحتاج الفرد إلى أن يكون قادراً على تمييز الرموز على الشاشة. كما ان الانتباه هو المرحلة التي تركز فيها المعالجة على جوانب معينة من المعلومات المصورة أو يمكن تقسيم المعالجة بين جانبيين أو عدة جوانب، على سبيل

المثال في غرفة التحكم يحتاج الفرد إلى ملاحظة ما إذا كان هناك تغيير في الموقف، وفي روضة الأطفال قد تحتاج الممرضة إلى تركيز انتباهها واهتمامها على العديد من الأطفال في وقت واحد.

تتضمن ذاكرة العمل تخزينًا للذاكرة قصيرة المدى حيث تتوفر المعلومات لمدة تصل إلى 30 ثانية. يشير أيضا إلى العمليات التي يتم من خلالها التمرن على المعلومات وتخزينها في العقل، على سبيل المثال يتعين على عامل في المختبر إلى تتبع ترتيب المواقع عند العمل مع عدة عينات، كما ان الذاكرة طويلة المدى هي المخزن دائم لأنواع مختلفة من المعلومات، تشير الذاكرة الاستدلالية إلى تخزين المعرفة حول العالم والرموز والمفاهيم، وتحتوي الذاكرة العرضية على معلومات حول الأحداث والحلقات، بينما يشار إلى الأحداث في الحياة الشخصية للفرد باسم ذكريات أو السيرة الذاتية، تشير المعرفة إجرائيا إلى "المعرفة الكيفية" والمهارات، على سبيل المثال يتطلب كل عمل معرفة محددة بالميدان ومهارات محددة، فكيفية استخدام آلة بطريقة آمنة، هذه العمليات المعرفية الأساسية هي أيضا ذات الصلة وثيقة بالوظائف المعرفية لمستوى أعلى مثل فهم اللغة والإنتاج وعمليات التفكير كحل المشكلات، اتخاذ القرارات والتفكير، فمثلا يتعين على العامل الذي يقوم بأعمال الصيانة إتباع الإرشادات التي يجب قراءتها بين الحين والآخر، بالإضافة إلى ذلك فإن الحاجة إلى حل المشكلات واتخاذ القرارات تختلف باختلاف المهام والمهن، ويشمل الإدراك التعلم الذي تشير إلى تغييرات دائمة أو طويلة الأمد في المعرفة و/ أو المهارات ذات الصلة بجميع المهن، وتشير الخبرة إلى بعض القدرات البشرية المتفوقة في مهمة معرفية معقدة ويمكن اعتبارها تعكس أقصى درجات التكيف مع بيئة معينة (Kalakoski, 2016).

لقد ساهمت الهندسة البشرية المعرفية على الانطلاق في تصميم الأنظمة والأدوات التي تعزز التفاعلات الفعالة بين الفرد والبيئة العمل المحيطة به من خلال مواصلة مساهماتها في تصميم أنظمة أكثر أمانًا وإنتاجية، يمكن تجنب عدد من الحوادث المهنية وتحقيق الصحة والسلامة للعمال، كما كانت هناك العديد من النماذج المستخدمة لمحاولة تفسير العملية المعرفية في الهندسة البشرية كنموذج (Rasmussen) ونموذج (Endsley) من بين أكثر النماذج المستخدمة لفهم وتفسير السلوكيات والأداء البشري في بيئة العمل.

أ- نموذج (Rasmussen): يشير هذا النموذج إلى ثلاثة أنماط من السلوك البشري: السلوك القائم على المهارة، السلوك القائم على القواعد والسلوك القائم على المعرفة، حيث تشير مصطلحات معالجة المعلومات القائمة على المهارة والقاعدة والمعرفة إلى درجة السيطرة الواعية التي يمارسها الفرد على أنشطته بحيث ان:

- السلوك القائم على المهارة: يحدث هذا النوع من السلوك عندما يصبح معتادين لما نقوم به، حيث يشير إلى تنفيذ سلسلة من الإجراءات التي تتم ممارستها والتي لا توجد فيها مراقبة واعية تقريباً.

- السلوك القائم على القواعد: يتضمن هذا الوضع استخدام القواعد أو الإجراءات المخزنة في الذاكرة والتي توجه أنشطة العمال، حيث مستوى التحكم الواعي متوسط بين مستوى السلوكيات القائمة على المعرفة والمهارة.

- السلوك القائم على المعرفة: يقوم الإنسان بمهمة بطريقة واعية، حيث يتطلب بذل جهد عقلي كبير لتقييم الموقف ومن المرجح أن تكون ردود الفعل الأفراد بطيئة. يعتمد التمييز بين السلوكيات المصنفة على أنها قائمة على المهارات والقواعد على مستوى الانتباه والتدريب لكل فرد، يعتبر أداء السلوكيات القائمة على المعرفة بمثابة هدف يتم التحكم فيه.

ب- نموذج (Endsley): يشير هذا النموذج إلى ثلاثة مستويات هرمية حيث ان المستوى القاعدي هو تمهيد للمستوى الأعلى منه، كما يتبع هذا النموذج سلسلة من معالجة المعلومات، من الإدراك والتفسير والتنبؤ، والمستويات الثلاثة للوعي الظرفي هي كما يلي:

- إدراك العناصر في بيئة العمل: هذه المرحلة هي الخطوة الأولى لتحقيق الوعي بالموقف المرتبط بإدراك الفرد للمعلومات في الزمن والمكان المعين.

- إدراك الوضع الحالي: الإدراك ضروري لفهم أهمية العناصر المدركة والحصول على صورة لعلاقاتهم.

- إسقاط الوضع المستقبلي: يرتبط هذا المستوى من الوعي الظرفي بالقدرة على تصور مستقبل العناصر في بيئة العمل تعتمد دقة الإسقاط بشكل كبير على دقة الإدراك والفهم.

يتضمن هذا النموذج المزيد من الآليات القائمة على معالجة المعلومات مثل الانتباه والأهداف والنماذج العقلية والذاكرة طويلة المدى والذاكرة قصيرة المدى (Bouargane &

(Cherkaoui, 2015

2- الهندسة البشرية التنظيمية:

تهتم الهندسة البشرية التنظيمية بتحسين الإجراءات الاجتماعية والتقنية في المنظمة، بما في ذلك الهيكل التنظيمي والسياسات والعمليات، وخاصة إدارة المخاطر كما تهتم بالموضوعات ذات الصلة كالتصميم وأنظمة العمل، وإدارة الموارد وأوقات العمل، والعمل الجماعي، وبيئة العمل، والعمل التعاوني، والمنظمات الافتراضية، والعمل عن بعد، والاتصالات، وإدارة الجودة، كما ساهمت الهندسة البشرية التنظيمية من تقليل التكاليف وتحسين الإنتاجية، والجودة ومشاركة الموظفين، وخلق الثقافة الأمنية، حيث يجب أخذ بعين الاعتبار خمس محاور أساسية عند بدأ البحث فيها وهي كالتالي :

أ- **التوجيه:** بحيث يجب الإجابة على الأسئلة التالية: ما هي نقطة البداية؟، من المناسب ولماذا؟، كيف سيكون هيكل المشروع؟ هل هناك شروط مقيدة؟

ب- التحليل:

- تحليل النسق: ما هو الهدف منه أي ما الذي يجب القيام به من حيث الكم والكيف؟

- تحليل المهام: ما هي المهام المطلوبة لتحقيق الأهداف؟

ج- التصميم

- تحديد متطلبات النسق.

- تخصيص المهام: ما هي أفضل تكنولوجيا (الآلات، تكنولوجيا المعلومات والاتصالات)

التي تساعد العامل على انجاز مهامه؟

- تصميم المهام والوظائف، بما في ذلك الجوانب التنظيمية كمستوى التعليمي والتدريب

والعمل الجماعي.

- الاختبار في بيئة افتراضية باستخدام المحاكاة والنمذجة.

- تصميم واجهات الآلات كلوحة التحكم لتساعد الأفراد على تفاعل بشكل جيد بين

الإنسان والآلة.

- تكييف التصميم بما يناسب البيئة وقدرة المنظمة.

د- الإدراك: مدى فهم العاملين للتعليمات والإجراءات، وان كان من الضروري تدريبهم.

هـ- التقييم: ما مدى جودة أداء النسق؟، كما ينبغي إدخال التعديلات الضرورية عند

الحاجة. (Dolo, 2016)

كما نجد في الهندسة البشرية التنظيمية ما يلي:

أ- **تنظيم العمل:** يساهم تنظيم العمل على تكيف الفرد مع مواقف العمل المختلفة، حيث له تأثير كبير على كيفية أداء العامل، فمن الضروري اختيار طرق التشغيل المناسبة ومعدات العمل ملائم، لأنها تؤثر بشدة على درجة التعب وسرعة ظهوره، كما يجب أن تكون الإجراءات تساعد العامل على أداء مهامه فكثيرا من الأحيان عدم فهمها يؤدي إلى خسائر مادية أو التسبب في جهد بدني شاق ومع استمرارها لفترة طويلة من الزمن تؤدي إلى الإرهاق وكذلك انخفاض التركيز والأداء، وتأثيرها مباشرة على صحة وسلامة الأفراد كما تسبب في خسائر مادية للمنظمة، كما يتطلب العمل الفعال والأمن دون التعرض لخطر الحوادث تدريباً جيداً. وتوفر المعلومات حول المخاطر وتعليمات التشغيل لا تقل أهمية عن تفسيرها من طرف العامل، وإذا كان الأشخاص أو الآلات أو الأساليب جديدة، فيجب أن يكون التدريب شاملاً. (Schmitter, 2014)

ب- **فضاءات العمل:** يشير مومن بكوش إلى أن إرغونوميا فضاءات العمل تبدأ بالاهتمام بمركز العمل بحيث تفرض أولاً أن تكون خصائص الأبعاد مكيفة مع المهمة التي يكلف بها العامل، إن هذا النوع من الإرغونوميا يهتم بتنظيم الورشة أي البعد بين الآلات المختلفة حتى يستطيع العامل أن ينجز عمله في هدوء ويستطيع الحركة والتنقل بكل حرية وحتى لا يحدث ازدحام الآلات واقتربها قلعا وتوترا عند العمل أو عرقلة الإنتاج. (بكار، 2016، ص 32)

3- الهندسة البشرية الفيزيائية:

يقصد بالأرغونوميا الفيزيائية كل التدخلات على مستوى المحيط الفيزيقي للعمل التي تميز الخصوصيات التقنية للنسق إنسان- بيئة -آلة، والتي تتضمن كل أجواء العمل كالإضاءة والضوضاء والحرارة والتهوية كما تشمل أيضا خصوصيات الفسيولوجية للجسم (القياسات الأنثروبومترية) لأبعاد الجسم كالطول والوزن للعامل في علاقاته مع مختلف الأنشطة، فهي بذلك تهتم بوضعيات العمل، وبالتحكم في وسائل العمل وكيفية استعمالها، كما تهتم بالحركات المتكررة، وبالاضطرابات العضلية، العظمية. (مومن بكوش، دس، 117)

3-1 الضوضاء:

على مر التاريخ، أصيبت البشرية بمجموعة متنوعة من الأوبئة الطبيعية، ففي القرن الحادي والعشرين، نشهد وباء من صنع الإنسان المتمثل في الضوضاء التي لا مفر منها، بغض النظر عن مكان وجودنا في منازلنا وساحاتنا، في شوارعنا، في سياراتنا، في المسارح

والمطاعم والحدائق والساحات وفي الأماكن العامة الأخرى. على الرغم من محاولات تنظيمه، فقد أصبحت الضوضاء تلوثاً حقيقياً مدمراً للحياة في جميع أنحاء العالم. بطريقة مماثلة للأدخنة المستعمل، فإن الضوضاء غير المباشرة هي ملوثات محمولة جواً غير مرغوب فيها ينتجها آخرون؛ يتم فرضها علينا دون موافقتنا، غالباً ضد إرادتنا، وفي أوقات وأماكن وأحجام لا نملك السيطرة عليها، هناك أدلة متزايدة على أن التلوث الضوضائي ليس مجرد مصدر إزعاج؛ مثل أشكال التلوث الأخرى بل له تأثيرات صحية والاجتماعية والاقتصادية، ففي سبتمبر (2006) أسست المكتبة الوطنية للطب قاعدة بيانات للكشف عن الآثار الصحية الضارة للضوضاء بمشاركة أكثر من 5000 مشارك، حيث أكدوا على زيادة مستوياتها وشدها وتنوع مصادرها، كما لها آثار عميقة على الصحة العامة، يُنظر إلى الضوضاء حتى في المستويات غير الضارة بالسمع كإشارة خطر، حتى أثناء النوم يتفاعل الجسم مع الضوضاء فيؤدي إلى التغيرات العصبية والهرمونية والأوعية الدموية التي لها عواقب بعيدة المدى على الرغم من حقيقة أنه قد كتب الكثير عن الآثار الصحية للضوضاء، ولكن يبدو أن هناك الكثير مما يجب الكشف عليه في هذا المجال، ففي عام 1990 خلصت لجنة تابعة للمعهد الوطني للصحة (NIH) إلى أن "هناك حاجة إلى حملات إعلامية عالية للتوضيح وتنمية الوعي العام بآثار الضوضاء على السمع ووسائل الحماية الذاتية"، وفي روما قديماً مُنعت المركبات من السير في الشوارع ليلاً لمنع الضوضاء التي تعطل النوم وتسبب إزعاجاً للمواطنين، وفي القرون الوسطى قامت بعض المدن بحظر العربات التي تجرها الخيول من الشوارع ليلاً أو غطت الشوارع الحجرية بالقش لتقليل الضوضاء ولضمان نوم هادئ للسكان، من المثير للاهتمام أن الضوضاء المنبعثة من أنواع الطرق المختلفة اليوم لا تزال من بين أهم مصادر الضوضاء، على الرغم من أن أنواع الضوضاء ليست تلك الموجودة في روما أو أوروبا في العصور الوسطى، فطرقنا الحديثة ذات مستويات متزايدة من الضوضاء الغير المرغوب فيها بأنواعها المختلفة، هذه الضوضاء تؤثر علينا دون أن ندركها، على عكس أعيننا التي يمكننا إغلاقها لاستبعاد المدخلات المرئية الغير مرغوب فيها، لا يمكننا إغلاق آذاننا طواعية لاستبعاد المدخلات السمعية الغير مرغوب فيها، وتكون آليات السمع لدينا قيد التشغيل دائماً حتى عندما نكون نائمين. تتضاءل أهمية مشاكل الضوضاء في الماضي عند مقارنتها بتلك التي يعاني منها سكان المدن الحديثة؛ يستمر التلوث الضوضائي في النمو من حيث المدى والتكرار والشدة نتيجة

للمو السكاني والتوسع الحضري والتطورات التكنولوجية، على سبيل المثال داخل الأسواق المشتركة للاتحاد الأوروبي يتعرض 65% من السكان لمستويات غير صحية من ضوضاء النقل، وفي عام 1991 تشير التقديرات إلى أن الضوضاء زادت بنسبة 10 % في عقد الثمانينيات، وفي الولايات المتحدة سنة 2000 وجد أن 30% من الأمريكيين اشتكوا من الضوضاء، من بين أولئك الذين اشتكوا كانت الضوضاء مزعجة بدرجة كافية لجعل ما يقرب من 40 % يريدون تغيير مكان إقامتهم، وفي عام 1971، خلص فريق عمل تابع لمنظمة الصحة العالمية (WHO) إلى أن الضوضاء تمثل تهديدًا رئيسيًا لحياة الإنسان، فالراحة والهدوء للفرد هو أحد الضمانات الست في دستور الولايات المتحدة ففي عام 1972 أقر الكونجرس قانون التحكم في الضوضاء معلنا، "...إن سياسة الولايات المتحدة هي تعزيز بيئة خالية من الضوضاء لجميع الأمريكيين والتي تهدد صحة المواطنين " وفي عام 1974، قدرت وكالة حماية البيئة (EPA) أن ما يقرب من 100 مليون أمريكي يعيشون في مناطق يتجاوز فيها متوسط مستويات الضوضاء اليومية تلك المحددة على أنها آمنة. (Goines & Hagler, 2007)

3-1-1 تعريف الضوضاء :

لاستيعابنا أكثر لمفهوم الضوضاء بشكل صحيح يجب أن نعرف الصوت، حيث تصدر الأصوات من الأجسام المهتزة بسبب حركتها أو الطرق عليها أو احتكاكها أو مقاومتها مع أجسام أخرى، حيث يتحول جانب من طاقتها إلى صوت فكلما كانت الطاقة المتحولة إلى صوت كبيرة كلما كانت شدة الصوت عالية، وعندما يهتز جسم فانه يضغط على الهواء أمامه في اتجاه ما، ثم يتخلل الهواء عند حركة الجسم في الاتجاه المضاد وبتكرار ذلك تنتج سلسلة من التضغوط والتخلخل للهواء فنتنتشر فيه بعيداً عن الجسم المهتز وعندما تصل إلى أذن الإنسان تسبب الإحساس بالسمع، وهكذا فان الصوت عبارة عن موجات ميكانيكية طولية بما يعنى أن هناك حركة اهتزازية لجزيئات الوسط الناقل للصوت تكون في نفس اتجاه انتشار الموجه الصوتية، ولا ينتشر الصوت في الفراغ التام وإنما يلزم لانتشاره وسط مادي فينتقل الصوت في المواد الصلبة والسائلة والغازية بسرعات مختلفة تتوقف على نوع الوسط الناقل للصوت، وتبلغ سرعة الصوت في الهواء الجوي قرب سطح الأرض عند درجة حرارة الصفر بالمائة 231 م/ث، وتقل شدة الصوت كلما بعدنا عن مصدره، فهناك مواد مثل الهواء والماء والحديد ينتشر فيها الصوت لمسافات بعيدة عن مصدر الصوت، وهناك مواد

أخرى تمتص موجات الصوت بكفاءة عالية فلا ينتقل فيها الصوت إلا لمسافات قصيرة جدا مثل اللباد، الصوف، الوبر والقطن والتي يطلق عليها عوازل الصوت، وتستخدم هذه المواد في عزل مكان معين صوتيا عن الوسط المحيط بهذا المكان، ويحدث أيضا انعكاس لموجات الصوت على الأسطح العاكسة له فيسبب صدى الصوت، كما تعاني الموجات الصوتية من الانكسار فتغير من اتجاهها عندما يتغير الوسط الناقل لها، كما أن موجات الصوت الصادرة من أكثر من مصدر يمكنها أن تتداخل فيظهر الصوت في بعض الأماكن بشدة اكبر من مجموع شدة الأصوات الصادرة من كل المصادر، فيما يعرف بالتداخل البناء لموجات الصوت، وتظهر في أماكن أخرى سكون أو صوت ضعيف جداً شدته أقل من شدة الصوت الصادر من أضعف هذه المصادر فيما يعرف بالتداخل الهدام(ممدوح، 2012، ص120)، ويتم قياس تردد الصوت بعدد الذبذبات في الثانية أو هيرتز (هرتز)، ويختلف نطاق الترددات التي يمكن أن يسمعها البشر من حوالي 20 إلى 20000 هرتز، حيث يختلف التردد الذي يسمعه الفرد عن الحيوان، كما يجب مراعاة تردد الصوت وشدته معاً لأنه لأي تردد مع زيادة شدة الصوت في مرحلة ما معاً يتم الوصول إلى عتبة الألم، تختلف عتبة الألم للصوت بين الأفراد، فيمكن أن يميز السمع البشري أيضا بين الأصوات التي تختلف في الجودة، وتلك مجموعات من الترددات والشدة التي تنتج أصوات خشنة، عندما يتم الجمع بين الترددات والشدة بنسب مناسبة، ينتج عن ذلك أصوات موسيقية أو نغمة ممتعة، وبالتالي يمكن أن تكون الأصوات التي يتم سماعها معقدة للغاية، ولكن تأثيرها على البشر ثابت بشكل جيد (Field & Long, 2018)، ويستقبل الإنسان الصوت بواسطة الأذن حيث يتحرك غشاء طبلة الأذن بسبب موجات الصوت التي تصل إليها وفي توافق معها، وتنتقل الحركة إلى الأذن الوسطى فالأذن الداخلية فالمدخ الذي يترجمها إلى اشارات معينة، ليفهم منها الإنسان المقصود بهذا الصوت ويميزه، وعندما تكون الموجات دورية ومنتظمة تقريبا (عدد صغير من مركبات الصوت ودورية تقريبية) فان ذلك يؤدي إلى الإحساس بالسرور والارتياح كما في حالة الموسيقى، أما الغير منتظمة التي تتكون من عدد كبير من المركبات الدورية فإنها تسمع ضوضاء (ممدوح، 2012، ص120)

تعرف الضوضاء بأنها: الصوت غير المرغوب فيه الذي تسمعه الأذن البشرية والصادر عن النشاطات اليومية التي يقوم بها الإنسان، بحيث يؤثر على البيئة ويسبب أخطارا على الصحة العامة. (الحسن، 2011، ص145)، كما تعرف أيضا: هو صوت لا يحمل

معلومات أو مضامين مفيدة لمتلقيه وتكون شدته في العادة متباينة مع الزمن، ترتفع وتنخفض بدون انتظام.

فالضوضاء أيضا كما يعرفه البعض صوت غير مرغوب فيه بواسطة المتلقي، ولا يوجد جهاز يفرق بين الصوت المرغوب وغير المرغوب فيه، بل تفاعل الشخص معه هو الذي يحدد إن كان مصدر الصوت المعني بالنسبة إليه ضوضاء أم صوت مرغوب فيه (علي محمد، 2018، ص 08).

فعندما يصبح الصوت مزعجا ويكون الشخص المعني غير متناسق مع وجود حالة من التنافر، أي يكون غير منسجم مع أهدافه في ذلك الوقت بالذات تعتبر الضوضاء كما تعبر عن تدخل الموجات الصوتية بطريقة غير منتظمة فتتغير باستمرار من حيث طولها وترددتها. (لونيس وصحراوي، 2010، ص 455)

كما تعرف أيضا: بأنها أصوات مزعجة غير مألوفة لدى الإنسان، وتعتبر مؤذية بالحد الذي يتعرض له الشخص منها، حيث تسبب العديد من الأمراض الفسيولوجية والنفسية للإنسان. (أحمد مسعود، 2017، ص 86)

ويرى البربري أنها تعبر عن الخليط المتنافر من الأصوات التي تنتشر في بيئة العمل أو في الشارع العام، حيث يؤثر على نشاط العمال فتتقص من إنتاجهم فضلا عما تحدثه لهم على المدى الطويل بشكل تدريجي من أمراض مختلفة. (البربري، 2005، ص 2)

3-1-2 أنواع الضوضاء:

تختلف تصنيفات وأنواع الضوضاء فغالبا ما يصنف الباحثون الضوضاء حسب تناولت كل باحث وما ينطلقون منه، فهناك من يصنفها حسب المصدر ومن يقسمها حسب نوع الصوت الناتج عنها أو شدتها أو مدة التعرض، أو حتى مكان وزمان حدوثه... الخ، ومن بين هذه التصنيفات وأكثر انتشارا نجد ما يلي:

أ- **الضوضاء المؤقتة:** أو ما يعرف بالضوضاء مؤقتة دون أضرار، حيث التعرض لفترة محدودة لمصدر ضوضاء مثال ذلك ضجيج الشارع والأماكن المزدحمة أو ورشت العمل، ويؤدي إلى ضعف في السمع مؤقت يعود لحالته الطبيعية بعد فترة بسيطة (العمرى، 2013، ص 14)، وتندرج مستويات الضوضاء المسموح بها في أماكن العمل المختلفة إلى ما يلي:

الجدول رقم (02): مستويات الضوضاء المسموح بها في أماكن العمل المختلفة

الرقم	نوع المكان والنشاط الموجود فيه	الحد الأقصى لمستوى الضجيج (ديسيبل)
1	مكان عمل مدة 8 ساعات بهدف الحد من خطورة الضوضاء على حاسة السمع	90
2	مكان عمل يتطلب استماعاً جيداً للإشارات الصوتية	80
3	غرف عمل للمتابعة، والقياسات، وضبط العمليات ذات الأداء العالي	65
4	غرف عمل للحاسب الآلي، والآلات الكاتبة والمعدات المماثلة	70
5	غرف عمل للنشاطات التي تتطلب تركيزاً فكرياً روتينياً	60

كما يتعرض الإنسان في الساحات والحدائق للضوضاء جراء الآلات والمعدات المستعمل في مثل هذه البيئة، بحيث تكون من النوع المؤقت، والجدول التالي يوضح المستويات المختلفة لبعض المعدات:

الجدول رقم (03): مستوى الضوضاء لمختلف الأدوات والمعدات

نوع الآلة	مستوى الضوضاء (ديسيبل)
آلة قطع الأعشاب الكهربائية	78
آلة قطع الأعشاب الغير الآلية	80
آلة قطع الأعشاب الآلية	85
منشار كهربائي لتنظيف الأشجار	84
منشار كهربائي لقطع الأشجار	92
آلة صناعة السماد العضوي	99
مثقاب كهربائي	100
منشار آلي	102

مصدر: (Bistrup, 2001, p26)

- أقصى مدة تعرض للضوضاء

تحدد أقصى مدة تعرض للضوضاء مسموح بها بأماكن العمل، مثل: المصانع، والورشات، على مستوى شدة الضوضاء التي يتعرض لها الإنسان، وبناء على تلك يجب ألا تزيد شدة الضوضاء المكافئة عن (90) ديسيبل خلال مدة عمل في اليوم لمدة 08 ساعات، أما في حالة ارتفاع منسوب شدة الضوضاء المكافئة عن (90) ديسيبل فإنه يجب تقليل مدة التعرض كلما زادت شدة الضوضاء (إسعادي، 2015، ص43)، ووضع القانون الأمريكي

للصحة والسلامة المهنية جدولاً للقيمة المسموح التعرض لها من الضوضاء كما يشير
الجدول التالي:

الجدول رقم (04): يوضح مستوى الضوضاء التي يتعرض لها الفرد بالنسبة لزمّن المسموح

115	110	105	102	100	97	95	92	90	87	85	مستوى الضوضاء (ديسبيل)
15 د	30 د	1	50.1	2	3	4	6	8	12	16	الزمن المسموح به بالساعة

(العمرى، 2013، ص 15)

كما حددت منظمة الصحة العالمية المقاييس المسموح بها حسب المناطق والموضحة كما يلي:

الجدول رقم (05): مستوى حدود الضوضاء حسب المناطق المختلفة

الحد الأقصى ليلا 8 مساء إلى 7 صباحا (DB)	الحد الأقصى نهارا 7 صباحا إلى 8 مساء (DB)	المناطق
30	40 إلى 50	مناطق سكنية ريفية، مناطق استجمام، مدارس، مستشفيات
40	50 إلى 60	مناطق سكنية عادية
45	55 إلى 65	مناطق سكنية بها بعض الورش والأعمال التجارية أو على طريق عام
50	65 إلى 75	مناطق تجارية
65	75 إلى 85	مناطق صناعية
75	85 إلى 90	حفلات ومهرجانات

(عبيس وآخرون، 2017، ص 162)

وأحد المفاهيم المهمة التي ينطوي عليها مستوى ضوضاء هو مستوى التعرض القانونية لها الذي يمكن أن تتعرض له دون استخدام أدوات التحكم أو معدات الحماية الشخصية، ومن القواعد الجيدة لتحديد ما إذا كانت الضوضاء عالية جدًا أم لا قاعدة 3 أقدام، حيث إذا كنت تقف على بعد 3 أقدام من شخص ما ويجب عليك الصراخ لسمعك فعندها يكون مستوى الضوضاء قد تجاوز كل المستويات الدولية، والذي حددت منظمة السلامة والصحة المهنية ووزارة الطاقة الأمريكية كما يلي:

الجدول رقم (06): مستوى حدود الضوضاء حسب منظمة السلامة والصحة المهنية
ووزارة الطاقة الأمريكية

وزارة الطاقة الأمريكية DB	منظمة السلامة والصحة المهنية DB	مدة التعرض بالساعات
85	90	08
86.5	92	06
88	95	04
89.5	97	03
91	100	02
92.5	102	1.30
94	105	1
97	110	0.30
100	115	0.15

(Laborers AGC, 2000, p25)

- تحديد مدة التعرض للضوضاء

يجب أن نكون أكثر وعياً ببيئتنا السليمة، وتحديد حدود التعرض المقبولة، واتخاذ الخطوات الضرورية لتجنب التعرض المفرط والتأثيرات النفسية والفسولوجية الضارة المحتملة، تفرض منظمة إدارة السلامة والصحة المهنية من المنظمات حساب تعرض الموظف للضوضاء. وهذا ما يسمى بالجرعة الضوضائية (D) حيث تعرف بأنها: قيمة ما يتعرض له الفرد من ضوضاء، ويتم حسابها من القانون التالي :

$$D = C1/T1+C2/T2+C3/T3+.....NC/NT$$

حيث تمثل (D) الزمن الكمي للتعرض للضوضاء و(T)الزمن المصرح به عند نفس قيمة الضوضاء من الجدول السابق حيث تكون (D) أقل من الواحد الصحيح، فإذا زاد عن ذلك وجب اتخاذ إجراءات للحد منها كتقليل زمن التعرض. (Field & Long, 2018)

ب- ضوضاء المتقطعة: أو ما تعرف بالضوضاء مؤقتة ذو أضرار فسيولوجية حيث أن التعرض لفترات محدودة لمصدر أو مصادر الضوضاء، ومثال ذلك التعرض لمفرقات ويؤدي إلى فقدان السمع، وذلك بإصابة الأذن الوسطى وقد تحدث تلف داخلي. (العمري، 2013، ص 14) والجدل التالي يوضح عدد الطرقات المسموح بها.

الجدول الرقم (07): حد الأقصى المسموح به للضوضاء المتقطعة الصادرة من المطارق

الثقيلة

عدد الطرقات المسموح بها خلال فترة العمل اليومي	شدة الصوت (ديسبل)
300	135
1000	130
3000	125
10000	120
30000	115

تعتبر الضوضاء الصادرة من المطارق الثقيلة متقطعة إذا كانت الفترة بين كل طرقة والتي تليها ثانية أو أكثر، أما إذا كانت الفترة أقل من ذلك فتعتبر ضوضاء مستمرة (ممدوح، 2012، ص130)

ج - الضوضاء المزمنة: هذا النوع من الضوضاء ينشئ عن التعرض الدائم لمصادر الضوضاء، وعادتا ما يحدث ذلك للذين يتعرضون يوميا لضوضاء عالية ومستمرة، ومن أمثلة ذلك النوع الأصوات الصادرة عن الشاحنات والسيارات ووسائل النقل أثناء سيرها في الشوارع والطرقات والاستخدام السيئ لآلات التنبيه بواسطة بعض السائقين، كذلك الضجيج الناشئ من أعمال البناء وتشيد وآلات الحفر والجرارات وخلاطات الاسمنت وأصوات المطارق وغيرها، إذ يتعرض لهذا النوع من الضوضاء سكان المنازل وموظفي المكاتب والمتاجر التي تقع في وسط المدينة (الياسري، 2018، ص1234)، كما يعد استعمال المولدات الكهربائية نتيجة للانقطاع الدائم للتيار الكهربائي احد مسببات الضوضاء المزمين، حيث لجأ المواطنون لاستخدام بأنواعها الكبيرة والمتوسطة والصغيرة، وذلك لسد حاجتهم إلى الكهرباء وخاصة أثناء فترة الصيف الحار مما أدى ذلك إلى تفاقم مشكلة التعرض المستمر للضوضاء نتيجة لتشغيل هذه المولدات وخاصة أثناء فترات الراحة والنوم سواء كان ذلك نهاراً أم ليلاً (وزارة البيئة، دت، ص5) كذلك تعتبر الأصوات الصادرة عن محركات الطائرات النفاثة، أثناء صعودها وهبوطها في المطارات، من أشد أنواع الضوضاء التي تصل إلى سكان ضواحي المدن، وذلك لأن أغلب الموانئ الجوية والمطارات تقام على أطراف المدن، أو في أماكن قريبة منها، وقد تصل الضوضاء الصادرة عن هذه الطائرات إلى كل سكان المدينة أو إلى بعض سكان المناطق الريفية الهادئة إذا كان الممر الجوي المخصص للطيران المدني يمر في أجوائها، وتبلغ شدة الضجيج الصادر عن حركة المرور نفس شدة الضجيج الصادر عن آلات المصانع أن لم يكن أكثر منه شدة في بعض الأحيان، ولا يشعر

بقوة هذه الضوضاء الصادرة عن السيارات إلا من يقطنون وسط المدينة، وتطل مساكنهم على شوارعها الرئيسية، أو تقع على جوانب الطرق السريعة (اسلام، 1990، ص209)، كما أن الكثير من التجهيزات الحديثة المستخدمة في المنازل تصدر عنها أصوات تدخل في نطاق الضوضاء المرتفعة جداً مؤدية بذلك إلى الضوضاء المزمنة، ولذا يجب استخدام هذه الآلات في أوقات مناسبة حرصاً على راحة الآخرين، كما أن الفرق الموسيقية الحديثة تدخل في نطاق مصادر الإزعاج والجدول التالي يوضح ذلك:

جدول (08): مستوى ونوعية الضوضاء الصادرة عن الآلات المختلفة

نوع الضوضاء	عدد وحدات الديسيبل	أمثلة
مسموعة	صفر إلى 10	أصوات خافتة - ضربات القلب - حفيف أوراق الأشجار
هادئة جداً	من 10 إلى 30	الحركة بالمنزل - حفيف الأوراق
هادئة	من 30 إلى 50	عمل هادئ - أصوات المكتبات العامة - حركة المرور الخفيفة - الآلة الكاتبة - البيئة الريفية - مذياع هادئ
متوسطة	من 50 إلى 70	جهاز التكييف - المحادثة العادية - التلفزيون - آلة الكونس الكهريائية - نباح الكلب - المحال التجارية والمطاعم
مرتفعة	من 70 إلى 100	ضجيج الشوارع - صوت البيانو السيارة عند سرعة 100 كم/ساعة - الغسالة الكهريائية - الخلاط المنزلي - آلات الطباعة - آلة تقطيع الحشائش - دراجة بخارية
مرتفعة جداً (مزعجة)	من 100 إلى 130	القطار السريع - آلات المصانع - ماكينات البرشمة - الطائرات النفاثة - الفرق الموسيقية الحديثة - انطلاق مدفع قريب جداً - الرعد أصوات تسبب آلام الأذن - طرق عنيف على ألواح الصاج

(مدوح، 2012، ص123)

كل الأصوات التي تسمع يومياً تتدرج تحت مستويات رئيسية مقاسه بالديسيبل وهذه المستويات هي:

أ- المستوى (40 - 50) ديسيبل: ويؤدي إلى تأثيرات وردود فعل عكسية تتمثل بالقلق والتوتر فهي تؤثر في قشرة المخ مما يؤدي إلى عدم ارتياح نفسي واضطراب وعدم انسجام صحي.

ب- المستوى (60 - 80) ديسيبل: له تأثيرات سيئة على الجهاز العصبي ويؤدي إلى الإصابة بآلام شديدة في الرأس ونقص القدرة على العمل ورؤية أحلام مزعجة (كوابيس).

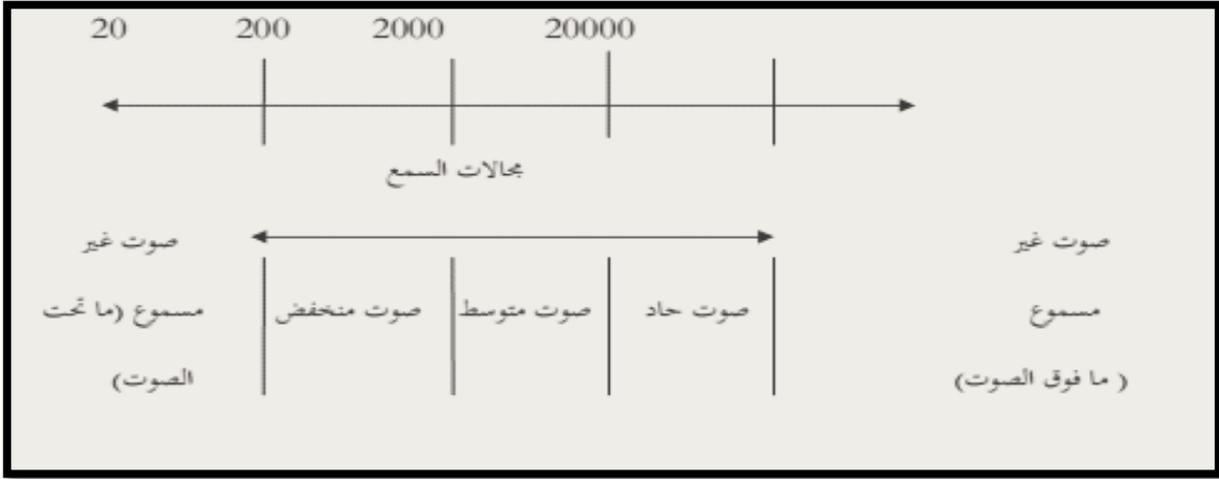
ج- **المستوى (90-100) ديسيبل**: يؤدي إلى انخفاض شدة السمع ويحدث اضطرابات في الجهاز العصبي والجهاز القلبي.

د- **المستوى أعلى من (120) ديسيبل**: يسبب ألماً للجهاز السمعي وانعكاسات خطيرة على الجهاز القلبي الوعائي كما يؤدي إلى عدم القدرة على تمييز الأصوات واتجاهها (البحراني، 2009، ص765)

3-1-3 قياس الضوضاء:

يتم قياس تأثير الضوضاء على الأشخاص من خلال شدتها المعبر عنها بالديسيبل، حيث الأصوات منخفضة تكون أقل إدراكاً من الأصوات عالية، فالأذن البشرية لا تسمع الترددات المنخفضة بنفس الطريقة التي تسمع بها الترددات العالية. لذلك تم إنشاء وحدة قياس الضوضاء التي تأخذ هذه الخاصية الفسيولوجية في الاعتبار (EHESP, 2011, p12)، وكما يعتبر أكثر المقاييس استخداماً لقياس الضوضاء هو "الديسيبل (Decibel)"، فهي عبارة مشتق من كلمتين الأولى (ديسي - Desi) بمعنى عشرة، والثانية (بل - Bel)، وهي كلمة أطلقت على شرف مخترع الهاتف "الكاسندر غراهام بل"، وبذلك يعرف الديسيبل على أنه "نسبة تعبر عن مقياس لوغاريتمي بالنسبة إلى مستوى ضغط مرجعي، ويبدأ مقياس الديسيبل من الصفر (إذ تكون الأصوات شديدة الخفوت) إلى 130 حيث تكون الأصوات مسببة للألم. (آرزروني وارتان، ونجم عبد الله، 2013، ص11)، حيث الصفة الفيزيائية الأساسية الصوت تتكون من نوعين:

الصفة الأولى هي التردد الصوت: حيث يتكون تردد الصوت على ترددات مصدر الصوت في الثانية ومعظم الأصوات في البيئة ليست على شكل نغمات مقبولة، فبعضها تتكون من عدة ترددات غير مفهومة تسمى بالضوضاء أو الضجيج الصوت غير المرغوب فيه، فالأذن البشرية تستطيع أدراك الأصوات التي تتراوح بين (20-2000 ذبذبة في الثانية)، وفي الطبيعة يوجد أقل وأعلى من هذين الترددتين ويعرفان بالفوق والتحت الصوتية (حاجم، وهادي رشيد، 2013، ص478)، ويسمح تردد الصوت بالتمييز بين الأصوات المرتفعة والمنخفضة والتي تقاس بالهرتز (Hz)، كما يحدد الصوت العالي النبرة، أكثر من 3000 هرتز ويتراوح مجال التردد المسموع بين 16 هرتز و20000 هرتز، وتتراوح ترددات المحادثة بين 300 هرتز و3500 هرتز (Brems et al, 2006: 03)



الشكل رقم (01): يوضح مجالات السمع لدى الإنسان (حمدادة، 2017، ص 29)

تتوافق النسبة بين أقصى ضغط صوت يمكن تحمله، والضغط المرجعي مع عتبة السمع. في حدود المليون، نظرًا لأن استخدام مثل هذا المقياس من الأرقام معقد، يتم استخدام مقياس أكثر علمية، هو ديسيبل حيث يتم حسابه انطلاقًا من ضغط الصوت بالمعادلة التالية

$$L_{DB} = 20 \text{ Log } (P/P_0)$$

حيث يعبر كل من:

(L_{DB}) : مستوى ضغط الصوت معبر عنه بالديسيبل.

(P) : ضغط الصوت الفعلي المقاس.

(P_0) : الضغط الصوتي المرجعي.

كما يمكن الحصول عليه انطلاقًا من شدة الصوت بالمعادلة التالية:

$$L_{DB} = 10 \text{ Log } (L/L_0)$$

حيث يعبر كل من:

(L_{DB}) : مستوى ضغط الصوت معبر عنه بالديسيبل.

(L) : شدة الصوت الفعلي المقاس.

(L_0) : شدة الصوتي المرجعي.

وهذه بعض الأمثلة عن طرق قراءة القيم بالديسيبل:

20 ديسيبل حديقة استجمام هادئة

30 ديسيبل صوت هادئ في غرفة النوم

40 ديسيبل مكتب هادئ للدراسة والقراءة

50 ديسيبل مطعم هادئ

70 ديسيبل صوت مرتفع حجرة دراسة صاخبة

80 ديسيبل صوت مرتفع جدا كالازدحام المروري
100 ديسيبل صوت يسبب الألم كآلة ثقب الصخور (ARS, 2013)

مبادئ حساب الديسيبل

عند حساب مستوى الضوضاء حسب معادلة الديسيبل فان مستويات صوت لها نفس الوزن لا يجمع، فعندما يتم الجمع بين مصدرين للضوضاء من نفس مستوى الصوت، يزداد مستوى الصوت بمقدار 3 ديسيبل ومثال التالي يوضح ذلك:

سيارة (أ) مستوى الضوضاء فيها 60 db + سيارة (ب) مستوى الضوضاء فيها 60 db = مستوى الضوضاء الكلية 63 db

وعندما يتم الجمع بين مصدرين للصوت مع اختلاف أكبر من أو يساوي 10 ديسيبل، فإن الضوضاء الناتجة تساوي أعلى مستوى صوت والمثال التالي يوضح ذلك:
سيارة مستوى الضوضاء فيها 60 db + شاحنة مستوى الضوضاء فيها 70 db = مستوى الضوضاء الكلية 70 db (ARS, 2013)، ولجمع قيم الديسيبل لمصدرين كلاهما بشدة مختلفة نستخدم قاعدة الجمع الموضح كما يلي:

جدول (09): قاعدة جمع قيم الديسيبل لمصدرين من مصادر الضوضاء.

الفرق بين قراءة القياسين للضوضاء	تضاف للقيمة إلى الأعلى قياس للضوضاء
صفر أو 01 ديسيبل	03 ديسيبل
02 أو 03 ديسيبل	02 ديسيبل
04 إلى 09 ديسيبل	01 ديسيبل
10 ديسيبل أو أكثر	تأخذ القيمة الأعلى ولا تضاف إليه شيئاً

فعندما يكون الفرق بين قراءة القياسين للضوضاء 10 ديسيبل أو أكثر لا يكون التصحيح ضرورياً لان مستوى الضوضاء الأقل لا تسمع مقارنة بالمستوى الأعلى. (Office des transports du Canada, 2011,p6)

الصفة الثانية هي الشدة الصوت: ويعبر عن كمية الطاقة الصوتية التي تسير عبر وحدة المسافة من الوسط لوحدة الزمن، كما تعبر عن عمق الموجه الصوتية وتأثيرها على حاسة السمع، فكلما ازداد الأول " عمق الموجه الصوتية" زادت موجات التضاضط والتخلل معاً ويعبر عنها بوحدة (واط/ م²) وان مضاعفتها سينتج عنها زيادة في مقياس الضوضاء بمقدار (3) ديسيبل، ومن اشد الأصوات تأثيراً :

أ- الأصوات المرتفعة بين (75 - 100) ديسيبل، إذ كلما ازداد ارتفاعها، أصبحت أكثر إزعاجاً.

ب- الأصوات المتقطعة غير المنتظمة، فكلما ازدادت عشوائية الضوضاء زاد إزعاجاً

ج - الأصوات العالية من حوالي (1500) هيرتز فأكثر

د - الأصوات الصادرة عن مصدر متحرك أو خفي، فمع ازدياد عدم التأكد من مصدر الصوت، ازداد ذلك إزعاجاً. (آرزوني وارتان، ونجم عبد الله، 2013، ص10)

وحدات الديسيبل (db) هو مقياس لوغاريتمي لشدة الصوت أي كل زيادة مقدارها (10) ديسيبل تمثل زيادة عشرة أضعاف في شدة الصوت مثلاً صوت شدته (30) ديسيبل بمعنى أقوى (10) مرات من صوت شدته (20) ديسيبل، وأعلى منه مرتين في ارتفاع الصوت، والصوت الذي شدته (40) ديسيبل يعد أقوى في شدته (100) مرة من صوت شدته (20) ديسيبل وأعلى منه ارتفاع الصوت أربع مرات، وهكذا ولغرض تمييز ارتفاع الأصوات، يجب معرفة شدة الصوت (الديسيبل) والتردد (الهيرتز)، فمثلاً الصوت الذي شدته (60) ديسيبل وتردده (1000 هيرتز)، يكون أعلى من صوت شدته (10) ديسيبل وتردده (100 هيرتز). والأذنين تحس بالصوت من (3) ديسيبل) ويصبح ملحوظاً ابتداءً من (5) ديسيبل)، ويبدأ بكونه مرتفعاً ابتداءً من (10) ديسيبل) فما فرق (حاجم، وهادي رشيد، 2013، ص479)، أما سرعة تنقل الموجة فهي عبارة عن المسافة التي انتقلت خلالها الموجة بالنسبة للزمن، والتردد هو عبارة عن عدد الاضطرابات الكلية (أو عدد الدورات) في وحدة الزمن، وتقاس بالهرتز، أما طول الموجة فهو عبارة عن المسافة بين نقطتين متتاليتين عبرها، والسعة هو عبارة عن أقصى مسافة للكمية المضطربة من القيمة المتوسطة.

وتتفاوت سرعة الصوت باختلاف المواد ودرجة مرونتها، ونوع الموجة والخواص الطبيعية للوسط الذي يتم فيه الانتقال ويمكن تقدير السرعة من المعادلة التالية:

$$C = l * F$$

حيث

C = سرعة الصوت في وسط معين (م/ث).

l = طول الموجة (م)

F = التردد (دورة في الثانية، هيرتز)

مثال:

أوجد طول الموجة لصوت ينتقل من ماكينة علمياً بأن التردد 60 دورة في الدقيقة، وينتقل الصوت بسرعة 3 كيلومتر في الثانية.

الحل:

المعطيات: $C = 3000$ م/ث، $F = 60$ دورة/ث.

-أوجد طول الموجة باستخدام المعادلة $I = C/F$

وعليه $I = 3000 = 3000$ م/ث ÷ 60 دورة/ث = 50 متراً (عبد الماجد احمد، 2002، ص 470)، وأهم العوامل التي يجب أن تضع في الحسبان عند القيام بقياس الضوضاء تشمل الفترة التعرض وتوزيع جرعات التعرض خلال يوم العمل (هل التعرض منتظم؟)، ومستوى التعرض المرجح بالزمن " أي متوسط مستوى التعرض خلال فترة زمنية معلومة "، وأنوع أو الترددات التي يتعرض لها العمال، وعموماً التعرض لضوضاء بشدة تتجاوز 115 ديسبل تعد خطرة على العامل حيث تعد الضوضاء التي لا يتجاوز شدتها 70 ديسبل أمراً غير مثير للقلق، ولا يتسبب في حدوث أي فقد دائم للسمع، كما من المفيد بجانب قياس شدة الضوضاء في المواقع المختلفة ببيئات العمل دراسة الترددات السائدة، فقد يكون هنالك مصدران للضوضاء مختلفان في التردد ومتفقان في الشدة، أي أنه على سبيل المثال إذا كان هنالك مصدر ضوضاء في مصنع معين شدته 70 dB، يمكن أن يكون بتردد معين وفي موقع آخر نفس شدة الضوضاء "أي 70 DB" يكون بتردد أو ترددات مختلفة، وتأتي أهمية قياس الترددات بجانب قياس شدة الضوضاء، في أن أثر الضوضاء يختلف أيضاً باختلاف الترددات المصاحبة، وهنالك اعتقاد عام بأن مصادر الضوضاء التي تصدر بترددات لا تتجاوز 500 Hz لا تشكل خطورة عالية مع احتمالية حدوث فقدان السمع، في حين يزداد خطر حدوث فقدان السمع إذا تجاوزت الترددات قيمة 500 Hz. (على محمد، 2018، ص 9)، كما يجب تسجيل المعلومات التالية للاستخدام عند القيام بعملية القياس:

1- التاريخ والوقت وعنوان الموقع الذي تجرى به عمليات القياس واسم المشغل المعني

بإجرائها

2- أنواع الأجهزة المستخدمة، بما في ذلك الأرقام المسلسلة لجميع عناصر نظام القياس

وجهاز المعايرة المستخدم بالإضافة إلى الإجراءات المتبعة للقياس والحساب

3 -إعدادات جهاز قياس مستوى الصوت، بما في ذلك النطاق الحركي، الاستجابة السريعة أو البطيئة...الخ

4- وصف موقع القياس شاملاً التفاصيل الخاصة بطبيعة الأرض الواقعة ما بين المصدر وموقع القياس، سواء كانت الأرض صلبة أو لينة من الناحية الصوتية، إن أمكن وطبيعة وشكل أي حواجز واقعة ما بين المصدر وجهاز الاستقبال، ونوعية الضوضاء المحيطة، بما في ذلك تعريف أي مصادر هامة للضوضاء غير مصدر الضوضاء المحدد الخاضع للتحقق

5- وصف الجانب الزمني لعمليات القياس، مثل الفترات الزمنية الفاصلة للقياس والمقارنة، حيث يشمل ذلك التفاصيل الخاصة بعمليات أخذ العينات إن كانت مستخدمة

6 - أوضاع القياس بما في ذلك ارتفاع الميكروفون فوق سطح الأرض والمسافة من الأسطح العاكسة إذا كانت أقل من 3.5م

7 - وصف نموذج انتشار الصوت المستخدم إذا كان ذلك ملائماً

8 - يجب وصف الظروف التالية التي تشهدها عمليات القياس وصفا نوعيا وكميا إن أمكن:

- الأمطار

- سرعة واتجاه الرياح

- مدى توافر الظروف التي من شأنها أن تؤدي إلى تقلب درجات الحرارة

- الرطوبة النسبية

- متغيرات وخصائص مصادر انبعاث الضوضاء (الرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة، دت، ص5)

3-1-4 أجهزة قياس الضوضاء:

هنالك العديد من الأجهزة تستخدم في قياس الضوضاء ويعتمد عدد وأنواع الأجهزة المختارة للقياس، على عوامل عدة منها مصادر الضوضاء، فترة العمل، نوع الضوضاء (مفاجئة، متقطعة، مستمرة)، خصائص العامل (العمر، النوع..الخ) (علي محمد، 2018، ص12)، وأكثر الأدوات شيوعاً لقياس الضوضاء هي مقياس مستوى الصوت ومقياس الصوت ومقياس مستوى الصوت المدمج، من المهم فهم معايرة وتشغيل وقراءة الأدوات التي

تستخدمها تحقيقاً لهذه الغاية، يوفر دليل المستخدم الخاص بالشركة المصنعة معظم المعلومات المطلوبة (CCHST, 2020).

أ- مقياس (Sonomètre): هي من أكثر الأجهزة التي تستخدم لقياس شدة الضوضاء Sound pressure وتعطي هذه الأجهزة قراءات مباشرة لمستوى شدة الضوضاء بالديسبل، وغالبية هذه الأجهزة لها مدى قراءة معين (قياس يتراوح بين db 40 - db 140) لكن لبعضها أجزاء ملحقة يتم توصيلها بالجهاز عند الحاجة، لقياس شدة الضوضاء المنخفضة جداً أو المرتفعة جداً، والأجهزة الحديثة من هذا النوع تعطي قراءات متزامنة لمختلف خصائص الصوت المتمثلة في:

- أعلى مستويات الصوت (مستويات الذروة)

- القيم العادية المرجحة للدرجتين أ وب

- القيم الخطية لقراءات مستويات الضوضاء يقصد بها قيم مستويات الضوضاء المتحصل عليها من أجهزة القياس التي لا تحتوي على أنواع التدرج الثلاثة.

تتباين هذه الأجهزة تبايناً شديداً في دقتها ومطابقتها للمواصفات، مثلها مثل أجهزة قياس أخرى، تحتاج هذه الأجهزة إلى عملية معايرة قبل وبعد القياس للتأكد من دقتها. (علي محمد، 2018، ص 13).

ويتكون مقياس مستوى الضوضاء من ميكروفون ودوائر إلكترونية وشاشة عرض، بعد أن يتم التقاط الأصوات بواسطة الميكروفون، يتم تحويل الاختلافات الصغيرة في ضغط الهواء الناتج عن الصوت إلى إشارات كهربائية، ليتم معالجتها بعد ذلك في الدوائر الإلكترونية للأداة وعرض مستوى الضوضاء بالديسبل، يقيس هذا الجهاز مستوى ضغط الصوت في وقت معين في مكان معين، فيحمل الشخص الذي يجري القياسات جهاز (sonomètre) على مسافة ذراع، على مستوى أذن الأفراد المعرضين للضوضاء في معظم الحالات، يكون اتجاه الميكروفون لمصدر الضوضاء، وتوفر معظم الأجهزة قياس مستوى الضوضاء وضعين للقراءة SLOW و FAST، اعتماداً على المدة التي يسجل فيها الجهاز مستويات الضوضاء، كما يعتبر مقياس مستوى الضوضاء من الأجهزة الدقيقة جداً في قياسه للضوضاء. (CCHST, 2020).

ب- مقياس (Dosimeter): عبارة عن جهاز صمم لتحديد الآثار الناتجة عن الضوضاء في مراكز ثابتة ولفترات قياس طويلة، كما يسمح بتقدير ديناميكي للمستوى الحقيقي للضوضاء الذي يتعرض له العامل في مركز عمله، حيث يوجه الجهاز نحوى العامل، ويرفع ميكروفون المقياس قليل باتجاه الأذن الكثيرة تعرض للضوضاء، حيث يلزم القياس العامل في كل حركاته وفي كل خطواته، وفي نهاية اليوم يشير المقياس إلى كمية الضوضاء التي تعرض لها العامل أثناء أدائه لعمله (بلاش، 1999، ص38)

بالإضافة إلى هذه الأجهزة ذكر (بوظريفة، 2002) أجهزة أخرى لقياس الضوضاء تتمثل في:

- المصوات المجمع: جهاز صغير يحمل في جيب العامل، يقوم بتسجيل مختلف مستويات الضوضاء التي يتعرض لها العامل.

- الشبكة الموزونة: تعتبر مصفاة لاختبار التوترات، وظيفتها تتمثل في قياس عام للمجال الكلي للتوترات المسموعة، يتكون من عدة شبكات (A.B.C.D).

- آلة التسجيل: هي آلة تسمح بالنقاط الضوضاء خاصة من النوع المستمر والتي تكون متقلبة، فهي تمكن الباحث من نقلها كتابيا لفحصها وتحليلها بواسطة جهاز آخر يسمى "جهاز تحليل الأمواج الصوتية".

- ميكروفون أو مكبر الصوت: يسمح بمعرفة درجة التعرض في حالتين:

أ- في حالة غياب العامل: نقوم بوضع الميكروفون في مستوى ارتفاع الرأس في الوضعية التي يتبعها العامل عادة

ب- في حالة حضور العامل: نضع الميكروفون بجانب رأس العامل أو فوقه أو على بعد متر واحد (بوظريفة، 2002، ص 45)، كما يبين الجدول التالي مؤشرات اختيار أداة القياس.

جدول (10): يوضح مؤشرات اختيار أداة قياس الضوضاء.

نوع القياس	الأدوات المناسبة بالترتيب	الملاحظات
تعرض الأفراد للضوضاء	Dosimètre	يرتديه العامل إذا كان مستوى الضوضاء متكافئة
	Sonomètre intégrateur	إذا كان العامل في حالة تنقل فقد يكون من الصعب قياس مدى تعرضه لاعتماده مستوى الضوضاء متكافئة
	Sonomètre	إذا اختلفت مستويات الضوضاء كثيرًا، فمن الصعب تحديد متوسط التعرض، هذه الأداة مفيدة فقط عندما يتم تقسيم العمل إلى مهام منفصلة ومستويات الصوت مستقرة في جميع الأوقات
مستويات الضوضاء من مصدر واحد	Sonomètre	أخذ القياسات على مسافة من 1 إلى 3 أمتار من المصدر (وليس مباشرة من المصدر)
	Sonomètre intégrateur	مفيد بشكل خاص للضوضاء المتغيرة يحصل على مستوى صوت مكافئ خلال فترة زمنية قصيرة جدًا (دقيقة واحدة)
قراءة مستوى الضوضاء	Sonomètre	إعداد خريطة الضوضاء
	Sonomètre intégrateur	مستويات الضوضاء المتغيرة بدرجة كبيرة
أصوات اندفاعية	Sonomètre à impulsion	قياس مستوى كل نبضة

(CCHST, 2020)

3-1-5 آثار الضوضاء:

الضوضاء هي أحد العوامل البيئية الفيزيائية التي تؤثر على صحتنا في عالم اليوم، يتم تعريفها عمومًا على أنها الأصوات غير السارة التي تزعج الإنسان جسديًا وفسولوجيًا وتسبب تلوثًا بيئيًا عن طريق تدمير الخصائص البيئية، فالتأثير العام للضوضاء على صحة العمال موضوع نقاش بين العلماء لعدد من السنوات، حيث تم وضع لوائح تحد من تعرض العمال للضوضاء في مختلف أماكن العمل، ففي الولايات المتحدة، تنص لائحة التعرض للضوضاء المهنية على أنه يجب على أصحاب العمل الحد من تعرض موظفيهم للضوضاء إلى 90 ديسيبل لمدة 8 ساعات، هذه الجرعة القصوى المسموح بها للتعرض للضوضاء مماثلة لمعيار

الكثير من الدول، والتي تقل عن 75 ديسيل لمدة 7.5 ساعة، فالآثار السلبية للضوضاء على البشر هي بشكل عام ذات طبيعة فسيولوجية ونفسية (Atmaca et al, 2005).

أ- تأثير الضوضاء على السمع

يؤدي التعرض لضوضاء ذات شدة كافية لفترات طويلة إلى تغييرات ضارة في الأذن الداخلية ويسبب بشكل خطير تلف الأذن وفقدان السمع، بعض هذه التغييرات مؤقتة وتستمر لدقائق أو ساعات أو أيام بعد انتهاء الضوضاء والتعافي من الآثار المؤقتة، وقد تكون هناك آثار دائمة لتلف الأذن وفقدان السمع تستمر طوال الحياة، فالتغييرات مؤقتة مزمنة على الرغم من أنها قابلة للاستعادة عندما تتوقف سلسلة التعرض بشكل نهائي وفي بعض الأحيان تفقد هذه التغييرات المستمرة في السمع جودتها المؤقتة وتصبح دائمة، أما التغييرات في السمع التي تعقب التعرض القوي للضوضاء المعقدة، فيمكن أن ينتج عنها تشوهات في وضوح وجودة العملية السمعية بالإضافة إلى فقدان القدرة على اكتشاف الصوت، ويمكن أن تتراوح هذه التغييرات من ضعف طفيف إلى الصمم التام تقريباً (James , 1974)

ويتكون الجهاز السمعي البشري من ثلاثة مكونات سمعية محيطية رئيسية (الأذن الخارجية والأذن الوسطى والأذن الداخلية) والعصب السمعي (العصب القحفي الثامن)، تجمع الأذن الخارجية الطاقة الصوتية وتنقلها إلى الأذن الوسطى عبر قناة الأذن وطبلة الأذن (أو الغشاء الطبلي)، تهتز طبلة الأذن من الطاقة الصوتية الواردة وتنقل هذه الاهتزازات إلى الأذن الداخلية، من خلال العظام الدقيقة في الأذن الوسطى والمعروفة باسم العظيومات، تمتلئ الأذن الوسطى بالهواء وتتصل بالحلق عبر أنبوب استاكيوس الذي يساعد في معادلة الضغط على جانبي طبلة الأذن، تتكون الأذن الداخلية من جزأين، الجهاز الدهليزي والقوقعة، الجهاز الدهليزي هو جهاز التوازن وليس السمع وهو مسؤول بشكل أساسي عن توازن حركة الرأس، تحتوي القوقعة ذات شكل حلزون على آلاف الخلايا الشعرية الرقيقة (الخلايا الحسية السمعية) في عضو كورتي، هناك نوعان من خلايا الشعرية تسمى خلايا الشعرية الداخلية والخارجية، عندما تدخل الموجات الصوتية إلى الأذن الداخلية من الأذن الوسطى، تساعد خلايا الشعرية الخارجية على تضخيم الاهتزازات الصوتية، وتقوم خلايا الشعرية الداخلية بتحويل هذه الاهتزازات إلى إشارات كهربائية وترسل الإشارات إلى الدماغ عبر العصب السمعي، ثم يترجم الدماغ الإشارات إلى صوت نعرف عليه ونفهمه، يمكن أن تتلف خلايا الشعرية في عضو الكورتي بسبب عوامل مختلفة من بين هذه العوامل الضوضاء، فيعد التعرض للضوضاء

الصاخبة السبب الأكثر شيوعًا للتلّف الذي لا يمكن إصلاحه لخلايا الشعرية، مما يؤدي إلى فقدان السمع الحسي العصبي، كما يؤدي أيضًا للإصابة مؤقتة في السمع و/ أو دائمة كما يمكن أن تتعافى الإصابة المؤقتة خلال 24 إلى 48 ساعة، ومع مرور الوقت يؤدي التعرض للضوضاء الشديدة (مستوى أعلى من 85 ديسيبل) إلى تلف وفقدان خلايا الشعرية الخارجية المسؤولة عن الأصوات عالية التردد (3-6 كيلو هرتز) في عضو كورتى الذي تم احتواؤه في هيكل حلزوني يسمى القوقعة. يتم اهتزاز خلايا الشعرية الحسية والتركيبات المحيطة بها عن طريق الإشارات الصوتية الواردة ومن ثم تحويل هذا الاهتزاز الميكانيكي إلى أحداث كهربائية على شكل حرائق للألياف العصبية القحفية الثامنة، بمرور الوقت تتسبب في ضعف انتقال كل من الأصوات المنخفضة والعالية التردد إلى الدماغ، ويزداد الضرر في الجهاز الحسي ويصبح في النهاية غير قابل للإصلاح، على وجه التحديد قد يتأثر تدفق الدم في القوقعة، وتتضرر خلايا الشعرية في أهداب عملاقة أو تختفي، وتتفكك خلايا الشعرية والهياكل الداعمة، وفي النهاية تختفي الألياف العصبية التي تغذي خلايا الشعرية، ومع تلف ألياف العصب القوقعي يؤدي إلى تلف الجهاز العصبي المركزي، كما أنه من نادرًا ما يتسبب التعرض للضوضاء الصاخبة في تلف الأذن الخارجية أو الوسطى حيث إن الأفراد الذين يعانون من ضعف السمع الحسي العصبي، لديهم عمومًا طلبة أذن طبيعية المظهر. (Hong et al, 2013).

يمكن للتعرض عالي المستوى وقصير المدة الذي يتجاوز 140 ديسيبل أن تسبب في تمدد أنسجة الأذن الداخلية الرقيقة إلى ما وراء حدودها المرنة ثم تمزقها، يحدث هذا النوع من الضرر الصدمة الصوتية بسرعة وينتج عنه فقدان السمع الفوري ودائم. ينفصل عضو كورتى عن الغشاء القاعدي ويتدهور ويستبدل بنسيج ندبي، نظرًا لأن الأذن تتضرر بفعل الأصوات الاندفاعية، فإن مستوى ضغط الصوت الأقصى يكون أكثر أهمية من مدة التعرض عادةً ما تأتي الضوضاء في البيئة القادرة على إحداث صدمة صوتية من الأحداث المتفجرة، مثل انفجار المفرقات النارية بالقرب من الرأس (170 ديسيبل)، أو طلقة مسدس (160-170 ديسيبل)، كما يؤدي التعرض للضوضاء بين 90 و140 ديسيبل بتلف القوقعة من الناحية الأيض (مجموع التفاعلات الكيميائية التي تحدث في الكائنات الحية، بما فيها نقل المواد إلى وبين الخلايا المختلفة)، ويتطور ضعف السمع الناجم عن الضوضاء على عكس الصدمات الصوتية ببطء على مر السنين، وينتج عن أي تعرض يتجاوز المتوسط اليومي 90 ديسيبل، إصابة في السمع حيث يمر ذلك بثلاث مراحل وهي:

في المرحلة الأولى: تصاب الخلايا الحسية بالتلف داخل القوقعة من خلال التعرض المفرط وهذه الخلايا لا تتجدد يتم استبدالها بأنسجة ندبة، في المرحلة الثانية بعد أسابيع إلى سنوات من التعرض المفرط يمكن الكشف عن ضعف السمع بقياسه ولا يتأثر فهم الكلام بشكل كبير لذلك نادراً ما يُلاحظ هذا الفقد ما لم يتم اختبار السمع، في المرحلة الثالثة عادة ما يكون المريض على دراية بالمشكلة كما يبحث عن العناية الطبية. ويكون قد تعرض لضرر كبير في السمع (Clark & Bohne, 1999) كما يوضح الجدول التالي مستويات السمع.

جدول (11): يوضح مقياس ضعف السمع.

التصنيف	درجة السمع ديسبيل
سمع طبيعي	من 0 إلى 25
سمع بسيط	من 26 إلى 40
سمع متوسط	من 41 إلى 55
ضعف سمع شديد	من 56 إلى 70
ضعف سمع شديد جدا	من 71 إلى 89
صمم	من 90 إلى 120

(حاجم، وهادي رشيد، 2013، ص482)

إلا أن فقدان السمع له تأثير عميق على نوعية حياة الأفراد، وذلك من خلال الإعاقة الاجتماعية الناتجة عن تداخل الاتصالات والنتائج السلبية المختلفة مثل الاكتئاب والخوف والإحراج والاحتكاك في العلاقات، حيث كانت تكلفة تعويض ضعف السمع بين العمال في زيادة مستمرة، ففي عام 2008 أحصى المعهد الوطني للصحة ما نسبة 12.2% من الإصابات بالأمراض المرتبطة بفقدان السمع بتكلفة تقدر بنحو 242.4 مليون دولار سنويًا. حيث يشكل عدم القدرة على السمع تهديدًا كبيرًا لسلامة العمال وصحتهم، وأفادت الدراسات أن ضعف السمع يشكل عامل خطر للإصابات المهنية الأخرى بين مختلف العاملين، فضعف السمع يؤثر على قدرتهم على التواصل وسماع الأصوات البيئية المهمة، وقد يعاني أيضا من عدم القدرة في تحديد موقع الصوت واتجاهه، التي تعتبر ذات أهمية لكثير من الأعمال كرجال الإطفاء الذين يعتمدون على السمع أثناء حالات الطوارئ والمهام الأساسية كالبحث والإنقاذ، ولا يؤثر فقدان السمع على الأفراد الذين فقدوا سمعهم فحسب، بل يؤثر أيضا على زملائهم في العمل وأسره (Hong et al, 2013). فيما يلي استعراض جدول مستويات الضوضاء في مهن مختلفة وتأثيرها على حاسة السمع لدى العمال.

جدول (12): يوضح مستويات الضوضاء لبعض نشاطات وتأثيراتها السمعية.

	التأثيرات	مستويات الضوضاء	الأنشطة
خطر أكيد على السمع	عتبة الألم	130	فحص المحركات
		120	مطرقة الهزارة
		110	ورشة التلحيم
		100	منشار دائري
		90	منقاب
	افتراض خطر على السمع	80	آلة الطحن
لا يوجد خطر على السمع	عمل صعب	70	مكتب مزود بطابعة
	/	60	مكتب صاحب
	عمل فكري شاق	50	مكتب كبير هادئ
	/	40	مكتب صغير هادئ
	/	0	عتبة السمع

(حمدادة، 2017، ص33)

ويسبب ضعف السمع طنين الأذن وهو رنين عالي النبرة أو طنين في الرأس ويكون منتشر بشكل كبير عند الأفراد الذين يتعرضون للضوضاء المرتفعة غالبًا ما يكون طنين الأذن هو أول مؤشر يمكن التعرف عليه لضرر السمع، يمكن أن يكون في إحدى الأذنين أو كليهما، على الرغم من أنه قد لا يكون هناك بالضرورة ضعف في السمع وفقًا لمسح فحص الصحة الوطني (1960)، فإن 32 بالمائة من السكان أو 48 مليون أمريكي قد عانوا من شكل من أشكال الطنين في وقت أو آخر. (EPA, 1981)

ب- الوقاية والحفاظ على السمع

كما تم الإشارة سابقًا، يعد فقدان السمع الحسي العصبي الناتج عن التعرض للضوضاء حالة يتعرض لها الكثير ولا يوجد علاج فعال ممكن حاليًا لأن خلايا الشعرية بمجرد تلفها لا تتجدد، يمكن الوقاية من فقدان السمع عن طريق الاكتشاف المبكر له من خلال اختبارات قياس السمع الدورية، أدركت منظمة السلامة والصحة المهنية (OSHA) أن برنامج اختبار قياس السمع السنوي ضروري للحفاظ على السمع، وبالنظر إلى تأثيره الخطير على جودة حياة العمال، حيث تفرض (OSHA) على أصحاب العمل توفير برنامج للحفاظ على السمع

لجميع الموظفين الذين يتعرضون للضوضاء بمعدل 8 ساعات أو أعلى بمقدار 85 ديسيبل، يجب أن يشمل برنامج الحفاظ على السمع خمسة عوامل:

- 1- المراقبة الدورية لمستويات التعرض للضوضاء.
- 2- جدول تصميم الأعمال.
- 3- عوامل الحماية الشخصية للسمع.
- 4- تقييم قياس السمع وأنشطة المتابعة.
- 5- تعليم وتدريب الموظفين.

وتعد أفضل طريقة لمنع فقدان السمع هي منع أو تقليل انبعاث الضوضاء من الآلات الصناعية أو المعدات الصاخبة من خلال الضوابط الهندسية، ومع ذلك فإن هذه الضوابط غالبًا ما تكون غير عملية أو مكلفة أو مستحيلة علميًا تحقيقها بالكامل وفقًا لمعيار الضوضاء المهنية الخاص بـ OSHA، إن لم تقلل الضوضاء عن 90 ديسيبل، يجب على كل عامل في مكان العمل استخدام أجهزة حماية السمع الشخصية (HPDs) باستمرار مثل سدادات الأذن أو غطاء الأذن من أجل حماية سمعهم، حيث أثبتت الأبحاث أن استخدام أجهزة الحماية الشخصية كان فعالاً في منع فقدان السمع، فيجب على العمال استخدامها باستمرار عندما تكون مستويات الضوضاء عالية، ومع ذلك تظهر الأبحاث أن العمال لا يرتادونها باستمرار، لذلك من المهم تطوير وتنفيذ برامج تدخل فعالة لتعزيز استخدام العمال لأجهزة الحماية (Hong et al, 2013)، يبين الجدول التالي نسبة تخفيض الضوضاء للوسائل الوقائية الفردية.

جدول (13): يوضح نسبة تخفيض الضوضاء للوسائل الوقائية الفردية.

الوسيلة الفردية	نسبة تخفيض الضوضاء (ديسيبل)
سدادة من القطن	8
سدادة من الليف أو القطن الصوفي	20
سدادة من المطاط	15 إلى 30
مزيج من المطاط والسليكون	14
واقية أذن فعالة	45
واقية أذن متوسطة الفعالة	35
واقية أذن خفيفة	35

(الخالد، دت، ص12)

ج- تأثير المسافة على مستوى الضوضاء

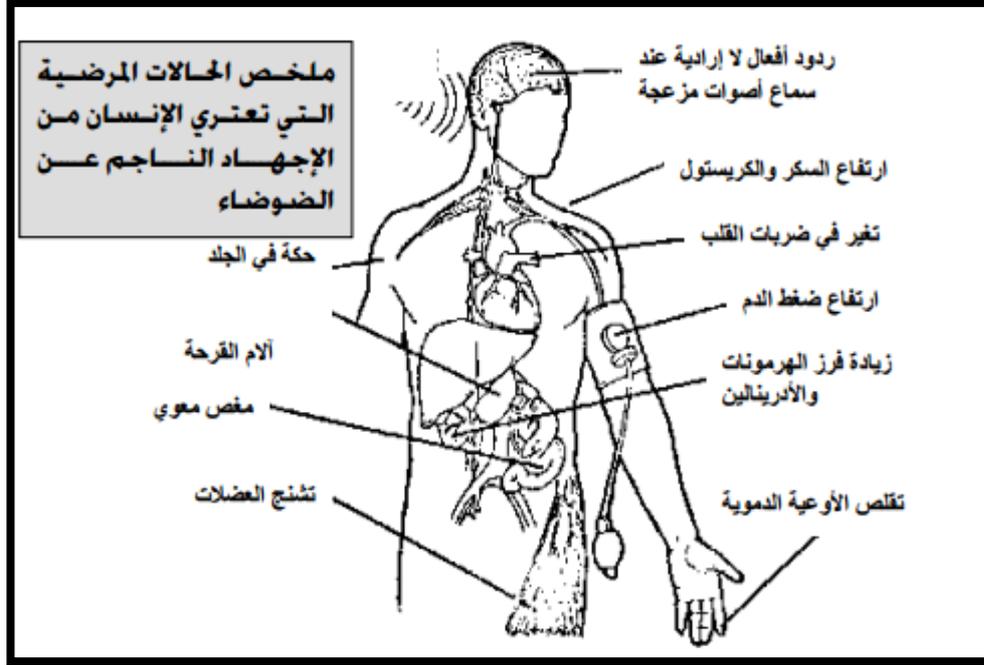
كلما تضاقت المسافة عن مصدر الضوضاء كلما نقصت شدتها بقيمة 06 ديسيبل عن الصوت الأول، مثال: مستوى الضجيج لمحرك على بعد 100 متر = 95 ديسيبل فتكون شدة الضجيج لهذا المحرك على بعد 200 متر = 95 - 06 = 89 ديسيبل، وعلى بعد 400 متر = 89 - 06 = 83 ديسيبل وهكذا. (الخالد، دت، ص12)

- التأثير الضوضاء على القلب وضغط الدم

إن عواقب التعرض للضوضاء على الوظائف البيولوجية للإنسان هي موضوع البحث من طرف العديد من الباحثين خاصة فيما يتعلق الغدد الصماء والقلب والأوعية الدموية وارتفاع ضغط الدم وانسداد العضلة القلبية، ومع ذلك فقد اثبت الباحثون في دراسات عديدة ان التعرض للضوضاء بأشكالها المختلفة، تزيد من خطر حدوث انسداد العضلة القلبية أو الذبحة القلبية خاصة عند الأشخاص الذين تزيد أعمارهم عن 65 عامًا، حيث لوحظ زيادة بنسبة 27 % مقابل 14 % في الأشخاص الأصغر سنًا، كما أولت المفوضية الأوروبية لمنظمة الصحة العالمية اهتمام كبير للبحث في مجال أمراض التعرض للضوضاء بالنسبة لأمراض القلب والضعف المعرفي للأطفال. (EHESP, 2011)، ويعد ارتفاع ضغط الدم وزيادة معدل ضربات القلب من الاضطرابات المتعلقة بمرض القلب والأوعية الدموية التي تعد احد أسبابها مرتبطة بزيادة التوتر، فقد أظهرت الدراسة (Belojevic, 2008) التي أجريت على 328 طفلاً تتراوح أعمارهم بين 3 و7 سنوات الذين يتمتعون ببيئة هادئة في رياض الأطفال وفي المنزل لديهم ضغط دم منخفض ومعدل ضربات قلب اقل من الأطفال الذين يعانون من بيئات صاخبة في رياض الأطفال وفي المنزل، كما أظهرت دراسة (Bodin, 2009) أن الضوضاء الناتجة من حركة المرور على الطرق يمكن أن تزيد من خطر ارتفاع ضغط الدم لدى البالغين الذين يعيشون في أماكن تزيد فيها مستوى الضوضاء عن 65 ديسيبل. (VINCENT, 2016)

وتسبب الأصوات العالية استجابة استيقاظ تحدث فيها سلسلة من ردود الفعل في الجسم. يتم إطلاق الأدرينالين في مجرى الدم. يميل معدل ضربات القلب وضغط الدم والتنفس إلى الزيادة؛ يحول دون حركية الجهاز الهضمي. تضيق الأوعية الدموية الطرفية. والعضلات متوترة. على المستوى الواعي، يتم تنبيهنا واستعدادنا لاتخاذ الإجراءات اللازمة. على الرغم من أن الضوضاء قد لا تكون لها علاقة بالخطر، فإن الجسم سيستجيب تلقائيًا للضوضاء

كإشارة تحذير ويوضح الشكل التالي المظاهر السريرية المحتملة للإجهاد المصاحب للضوضاء، ليس فقط قد تكون هناك عواقب ضارة بالصحة أثناء حالة اليقظة، ولكن تشير الأبحاث أيضا إلى أن التأثيرات قد تحدث عندما يكون الجسم غير مدرك أو نائم.



الشكل رقم (02): ملخص تخطيطي للحالات المرضية التي يمكن أن تصيب جسم الإنسان من الضوضاء. (EPA ,1981, P03)

- التأثيرات النفسية للضوضاء

يؤدي ارتفاع الصوت عن المعدل الطبيعي إلى نقص النشاط الحيوي والإثارة والقلق وعدم الارتياح الداخلي والارتباك وعدم الانسجام، فالتعرض للضوضاء مدة ثانية واحدة يقلل من التركيز لمدة 30 ثانية، وتبين التجارب أن طلبة المدارس الذين يتعرضون لضجيج شدته 50 إلى 60 ديسبل يظهر عليهم التعب من خلال شعورهم بطول وقت الدراسة، كما يستهلكون وقت أطول في حل التمارين الرياضية، في حين لا يظهر ذلك في الأجواء الهادئة من 30 إلى 37 ديسبل، كما للضجيج اثر على النمو الفكري للأطفال (العمرى، 2013، ص18)

وتتوقف درجة الخطورة النفسية على جملة من العوامل هي :

- طول فترة التعرض: حيث يتناسب التأثير وشدة الخطورة طرديا مع طول فترة التعرض.

- شدة الصوت ودرجته: حيث انه كلما اشدت الصوت كان تأثيره اكبر

- حدة الصوت: حيث أن الأصوات الحادة أكثر تأثيرا من الأصوات الغليظة

- موقع المتلقي (السامع) من مصدر الصوت: أي انه كلما اقترب السامع من مصدر الصوت تأثر به أكثر.

ولقد أثبت علميا أن ارتفاع شدة الصوت عن المعدل الطبيعي (ما بين 16 - 20 هرتز) يؤدي إلى نقص النشاط الحيوي للإنسان المعرض لهذه الأصوات المرتفعة، كما أنها تؤدي إلى الإثارة والقلق والتوتر والارتباك وعدم الارتياح الداخلي (القلق النفسي) وعدم الانسجام مع الغير، كما أنها تؤدي إلى ضعف التفكير وارتخاء وضعف في الاستجابة للمؤثرات الخارجية بدرجة ملحوظة نسبيا (عبدي، 2007، ص38)، كما توصلت دراسة بلاش وقايد (2014) إن الضوضاء المرتفعة في الورشات التابعة للمؤسسات الصناعية التي تفوق في مجملها 95 ديسيبل مستويات تفوق حدود التحمل السيكولوجي والفيولوجي للإنسان حسب المنظمة العالمية للمعايرة (1999 ؛ ISO) والمنظمة الدولية الفرنسية (1999 ، AFNOR) ومنظمة الولايات المتحدة الأمريكية إدارة السلامة والصحة المهنية (OSHA) حيث ان العمال يشعرون بالضيق والانزعاج والاستياء والرغبة في مغادرة العمل والخوف من مخاطر العمل في ظل هذه الظروف الصعبة وعدم الأمان، كما تسبب الضوضاء المرتفعة في انخفاض الروح المعنوية وعدم الرضا عن الظروف العمل، وانتشار الاضطرابات سيكولوجية تتمثل في القلق الزائد، النزفة والغضب لأنفه الأسباب، العدوانية، الحزن والكآبة، التعب النفسي والشعور بلا أهمية للحياة، التشاؤم والعزلة أو الوحدة النفسية التي تظهر من خلال صعوبة أو استحالة الاتصال بسبب الضوضاء أو العوامل الأخرى يفرضها طبيعة العمل أو النشاط، كما لوحظ انخفاض في القدرات المعرفية العقلية كنقص التركيز والانتباه والتشويش الذهني سببها عادة الضوضاء المرتفعة.

- التأثير الضوضاء على الأداء

تشير المراجع الأدبية الموجودة حول العلاقة بين الضوضاء والأداء إلى أن التأثيرات تعتمد على نوع الضوضاء ونوع الأداء، علاوة على ذلك يشير تحليل حديث إلى أن التنبؤ الدقيق لعلاقات الأداء بالضوضاء يتطلب أيضا التركيز على مميزات الصوت والسياق الاجتماعي للإعداد للشخص أو الأشخاص الذين يتعرضون للضوضاء حيث خضعت النظريات حول العلاقة بين الضوضاء والأداء لتغييرات جوهرية في السنوات الخمس والعشرين الماضية من أجل توفير بعض الدراسات حول هذا الموضوع، ويرى جادل برودبنت (1971) بأن التعرض للضوضاء المعتدلة والعالية الكثافة يؤدي بدورها إلى نقص وتشتت

انتباه الفرد مما يؤثر على الأداء بشكل سلبي كما ان الضوضاء ضار بشكل كبير على المهام المعقدة، ولكن اقل على المهام البسيطة، وتشتت انتباه يؤدي إلى ضعف التركيز مما يؤدي إلى ضعف كمية المعلومات التي تتم معالجتها في المهمة كما تؤثر الضوضاء المرتفعة عن المعايير العالمية المتفق عليها على ضعف القدرة على التنبؤ والتحكم أثناء تشغيل الآلات المختلفة كما تؤدي إلى عدم قدرة الأفراد على سماع الإشارات الصوتية الصادرة من الآلات، كما تم ملاحظة ان القدرة على القيام بحركات متقنة ومنسقة ومكررة تظهر ضعفًا ناتجًا عن الضوضاء، وتظهر نتائج الدراسات أن الضوضاء تزيد من مقدار الجهد المبذول على أداء المهمة، كما كانت دراسة (Broadbent 1979) حول المهام التي تتطلب التركيز والمراقبة مستمرة للإشارات الصادرة من الآلات كمهام مراقبة الجودة الصناعية والمتطلبات العسكرية لمراقبة الرادار، فتوصلت إلى انه يتحسن الأداء والتركيز على المهام المطلوبة في مستويات منخفضة من الضوضاء، بينما ينخفض الأداء عند مستوى ضوضاء مرتفعة، ففي مستوى أعلى من 95 ديسيبل تحدث حالات العجز في أداء المهام حيث:

- يصعب رؤية الإشارات

- عدم القدرة على إصدار الأوامر للآلات

- طول فترة استجابة لتنبهات الآلات

- كما تسبب عدم القدرة على تحديد مصادر التنبهات (Cohen & Weinstein, 1981)

كما تنقص الكفاءة أثناء الضجيج ويزداد الخطأ والقصور ونرى في الأرقام التالية لمجموعة عمل تم تخفيض الضوضاء لديهم.

أ - قلت الأخطاء الشخصية بمعدل 29 %

ب - قلت نسبة الانقطاع عن العمل بمعدل 47 %

ج - زادت نسبة الإنتاج بمعدل 09 %

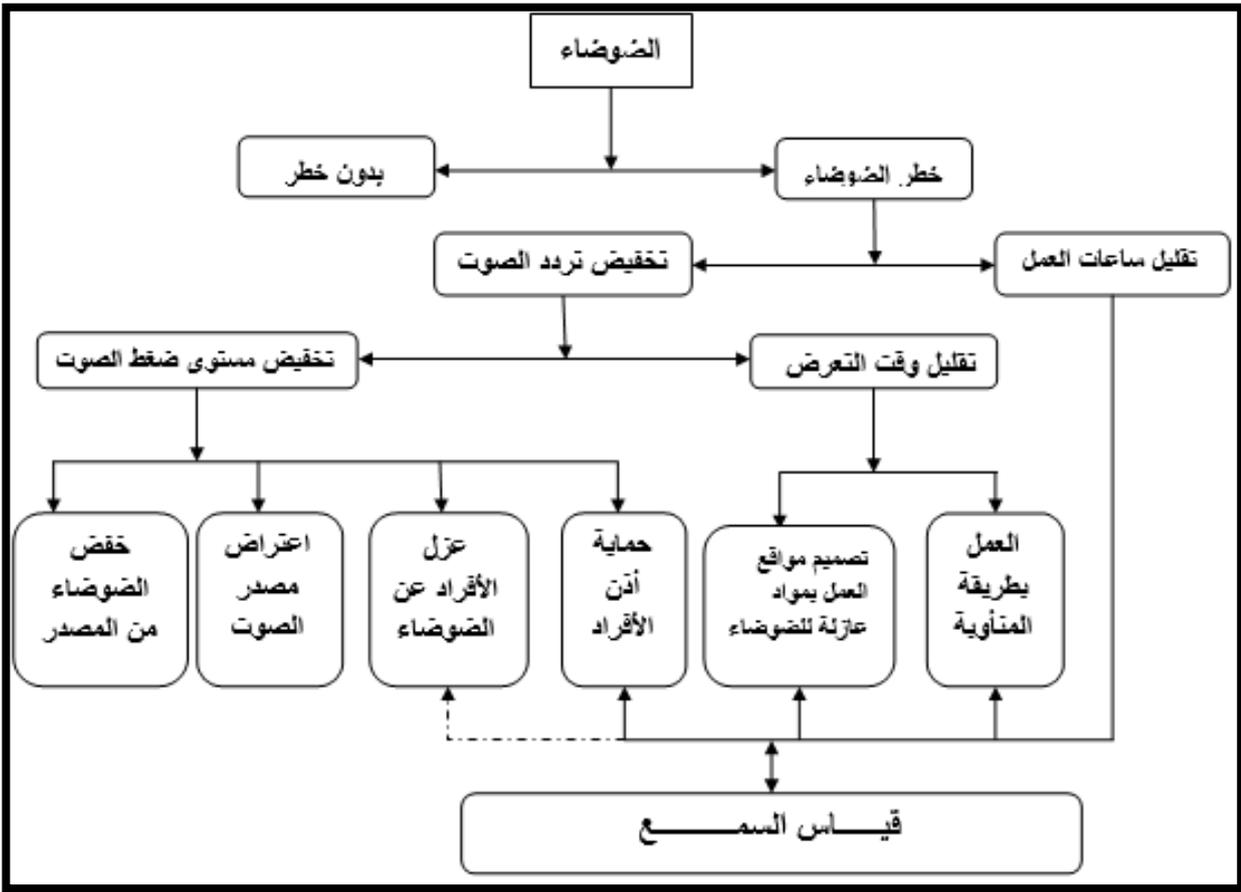
وفي دراسة في إحدى المدارس الفرنسية يمر بقربها أحد الطرق السريعة يتعرضون لضوضاء مستمرة تصل لأكثر من 71 DB تكثر أخطاؤهم الإملائية عند ترك النوافذ مفتوحة وتقل عند إغلاقها (العمرى، 2013، ص20).

فتأكد الدراسات أنه حتى الأشخاص ذوي الخبرة يظهرون تدهورًا متكررًا في الأداء عند تعرضهم للضوضاء كما ان الكفاءة في العديد من المهام تتأثر بالتعرض للضوضاء فتؤدي

إلى زيادة احتمالية وقوع الحوادث المهنية، وتوصل (Glass and Singer (1972 أنه بالمقارنة مع المجموعة الضابطة التي لم تتعرض للضوضاء، فإن الأشخاص الذين تعرضوا لضوضاء أصابهم الإحباط وكان أداؤهم سيء وعدم القدرة على التنافس في انجاز المهام، كما تم فحص كفاءة النساجين خلال فترة ستة أشهر من لارتداء وعدم ارتداء سدادات الأذن، كان مستوى الصوت في الأول 95 DB وكانت واقية الأذن مخفضة لمستوى الضوضاء بمقدار 10 إلى 15 DB فارتفعت كفاءة العمال بحوالي 12 % خلال الفترة التي تم فيها ارتداء واقية الأذن (Cohen & Weinstein, 1981)، وقد تتدخل العوامل العقلية والعاطفية، وكذلك فقدان السمع بين تأثير الضوضاء وأداء المهام، فأداء العامل هو استجابة للتوازن بين العوامل الداخلية والعوامل الخارجي للضوضاء. تشمل العوامل الداخلية عدة أشياء كمستوى الإثارة والمعلومات التي تتلقاها الحواس الأخرى، درجة العبء الناقص أو الزائد على العمال بالمهمة نفسها، ودرجة الممارسة والتعب والسيطرة على العمل، والعوامل الخارجية مثل مستوى الضوضاء وأنواعها والمسافة بينها وبين العامل، فحسب العديد من الدراسات ينتج عن التأثير ضوضاء على الأداء، ضعف في اتخاذ القرار والذاكرة واليقظة والانتباه والمهارات الحركية. يرجع سبب وجود تأثيرات متغيرة للضوضاء إلى التباين الفردي في مستويات انتباه وتركيز على، فمن المنطقي أيضا أن تكون الضوضاء المتوقعة من عمل الفرد أقل إزعاجًا من الضوضاء التي لا يتحكم فيها العامل، كما انه في بعض المهام من الممكن تمامًا ألا تتأثر الإنتاجية بزيادة مستويات الضوضاء، لكن الجهد المبذول للحفاظ على هذا المستوى من الإنتاج يزداد من أجل التعويض عن الضوضاء غير المرغوب فيها. وبعبارة أخرى فإن استراتيجية الأداء تتغير وقد يتم إهمال جانب السلامة من أجل انجاز المهمة (BHARC, 1994)

3-1-6 طرق الوقاية من الضوضاء:

حاول الإنسان منذ القدم تقادي مشكلة الضوضاء في مدن بابل وسومر وكذلك في المدن الإغريقية والرومانية من خلال طلي الشوارع بغطاء يقلل من حدوث صوت العجلات وحوافير الخيول في بيوت العظماء والحاشية أثناء الليل فضلاً عن منع الصناعات التي تصدر الضوضاء داخل المدينة، وبما ان الضوضاء تعد مشكلة منذ القدم إلا إنها تتفاقم يوماً بعد آخر، لما له من تبعات سلبية على صحة الفرد، مما يستدعي إيجاد السبل الكفيلة التي من شأنها التخفيف منها. (آرزروني وارتان، ونجم عبد الله، 2013، ص 27)



الشكل رقم (03): استراتيجية معالجة الضوضاء (Environmental Noise Pollution and its Control, 1992, p13)

كما يتم تصنيف التقنيات المستخدمة للتحكم في الضوضاء من طرف الباحثين على أنها تتدرج في النقاط التالية:

- التحكم في الضوضاء وتخفيضها من مصدرها الرئيسي.
- اعتراض الضوضاء بالتحكم في مسار الصوت.
- استخدام معدات الحماية من طرف الأفراد.

أ- التحكم في الضوضاء وتخفيضها من مصدرها الرئيسي

يمكن أن تؤثر ضوضاء على الأشخاص داخل المنزل وخارجه، يمكن لمحطات التهوية وتكييف الهواء والقنوات والمضخات الحرارية وأنظمة المصاعد، غالبًا ما تكون الضوضاء الصادرة عن الجيران أحد الأسباب الرئيسية للشكاوى من الضوضاء، ترجع هذه الشكاوى إلى حد كبير إلى الاستخدام الغير عقلاني للأجهزة المنزلية التي تعمل بالطاقة (المكانس الكهربائية الغسالات، جزازات العشب...إلخ)، أجهزة الموسيقى، أجهزة التلفزيون (Berglund & Lindvall, 1995)، ولا يخلو أي بيت من ضجيج ناجم عن استخدام الأجهزة المنزلية المتعددة

التي تعد مصدراً لإزعاج الفرد داخل منزله ومن هذه الأجهزة كما هو موضح في الجدول (03) ولو تم مقارنة المستويات المذكورة في الجدول المذكور مع معيار منظمة الصحة العالمية لمستويات الضوضاء المقبولة داخل المنازل البالغة (45 ديسيبل نهاراً و35 ديسيبل ليلاً)، يلاحظ إنها مرتفعة أيضاً، ويمكن الإشارة إلى ان مستويات الضوضاء الناجمة عن الأجهزة المنزلية تختلف على وفق إمكانية الفرد أو الأسرة، إذ تكون أعلى مستوياتها في الأسر ذوي الدخل المرتفعة، إذ يبلغ المعدل العام لأصوات الأجهزة المنزلية فيها 75.7 DB لامتلأها أجهزة منزلية عدة (شكري، 2011، ص160)، ويمكن تقليل الضوضاء الصادرة من الراديو ومسجلات الأشرطة وأجهزة التلفزيون والخلطات والغسالات من خلال تشغيلها بشكل عقلائي وباستخدام السجاد أو أي مادة ماصة للصوت. (Environmental Noise Pollution and its Control, 1992)، كما يجب تقليل من ضوضاء المركبات المختلفة، حيث تعد هذه الأخيرة من أكثر مصادر الضوضاء، إذ تساهم بنسبة (60 إلى 80%) من ضوضاء المدن وقد يصل معدل الضوضاء في المدن الكبرى إلى مستويات عالية، حيث سجل في بعض المدن الأمريكية والأوروبية ما بين (90 - 95 DB) لمدة 12 ساعة، وأكدت دراسة هيئة الأمم المتحدة إن شوارع مدن الشرق الأوسط تعاني من شدة الضوضاء إذ يبلغ 90 DB ويرتفع في الشوارع الرئيسية إلى 100 DB، وهذا ما أكدته دراسة في شوارع البصرة إذ بلغ معدل مستوى الصوت 85 DB في سنة 2002، وطبقاً لدراسة الأمم المتحدة الأنفة الذكر معززة بدراسة مدينة الموصل فإن معدل مستوى الضوضاء في شوارع مدينة الموصل بلغ 80 DB في سنة 2009 وهو يفوق المستويات العالمية البالغ 68 DB. (عبد الله، 2015، ص263)، كما لحجم الشوارع داخل المدن وفي المناطق المحيطة بطرق النقل السريعة تأثير في مستوى الضوضاء فإذا كان عرض الشارع ستة أمتار فإن مستوى الضوضاء ترتفع من 90 DB إلى 105 DB، وإذا كان عرض الشارع اثنا عشر متراً (12 متر) فإن الصوت يتضخم بمقدار 05 DB زيادة أما إذا كان عرض الشارع أربعة وعشر إن متراً (24 متر) فإنه لا يحدث تضخيم للصوت وهو ما يؤكد أن ضيق الشوارع يضاعف من شدة الضجيج وحدتها خاصة أما الشاحنات فإنها تصدر قدرة صوتية تتراوح بين 10 إلى 100 مرة ضعف ما تصدره السيارات وبذلك تكون من أكثر وسائل النقل إصداراً للضوضاء (عبيدي، 2007، ص35)، ومن أجل التقليل والتحكم في مستوى الضوضاء يجب صيانة المركبات وضبطها بانتظام، كما يجب استبدال العجلات باستمرار وتثبيت كاتمات الصوت فيها. (Environmental Noise

(Pollution and its Control,1992)، كما ان صيانة المبنى أحد أسباب الضوضاء حيث تؤثر على الأشخاص داخل المبنى وخارجه، فالاهتزازات الصادرة عن محطات التهوية وتكييف الهواء والقنوات والمضخات الحرارية وأنظمة المياه والصرف الصحي والمصاعد الموجود في المباني تؤثر على البيئة الصوتية الداخلية. كما ان الاهتزاز الناتج عن حركة المرور يؤثر على الأشخاص حيث لا يُعرف الكثير عن تأثيرات الاهتزازات الصغيرة الثابتة على الصحة الأفراد، ولكن الاهتزازات الكبيرة تسبب تقلص شرايين القلب واضطرابات النوم وينتج عنه إجهاد وانزعاج كما ان تأثيراته الصحية تعتمد على وتيرة الاهتزاز، فانبعث الأصوات بتردداتها المختلفة من مصادر مثل محركات السيارات ومكيفات الهواء والمصاعد، تزعج الناس وتؤثر في الجسم ككل. (Bistrup, 2001)، أما التحكم في الاهتزازات فيتم باستخدام المواد الأساسية المناسبة، وحشو مطاطي، وما إلى ذلك لتقليل مستويات الضوضاء التي تسببها الاهتزازات (Environmental Noise Pollution and its Control,1992)

• **حظر استخدام مكبرات الصوت:** مصادر أخرى للضوضاء يتعرض لها الأفراد باستمرار خلال اليوم وهو استخدام مكبرات الصوت خاصة الباعة المتجولون بأشكالهم المختلفة، كبائعي الفواكه والخضروات وبائعي اسطوانات الغاز الذين يتنقلون بسياراتهم بين الأحياء السكنية في المدن، الذين ينجم عنهم أصوات مرتفعة أثناء تجوالهم بين الأحياء السكنية للمدينة وفي أوقات مختلفة من اليوم الواحد، وخاصة في ساعات الصباح الأولى (جري مردان وآخرون، 2008، ص242)، فمن خلال عدم السماح باستخدام مكبرات الصوت في مناطق السكن باستثناء الاجتماعات والمناسبات الهامة، ففي الهند أصبحت اليوم الإدارة الحضرية لمدن المترو صارمة في استخدام مكبرات الصوت جراء شكاوى المواطنين من الإنزعاج الناتج عنها. (Environmental Noise Pollution and its Control,1992)

• **صيانة الآلات واختيارها:** إن كل آلة صغيرة أم كبيرة بسيطة أم معقدة تحتوي على أجزاء رئيسية، وهذه الأجزاء معظمها مشترك بين الآلات جميعها، فالآلات بشكل عام تضم على سبيل المثال لا للحصر محاور نقل الحركة، ومحامل، ووصلات وأجهزة أخرى لنقل الحركة مثل المسننات، كما تُصمم الآلات جميعها لتكون آمنة أثناء استثمارها، فتكون الضوضاء في أجزاء الآلة ضمن الحدود المسموح بها، ويجب ألا تكون صاخبة ويصدر عنها ضجيج عالي المستوى، ويعد ضجيج الصادر عن الآلات من المشكلات المهمة التي تشغل العالم الصناعي الآن، ويسعى كثير من المصممين للحد منه وتقليله، فهي أحد أهم العوامل

الأساسية في حدوث التعب والإرهاق عند الإنسان ونشوء أمراض العصبية وأمراض جهاز السمع، ولهذا يعد عاملاً مساعداً للحوادث والإصابات في العمل.(عمران والرفاعي، 2013، ص258)

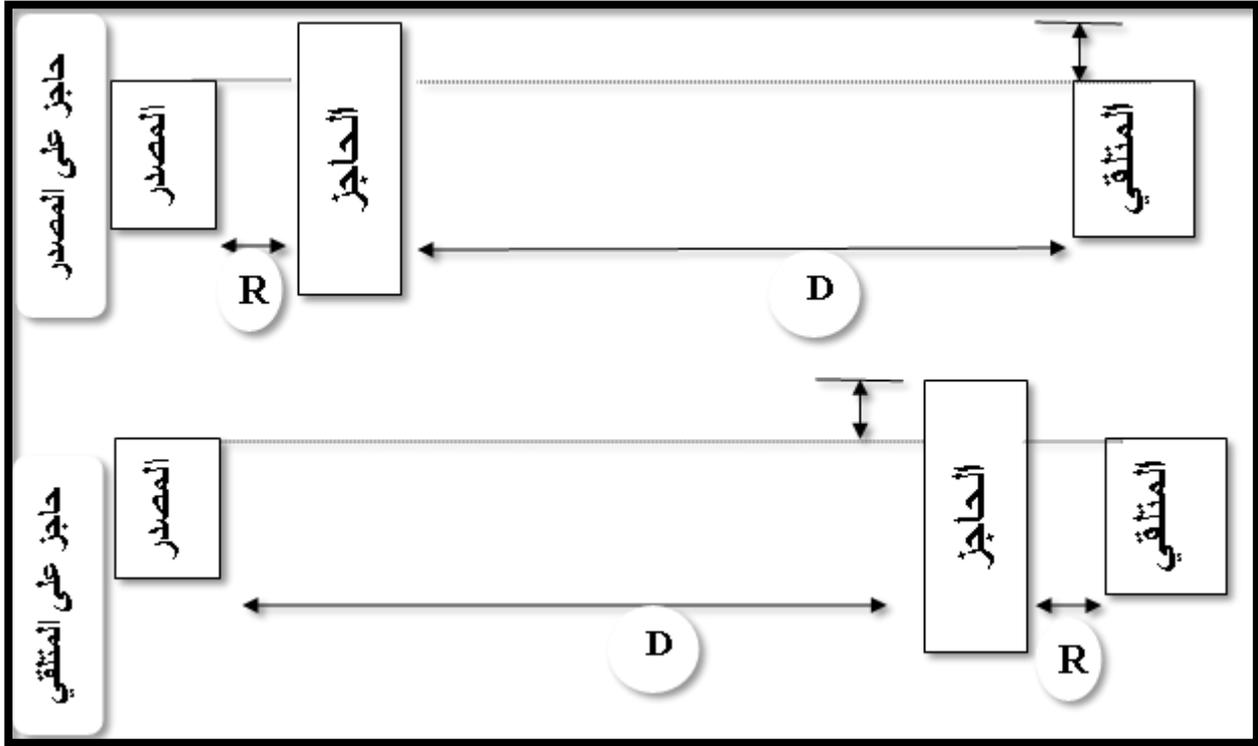
ويؤدي الاختيار الأمثل للمعدات والآلات إلى تقليل مستويات الضوضاء الزائدة، فاختيار الآلات والمعدات ذات تقنيات متطورة تولد ضوضاء أقل، فالتكنولوجيا المتطورة تعد عاملاً مهماً في استراتيجية تقليل الضوضاء، كما ان الصيانة الدورية للآلات والمركبات وما إلى ذلك ستقلل من مستويات الضوضاء، فالسيارات عند استعمالها بشكل يومي ستعرض الكثير من أجزائها إلى التلف إذا لم يتم تغيير الأجزاء التالفة، فإنها ستولد ضوضاء وتسبب إزعاجاً السائق والركاب، وكذلك الآلات يجب صيانتها بشكل دوري ليس فقط للتحكم في الضوضاء ولكن أيضاً لتحسين عمر آلة.(Environmental Noise Pollution and its Control,1992)

ب- اعتراض الضوضاء بالتحكم في مسار الصوت

تعتمد هذه التقنية على تغيير مسار إرسال الصوت المسبب للضوضاء وذلك اعتماداً على زيادة طول انتقال الموجة، كما قد يتم اعتماد تقنية امتصاص الصوت أو تشتيته في البيئة المحيطة، وفيما يلي أهم التقنيات لذلك:

- **تركيب الحواجز:** يمكن أن يؤدي تركيب حواجز بين مصدر الضوضاء والمستقبل إلى تخفيف مستويات الضوضاء، ولكي يكون الحاجز فعالاً يجب أن يمتد عرضه الجانبي بمقدار مدى رؤية ارتفاعه على الأقل، وتجدر الإشارة إلى أن الترددات الممثلة على المحور هي الترددات المركزية، قد يكون الحاجز إما قريباً من المصدر أو المستقبل بشرط أن يكون $R \ll D$ ، وذلك لزيادة طول اجتياز الموجة الصوتية، كما أن وجود

الحاجز نفسه يمكن أن يعكس الصوت باتجاه المصدر ذاته، ويصبح الحاجز أقل فعالية في المسافات كبيرة جداً بسبب احتمالية التأثيرات الانعكاسية الجوية.



الشكل الرقم (04): تخفيض مستوى الضوضاء باستخدام الحواجز (Environmental

(Noise Pollution and its Control,1992

- أنواع الحواجز:

أ/ الحواجز العاكسة للضوضاء: تتصف هذه الأنواع من الحواجز بأنها غير ماصة للضوضاء بل تبددها أو تنشرها وإذا ما أسيء استعمال هذه الحواجز فأنها قد تترك آثاراً سلبية إذ طبقاً للضوضاء المنعكسة فان مستويات الضوضاء يمكنها ان تزداد من مصدر الضوضاء الموجود بجانب الحاجز والذي يمكن ان يخلق تأثيرات تسمى بالصندوق الصوتي.

- الحواجز الماصة للضوضاء: ان الحواجز الماصة للضوضاء تقلل من انعكاس الأصوات

أو ما يسمى بالصدى ويشتت من قوة الضوضاء وتعمل على اخمادها، وقد يسمح بانتقال بعض الضوضاء معتمداً على كميتها المستمر، وان انتقال الضوضاء يعتمد على القوة الفيزيائية للحواجز (التركيبية) والتي يجب ان تصنع من مواد ذات صفات جيدة، وان أساس فعالية الحواجز الماصة أو معدلها يعتمد على كمية الضوضاء الممتصة مقارنة مع مستوى الضوضاء الصادر من المصدر.

- **الحواجز المزدوجة الماصة للضوضاء:** وتتألف الحواجز الزوجية الماصة للضوضاء من طبقتين من المواد الماصة للضوضاء وتكون هذه الحواجز عادة فعالة عند استخدامها في غرف الآلات ذات الترددات العالية.

- **الحواجز ذات المواد الخليطة:** تتألف هذه الحواجز من كتلة من المواد المركبة والتي تعمل على تقليل انعكاس الضوضاء، وان القوة الفيزيائية وطريقة العزل والتوافق السمعي والمتانة هي من أهم العوامل التي تدخل في إنجاز التخفيض المطلوب لمستوى الضوضاء لكلا من المادتين (الحاجز والماص) المكونة لهذه الحواجز (أثير، 2011، 257)، كما يعتمد تصميم المباني اليوم على استخدام واختيار مواد الأبواب والجدران والأسقف ماصة للضوضاء، ويعد تثبيت الألواح كوسيلة لتقليل الضوضاء عن طريق التقليل من مصدر الصوت، ولا يعتمد الاختلاف بين مستويات ضغط الصوت داخل وخارج المباني على فقدان الصوت المنعكس فحسب، بل يعتمد أيضا على الامتصاص الصوتي عبر الألواح سواء كان أبواب أو نوافذ حيث تساعد هذه الأخير على تشتيت الأصوات بحوالي 40 DB باننتقالها عبر مسارات جانبية غير الألواح، كما يمكن إنشاء حزام أخضر كأسلوب لتقليل الضوضاء حيث تقرض اللوائح القانونية في بعض الدول الصناعية على إنشاء الحزام الأخضر يعادل أربعة أضعاف مساحة المصنع ليس لتخفيف من التلوث الجوي فقط بل حتى تخفيض مستوى الضوضاء الصادرة منها (Environmental Noise Pollution and its Control, 1992)

ج- استخدام معدات الحماية من طرف الأفراد.

يجب توفير معدات الحماية للعمال الذين يتعرضون للضوضاء عند 85 ديسيبل أو أعلى لمدة 8 ساعات، فإذا فشلت الضوابط الهندسية والإدارية في تقليل التعرض للضوضاء إلى أقل من 85 ديسيبل، وبعد تطبيق تقنية تخفيض من المصدر وتقنية اعتراض مسار الصوت يُطلب من العمال ارتداء معدات الحماية، ويعتمد نوع الحماية المطلوبة على أساس مستوى التعرض للضوضاء ونوعيتها (Laborers AGC, 2000) فاستخدام معدات الوقاية والتقليل من مستوى الضوضاء يتم من خلال ما يلي:

التناوب الوظيفي هو التبادل المنظم للعمال بين الوظائف المختلفة، مما يتطلب من العمال التناوب بين محطات العمل أو الوظائف المختلفة في فترات زمنية معينة، ويزيد التناوب الوظيفي تنوع من المهام المطلوبة حيث يتولى العامل المزيد من المهام، مما يؤدي إلى توسيع المتطلبات المادية وإضافة التنوع إلى الوظيفة، فالهدف هو توفير طريقة متسقة

ومنهجية لتطوير التدوير الرسمي للوظائف التي تستند إلى متطلبات الوظائف التي يتم التناوب عليها، كما حددت العديد من الدراسات مجموعة من الفوائد من تنفيذ التناوب الوظيفي بما في ذلك:

- تقليل التعرض للأمراض الجسدية المركزة لوظيفة واحدة
- تقليل الإجهاد النفسي والتعب لمجموعة العضلات المستخدمة في وظيفة واحدة
- يقلل من تعرض الموظفين للخطر حسب العمل.
- الحد من حوادث المهنة.
- زيادة الابتكار وتحسين كفاءة وإجراءات العمل.
- يحسن قاعدة مهارات الموظفين ويزيد من مرونة تغيير الوظائف في المستقبل.
- تقليل التغيب عن العمل ودوران الموظفين (Ergonomics Plus,1989)

كما ان تناوب الوظيفي بين العمال الذين يعمل على تقليل الآثار السلبية للضوضاء من خلال توزيع عوامل الخطر بشكل متساوي بين العمال (Environmental Noise Pollution and its Control,1992)

د- التخفيض من التعرض للضوضاء:

جاءت التطورات في التكنولوجيا معها زيادة في ضوضاء بمواقع العمل، ففي أوائل القرن العشرين، بدأت اضطرابات عديدة منها السيكولوجية والفسولوجية تظهر بين العمال، منذ ذلك الحين تم تسليط الضوء على أهمية تقييم تعرض العمال للضوضاء، ففي عام 1910 تم اقتراح قانون السلامة والصحة المهنية من قبل إدارة السلامة والصحة المهنية بالولايات المتحدة، ولا يزال يستخدم في العديد من البلدان كقانون إلزامي لتقييم التعرض للضوضاء، فقد وضع المعهد الوطني للسلامة والصحة المهنية معايير لحماية وتقييم تعرض العمال للضوضاء، حيث يشير الحد الأقصى لمستوى التعرض للضوضاء الذي يسمح به للعامل بناء على ساعات العمل كحد مرجعي للعمل 08 ساعات، وهو ما يتفق مع ساعات العمل اليومية للعمال بمختلف تخصصاتهم حيث بلغ 90 DB حسب منظمة السلامة والصحة المهنية في حين ان وزارة الطاقة الأمريكية حددت مستوى DB85 (Jinwoo et al ,2021).

هـ - حماية حاسة السمع:

وهي أي معدات يعتزم ارتداؤها أو الاحتفاظ بها من قبل العامل لحمايته من خطر أو أكثر من المحتمل أن يهدد سلامته أو صحته في مكان العمل، يفرض هذا تدابير أثناء اقتناء هذه المعدات واستخدامها وصيانتها، فعندما يكون مستوى الضوضاء 80 DB يجب بدأ إجراءات حماية العمال، بتوفير أدوات حماية السمع المناسبة بحيث يجب فرض استعمالها بمجرد ارتفاع مستوى الضوضاء عن 85DB، ويتم اختيار أدوات حماية السمع بطريقة تقضي على مخاطر السمع أو تقلل قدر الإمكان الاصابته. (Brems et al, 2006)

جهاز حماية السمع (أو واقى السمع) هو أي جهاز مصمم لتقليل مستوى الصوت الذي يصل إلى طبلة الأذن وتعتبر أغطية الأذن وسدادات الأذن وأغطية قناة الأذن الأنواع الرئيسية لواقيات السمع حيث توجد مجموعة كبيرة من واقيات السمع في كل فئة من هذه الفئات، فيمكن تصنيف سدادات الأذن إلى سدادات أذن رغوية قابلة للتشكيل بواسطة المستخدم (مثل السيليكون أو الألياف المعدنية المغزولة)، وسدادات أذن مسبقة الصب ومصنوعة حسب الطلب بالإضافة إلى ذلك، فإن بعض أنواع الخوذات على وجه الخصوص فخوذات الطيران التي يتم ارتداؤها في الجيش تعمل أيضا كواقيات للسمع، ومن الناحية أخرى فإن الطريقة الأكثر فعالية لمنع فقدان السمع هي إزالة الضوضاء الخطرة من مكان العمل أو إزالة العامل من الضوضاء الخطرة، كما يجب استخدام واقيات السمع عندما تكون كل الممارسات والضوابط غير مجدية لتقليل التعرض للضوضاء إلى مستويات آمنة، وفي بعض الحالات تعتبر أدوات حماية السمع حلاً مؤقتاً للتعرض للضوضاء، كما انها قد تكون أدوات حماية السمع هي الوسيلة الوحيدة الممكنة لحماية العامل، فعندما لا يتجاوز تعرض العامل للضوضاء المقدرة بالوقت 100 DB، يجب ارتداء سدادات الأذن وواقيات الأذن، فمثل هذه الحماية المزدوجة تساعد في تخفيض ما قيمته 10 DB أو أكثر، في حين حذر المعهد الوطني للسلامة والصحة المهنية من أنه حتى الحماية المزدوجة غير كافية عندما يتجاوز التعرض 100 DB، ويعتمد مقدار التخفيض الذي يوفره واقى السمع على خصائصه وكيف يرتديه العامل، فيجب أن يكون واقى السمع قادراً على الحفاظ تعرض الأذن عند أقل من 85 DB نظراً لأن العامل قد لا يعرف المدة التي سيستمر فيها التعرض للضوضاء، فيجب ارتداء واقيات السمع عند العمل في ضوضاء مرتفعة، ويجب أن يتأكد المشرفون بشكل دوري من أن واقيات السمع يتم ارتداؤها بشكل صحيح، وأنها مناسبة للضوضاء التي

يتم ارتداؤها فيها، فعند تصميم أدوات وقاية السمع تم التركيز على خصائص التخفيض التي يتمتعون بها، حيث يجب أن نأخذ بالاعتبار الضوضاء التي سيتم ارتداؤها فيها، ويجب أيضا مراعاة العمال الذين سيرتدونها، والحاجة إلى التوافق مع معدات السلامة الأخرى وظروف مكان العمل مثل درجة الحرارة، والرطوبة، والضغط الجوي، بالإضافة إلى ذلك يجب توفير مجموعة متنوعة من واقيات السمع بحيث يمكن للعاملين اختيار من أنواع على أساس الراحة وسهولة الاستخدام والتعامل والتأثير على الاتصال، كما يجب أن يتلقى كل عامل تدريباً في اختيار، وتركيب، واستخدام، وصيانة واقي السمع، فما يناسب بعض العمال قد لا يناسب العمال الآخرين، يجب أن يدرك العمال والإدارة الأهمية البالغة لارتداء أدوات حماية السمع بشكل صحيح. حيث ان ارتدائها في بعض الأحيان ونزعها من حين إلى آخر سيقلل من الحماية الفعالة بشكل كبير فعلى سبيل المثال، إن واقي السمع يعمل على تخفيض ما قيمته 30 DB من التعرض لمدة 8 ساعات فيما سينخفض إلى 15 DB فقط إذا قام العامل بإزالة الجهاز لمدة 30 دقيقة خلال 8 ساعات (NIOSH, 1998)

3-2 الحرارة:

يعتمد الوجود البشري إلى جانب وجود الكائنات الحية الأخرى على تلك الحرارة التي تنتجها الشمس ليتم تحويلها إلى الطاقة على الأرض، فيتم نقلها من مكان إلى آخر ومن شكل إلى آخر وبالتالي خلق مجموعة واسعة من البيئات، فالتحدي الذي يواجه الإنسان هو التفاعل الناجح مع بيئته المحلية، حيث يستجيب جسم الإنسان للمتغيرات البيئية في تفاعل ديناميكي يمكن أن يؤدي إلى الموت إذا كانت الاستجابة غير مناسبة، أو إذا كانت مستويات الحرارة تتجاوز حدود البقاء على قيد الحياة، بحيث يسعى الجسم على استخدام الحرارة بشكل مثالي وتعد درجة حرارة الهواء والرطوبة وحركة الهواء ودرجة حرارة الأشعة المتغيرات البيئية الأربعة الأساسية التي تؤثر على استجابة الإنسان للبيئات الحرارية (Parsons, 2003)، فالحرارة تأثير عظيم ليس في حياتنا نحن البشر فحسب بل في حياة جميع المخلوقات الحية الأخرى من نبات وحيوان، فالحرارة تؤثر في العمليات الحيوية التي تجري داخل جسم المخلوق الحي وتعمل على بناء خلاياه، وتساعد على نشاطها وتكاثرها، كما تقوم الحرارة بدور هام في انتشار الماء وانتقال المواد المختلفة ما بين الخلايا والسوائل المحيطة بها، كالدّم وغيرهما، يحافظ جسم الإنسان في حالته الصحية على درجة حرارة ثابتة تقريبا، حتى وإن تبدلت درجة حرارة الجو المحيط به، فازدياد درجة حرارة الجو أو نقصانها لا

يكاد يؤثر في درجة حرارة الجسم، كما أن قيام المرء بجهد عضلي معتدل لا يكاد يؤثر في درجة حرارته على الرغم من إحساسه بسخونة جسمه وتعرقه الغزير، كذلك فإن تناول الأطعمة الباردة أو الحارة قلما يؤثر في درجة حرارة الجسم. (كنعان، 1996، ص38)

3-2-1 تعريف الحرارة:

على المستوى الجزيئي يمكن اعتبار درجة الحرارة متوسط الطاقة الحركية (الحرارة) في الجسم، فإذا فقدت الطاقة الحرارية من الجسم فإن درجة حرارته ستتناقص وإذا تدفقت بشكل كبير إلى الجسم سترتفع، فهذا ما يعرف بقانون الديناميكية الحرارية، حيث أن هناك مستوى تدفق للطاقة من الأجسام عند درجات حرارة أعلى إلى الأجسام عند درجات حرارة منخفضة، وتعتبر درجة حرارة جسم الإنسان مؤشراً مهماً لحالته (الراحة، الحرارة أو البرودة، الأداء)، فيسعى الإنسان للحفاظ على درجة حرارة الجسم الداخلية بالقرب من حوالي 37 درجة مئوية، فيؤدي انحراف أكثر من هذه الدرجات إلى عواقب وخيمة، وتتأثر درجة حرارة جسم الإنسان بشكل كبير بدرجة حرارة السوائل أو المواد الصلبة المحيطة به حيث تؤثر على انتقال الحرارة من وإلى الجسم بحيث سيتم تطبيق مبادئ الديناميكية الحرارية لنقل الحرارة في كل هذه الحالات. (Parsons, 2003)، وليست الحرارة في الحقيقة غير صورة من الصور العديدة التي تظهر الطاقة من خلالها، فالحرارة طاقة تشبه الطاقة الكهربائية والطاقة المغناطيسية، والطاقة الحركية، ومن المعلوم أن الطاقة يمكن أن تتحول من صورة إلى صورة أخرى بسهولة، فحرق الوقود مثلاً ينتج عنه طاقة حركية تدفع بالسيارة إلى الحركة، أو تدفع المولد الكهربائي للدوران فيتولد عن دورانه طاقة كهربائية، وبالمقابل يمكننا أن نحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية بواسطة المدفأة الكهربائية مثلاً، كما أن احتراق الغذاء وهضمه داخل جسم الإنسان يولد نوعين من الطاقة:

- طاقة حرارية تفيد في تدفئة الجسم وتنشيط وظائفه الحيوية.

- طاقة حركية تفيد في تحريك العضلات والأعضاء وتساعد الإنسان على القيام بأنشطته المختلفة.

كما أن الطاقة الحرارية يمكن أن تتحول إلى أي نوع آخر من أنواع الطاقة، وهذا ما يزيد في أهمية الوظيفة التي تؤديها الحرارة في حياتنا لأن الطاقة الحرارية التي تكتسبها أجسامنا من الغذاء تكفي وحدها لتأمين الأشكال الأخرى من الطاقة التي تحتاجها أجسامنا، ولتعريف الحرارة فإننا نجد أن معظم الناس يخلطون ما بين مصطلح الحرارة ومصطلح درجة الحرارة،

على الرغم من اختلافهما، فالحرارة تشير إلى كمية الطاقة التي تحملها الجزيئات المتحركة في مادة ما، وأما درجة الحرارة فتشير إلى متوسط السرعة النسبية لجزيئات المادة في لحظة معينة (كنعان، 1996، ص30)، ويحافظ الجسم على درجة حرارته ضمن نطاق (حوالي 37 ± 0.5 درجة مئوية)، حيث تعمل العديد من الآليات الفسيولوجية لتنظيمها داخل الجسم عبر تحكم الخلايا العصبية في منطقة ما تحت المهاد بشكل اللاإرادي، ويتعرض الجسم إلى درجة حرارة متغيرة يوميا، فتبلغ ذروتها عند منتصف النهار وتصل أدنى مستوى في الصباح الباكر، كما يجب أن تكون كمية الحرارة التي يكتسبها الجسم ويفقدها خلال فترة زمنية قصيرة متساوية، فإذا اكتسب الجسم كمية زائدة من الحرارة فقد يكون هناك تعرق مفرط وجفاف وضربات شمس وكما قد يتعرض للموت. (Helander, 2006)

3-2-2 خصائص المحيط الحراري:

الإنسان بطبيعته ينتج الحرارة، وإنتاج الحرارة يزداد نتيجة النشاطات التي يقوم بها الفرد وبطبيعة الحال تختلف درجة الحرارة باختلاف فصول السنة وباختلاف طبيعة العمال، فالأعمال الشاقة تحتاج إلى درجة حرارة أقل بالمقارنة بالأعمال السهلة، ففي فصل الشتاء يحتاج العامل إلى درجة حرارة أعلى منها في الصيف، وتنخفض في حالة النشاط الحركي الشاق نظرا لكون هذا الأخير يرفع من درجة حرارة الجسم (كحلوش، 2015، ص45) كما يسعى الجسم للمحافظة على درجة حرارته معتدلة عن طريق تخلص من الحرارة الزائدة أو إنتاج حرارة أكثر فيعتمد أداء هذه الوظائف على ما يلي:

أ- درجة حرارة الهواء: والتي يمكن تعريفها على أنها درجة حرارة الهواء المحيط بجسم الإنسان والتي تمثل هذا الجانب من البيئة المحيطة به فهي تحدد تدفق الحرارة بين جسم الإنسان والهواء ويرمز لها (ta)، فالتبادل الحراري بين الأجسام عملية مستمرة حيث تختلف درجة حرارة الهواء كلما اختلفت مسافة بينها وبين جسم الإنسان، حيث نجدتها مرتفعة إذا كانت المسافة متقاربة وتنخفض كلما زادت المسافة. (Parsons, 2003)، كما تمثل الحرارة التي يقيسها الترمومتر العادي للوسط، وذلك من خلال تمدد السوائل (الزئبق أو الكحول)، تتدخل في التبادل الحراري عن طريق الحمل الحراري. (كحلوش، 2015، ص45)

ب- درجة الرطوبة:

تأثر حرارة الجو والرطوبة على راحة الإنسان في الظروف المختلفة، فقد أثبتت معظم الأبحاث أن أفضل درجات الحرارة ملائمة لراحة الأشخاص الذين يؤديون بعض الأعمال داخل الأبنية أو خارجها هي 18° ، كما أن الحرارة العالية مع الرطوبة المرتفعة تزيد من توصيل الحرارة من الجو إلى الجسم وفي الوقت نفسه تعيق تبخر العرق، ولذا فإن الجسم لا يبرد بسرعة وتصبح حرارته مزعجة، أما خلال الجو البارد فإن الرطوبة العالية تزيد من معدلات فقد الحرارة من الجسم إلى الجو، الأمر الذي يجعل الجسم يخسر جزءاً من حرارته في وقت هو أحوج ما يكون فيه إلى هذه الحرارة، كذلك تحدد كل من درجة حرارة الهواء والرطوبة معاً ما يعرف بالحرارة المحسوسة (Sensible Temperature) في الأجواء المختلفة، حيث أنه على الرغم من أن درجة حرارة جسم الإنسان السليم هي 37° ، وأن الشعور بالارتياح يحدث في المواضع الحساسة من سطح الجلد التي تكون درجة حرارتها بين 31 - 35°، أي أقل من درجة حرارة داخل الجسم بنحو (2 إلى 5°)، إلا أن الإنسان العادي لا يشعر غالباً بالإرهاق الحراري في الهواء الجاف الذي تصل درجة حرارته إلى ما يقرب من 40°، في حين أنه قد يصاب بهذا الإرهاق بل وربما بالضربة الحرارية (Heat Stroke) إذا وصلت درجة حرارة الهواء إلى 30° م في جو مشبع بالرطوبة، وذلك يعزى إلى توقف عملية تبخر العرق من سطح الجلد والتي تعتبر أهم العمليات الفسيولوجية لحفظ التوازن الحراري لجسم الإنسان (ابو طارق، 2010، ص2).

ج- معدل حركة الهواء:

تساعد حركة الهواء على تحقيق الراحة الحرارية للإنسان تحت ظروف مختلفة فحركة الهواء تؤثر على درجة حرارة جلد الإنسان والتي بدورها تشكل عاملاً أساسياً في التوازن الحراري لجسم الإنسان بالإضافة إلى أن حركة الهواء حول جسم الإنسان تعمل على تبخير العرق منه وتبريده وهذا ضروري خاصة في المناطق المناخية الحارة والرطبة، وعلى الرغم من أن حركة الهواء من أهم العوامل المساعدة على تحقيق الراحة الحرارية للإنسان في الجو الحار وأنه كلما زادت سرعة الهواء كلما ازداد شعور الإنسان بالارتياح لكن هذا كله إلى حد معين حيث تصبح بعدها أي زيادة في سرعة الهواء سلبية وسبباً من أسباب عدم الارتياح الحراري التي يجب تفاديها. (حجازي، 2017، ص11)، ويمكن قياس سرعة الهواء بواسطة الانيمومتر (Anemometer) مقياس شدة الهواء بالريشة، ويسمى كذلك بمقياس شدة الهواء

بالباحونة، عندما تكون سرعة الهواء ضعيفة يستحسن استعمال الانيمومتر المقاوم للحرارة (Thermistances)، هذا الأخير يمكن تسخينه بواسطة تيار كهربائي، ثم يتم تعريضه للهواء من أجل تبريده لمعرفة سرعة الهواء.. (كحلوش، 2015، ص46).

د - درجة الإشعاع الحراري:

بالإضافة إلى تأثير درجة حرارة الهواء على درجة حرارة جسم الإنسان، هناك أيضا تأثير لدرجة الحرارة الأشعة، حيث يتم تبادل الحرارة عن طريق الإشعاع بين جميع الأجسام، وهناك تدفق حراري من الجسم الساخن إلى الجسم البارد بمقدار متعلق بالاختلاف بين درجة حرارة الجسمين، حيث ان أشعة الشمس تؤثر بشكل مباشر على الأجسام دون الحاجة إلى وسيط فتعتمد الأشعة على الفراغات الموجودة في الطبيعة للتأثير على الأجسام، فالإشعاع الحراري هو جزء من الطيف الكهرومغناطيسي الذي يتضمن الأشعة السينية وأشعة الضوء وموجات الراديو، كما لا يمكن ربط الإشعاع الحراري بأشعة الشمس فقط بل يتعداه إلى مصادر مختلفة مثل مصباح في الغرفة حيث سيكون هناك تبادل مستمر للطاقة بين الجسم ومصدر الأشعة فيعتمد الجسم على عملية امتصاص تلك الأشعة، ومن هنا سيكون في إي بيئة إشعاع يؤثر على جسم الإنسان، حيث يؤكد ماكنتاير (1980) ان في أي نقطة في مجال الإشعاع سيكون هناك تبادل ديناميكي لطاقة الأشعة حيث تكون محددة الوقت والاتجاه، كما انه يجب ان تكون عملية نقل الطاقة متلائمة مع الجسم الإنسان، حيث لا تتجاوز درجتها قدرة الإنسان على التكيف والتلاؤم معها والمحافظة على مستويات راحة الجسم، كما تعرف على انها: "درجة حرارة مصدر الجسم الأسود (هو كل جسم يمتص الأشعة التي تصدر إليه ويعيد إنتاجها مرة أخرى) التي من شأنها أن تعطي نفس القيمة لبعض الكمية المقاسة من مجال الإشعاع كما هو موجود في الواقع " حيث يتم استخدام التبادل الحراري للأشعة بين جسم الإنسان والبيئة محافظا في ذلك على متوسط درجة الحرارة الأشعة وإن اي تغيير في الاتجاه الأشعة سيغير من درجة حرارتها (Parsons, 2003)، ويتم قياس الإشعاع الحراري بواسطة الترمومتر ذو الكرة السوداء (كحلوش، 2015، ص46)

3-2-3 مصادرها:

تسبب الحرارة المفرطة أثناء العمل مخاطر صحية للعامل حيث تقيد قدراته ووظائفه الجسدية فهي بذلك تقلل إنتاجية العمل، بحيث ينخفض أداء العامل بنسبة 50 بالمائة. كما أن التعرض لمستويات الحرارة الزائدة يؤدي إلى ضربة شمس، والتي تسبب في موت العامل، كما ان جميع المهن تتأثر بالحرارة ولكن هناك بعض المهن معرضة بشكل خاص للخطر لأنها تتطلب المزيد من الجهد البدني مثل العمل في المزارع والبناء وجمع النفايات والنقل والسياحة كما يتعرض العمال الذين يعملون في داخل المصانع للخطر أيضا إذا لم يتم تنظيم مستويات درجة الحرارة داخل المصانع وورش العمل بشكل صحيح، فعند مستويات الحرارة العالية يصبح من الصعب أداء المهام الإدارية، حتى أكثر المهام الأساسية والمكتبية، حيث يبدأ التعب الذهني. (OIT, 2019)، كما تتعدد مصادر الحرارة في بيئة العمل حيث نذكر منها:

أ - الشمس: يتعرض إليها العاملون في العراء نذكر على سبيل المثال:

- إصلاح الأراضي وشق القنوات وتظهيرها.

- شق الطرقات وتعديلها وصيانتها

- العمل بالمحاجر

- استخراج وتكرير البترول

- استخراج الملح بالملاحات

وما تجدر الإشارة إليه أن حرارة الشمس تؤثر أيضا على المعامل المغلقة من حيث تأثير حرارتها على الجدران والسقوف ومن خلال نفوذها إلى الداخل عبر الأبواب والنوافذ.

ب - الأفران: يتعرض الأفراد العاملون بجوار الأفران إلى حرارة عالية جدا وهذا ما نشاهده في الأعمال التالية:

- صناعة الحديد والصلب

- صناعة الفخار

- صناعة الإسمنت

- صناعة السكر

- عمليات صهر المعادن وسباكتها

- عملية تقطير الفحم والبترول وإنتاج الغاز

- عمليات الحدادة المختلفة

- صناعة الأسمدة وحامض الكبريتيك وصناعة النشادر

- المخابز والأفران

ج - تحت سطح الأرض: ويظهر ذلك جليا عند عمال المناجم والأنفاق حيث يتعرض هؤلاء إلى درجة حرارة عالية، بالإضافة إلى ما سبق من المصادر المذكورة يمكن إضافة ما يلي من الأعمال التي يتعرض فيها العامل إلى حرارة مرتفعة:

- عمليات تشكيل وطلاء ولحام المعادن

- معاصر الزيتون

- عمال الإطفاء

- محلات تنظيف الملابس... الخ

فالأعمال السابقة يتعرض فيها العاملون للحرارة المرتفعة بمعدلات تفوق المعدل الطبيعي الطقس المحلي بسبب الحرارة الزائدة التي تنتشر في بيئة العمل نتيجة العمليات التكنولوجية التي تعمل على تسخين الجو ويمكن تصنيف هذا التعرض إلى نوعين نسبة إلى نوع الحرارة والتعرض. (إسعادي، 2015، ص 69)، كما أن الحفاظ على درجة الحرارة الداخلية عند حوالي 37 درجة مئوية يعني وجود توازن حراري بين الجسم وبيئته، أي يجب موازنة انتقال الحرارة إلى الجسم وتوليد الحرارة داخل الجسم بمخرجات الحرارة من الجسم، فحالة الاستقرار تتضمن درجات حرارة غير متغيرة فإذا كان توليد الحرارة من حيث المدخلات أكبر من مخرجات الحرارة فإن درجة حرارة الجسم سترتفع وإذا كانت مخرجات الحرارة أكبر ستخفض درجة حرارة الجسم، كما أن ثبات درجة الحرارة سيؤدي إلى توازن ديناميكي. (Parsons, 2003)

3-2-4 أنواع التعرض للحرارة:

يرى ياسين وآخرون (1999) أن العاملون تحت الظروف المختلفة يتعرض لدرجات متباينة من الحرارة، حيث يكتسب الجسم أو يفقد الحرارة في الوسط المحيط به، فعند العمل في الهواء الطلق يتعرض العامل لحرارة الشمس التي تختلف أثارها باختلاف مدة التعرض، الفصول، الساعة والنهار، ومن تلك الأعمال: إنشاء المباني، استصلاح الأراضي، شق القنوات وتطهيرها، كشف واستخراج البترول (حمادة، 2017، ص 50).

كما تقسيم الحرارة التي تخترق المبنى والتي من المفروض أزاحتها باستعمال أجهزة مختلفة للحفاظ على درجة الحرارة الملائمة على نوعين هي:

أ- **الحرارة الخارجية:** وهي التي تصدر من خارج المبنى المغلق (حرارة الشمس وجميع المؤثرات الخارجية والمحدثه للحرارة في جوار المبنى الذي يمكن أن يصل تأثيرها إلى الفضاءات الداخلية للمبنى). ومنها:

- الحرارة التي تخترق الجدران والأسقف - الحرارة التي تخترق النوافذ

- الحرارة التي تنتقل عبر فتحات التهوية الطبيعية..

ب- **الحرارة الداخلية:** وهي التي تصدر من داخل المباني سواء المصانع أو غيرها ومنها:

- مصادر الحرارة داخل الفضاءات الداخلية للمبنى

- الإضاءة المنزلية والعامة

- أجهزة والآلات المختلفة كأجهزة الطهي في المطابخ

- الأشخاص المتواجدين في الفضاءات الداخلية للمبنى (مستخدمي المبنى).

- الحمامات الساخنة

وتقدر الحرارة التي تخترق الجدران والأسقف في أيام الصيف بنسبة 60-70% من الحرارة المراد إزاحتها بأجهزة التكييف. وأما البقية فتأتي من النوافذ وفتحات التهوية. (البياتي، 2006، ص114)

كما تشمل المهن والصناعات المعرضة لخطر الحرارة الجافة العمال الذين يعملون في بيئات داخلية أو خارجية حارة كعمال البناء (الطرق والأسطح)، وعمال الزراعة وصيد الأسماك، والطهاة (في المخابز والمطابخ)، ومصنعي المعادن والزجاج (على سبيل المثال، في مصانع الصلب والدراجات)، كما تسبب الحرارة الزائدة أثناء العمل في الوفاة المفاجئة، ويعد العاملون في صناعات البناء والزراعة وصيد الأسماك الأكثر عرضة لتأثيرات درجات الحرارة المرتفعة على الصحة والإنتاج بسبب تغير المناخ، فهم مضطرون للعمل في ظروف الصيف الحارة التي تستمر لأكثر من خمسة أشهر، ومع ذلك لا تزال المعلومات المتعلقة بالتعرض الفعلي لبيئات العمل الساخنة لهؤلاء العمال غير واضحة، خاصة بالنسبة لمواقع البناء الخارجية والعمليات الزراعية خلال أشهر الصيف الحارة، مما يثير القلق بشأن تأثير الإجهاد الحراري على صحة العمال وإنتاجيتهم (Ting Lin & Chuan Chan, 2009)، وعُرفت مشكلة الصحة المهنية هذه منذ وقت طويل وقد تم تطوير طرق وقائية، ومع ذلك يتعرض

العديد من العمال لدرجات حرارة ورطوبة مرتفعة بشكل غير مقبول من ظروف العمل، كما أن إجهاد الحرارة وضربة الشمس من القضايا المهمة ليس فقط للصحة ولكن أيضا لإنتاج العمل خاصة في الوظائف الخارجية، والعديد من الوظائف الداخلية، كما سيؤدي تغير المناخ العالمي إلى زيادة متوسط درجات الحرارة، فضلاً عن تغيير توزيع درجات الحرارة القصوى اليومية ونسبة الرطوبة بحيث تصبح نوبات الحرارة أكثر تواتراً وأكثر تطرفاً، وعندما يقوم الجسم بعمل بدني، يتم إنتاج الحرارة داخلياً والتي يجب نقلها إلى البيئة الخارجية لتجنب زيادة درجة حرارة الجسم، إذا تجاوزت درجة حرارة الجسم 39 درجة مئوية، فقد تحدث ضربة شمس، وتكون درجة الحرارة 40.6 درجة مئوية مهددة للحياة، قبل حدوث هذه الآثار الصحية الخطيرة، عند التعرض للحرارة المنخفضة، تقل القدرة على العمل وتقلص القدرة على أداء المهام العقلية، ويزداد خطر الحوادث ويحدث الإجهاد الحراري في الحرارة الجافة، وبيئة داخلية، وتسبب موجات الحر الغير عادية مشاكل خاصة، كما حدث خلال موجة الحر عام 2003 في فرنسا حيث قدرت التكلفة الخسائر للمنظمات بمليارات الدولارات. (Kjellstrom et al ,2009)

3-2-5 تأثيراتها:

لقد زاد المتوسط العالمي لدرجة حرارة الهواء السطحي للأرض خلال المائة عام الماضية، وقد تم إثبات الآثار الضارة الناتجة عن الحرارة بما في ذلك وفيات العمال، حيث يقضي العديد من العمال جل أوقات عملهم بالكامل في مجموعة متنوعة من البيئات الساخنة الداخلية والخارجية، التي قد تصبح أكثر سخونة بسبب ارتفاع درجات الحرارة المحيطة، وتغير المواسم الحر وتوسيعها، بالنسبة للعديد من العمال قد يكون التعرض المهني للحرارة والرطوبة أكثر خطورة من تعرض باقي الأفراد، لأن العمال بشكل عام لديهم سيطرة أقل على التعرض في أنشطة عملهم، كما يعتبر العمال في الأماكن المفتوحة على وجه الخصوص معرضين لمخاطر عالية للتأثيرات الضارة بسبب تعرضهم المتزايد للحرارة والرطوبة والعمل الذي قد ينطوي على مجهود شديد، حيث أجرت إدارة السلامة والصحة المهنية تقييماً للوفيات المرتبطة بالحرارة في الهواء الطلق ووجدت 106 حالة وفاة في الولايات المتحدة من 2008 إلى 2014، من المتوقع أن يزداد عدد الأيام التي تزيد فيها درجات الحرارة عن 90 درجة فهرنهايت نظراً لأن معظم الوفيات بين عامي 2008 و2014 حدثت في مناطق يُتوقع أن يزيد درجة حرارة عدد الأيام فيها عن 90 درجة فهرنهايت، فمن المحتمل أن المزيد من

الوفيات قد تحدث في المستقبل، أما بالنسبة للعمال الذين قد يكون لديهم وظائف ثانية أو يعيشون في منازل تفتقر إلى التبريد الفعال أو لديها رطوبة عالية، قد يكون الإجهاد الحراري والتعرض للأمراض المرتبطة بالحرارة أعلى لدى الأفراد الذين يعيشون أو يشتغلون في المناطق تعرف درجة حرارة مرتفعة طوال اليوم، كما يكون عمال المزارع والبناء عرضة أكثر من غيرهم لتأثيرات الحرارة المرتفعة (Schulte et al, 2016)

في عام 2007، أدت ثلاثة أيام متتالية من درجات الحرارة المرتفعة، من 33 إلى 34 درجة مئوية، في نهاية شهر مايو إلى وفاة ثلاثة عمال مزرعة في منطقة ريفية بجنوب الصين أثناء عملهم في الهواء الطلق، وخلال الفترة 2006-2007 كانت هناك 22 حالة وفاة بسبب التعرض للحرارة المفرطة، وفي يوليو 2009 توفي عامل يبلغ من العمر 40 عامًا بسبب ضربة شمس كان قد بدأ العمل في وقت الظهيرة، حيث أجرى صيانة للمعدات الكهربائية وكان يرتدي ملابس واقية وخوذة عند درجة حرارة 33-34 درجة مئوية، فقد ساعدت مثل هذه الحوادث على تسلط الضوء في كيفية تسبب التعرض المفرط للحرارة للوفاة خلال مواسم الصيف الحارة في أماكن العمل (Ting Lin & Chuan Chan, 2009)، ويشير خلفان (1996) إلى قيم الحرارة والرطوبة الواجب احترامها حسب نوعية العمل.

الجدول رقم (14): يبين معايير الحرارة والرطوبة حسب نوعية العمل.

نوعية العمل المنفذ	الحرارة المثلى (C°)	درجة رطوبة الجو (%)	سرعة الهواء (م/ثا)
عمل في وضعية الوقوف متوسط الصعوبة	17 إلى 22	40 إلى 70	0.1
عمل صعب (متعب)	15 إلى 21	30 إلى 65	0.5 إلى 04
عمل صعب جدا (متعب جدا)	12 إلى 18	20 إلى 60	01 إلى 1.5

(كحلوش، 2015، ص54)

كما حددت هيئة الصحة والسلامة المهنية (CSST) درجة الحرارة التي يجب احترامها وفقاً لطبيعة العمل ومستوى الرطوبة النسبية الدنيا، والتي يجب الحفاظ عليها في المكاتب والمنشآت التجارية وأماكن العمل المختلفة.

الجدول رقم (15): يبين درجة الحرارة حسب طبيعة العمل.

درجة الحرارة (C°)	طبيعة العمل المنجز
20 C°	عمل خفيف في وضعية الجلوس يعتمد على القراءة والكتابة
19 C°	عمل يعتمد نشاطاً بدني كالحياطة والعمل على الآلات الصغيرة
17 C°	عمل خفيف يعتمد على الوقوف كالعامل على الآليات
16 C°	عمل متوسط الصعوبة يعتمد على الوقوف كالتركيب والفك
12 C°	الأشغال الشاقة في وضعية الوقوف بما في ذلك الحفر

(CSST ,2004,P12)

أ- تأثيراتها على جسم الإنسان

تم تصميم جسم الإنسان للحفاظ على درجة حرارة الجسم الأساسية عند 37 درجة مئوية، فالشخص الذي يمارس نشاطاً بدنياً أثناء العمل ينتج حرارة أيضاً داخل الجسم، والتي يجب نقلها إلى البيئة الخارجية لتجنب زيادة خطيرة في درجة حرارة الجسم الأساسية، وإذا كان التبريد عن طريق التعرق والحمل الحراري (عن طريق التلامس مع الهواء البارد وحركة الهواء) غير كافٍ، فيجب تقليل توليد الحرارة الأيضية لتجنب إجهاد الحرارة وضرباتها، هذا يخلق حدوداً لمدى النشاط البدني ومخرجات العمل التي يمكن الحفاظ عليها دون فترات راحة، عندما يكون النشاط البدني مرتفعاً في بيئة العمل الحارة، يكون العامل معرضاً لخطر ارتفاع درجة حرارة الجسم الأساسية (فوق 37 درجة مئوية)، وتقلص قدرة العمل البدني، وتقلص القدرة على أداء المهام العقلية، وزيادة خطر الحوادث، وفي نهاية المطاف الإنهاك الحراري أو ضربة شمس، والعامل الرئيسي الكامن وراء هذه التأثيرات هو زيادة درجة حرارة الجسم الأساسية، ولكن الجفاف بسبب التعرق وعدم كفاية تناول السوائل له أهمية كبيرة أيضاً، يمكن أن يكون الإرهاق المصحوب بأعراض والأمراض السريرية، وخاصة أمراض الكلى نتيجة للجفاف المفرط (Kjellstrom et al ,2009 b)

ب- الإجهاد الحراري

يُشير الإجهاد الحراري إلى الاستجابة الفسيولوجية لتبديد الحرارة والحفاظ على درجة حرارة الجسم الأساسية عند 98.6 درجة فهرنهايت (37 درجة مئوية) الناتجة عن التعرض للحرارة الزائدة من البيئة المحيطة خاصة بالعمال الذين يعملون في الهواء الطلق كالمزارعين وعمال البناء، فعندما يكون معدل من إنتاج الحرارة مرتفع مع الظروف البيئية القاسية يزداد الإجهاد

الحراري وإمكانية الإصابة بأمراض الحرارة بشكل كبير، فالعوامل البيئية مثل درجة الحرارة المحيطة، والرطوبة، وحركة الهواء، وتهوية الأماكن الضيقة، والملابس البالية، وانعكاس السطح وامتصاصه، والتعرض المباشر لأشعة الشمس، كلها عوامل تؤثر على الإجهاد الحراري للعامل، فالعديد من هذه العوامل تعمل بشكل مباشر أو غير مباشر لانتقال الحرارة من البيئة إلى الجسم والعكس كذلك، كما حدد الباحثين ستة عوامل أساسية للإجهاد الحراري وهي:

1 - درجة حرارة الهواء المحيط

2 - سرعة الرياح

3 - الرطوبة

4- درجة حرارة مشعة

5 - درجة الحرارة الجسم

6- نوعية الملابس

تشمل استجابات التنظيم الحراري البشرية للإجهاد الحراري ارتفاع معدل ضربات القلب، وتوسع الأوعية الدموية، وزيادة الدورة الدموية في الجلد، والتعرق، ومع استمرار الإجهاد الحراري يؤدي التحول في تدفق الدم إلى الإضرار بالأعضاء الداخلية، كما يسبب التعرق لفترات طويلة إلى استنفاد حجم البلازما مما يؤدي إلى ظهور أعراض مرضية التي يمكن ملاحظته، فيُضعف الجفاف التدريجي عمليات التنظيم الحراري مما يسمح بارتفاع درجة حرارة الجسم الأساسية، ويهدد نظام القلب والأوعية الدموية والجهاز العصبي المركزي واحتمال حدوث فشل في الأعضاء والموت إذا لم يتم الحصول على الرعاية الطبية في الفور.

تختلف كمية الحرارة الناتجة عن النشاط البدني وقدرة الجسم على تبديد الحرارة حسب العوامل الفردية مثل العمر والجنس واللياقة البدنية والتأقلم مع الحرارة والحالة الصحية، ويتم تصنيف مجموعات الأعراض الناتجة عن الحرارة الزائدة وآليات التبديد اللاإرادي للجسم إلى خمسة مراحل وهي: الطفح الحراري، والإغماء الحراري، والتشنجات الحرارية، والإنهاك الحراري، وضربة الشمس، على الرغم من أن هذه الأمراض القابلة للتشخيص ومتباينة مع أعراض أخرى، فقد تظهر على الأفراد هذه الأعراض أو جزء منها قبل التعرض للإجهاد

الحراري، كما قد تختلف الأعراض حسب الفرد وحالة المرض الحراري، ووقت البداية وقد تظهر بعض الأعراض في حالات متعددة



الشكل رقم (05): نموذج للحالات المرضية المرتبطة بالحرارة مع الأعراض المصاحبة لها. فعلى الرغم من الفروق الفردية، فإن العمال من جميع الأعمار معرضون بشكل خاص للإجهاد الحراري عند العمل في الظروف الحارة، فالطفح الجلدي الحراري هو التهاب جلدي ناتج عن انسداد الغدد العرقية، والإغماء الحراري هو فقدان مؤقت للوعي بسبب عدم وصول الدم والأكسجين إلى الدماغ وغالبًا ما يصيب الأشخاص في بداية الموسم الحر أو عند الارتفاع المفاجئ في درجة الحرارة، وتشنجات الحرارة هي تقلصات عضلية مؤلمة ناتجة بشكل عام عن اختلال توازن بعد التعرق الشديد، كما يظهر الإرهاق الحراري على شكل ضعف العضلات، والتعب ومجموعة من الأعراض الأخرى أثناء العمل الشاق في بيئة حارة وجافة، مما يقلل من حجم الدم والدورة الدموية، أما ضربة الشمس فهي النتيجة المميتة في كثير من الأحيان للانهاك الكامل للجسم، وعدم القدرة على التنظيم الحراري، كما قد تتطلب حالات ضربة الشمس غير المميتة فترات تعافي طويلة وتؤدي إلى تلف دائم في الأعضاء،

وتتشابه أعراض مرض الحرارة مع العديد من أعراض التسمم بمبيدات وأمراض التبغ وأمراض الجهاز الهضمي، ومع ذلك يجب أن تستدعي العلامات التي تشير إلى الإرهاق الحراري أو السكتة الدماغية عناية طبية فورية خاصة في الظروف الميدانية قد يتطور الإرهاق الحراري بسرعة إلى سكتة دماغية إذا لم يتم علاجه (Jackson & Rosenberg, 2010)، كما يشير كوناو ويغول (1925) إلى العلاقة بين طول مدة العمل الممكنة والمسموح بها تحت الحر والرطوبة لعمل عضلي ثقيل بقيمة 450 كيلو ساعة/ساعة.

الجدول رقم (16): يوضح مدة العمل المسموح بها وعلاقتها بدرجة الحرارة.

درجة حرارة الرطوبة (C°)	مدة العمل المطلوبة (د)
30	140
32	90
34	65
36	50
38	39
40	30
42	22

(مباركي، 2004، ص130)

ج- تأثيرات الحرارة المنخفضة:

أن جسم الإنسان لا يستطيع أن يصمد طويلاً في مواجهة البرد القارس الذي يسبب أضراراً عميقة في الخلايا والأعضاء والسوائل المحيطة بها مما يعطل وظائفها، ومنها أيضاً أن بعض الكريات الدموية قد تتجمد ضمن الشرايين والأوردة فندها مسببة موت الأنسجة والأعضاء التي كانت ترونها هذه الشرايين أو الأوردة، وقد يؤدي تجمد الخلايا والسوائل في البدن إلى تشكيل مركبات عضوية ضارة تزيد الحالة سوءاً، ولهذه الأسباب يجب أخذ الاحتياطات اللازمة عند التعرض للبرد، كارتداء الملابس السمكية وعدم التعرض المفاجئ للبرد، ونذكر فيما يلي أهم الأمراض التي يمكن أن تتجم عن التعرض للبرد:

- **قرصة الصقيع:** وهي من أخف الأضرار التي يمكن أن يسببها التعرض للبرد، وتصيب الأجزاء البارزة من الجسم كالخدين والأذنين والقدمين واليدين والأصابع وأرنبة الأنف، وتقتصر أعراضها على الشحوب والألم، وأحياناً الازرقاق بسبب تباطؤ الدورة الدموية في العضو المصاب، ويمكن تجنب حدوث قرصه الصقيع بلبس القفازات الصوفية وتغطية الرأس بغطاء صوفي سميك، مع ارتداء الألبسة المناسبة، ولا تتطلب قرصة الصقيع معالجات

خاصة، بل يكفي تدفئة العضو البارد بالتدليك ثم تغطيته جيداً إن كان من الأعضاء التي تكشف عادة.

- **عضة الصقيع:** وهي أشد خطراً من قرصة الصقيع، لأنها كثيراً ما تسبب تلفاً في العروق الدموية نتيجة تجمد الدم فيها، ومن حسن الحظ أن الدم هذا يمكن أن يتراجع إذا ما عولجت الحالة مبكراً علماً بأن معظم الحالات لا يكفي لعلاجها تدفئة العضو المصاب وحده بل لا بد من تدفئة الجسم كله لكي يستعيد درجة حرارته الطبيعية، ثم نبدأ بتدفئة العضو المصاب باستخدام ماء دافئ (درجة حرارته 10، 15°) ترفع درجة حرارته بمعدل (5°) كل خمس دقائق، حتى تصبح (40°) وبهذا يستعيد الطرف دفأه، وقد تظهر في بعض الحالات فقاعات جلدية بسبب انفصال البشرة عن الأدمة وتراكم السائل المصلي بينهما وفي هذه الحال يلزم فتح هذه الفقاعات، وتطهير الجلد جيداً يومياً، وقد تترك عضة الصقيع بعد الشفاء أعراضاً تزعج المريض بين الحين والآخر، ومنها زيادة التعرق والألم في الطرف الذي أصيب، وتغير لون الجلد، وربما بعض الآلام في مفاصل، وتظهر هذه الأعراض كلما تعرض للبرد (كنعان، 1996، ص73).

الجدول رقم (17): درجة الحرارة والمدة التعرض المسموح بها

مدة التعرض المسموح بها	درجة حرارة (C°)
لا توجد مدة قصوى طالما العامل سليم ويرتدي ملابس واقية وملائمة	(01 -) - (18 -)
الوقت الكلي للتعرض لا يتعدى 04 ساعات بالتناوب (ساعة عمل يقابلها ساعة راحة).	(19 -) - (35 -)
مجموع ساعات العمل اليومي لا يتعدى ساعة واحدة على فترتين، منها نصف ساعة عمل بفواصل أربعة ساعات راحة	(36 -) - (57 -)
الوقت الكلي للتعرض باليوم خمس دقائق فقط مع ملابس واقية خاص	(58 -) - (74 -)

(كحلوش، 2014، ص55)

3-2-6 طرق الوقاية من الحرارة:

كانت هناك دراسات المكثفة في البيئات مختلفة لتوفير إرشادات تنطبق على أماكن العمل حيث تم وضع ثلاث استراتيجيات أساسية لتقليل الضرر الناجم عن ارتفاع الحرارة هي:

- تقليل اكتساب حرارة الجسم.

- تسهيل إطلاق الحرارة.

- تعويض فقدان السوائل والوظائف في استجابة الجسم للإلزامية للإجهاد الحراري، أي تجديد الماء المفقود كالعرق والاستجابة لأعراض الإجهاد الحراري في مرحلة مبكرة.

عادة ما تقيد طبيعة وظروف الوظائف قدرة العمال على إتباع بعض التوصيات للحفاظ على توازن صحي لاكتساب الحرارة وفقدانها، مثل تجنب التعرض لأشعة الشمس، وتقليل مستوى الجهد مع زيادة فترات الراحة في الطقس الحار، كما يمكن لمديري المشاريع الذين لهم دراية للتأثيرات الفسيولوجية للحرارة مساعدة العمال على تقليل اكتساب الحرارة وتسهيل إطلاق الحرارة من خلال الوسائل الإدارية والهندسية التالية:

- تثقيف المشرفين الميدانيين والعمال حول فسيولوجيا الإجهاد الحراري، والتعرف على الأعراض، وعند الحاجة إلى العلاج الطبي العاجل.

- مراقبة الظروف البيئية من خلال استخدام مؤشرات الإجهاد الحراري، وتوفير تنبيهات الحرارة، وتعديل المهام ومعايير الأداء بناءً على الظروف المحلية

- تعديل وتيرة وطول فترة الراحة بما يتوافق مع مؤشرات الإجهاد الحراري

- تعديل الأدوات أو المعدات أو العمليات لتقليل من جهد العمال

- تصميم مهام العمل لخط العمل الثقيل والخفيف

- تحديد العمال غير المتأقلمين وتكليفهم بمهام أقل جهداً مع زيادة أعباء العمل تدريجياً

- جدولة المزيد من المهام الشاقة لساعات أكثر برودة

- تأثيث العمل بمحطات الراحة التي يمكن الوصول إليها من قبل جميع العمال

المعرضين للإجهاد الحراري

- توريد رذاذات أو مراوح أو غيرها من الأجهزة التي تساعد على التبريد

- توفير المياه و"المشروبات الرياضية" وتشجيع كثرة الاستهلاك

- وضع خطط طوارئ للعلاج الطبي العاجل

يعتبر الشرب في وقت مبكر وفي كثير من الأحيان، وليس مجرد استجابة للعطش، أمرًا ضروريًا للسيطرة على الإجهاد الحراري. تقع على عاتق صاحب العمل مسؤولية تشجيع العمال على الشرب بشكل كافٍ للحفاظ على الماء، وضمان توافر المياه، وتسهيل وصول العمال، وتوفير فترات راحة منتظمة لمدة مناسبة لظروف العمل، ومراقبة العمال بحثًا عن علامات الإصابة بأمراض الحرارة. يمكن للعمال أن يساعدوا أنفسهم عن طريق الشرب وتناول الطعام بانتظام لتعويض السوائل والشوارد المفقودة وارتداء الملابس ذات الألوان الفاتحة بالإضافة إلى مراقبة أنفسهم وزملائهم في العمل بحثًا عن أعراض الإجهاد الحراري. يجب أن يحصل العاملون الذين يعانون من أعراض على مساعدة فورية من المشرف أو زملاء العمل فقد يفقد العامل كل القدرة على المساعدة الذاتية في المراحل المتأخرة من مرض الحر (Jackson & Rosenberg, 2010)

كما أن بدأ العلاج دون تأخير عند تعرض لضربة الشمس يساعد على تخفيض معدل الوفيات العامة للأمراض المرتبطة بالحرارة، إذا يجب على أي شخص يشتبه في إصابته بمرض متعلق بالحرارة أن يتوقف على الفور عن النشاط وينتقل إلى منطقة مظلمة أو داخلية باردة، كما يجب إزالة الملابس أو المعدات الزائدة، كما يجب أن يؤدي ارتفاع الحرارة مع تغير الحالة العقلية إلى الشك في الإصابة بضربة الشمس، كما يوضح الجدول التالي أنواع الأمراض المرتبطة بالحرارة مع التركيز على الأعراض وتوصيات العلاج.

الجدول رقم (18): أنواع أمراض الحرارة وأعراضها وعلاجها.

الاستجابات الفسيولوجية	العلاج	الأعراض	الأمراض	درجة الخطورة
توسع الأوعية الجلدي، تسرب الأوعية الدموية مما يؤدي إلى زيادة السائل النسيجي	تحرك من الحرارة، ورفع الأطراف السفلية ؛	تورم الأطراف، احمرار الوجه من حين لآخر	الوذمة الحرارية	خفيف
الإفراط في استخدام العضلات، فرط النشاط العصبي العضلي، استنفاد السوائل والكهارل	الانتقال من الحرارة، والراحة، ورفع الساق، والتمدد، والتدليك، وإكثار من شرب السوائل	تشنجات عضلية، بشرة رطبة وباردة، درجة حرارة الجسم طبيعية	تشنجات العضلات (تقلصات حرارية)	

<p>توسع الأوعية الجلدية مع انسداد القنوات العرقية مع إمكانية التعرض إلى العدوى الثانوية</p>	<p>قم بإزالة الملابس، والتبريد، وتجنب الفطريات الموضعية</p>	<p>ظهور بثرات حمراء خاصة على الرقبة والأطراف العلوية والجذع والأربية</p>	<p>الطفح الجلدي الحراري</p>	
<p>توسع الأوعية المحيطية العميق، ونضوب الحجم، وانخفاض الحركة الوعائية، وانخفاض في العودة الوريدية والإغماء</p>	<p>الاستراحة في وضع الاستلقاء، ورفع الساقين، وشرب السوائل بكثرة؛ يجب أن يؤدي التعافي المطول أو عوامل الخطر القلبية الكبيرة إلى مزيد من التقييم</p>	<p>الدوار، والدوخة، وفقدان مؤقت للوعي فور توقف النشاط</p>	<p>الانهيار والإغماء الحراري</p>	
<p>ضعف خفيف في التنظيم الحراري، ونقص حجم الدم مع تضيق الأوعية الحشوية وانخفاض ضغط الدم، والخلل الوظيفي للعديد من الأعضاء</p>	<p>استراحة في وضع الاستلقاء، ورفع الساقين تشرب السوائل بشكل كبير</p>	<p>العطش، والصداع، والإرهاق، وعدم انتظام دقات القلب، والضعف، والترنح، والإغماء، والغثيان، والقىء، والإسهال، وبرودة الجلد ورطب، ودرجة الحرارة الأساسية 101 درجة إلى 104 درجة فهرنهايت (38.3 درجة إلى 40 درجة مئوية)</p>	<p>الإنهاك الحراري</p>	<p>معتدل</p>

ضعف شديد في التنظيم الحراري يؤدي إلى تسرب السموم الداخلية، وتعرض الأجهزة المختلفة إلى الالتهاب، وموت الخلايا المبرمج الخلوي، واختلال وظائف الأعضاء المتعددة	الغمر في الماء البارد/ المثلج، ومعالجة الجفاف عن طريق الوريد. دخول المستشفى	تغير الحالة العقلية، والنوبات الغيبوبة، عدم انتظام دقات القلب، انخفاض ضغط الدم، فرط التنفس، التعرق (قد يكون الجلد رطباً أو جافاً في وقت الانهيار)، درجة الحرارة الأساسية \leq 105 درجة فهرنهايت (40.5 درجة مئوية)	ضربة شمس	شديدة
---	---	---	----------	-------

(Gauer & Meyers , 2019)

وتكون الوقاية من الأمراض المرتبطة بالحرارة أكثر فاعلية عندما تلتزم الإدارة بتحديد وتقليل التعرض لمخاطر الإجهاد الحراري (أي مخاطر الحرارة)، حيث يجب أن يحدد برنامج الوقاية من الأمراض المرتبطة بالحرارة ما إذا كان العمال معرضين لخطر الحرارة بناءً على الظروف البيئية مثل درجة الحرارة الطقس والرطوبة، والملابس، وعبء العمل، كما يجب أن يتضمن برنامج الوقاية أيضاً سياسات/ إجراءات للتحكم في مخاطر الحرارة.

كما وضع المؤتمر الأمريكي لخبراء الصحة الصناعية الحكوميين إرشادات للحفاظ على درجة حرارة الجسم الأساسية ألا تتجاوز درجة واحدة مئوية من المعدل الطبيعي (37 درجة مئوية أو 98.6 فهرنهايت لمعظم الناس) حيث اهتم بالوقت الذي قد يتعرض فيه العمال للإجهاد الحراري، ويتضمن برامج الوقاية من الأمراض المرتبطة بالحرارة سياسات لاستخدام هذه الإرشادات لتنفيذ الضوابط البيئية، وتخطيط جداول العمل، واستخدام معدات الحماية الشخصية.

الطريقة الأكثر فعالية للوقاية من الأمراض والوفيات المرتبطة بالحرارة هي تقليل الإجهاد الحراري في مكان العمل (على سبيل المثال، زيادة حركة الهواء، وخفض درجة الحرارة، وتقليل الرطوبة، وحماية العمال من الإشعاع الشمسي أو مصادر الحرارة الأخرى)، فيما يلي بعض الضوابط الهندسية التي قد تقلل من الإجهاد الحراري:

- استخدم مكيف الهواء
- زيادة التهوية العامة
- توفير مراوح تبريد
- استخدم الدروع العاكسة لمنع الحرارة المشعة
- عزل الأسطح الساخنة (مثل جدران الفرن)
- توقف عن تسريب البخار
- توفير مظلات لمواقع العمل الخارجية

عندما لا تكون الضوابط الهندسية كافية للحفاظ على تعرض العمال للحرارة، فإن الضوابط الإدارية هي طريقة أخرى لمنع ارتفاع درجة حرارة الجسم الأساسية للعامل، تتضمن بعض الضوابط الإدارية التي قد تقلل من الإجهاد الحراري ما يلي:

- إعداد برنامج عمل يساعد على تأقلم العمال مع الحرارة البسيطة
- تحديد مواعيد للعمل في وقت مبكر أو متأخر من اليوم
- استخدام جداول العمل باعتماد فترات الراحة
- الحد من العمل الشاق

عندما لا تكون الضوابط الهندسية والإدارية كافية، فإن معدات الحماية الشخصية هي وسيلة لتوفير الحماية التكميلية تشمل معدات الحماية الشخصية التي يمكن أن تقلل من الإجهاد الحراري ما يلي:

- بدلات الحماية من النار
- الملابس المبردة بالماء
- الملابس المبردة بالهواء
- سترات التبريد
- الملابس المبللة الزائدة
- قبعات شمسية
- الملابس ذات الألوان الفاتحة
- كريم واقى من الشمس

يجب أن يشمل برنامج الوقاية من الأمراض المرتبطة بالحرارة على برنامج تأقلم العمال، وبرنامج تنبيه الحرارة، وبرنامج المراقبة الطبية، يجب أيضا إنشاء برنامج تدريبي فعال

يتضمن كيفية التعرف على أعراض الأمراض المرتبطة بالحرارة وماذا تفعل عندما يكون هناك مرض طارئ متعلق بالحرارة، كما تدرك منظمة الصحة والسلامة المهنية أنه قد لا يكون من الممكن دائمًا تنفيذ جميع العناصر في جميع أماكن العمل، ومع ذلك فإن تنفيذ أكبر عدد ممكن من العناصر سيجعل البرنامج فعالاً قدر الإمكان (OSHA, 2017).

تصف القائمة التالية بإيجاز العديد من العناصر الحاسمة في برنامج الوقاية من الأمراض المرتبطة بالحرارة.

أ- برنامج التأقلم:

لتقليل تأثير الإجهاد الحراري على درجة حرارة الجسم الأساسية، يجب على أصحاب العمل استخدام برنامج منظم لمساعدة العمال على التكيف مع العمل في الحرارة. يعمل برنامج التأقلم الحراري الفعال على زيادة الوقت كل يوم، خلال فترة تتراوح من 7 إلى 14 يومًا يتعرض فيها العامل غير المتأقلم للإجهاد الحراري أثناء قيام العامل بأنشطة العمل العادية، أيضًا، قد يحتاج العمال المتأقلمون الذين لم يتعرضوا للإجهاد الحراري لمدة أسبوع أو أكثر إلى بعض الوقت لإعادة التأقلم - عادةً يومين أو ثلاثة أيام.

ب- برنامج المراقبة الطبية:

في إطار الوقاية من الأمراض المرتبطة بالحرارة يتم إنشاء برنامج المراقبة الطبية للنظر في الاحتياجات الفردية للعمال للتأكد من أن درجة حرارة أجسامهم الأساسية لا تصل إلى مستويات غير آمنة وللتعرف المبكر على العلامات التي تشير إلى أنهم يعانون من أمراض مرتبطة بالحرارة يجب أن يشمل هذا البرنامج التقييمات الطبية الدورية، بالإضافة إلى خطة لمراقبة صحة العمال (درجة الحرارة الأساسية، والنبض، و/ أو ضغط الدم) أثناء العمل.

ج- برنامج التدريب:

يعد التدريب المحدد للوقاية من أمراض الحرارة أمرًا مهمًا لضمان استعداد المشرفين والعاملين للعمل بأمان في البيئات الحارة، ويجب أن يتضمن التدريب معلومات حول التعرف على أعراض المرض المرتبطة بالحرارة، ودرجة الرطوبة المناسب، كشرب كوب واحد من الماء أو سوائل أخرى كل 15-20 دقيقة، والعناية بالملابس والمعدات الواقية من الحرارة واستخدامها والعوامل الأخرى التي تؤثر على تحمل الحرارة (مثل الأدوية والكحول والسمنة وما إلى ذلك)، وكيفية التأقلم والإبلاغ عن الأعراض وكيفية تقديم الإسعافات الأولية المناسبة، بالإضافة إلى ذلك يجب أن يتلقى المشرفون أيضًا تدريبًا مناسبًا حول كيفية مراقبة

تقارير الطقس وإرشادات الطقس، بالإضافة إلى كيفية استخدام مؤشر الحرارة لاتخاذ قرارات بشأن التدابير الوقائية.

يتضمن برنامج التدريب الفعال دعمًا من متخصص في السلامة والصحة من ذوي الخبرة، وتوعية المشرف الأول وتدريبه أمرًا بالغ الأهمية لضمان تنفيذ برنامج الوقاية من الأمراض المرتبطة بالحرارة بشكل فعال (OSHA, 2017)

3-3 الإضاءة

تعتبر الإضاءة شرط أساسي لأي مكان عمل حيث تكون الإضاءة في مكان العمل طبيعية أو اصطناعية ولكن غالبًا ما تكون الإضاءة الطبيعية غير مستقرة وتختلف باختلاف ظروف الطقس والموسم والمسافة بين النوافذ على خلاف الإضاءة الاصطناعية التي يمكن التحكم فيها، فتعمل الإضاءة بأشكالها المختلفة على توفير رؤية واضحة لبيئة العمل والتعرف على كل مكوناتها، كما تساعدنا على تقليل من الإجهاد البصري وتوفير الراحة البصرية للعامل، كما تؤثر الإضاءة السيئة على أداء العمال وصحتهم فتسبب ضعف الرؤية إلى زيادة حدوث الأخطاء كما تؤدي إلى الإجهاد العضلي (OSHC, 2003)

3-3-1 تعريف الإضاءة

الضوء جزء من الطيف الكهرومغناطيسي، والذي يحتوي على الموجات الكونية وأشعة جاما وأشعة إكس والأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء، وتترك العين الطيف ما بين 4.000 انجسترم، والذي يمثل اللون البنفسجي إلى 7.000 انجسترم ويمثل اللون الأحمر كذلك، وتؤثر الموجات الكهرومغناطيسية ذات الأطوال الموجية الأدنى من 4.000 انجسترم والتي تمثل الأشعة فوق البنفسجية على الأنسجة والمواد العضوية، وكلما قصر الطول الموجي زاد التأثير، وتولد الموجات الأعلى من 7.000 انجسترم، التي التعبير عن الأشعة تحت الحمراء بالحرارة، والتي يعتبر مصدرها الأساسي أشعة الشمس المباشرة، فتؤدي بدورها إلى ارتفاع درجة حرارة الفراغ في حالة اختراق ضوء الشمس المباشر (عبد المطلب وآخرون، 2009، ص 19)

	4000	5000	6000	7000			
الأشعة الضارة للجسم	البنفسجي	الأزرق	الأخضر	الأصفر	البرتقالي	الأحمر	الأشعة مسببة للحرارة
الأشعة فوق البنفسجية		الضوء				الأشعة تحت الحمراء	

الشكل رقم (06): تحليل الطيف الكهرومغناطيسي إلى موجات غير مرئية والظيف الضوئي المرئي (عبد المطلب وآخرون، 2009، ص19)

الضوء هو ذلك الجزء من الطيف الكهرومغناطيسي الذي تدركه أعيننا، ويتراوح طول الموجة بين 380 و780 نانو متر، كما انه المجال الذي يسمح لنا برؤية الألوان، كما تشير الإضاءة إلى مستوى الضوء الساطع على سطح ما. (The Lighting Handbook,2018)

3-3-2 أنواع الإضاءة:

تستعمل عادة في إضاءة أماكن العمل نوعين من الإضاءة، الطبيعية الناتجة عن الشمس والتي تعرف تغيرات خلال اليوم حيث يتغير لونها، والإضاءة الاصطناعية بمختلف المصابيح، وكثيرا ما يستعمل النوعين معا وتسمى الإضاءة المختلطة (المزدوجة) (كحلوش، 2014، ص76).

أ- الإضاءة الطبيعية:

عرف بأنها مصادر الإنارة الموجودة في الطبيعة دون تدخل الإنسان، فهي وجدت منذ أن أوجد الله الخلق كالشمس التي تعتبر المصدر الأول والرئيسي لإنارة الكرة الأرضية، وضوؤها عبارة عن عدد من الموجات الكهرومغناطيسية والأشعة اللونية التي تتراوح من الأحمر إلى البنفسجي أو ما يسمى بألوان قوس قزح، كما يشكل قرص الشمس المصدر الأول للضوء خلال ساعات النهار، إذ أن 44% من الطاقة الشمسية الواصلة إلى الأرض مرئية، كما أن القمر يعتبر من المصادر الطبيعية للإضاءة، وهو جسم مضاء ومضيء يستمد نوره من أشعة الشمس (مدثر، 2018، ص8).

تعد الإضاءة الطبيعية عنصرا ضروريا لحياة الإنسان فهي تساعد في تهيئة المناخ الصحي المناسب له، فالإضاءة الصحية الجيدة التي تفي بمتطلبات الإنسان المختلفة فتحسن من حالته الصحية والنفسية وتؤول بالتالي إلى الزيادة في الأداء والإنتاجية، كما أن الإضاءة الغير

صحية من أهم العوامل التي تسبب الشيخوخة المبكرة للإنسان وتشعره بالإرهاق والضعف وتكون سببا في إصابته لكثير من الأمراض، بالإضافة إلى إن الإضاءة الطبيعية لكونها متغيرة في الشدة والألوان ضرورية للحفاظ على ذكاء الإنسان وتكيفه مع المكان الذي يعيش فيه، عكس الإضاءة الصناعية الثابتة التي تصيب الإنسان بالملل والتبليد، كما إن استخدام الإضاءة الطبيعية يساعد على ترشيد الطاقة المستنفذة في الإضاءة الصناعية خلال فترة النهار والعكس ذلك في تقليل نسبة التلوث البيئي، وفي ظل ذلك تم وضع مجموعة من القوانين في العديد من الدول لوضع المحددات الخاصة التي تؤثر تأثير مباشر على الإضاءة الطبيعية منها ارتفاعات المباني وعلاقتها بعروض الطرق المطلة عليها والبروزات المسموح بها من أبراج، وكذلك مساحة الأفنية السكنية وأفنية المرافق طبقا لهذه الارتفاعات، وبالإضافة لذلك محددات المساحات للغرف السكنية والخدمات وربط نسبة مساحة الفتحات الخاصة بالإضاءة، وقد طرأ العديد من المتغيرات على قانون في الحقبة الزمنية الماضية فيما يخص حدود الارتفاعات ومساحات السكنية التي تؤثر على شدة الإضاءة الطبيعية داخل الفراغات (الحديدي، دت، ص2)، كما يذكر عبيد (2015) مجموعة من المميزات للإضاءة الطبيعية وهي:

- الإضاءة الطبيعية توفر الراحة البصرية والنفسية للإنسان وتبث النشاط والحيوية.
- انعكاساتها غير مزعجة وظلالها مقبولة، حيث تركيبة الضوء والظل وتوافقها مع المبنى بوحداته وفتحاته يعكس إحساس بالتجانس والوحدة.

- تتدرج الإضاءة الطبيعية على مدى ساعات النهار بما يتأقلم مع العين البشرية وتراوح درجة الإضاءة الطبيعية الواقعة على السطوح الأفقية في الأماكن المكشوفة عادة بين 0.0005 لكس في الليلة المظلمة (الغير قمرية)، و 0.3 لكس في الليلة القمرية التامة البدر، و 100000 لكس تقريبا تحت أشعة الشمس المباشرة، بحيث تعتبر الكس كلمة لاتينية وهي وحدة شدة الضوء في نظام الوحدات الدولي ويعبر عنها بالرمز " Lux "

- عنصر موفر للطاقة ومجاني

- أفضل مصدر في إظهار الألوان بقوتها وجودتها وتعطى إحساس بالوضوح والرؤية الشاملة للمكان (الغرباوي، 2019، ص19)

ب- الإضاءة الصناعية:

يشير خلفان (2010) أن الإضاءة الاصطناعية تتم بفضل مصادر ضوئية مرئية منها الإضاءة بالاحتراق كاحتراق الزيت النباتي، والإضاءة باستعمال الشمع وزيت البترول، الإضاءة الغاز... الخ، وهي أنواع عديمة الاستعمال في يومنا هذا بحيث لا يتم اللجوء إليها إلا في حالات نادرة، وتبقى الإضاءة الكهربائية النوع المستعمل بالدرجة الأولى في جميع المجالات بالأخص في المجال الصناعي، فهي تعمل باختلاف أنواعها في إضاءة المكاتب، للمخازن، الورشات... وكل مراكز العمل بشرط أن تضمن الإضاءة المناسبة لكل مهمة، وأن يتفادى الانبهار الذي قد ينتج عن الرؤية المباشرة لمصادر الضوء وارتفاع تباين التتوير في مجال الرؤية (حمدادة، 2017، ص 61)

وتعد مستويات الإضاءة المناسبة والمتوازنة ضرورية لتهيئة ظروف عمل آمنة ومنتجة، ولتقليل الشكاوي بسبب الإضاءة المتدنية، يتطلب تحسين الإضاءة المكتبية والصناعية النظر في مهام العمل والظروف البيئية والاعتبارات الاقتصادية، كما تشمل دقة أكبر في الإنتاجية، وتحسين السلامة والأمن، وتحسين الروح المعنوية، ويتطلب مسح الإضاءة الكامل تقييم عدة عوامل وهي: المهمة، وبيئة العمل، وكمية الإضاءة وجودتها، ويلزم وجود إضاءة مناسبة للغرف والمباني ومناطق العمل خلال وقت الاستخدام حيث تشمل العوامل المستخدمة للتحكم في كفاية وفعالية الإضاءة ما يلي:

- كمية الضوء

تعتمد الكمية المطلوبة من الضوء (الإضاءة) في الغالب على نوع المهمة، والوقت المخصص لأداء المهمة، والعامل، يتم تقديم مستويات الإضاءة الموصى بها في الجدول أدناه حسب المركز الكندي للصحة والسلامة المهنية.

الجدول رقم (19): مستويات الإضاءة الموصى بها

مستويات الإضاءة (Lux)	نوع المهام
500 - 200	أداء المهام بصرية ذات تركيز بسيط
1000 - 500	أداء مهام بصرية تركيز متوسطة وتركيز متوسط
5000 - 1000	أداء المهام المرئية ذات تركيز كبير وتركيز كبير ودقيق

(saif, 2018)

وتعد المعايير الحالية لتحديد ما يكفي من الإضاءة هي المتوسط الموصى بها والحد الأدنى من الإضاءة المقاسة والمنشورة في الملاحظات الإرشادية للصحة والسلامة والبيئة وان الإضاءة في العمل تعبر عن تدفق الضوء أو "الإضاءة" بمعنى كمية الضوء المنبعثة من مصدر الضوء مثل الشريط الفلورسنت أو اللمبات العادية، ويتم القياس لمتوسط الإضاءة الناتجة عن كافة المصابيح المستخدمة والموضحة في الجدول التالي:

الجدول رقم (20): متوسط الإضاءة والحد الأدنى المقاس لأنواع مختلفة من العمل

الحد الأدنى (Lux)	متوسط الإضاءة (Lux)	نوع العمل	النشاط العام
5	20	مواقف اللوري والممرات وطرق التداول	حركة الناس والآلات والمركبات
20	50	مواقع الحفر والتخليص وأعمال التربة، الأحواض، أماكن التحميل، ومصانع التعبئة والتعليب	حركة الناس والآلات والمركبات في المناطق الخطرة، والعمل لا يتطلب أي تصور للتفاصيل
50	100	مطابخ، مصانع، تجميع الأجزاء الكبيرة، وصناعة الأواني الفخارية	العمل الذي يتطلب تصور محدود للتفاصيل
100	200	المكاتب، أعمال الصفائح المعدنية، تجليد الكتب	العمل المطلوب منه إدراك التفاصيل
200	500	مكاتب الرسم، مصانع تجميع المكونات الإلكترونية، إنتاج المنسوجات	لعمل المطلوب منه إدراك التفاصيل الدقيقة

كما تعتبر إضاءة منطقة العمل والمناطق المجاورة مهمة، فقد تؤدي الاختلافات الكبيرة بينهما إلى عدم الراحة البصرية أو حتى التأثير على السلامة في الأماكن التي تحدث فيها حركة متكررة، وتتسبب هذه المشكلة في معظم الأحيان عندما يتعرض الشخص الموجود في حيز الإضاءة لفترة طويلة للضوء، أو حيث تكون هناك حركة بين المناطق الداخلية والخارجية في مكان العمل تُعرض الشخص للتغيرات المفاجئة في الإضاءة

الجدول رقم (21): نسب الإضاءة القصوى

نسبة إضاءة المنطقة المجاور	نسبة إضاءة منطقة العمل	الموقع	حالات التطبيق الموصى بها الموقع
01	05	الإضاءة في مكتب	يتم إضاءة كل مهمة بشكل فردي وتضيء المنطقة المحيطة بالمهمة بالحد الأدنى للإضاءة
01	05	الإضاءة في مخزن الأعمال	مناطق العمل المتاخمة، ولكن إضاءة مكان تكون أقل إضاءة من الآخر
01	10	منطقة تخزين داخل مصنع وممر التحميل خارج المكان	إضاءة مناطق العمل إضاءة مختلفة، يفصلها حاجز ولكن هناك حركة متكررة بينهما

كما تم تحديد مستويات الإضاءة الموصى بها حسب الجدول التالي:

الجدول رقم (22): مستويات الإضاءة الموصى بها مقاسه بوحدة اللكس.

مستوى إضاءة (Lux)	الموقع
500	المكاتب العامة
500 - 300	محطات الكمبيوتر
500	غرف الاجتماعات، المكاتب التنفيذية
500	غرف الحاسوب وإعداد البيانات
300	غرفة الإيداع
500	مكاتب الإدارة
300	منطقة المكاتب والنوافذ
100	الفنادق
200 - 50	قاعات الدخول
300	مكتب الاستقبال والصرافين، والشياطين
100	المقاهي وغرف الطعام والمطاعم والصالات
100 - 50	غرف النوم، والأمتعة
150	غرف نوم
100	حمامات
500	محلات البيع بالتجزئة

500	منافذ البيع بالتجزئة الصغيرة
1000	محلات البقالة والخضروات
700 - 500	صالات العرض
300 - 50	الممرات المغطاة والمراكز التجارية

(شهدى، 2016، ص 289)

- جودة الإضاءة:

يعتبر التعرف على كمية الضوء مهمة، كما ان العوامل التي تؤثر على جودة الضوء لها تأثير كبير، حيث تشمل هذه العوامل الوميض والوهج.

يشير الوميض (وميض الضوء) إلى تغيرات سريعة والمتكررة في شدة الضوء، حيث الضوء يبدو وكأنه يرتجف ويكون غير مستقر، على الرغم من أن الأضواء تومض وتنطفئ بسبب التيار المتردد فإن معدل الوميض يكون عادةً سريعاً جداً بحيث لا يمكن اكتشافه، يعد الوميض مشكلة أكثر شيوعاً في الإضاءة خاصة بالنسبة للأضواء القديمة، كما أن العين البشرية تستطيع رؤية وميض ضوء واكتشافه، مما يؤدي هذا إلى شكوى من الصداع وإجهاد العين وعدم الراحة العامة للعين، كما توصلت الدراسات عددًا أقل من الشكاوي من إجهاد العين والصداع مع زيادة استخدام الإضاءة الطبيعية، وتتضمن الخطوات الأخرى لتقليل الوميض ما يلي:

- استبدال المصابيح بشكل روتيني، لأن المصابيح القديمة أكثر عرضة للوميض وقد تصدر ضوءاً أقل.

- التأكد من أن مصابيح الإنارة، خاصة ذات الكوابح الكهربائية تعمل بشكل صحيح.

- ترقية إضاءة الفلوريسنت إلى تلك التي تستخدم كوابح إلكترونية. (saif, 2018)

كما ينتج الوهج من تأثير الضوء الذي يسبب ضعف الرؤية أو الانزعاج، ويظهر عندما تكون أجزاء من المجال البصري مشرقة بشكل مفرط مقارنة مع المحيط العام، والوهج في أشكاله المختلفة، يمكن أن يكون عاملاً مساهماً في الحوادث يمكن تحديد الوهج في ثلاثة أشكال:

• وهج الإعاقة: يؤدي إلى تعطيل الرؤية الناجمة عن مصابيح عارية دون عواكس متجهة مباشرة في اتجاه البصر.

• الوهج الغير مناسب: يؤدي عدم الراحة البصرية الناجمة أساسا عن الكثير من التباين بين السطوح الأشياء وخلفيتها.

• وهج الانعكاس: حيث انعكاس مصادر الضوء الساطع على الأسطح الرطبة أو اللامعة، مثل المعدن المطلي أو الزجاج والذي يمكن أن يخفي التفاصيل. (شهدى، 2016، ص289)، كما يمكن اتخاذ مجموعة من التدابير الوقائية لتقليل من الوهج وهي:

- وجود عدة أضواء صغيرة بدلاً من واحدة كبيرة
- الحفاظ على الإضاءة عند المستويات الموصى بها
- تحديد مواضع الإضاءة على أسطح العمل وشاشات الكمبيوتر لتقليل الضوء الذي ينعكس على العين.

- تحديد موقع منطقة العمل بحيث تكون النوافذ والمصابيح موازية لخط الرؤية

- الحفاظ على الأسطح خالية من اللعان قدر الإمكان (الدهانات غير اللامعة، والأسطح غير العاكسة، وما إلى ذلك)

- نقل الأشياء اللامعة بعيداً عن مناطق العمل. (saif, 2018, p4)

- توزيع الإضاءة:

تعتبر الطريقة التي يتم توزيع الضوء أو تحديد انتشاره سمة هامة من سمات تصميم نظام الإضاءة. وتصنف المعايير القياسية البريطانية وحدات الضوء وفقاً لطريقة توزيع الضوء حيث يكون الكود BZ 01 معبراً عن أن كل الضوء موجهها لأسفل في عمود ضيق إلى الكود BZ 10 وفيه يكون الضوء مشتتاً في كل الاتجاهات، حيث يكتسب ذلك أهمية خاصة فقد يكون من الضروري توجيه الضوء على مناطق الخطر ومواضع يمكن أن ينجم فيها مخاطر من الآلات والمعدات. (شهدى، 2016، ص290)

ج- الإضاءة المختلطة

يشير خلفان (1996) إلى أن الإضاءة المختلطة تجمع بين الإضاءة الطبيعية والاصطناعية، ويتم توزيع الضوء فيها بشكل متساوي بين السقف وسطح العمل، حيث تتراوح نسبة التدفق الضوئي ما بين (40%) إلى (60%)، يتميز هذا النوع من الإضاءة بكونه لا يحتوى على تباين التنوير متعب، ويتكوينه لظل لطيف، ويمكن استعماله مع بعض المصادر المباشرة في المكاتب والدكاكين (كحلوش، 2014، ص79)

- التوصيات الدولية لمستوى الإضاءة:

كانت التوصيات الخاصة بقوة الضوء تتراوح ما بين 10 إلى 50 Lux، وذلك إلى غاية الأربعينيات من هذا القرن، وبعد ذلك بدأت هذه القيم تتزايد كنتيجة للكفاية العالية للمصابيح اللاصقة أو الفطورية من جهة، ومن جهة أخرى كنتيجة للأداء الجيد تحت الإضاءة الأكثر قوة، وقوة الضوء ليست إلا عاملا واحدا في خضم عملية الإضاءة ككل، فمنذ 1960 بدأ التركيز على عوامل أخرى خاصة في اختبارات البصر كتلك التي ركز عليها Blackwell في اختبار البصر كإضاءة المحيط وحجم الشيء والانعكاسه وسرعة الإدراك، وعلى أساس هذه الدراسات وغيرها تشكلت معايير للإضاءة، أشهرها "معايير الجمعية الأمريكية لهندسة الإضاءة (I.E.S.)"، ومعايير الإضاءة الألماني (DIN)، كمثال عن معايير الإضاءة في أوروبا كما هو موضح في الجدول مع ملاحظة تلك الاختلافات الموجودة بين المعيارين، التي يجب أخذها في الاعتبار أثناء تصميم الأعمال وأماكن العمل.

الجدول رقم (23): مقاييس الإضاءة بالنسبة لبعض المهام طبقا للمعيارين الأمريكي والألماني

نوع المهام	المعيار الأمريكي (I.E.S.)	المعيار الألماني (DIN)
مهام تجميع لا تتطلب دقة عالية	300	250
مهام تجميع دقيقة	5400	1000
مهام جد دقيقة	10800	1500
عمل خراطة عادية	540	250
عمل خراطة دقيقة	5400	500
عمل خراطة جد دقيق على آلة خراطة	10800	1000
رسم تقني	2200	1000
أعمال مكتبية	1600	500

ومثلما أن مستوى الإضاءة المنخفض غير مرغوب فيه، فإن المستوى العالي هو الآخر غير مرغوب فيه، حيث يرى "غراندجين" (1980) Grandjean أن مستويات الإضاءة التي تزيد عن 1000 لوكس تسبب انعكاسات متعبة، وتضفي خشونة على الظل وتباينا مبالغا فيه، وفي حالة ضرورة استعمال إضاءة قوية، فإن أحسن نتيجة يمكن الحصول عليها هي من خلال المزج بين الإضاءة المحيطة والإضاءة المركزة على العمل. (مباركي، 2004،

ص133)

وتتراوح مستويات الإضاءة الاصطناعية في الأماكن المغلقة بدون مساهمة ضوء النهار بين 100 و Lux 500 فقط ويتم تحديدها بشكل متكرر وفقاً للمعايير أو التوصيات. كما يحدد المستوى في المملكة المتحدة لإضاءة سطح العمل هي Lux 300 بشكل أساسي للعمل المستند إلى الكمبيوتر، و Lux 500 هو الحد الأعلى للعمل الورقي، كما ان التوصيات الخاصة بإضاءة أماكن العمل في أمريكا الشمالية تتراوح بين 300 إلى Lux 500، وفي أستراليا ونيوزيلندا يوصى باستخدام Lux 320 للمهام المكتبية الروتينية، والإضاءة الموصى بها لأماكن العمل هي Lux 500، ما يسمى بالظلام البيولوجي، ومع ذلك فإن Lux 2.000 هي الإنارة الموصى بها لمزامنة إيقاعات الساعة البيولوجية، حيث انه في كثير من الحالات يمر ضوء النهار عبر النوافذ لبضع ساعات على الأقل يومياً مما يزيد من مستويات الإضاءة بالكامل بشكل كبير.

الجدول رقم (24): يوضع علاقة مستوى الإضاءة في مكان العمل بمستواها في المحيط

مستوى الإضاءة في مكان العمل (Lux)	مستويات الإضاءة في محيط مكان العمل (Lux)
أكبر من أو يساوي 750	500
500	300
300	200
اقل من أو يساوي 200	//

(Preto &Gomes, 2019)

- تأثيرات الإضاءة على الإنسان

يتأثر البشر نفسياً وفسيوولوجياً بالأطياف المختلفة التي يوفرها الضوء، هذه التأثيرات هي الفوائد الأقل قابلية للقياس الكمي والتي يمكن التغاضي عنها بسهولة في ضوء النهار، حيث يقوم ضوء في النهار بتحسين الحالة المزاجية، وتحسين الروح المعنوية، وانخفاض التعب، وتقليل إجهاد العين، كما يحسن الجوانب النفسية عن طريق توفير الاتصال المباشر بالبيئة الخارجية، ووفقاً للدكتور أوت (1997)، يستخدم الجسم الضوء كمغذٍ لعمليات التمثيل الغذائي المشابهة للماء أو الطعام، ويحفز الضوء الطبيعي الوظائف البيولوجية الأساسية في الدماغ، وينقسم إلى ألوان حيوية لصحتنا، وفي ظل ظروف الإضاءة السيئة يؤثر عدم القدرة على إدراك الألوان على مزاجنا ومستوى طاقتنا، ذكر الدكتور ليبرمان (1994) أيضاً أن الضوء يلعب دوراً في الحفاظ على صحتنا حيث يقول: عندما نتحدث عن الصحة والتوازن والتنظيم الفسيولوجي، فإننا نشير إلى وظيفة القائمين على صحة الجسم الرئيسيين، الجهاز العصبي

وجهاز الغدد الصماء، حيث يتم تحفيز مراكز التحكم الرئيسية في الجسم وتنظيمها بشكل مباشر عن طريق الضوء. (Edwards & Torcellini, 2002).

أ - التأثيرات الفسيولوجية للإضاءة

قسم Wurtman تأثيرات الضوء على البشر إلى فئتين، مباشر وغير مباشر، فالتأثير المباشر يعني تغيرًا كيميائيًا في الأنسجة التي تمتص الطاقة الضوئية، والتأثير الغير المباشر يعني استجابة غير مباشرة من الأنسجة للضوء كإشارات عصبية أو هرمونية. فالضوء هو جزء صغير من الطيف الكهرومغناطيسي وتتبعث منه الأشعة تحت الحمراء والأشعة فوق البنفسجية. يتراوح طول موجة الأشعة تحت الحمراء من 700 نانومتر إلى 106 نانومتر. عندما تخترق الأشعة تحت الحمراء جلد الإنسان، يتم إنتاج الطاقة الحرارية، مما يؤدي إلى تمدد الأوعية الدموية ويتم تنشيط الغدد العرقية، كما أثبتت التجارب أن الأشعة تحت الحمراء يمكن أن تزيد من تخلص الجسم من السموم وتخفيف الحمل على الكلى، كما أن طول إشعاع الضوء في حدود 400 نانومتر إلى 700 نانومتر فالتعرض المفرط للضوء يؤدي إلى تعطل عمل المركب الأصفر الذي ينتج عندما تموت خلايا الدم الحمراء مما يسبب تلف في الدماغ وبهذا يموت الإنسان، إلى جانب ذلك يسبب التعرض للضوء المباشر ندبة على شبكية العين، كما تسبب الأشعة فوق البنفسجية (ب) التي يتم امتصاصها بقوة في الهواء الطلق سرطان الجلد وتغير لونه، كما تسبب الأشعة فوق البنفسجية (أ) احمرار الجلد والتهاب الملتحمة في العين ويساعد التعرض الغير مفرط للأشعة فوق البنفسجية على إنتاج فيتامين (د) للإنسان.

أما فيما يتعلق بالتأثيرات غير المباشرة، يرى Wurtman أن إنتاج هرمون الميلاتونين بشكل كبير يؤثر على النوم وإفراز الهرمونات الأخرى وتنظيم إيقاع الجسم اليومي، كما يؤثر في حالة مزاجية للإنسان من عدم التوازن والحزن والاكتئاب التام، وبالتالي فإن نمط الضوء غير المنتظم أو عدم وجود نمط ضوئي قد يزعج ساعة الجسم والإيقاع اليومي، كما توصل الباحثون أن زيادة مستوى الإضاءة يمكن أن يزيد من إنتاج الهرمونات، ولا سيما هرمون التوتر كما أن الهيموجلوبين في الدم يمكن أن يزداد بالضوء ويقل في الظلام، لذلك عادة ما يشعر الإنسان بالنعاس في ظل بيئة أكثر قتامة، كما أن الوهج يجعل الإنسان يشعر بعدم الارتياح، ويضعف الرؤية، وعندما يكون السطوع الضوء العالي، فإنه يسبب في تشتت الأشعة داخل العين والتكيف مع الضوء سيؤدي إلى تقليل تباين الكائن، مما يؤثر على

الرؤية، كما لا يقلل الوهج من حساسية البشر للضوء فحسب بل يجعلهم يشعرون بالألم والدوار ويدركون الصور اللاحقة كما أنها تكون الباهتة، كما يوضح الجدول التالي تأثيرات الضوء الملون على فسيولوجيا الإنسان

الجدول رقم (25): يوضع تأثيرات الضوء الملون على فسيولوجيا الإنسان

تأثيراته	اللون
منع تكوين الندبات وإثارة ورفع ضغط الدم	الأحمر
يمنع ارتفاع ضغط الدم	الأخضر
تخفيف الصداع والنزيف وضم الجروح.	الأزرق
تقليل التوتر والمساعدة على الهدوء	البنفسجي

(Albert & Leung, 1998)

كما يضيف محسن (2012) التأثيرات الجسدية للألوان حسب الجدول التالي:

الجدول رقم (26): يوضع تأثيرات الألوان على فسيولوجيا الإنسان.

تأثيراته	اللون
يؤدي بالنشاط والنشوة وبعد من الألوان المنشطة لخلايا الفكر، كما تؤثر بعض درجاته في حدوث اضطرابات معوية	الأصفر
يساعد على عملية الهضم ويحبذ استخدامه في غرفة الطعام	البرتقالي
يزيد من سرعة نبضات القلب، ويسبب الانفعال الثوري، ويعد من أكثر الألوان إثارة للأعصاب	الأحمر
له تأثير حسن على القلب والرئتين والأوعية الدموية ويزيد من مقاومة أنسجة الجسم	البنفسجي
هو لون مهدئ، يستعمل في معالجة بعض الأمراض النفسية والعصبية مثل تعب الأعصاب، كما انه فعال في تهدئة حالات الأرق والتعب	الأخضر
يساعد على تخفيف الاضطرابات العصبية وتهدئة النفوس الشائنة، تخفيف ضغط الدم	الأزرق
يؤثر على الذهن أكثر مما يؤثر على الجسد	القرنفل

(الغرابوي، 2019، ص45)

كما يشير سيد (2016) أن الجراح يحتاج إلى شدة إضاءة من 10000 إلى 20000 (Lux) بينما يحتاج الشخص الذي يقوم بأعمال عادية مثلاً إلى 50 - 70 (Lux)، وهكذا تتدرج شدة الإضاءة الموافق للإعمال المعتادة من 50 إلى 1000 (Lux) تبعاً لدرجة دقة

التي يتطلبها العمل، وهذه القياسات هي ما يستند إليها المصمم عند توزيع للإضاءة داخل الأماكن المختلفة، ذلك أن توفرت شدة الإضاءة السليمة للإنسان الذي يؤدي عمله، فإن ذلك يساعده على إنجاز عمله بسهولة دون معوقات، ويوجد موافقة شبه جماعية من العلماء على حالة البيئة المرئية التي يعمل فيها الإنسان لها تأثير واضح على صحته، وكذلك على أدائه للواجبات المنوطة بها، إن أداء الأعمال البصرية تتضمن بالضرورة بذل جهد من الإنسان، هذا الجهد يمكن أن يكون عضليا كما في حالة تشغيل عضلات تكيف العين أثناء الضوء فمن المؤكد أن هذا الجهد يكون أكثر عن الإضاءة السيئة، كما أن التكيف مع العمل تحت ظروف متغيرة من الإضاءة يسبب شكل من أشكال التعب والإجهاد ويصبح اقل انتباها وتعرف هذه الأعراض بالإجهاد البصري. (الغرباوي، 2019، ص36)

ب - التأثيرات النفسية للإضاءة

لعلم النفس مجالات متعددة من بينها علم النفس البيئية، حيث عرفه هولاهان بأنه مجال من مجالات علم النفس الذي يدرس العلاقة المتبادلة بين البيئة المادية والسلوك البشري والخبرات الشخصية، ومن من بين مكونات البيئة نجد الضوء وانطلاقا من هذا تعتبر دراسة التأثيرات النفسية للضوء على الإنسان تشمل مشاعر وسلوكيات والأداء في الإضاءة، فيعبر الشعور عن الانطباع ذاتي أي كيف يشعر الشخص بنظام الإضاءة، ويشير السلوك إلى الكيفية التي يمكن للضوء أن يؤثر على تصرفات الأفراد، ويمكن دراسته من خلال التجارب والملاحظات، كما يعبر الأداء عن مدى سرعة وجودة أداء الأفراد في مهامهم، لقد توصلت دراسة البرت وليونغ (1998)

أن 94% من الناس يشعرون بتركيز أكبر تحت مستوى إضاءة مرتفع بشرط عدم وجود وهج، كما توصلت أيضا أن الناس يستعملون الطريق الطويل إذا كانت إضاءته أفضل من إضاءة الطريق المختصر وهذا يدل على أن مستوى الإضاءة وفر للناس شعورا بالحماية والأمان، وإذا كان الأشخاص تحت مستوى إضاءة منخفض بجوار منطقة ذات مستوى إضاءة مرتفع، فإنهم يصبحون هادئين وأقل عدوانية أما بخصوص اللون، فقد لاحظ بيرين زيادة القلق عندما تعرض الناس للون الأحمر واللون الأخضر تجاه الطرف الآخر، كما أشار إلى أن الضوء الأزرق يقلل من النشاط ويجعل الناس ييكون بسهولة، كما أجرى أوت بحثاً على أربعة فصول، كان هناك فصلان تحت الإضاءة كاملة، بينما كان الآخران تحت ضوء أبيض بارد، وأظهرت النتيجة أن الطلاب تحت الضوء الأبيض البارد يميلون إلى أن يكونوا مفرطي

النشاط ومرهقين، أما الطلاب تحت الإضاءة كاملة كان الأداء جيد، مما يشير ذلك إلى أن الإضاءة المتوازنة ضرورية لتعزيز أداء العمل لدى الأشخاص، ومن المتفق عليه عمومًا أن الناس يميلون إلى العمل بشكل أسرع وأكثر دقة عند إنجاز مهمة تحت مستوى إضاءة أعلى، ولكن إذا كان المستوى مرتفعًا جدًا، أكثر من 3000 لوكس، فإن الوهج سيعيق أداء العمال. (Albert & Leung, 1998)

فلا يمكن إنكار التأثير النفسي للضوء فهو يحدث انفعالات حسية داخلية سيكولوجية مباشرة وأخرى غير مباشرة، فالضوء الخافت في الحياة اليومية عادة ما يشعر الإنسان بالملل والحزن، وبدرجة معينة بالهدوء، على عكس الأضواء القوية فهي تثير الرغبة في الحركة والبهجة والنشاط، كما تعمل بعض الأضواء على الإحساس بالسخونة والبرودة، ولقد أصبح العلاج بالأضواء وسيلة من وسائل العلاج النفسي والجسمي، إذا اكتشف العلماء وجود مجال كهرومغناطيسي حول كل كائن حي، يعمل على امتصاص الضوء وتحليله إلى ألوان الطيف التي تبدأ بالأحمر وتنتهي بالبنفسجي، وبناء على ذلك ابتكر فريق من العلماء أجهزة ووسائل يمكن من خلالها تسجيل جميع الانعكاسات التي تصدر عن الإنسان نفسيًا أو جسميًا تحت تأثير الأضواء الملونة.

ويشير الشريف (2009) إن دراسة التي أجريت عام 1990م تم فيها تسليط أضواء حمراء اللون على عيون مجموعة من المرضى يعانون من الصداع النصفي بينت بداية ظهور نوبة تعافي حوالي 25% منهم بشكل جزئي نتيجة هذا العلاج، وأرجع المعالجون السبب في ذلك إلى أن اللون الأحمر يزيد ضغط الدم الشرياني ويوسع الأوعية الدموية، كما قام عالم دانماركي يدعى "نيل فنسين Neill Vincent" باستعمال الضوء الأحمر في علاج الجدري وأثبتت التجارب أن اللون الأحمر يمنع وصول الأشعة فوق البنفسجية إلى الجلد المصاب ويمنع حدوث التشوهات، كما كشف أخصائيو الجلد في مركز بوسطن الطبي بالولايات المتحدة النقاب عن أن حزمة من الضوء الأزرق قد تعيد نضارة الشباب إلى البشرة وتزيل التجاعيد والخطوط الخفيفة والبقع البنية الداكنة من الوجه وتزيد تألُقًا وجمالًا. (الغريباوي، 2019، ص42)، كما يوضح محسن (2012) التأثيرات النفسية للألوان حسب الجدول التالي:

الجدول رقم (27): يوضع تأثيرات النفسية للألوان على فسيولوجيا الإنسان

اللون	التأثير النفسي الايجابي	التأثير النفسي السلبي
الأصفر	التفاؤل والثقة واحترام الذات، والانبساط، وقوة عاطفية، والود، والإبداع	للاعقلانية والخوف والهشاشة العاطفية والاكتئاب والقلق والانتحار
البرتقالي	الراحة المادية، والغذاء والدفع والأمان، الإحساس، والعاطفة، والمرح	الحرمان والإحباط والرعونة وعدم النضوج
الأحمر	الشجاعة البدنية والقوة والدفع والطاقة والبقاء، المكافحة أو الهروب، والتحفيز، والإثارة.	التحدي، والعدوان والتأثير البصري، الإجهاد
البنفسجي	لوعي الروحي، والاحتواء، والرؤية، والترف، والأصالة، والحقيقة، والجودة	التوحد، والانحلال، والقمع، الدونية
الأخضر	التناغم والتوازن، والمحبة، والراحة والاطمئنان، والتوعية البيئية، السلام	لضجر والركود، البرود العاطفي، الوهن
الأزرق	المخابرات، والاتصالات، والثقة والكفاءة والصفاء، والمنطق، والتأمل والهدوء	البرودة، الانطواء، عدم الانفعال، المعاملة غير ودية
القرنفل	الطمأنينة المادية والرعاية، والدفع، والأنوثة، والحب والجنس وبقاء الأنواع	المنع، الرهاب العاطفي، والضعف البدني
الرمادي	الحياد النفسي	انعدام الثقة، والحزن، والاكتئاب، والسبات، والافتقار إلى الطاقة
الأسود	الرقى والأمن والأمان العاطفي والكفاءة،	لاضطهاد والبرودة والخطر والثقل
الأبيض	النظافة، والعقم، والوضوح والنقاء، والبساطة، والكفاءة	البرودة، وعدم الودية والعقم
البنّي	الجدية، الدفع، والطبيعة، والثقة، والدعم	قلة المرحة والثقل، وعدم التطور

(الغريباوي، 2019، ص45)

3-3-3 قياس الإضاءة

تشير الإضاءة إلى كمية الضوء الساقطة على مساحة معينة مثل مكان العمل، ويمكن قياسها بجهاز يعرف باسم فوتومتر (PHOTOMETER) ووحدة قياس الإضاءة هي لوكس (LUX)، وهي وحدة قياس مترية وهناك وحدة قياس أخرى غير مترية تعرف بالقدم- شمعة، وتعتبر عن ضياء شمعة على سطح مساحته قدم مربع (على موسى، 2006، ص45) من خلال ما سبق يتبين لنا أن للإضاءة الجيدة دور فعال في حماية العمال من الوقوع من حوادث العمل ويمكن للضوء الجيد من رؤية الأشياء بوضوح، ولهذا يجب أن تكون

الإضاءة في مواقع العمل مناسبة لكل نوع من أنواع العمل، أما عن الأجهزة المستخدمة في قياس الإضاءة فهي متعددة، ومن بينها جهاز Taylor Bright Ness metre ويتكون من جهاز إصدار شعاع ضوء من مصدر كهربائي (بطاريات) موضوع داخل علبه الجهاز لتنظيم التيار الكهربائي (ضبط الجهاز في بدء استعماله حتى تكون قوة الضوء الصادرة من الجهاز معروفة لدينا، وعدسته لتجمع الأشعة الضوئية المطلوب قياسها، وعين لتوجيه المجال الضوئي وما يقرأه الجهاز مقارنة لقوة الضوء الصادرة عن المنبع الموجود بداخله، المبين على هذا الجهاز من 2 - 50 قدم لامبرت أو من 0.0045 - 0.11 شمعة لكل بوصة مربعة، أما جهاز قياس شدة الاستضاءة فتقاس بجهاز لوكسميتر ويتكون من جهاز حساس للضوء على شكل قرص من الحديد مغطى بالسيلينيوم وموضوع على حامل، وموصول بميكرو متر وعليه ميناء مقسمة تقرأ قدم شمعة وهي وحدة قياس شدة الضوء، وهناك أجهزة أخرى لقياس شفافية المواد ونسبة الضوء منها أو لقياس نسبة الضوء المنعكس من المواد المختلفة (إسعادي، 2015، ص87)، كما أن لكل دولة شروطها التي تحدد مستويات الإضاءة، ويبين الجدول التالي المعايير المعمول بها، ويجب أن تؤخذ بنظر الاعتبار العوامل التالية:

- أ- الإضاءة ثابتة واستقرار الضوء بشكل مستمر واختيار الطيف المناسب للرؤية
 ب- تجنب الإبهار المزعج وسقوط الضوء المباشر على العين من السطح المضاء، ويمكن ان تجري بعض التحسينات على نظام الإضاءة لغرض تقليل صرف الطاقة الكهربائية مع التأكيد على ضرورة تحقيق مستويات المنصوص عليه.
- الجدول رقم (28):** يبين مستويات شدة الإضاءة دولياً مقدره باللوكس.

النوع	روسيا	بريطانيا	فرنسا	ألمانيا	اللجنة الدولية للإضاءة
مكاتب	300	500	320	500	500
قاعات عامة	500	750	800	1000	1000
قاعات المؤتمرات	500	500	160	250	300
قاعات المطالعة	300	300	400	500	500
الحمامات	-	100	80	120	100
قاعات المحاضرات	-	300	320	500	500
السينما	-	-	-	-	50

(حمادي، 2015، ص211- 213)

3-4 التهوية:

تعتبر التهوية أحد أهم العناصر التي تستخدم في التحكم بعناصر المناخ وفي توفير البيئة المريحة للإنسان وخاصة في المناطق المناخية الحارة، ولقد صنف كثير من الباحثين في هذا الموضوع التهوية الطبيعية على أنها من العوامل الرئيسية التي تقرر صحة الإنسان وارتياحه. ولقد بينت الدراسات أن تأثير التهوية يكون على الإنسان نفسه مباشرة، أو بطريقة غير مباشرة من خلال تأثيرها على درجات الحرارة والرطوبة، ولقد تنبّهت الأمم السابقة إلى أهمية التهوية، فحرصوا كل الحرص على اصطياح التهوية وجذبه إلى الأماكن التي يعيشون فيها داخل بيوتهم وفي أماكن عملهم في محاولة ناجحة لتحسين ظروف البيئة، وعند الحديث عن التهوية واستعمالها للتحكم بعناصر المناخ علينا أن نكون واعين لطبيعة المناخ السائد في المنطقة التي نكون فيها، بالإضافة إلى معرفته التامة باحتياجات الارتياح الحراري للأفراد في هذه المنطقة. (الدليل الإرشادي، 2004، ص234)

3-4-1 تعريف التهوية:

التهوية هي عملية توريد الهواء وإزالته بالوسائل الطبيعية أو الميكانيكية من وإلى أماكن العمل المختلفة. تغطي التهوية تسرب الهواء الداخلي غير المتحكم فيه من خلال الشقوق والنوافذ والمداخل والمنافذ وكذلك الهواء الخارج من المصانع عبر نفس المسارات تتأثر التهوية بشدة بالظروف الجوية لذا يجب تصميم أنظمة التهوية لتفي بمتطلبات الصحة والسلامة المهنية (OSHC, 2004)

التهوية هي العملية التي يتم من خلالها توفير الهواء النقي وإزالة الهواء الملوث. حيث يكون الهواء النقي عادة عبارة عن هواء خارجي يحتوي على الأكسجين الضروري للتنفس، والهواء الملوث هو الهواء الداخلي الذي يحتوي على ملوثات مثل ثاني أكسيد الكربون والكائنات الدقيقة والروائح والجزيئات من المنسوجات والسجاد والطبخ وما إلى ذلك. بالإضافة إلى ذلك، يمكن استخدامه أيضا لإزالة الحرارة الزائدة من الفضاء وبالتالي تحسين الراحة الحرارية في الصيف عادة عند استخدام التهوية كآلية تبريد، يكون تدفق الهواء المطلوب عبر الفضاء أكبر. كما أن التهوية يتم توليد تدفقات الهواء اللازمة من خلال المناخ (Macquoy, 2014)

3-4-2 وظائف التهوية:

تعتبر التهوية أحد أهم المؤثرات التي تؤثر بشكل مباشر على صحة الإنسان وراحتهم في الأماكن المختلفة، حيث أظهرت العديد من الدراسات التي تناولت التهوية أن جسم الإنسان يتعرض للكثير من الضرر إذا ما قلت نسبة الأكسجين إلى أقل من 16-18% وارتفاع نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون من 1-2%، وتعتمد هذه النسب على عدد مرات تبديل الهواء داخل الفراغ والذي يتأثر بصورة مباشرة بالتصميم وتوفير متطلبات تحقيق التهوية. (الفراغ، 2019، ص15)، وتشير التهوية إلى تغيير الهواء الموجود داخل الفراغ بهواء آخر نقي من الخارج، وللتهوية وظائف متعددة تبرز أهميتها في حياة الإنسان. ورغم أن هذه الوظائف يمكن أن تتحقق باستعمال أجهزة ميكانيكية، لكن التهوية الطبيعية تظل تلعب دوراً مهماً لأغراض تحقيق الارتياح الحراري للإنسان، وخاصة لأصحاب المصانع، وتختلف أهمية هذه الوظائف تبعاً للاختلاف المنطقة المناخية واختلاف الفصول خلال السنة، ولكل منطقة مناخ ولكل فصل متطلبات التهوية ويمكن تلخيص وظائف التهوية بما يلي:

- التهوية لتحقيق أغراض صحية

- التهوية لأغراض الارتياح الحراري للإنسان

- التهوية لأغراض إنشائية. (الدليل الإرشادي، 2004، ص235)

أ- التهوية لتحقيق أغراض صحية:

إن سوء التهوية المرتفع يؤدي بحياة الفرد، ويقول أحمد عزت راجح (1965): أن من أروع التجارب الدالة على أثر التهوية، تلك التي حدثت في مدينة كلكتا يوم سجن 176 جندياً بريطانياً في حجرة صغيرة جداً، حيث كانت درجة الحرارة والرطوبة غاية في الارتفاع وكان الهواء لا يكاد يتحرك، فما أن أصبح الصبح حتى لم يبق على قيد الحياة من هؤلاء السجناء إلا نفر قليل»، وهناك اعتقاد شائع لتقليل الأعراض التي تنتج عن سوء التهوية، والتي تتمثل في الضيق والإحساس بالإرهاق والخمول وفقدان الحياة إن وصل سوء التهوية إلى الحد الذي لا يستطيع الإنسان احتمالته، هذا الاعتقاد الشائع يرجع هذه الأعراض إلى نقص الأوكسجين الذي يستهلك في التنفس، وزيادة ثاني أكسيد الكربون الذي يخرج مع الزفير في الهواء المحيط بالفرد والذي يستنشقه الإنسان، لكن دراسة بول (1955) أثبتت خطأ هذا الرأي. ففي تجربة له أحضر المفحوصين وأبقاهم في غرفة مغلقة محكمة المنافذ، وبعد حوالي 5 ساعات أظهروا أعراض سوء التهوية. وعندما وصلت هذه الأعراض إلى ذروتها جعل المفحوص

يخرج رأسه فقط إلى الحجرة المنفصلة حيث يستنشق هواء متجدداً، لكن بقي جسمه في الهواء الراكد فلو كان سبب أعراض سوء التهوية راجعاً إلى نقص الأوكسجين وزيادة ثاني أكسيد الكربون في الهواء المستنشق، لزالَت أعراض سوء التهوية في هذه التجربة، لكن تلك الأعراض بقيت كما هي ولم تقل بالرغم من استنشاق الهواء المتجدد، عند ذلك قام بول بتجربة أخرى لاختبار مدى صدق النتيجة التي توصل إليها، وهي كون أعراض سوء التهوية لا ترجع إلى نقص الأوكسجين وزيادة ثاني أكسيد الكربون المستنشق، فجعل المفحوص يبقى بجسمه في الحجرة المتجددة الهواء ويخرج رأسه إلى حجرة التجربة المحكمة الغلق، الراكدة الهواء، فإذا بالمفحوص لا يبدي أعراض سوء التهوية، ولقد تأدية نتائج بول فيما بعد، من دراسات لجنة التهوية التابعة لولاية نيويورك (1923)، التي قررت أن الأعراض التي تنجم عن سوء التهوية في مواقف العمل العادية لا يمكن إرجاعها إلى نقص الأوكسجين وزيادة تراكم ثاني أكسيد الكربون في الهواء الناتجين عن تنفس الأفراد الموجودين بمكان العمل. وهو ما يؤيد عدم أهمية نقص الأوكسجين وزيادة ثاني أكسيد الكربون في الجو الذي نفسه كعامل يؤدي إلى أضرار سوء التهوية وأعراضها ما هو معروف من حقيقة أن معظم المدارس والمصانع، التي تمتاز بسوء التهوية، نادراً ما تقل في نسبة الأوكسجين التي يحتويها الجو عن 19 %، أو تزيد نسبة ثاني أكسيد الكربون عن 0.3 %، هذا في حين أن نسبة الأوكسجين لا تصبح غير ملائمة إلا إذا انخفضت لأقل من 14 %، وأن نسبة ثاني أكسيد الكربون لا تصبح غير ملائمة إلا إذا ارتفعت إلى 0.4 % في الهواء المستنشق. (فرج، 2001، ص 258) تشير دراسات أجريت في مناخات مختلفة أن حركة الهواء مرغوبة لتحقيق الراحة تزيد من حدود منطقة الراحة، فتدفع الهواء يزيد من الدافعية للعمل وخاصة في البيئات الدافئة أما في البيئات الجافة فإن تحسين حركة الهواء غير مطلوب حيث يؤدي إلى تبخر العرق وبالتالي الشعور بالانزعاج (الفرج، 2019، ص 51)، في الحقيقة أن سوء التهوية يعيق عملية تنظيم الجسم لحرارته، فالجسم نتيجة عمليات الاحتراق التي تحدث داخله ترتفع حرارته من المعدل المناسب ولا بد له إزاء ذلك بتخلص من حرارته الزائدة، ووسيلة إلى ذلك هو الإشعاع والانتقال، إلا أن هاتين العمليتين لا تستطيعان وحدهما تخليص الجسم من حرارته الزائدة، ومن ثم يلجأ الجسم إلى عملية فسيولوجية هامة للتخلص من الحرارة الزائدة هي إفراز العرق الذي يستهلك كمية كبيرة من حرارة الجسم حتى يتبخر فتتخفض بذلك حرارة الجسم، وكلما ازدادت حرارة الجسم ازداد إفراز العرق، مما يتطلب كمية أكبر من الحرارة ليتبخر، وهكذا فإن

الهواء المحيط بالجسم هو الذي يتم عن طريقه تخلص الجسم من حرارته الزائدة، فإذا لم يكن الهواء المحيط بالجسم دائم الحركة والتغيير فسوف تقل قدرة عملية الإشعاع والانتقال على خفض درجة حرارة الجسم، فالإشعاع والانتقال يظلان يعملان حتى تتعادل درجة حرارة طبقة الهواء المحيط بالجسم مع درجة حرارة الجسم، ولا يعملان من جديد إلا إذا تحركت طبقت الهواء المحيطة بالجسم والتي ارتفعت درجة حرارتها، وحلت محلها طبقة أخرى أقل حرارة، مما يجعلها قابلة لامتصاص كمية من حرارة الجسم، يظل الجسم مع التهوية يفقد حرارته الزائدة، ويظل العرق يتبخر طالما كانت طبقة الهواء المحيطة بالجسم لم تتشبع بعد ببخار الماء، ولكن عندما يتشبع الهواء المحيط بالجسم ببخار الماء فلا يعود بحاجة إلى بخار ماء جديد، فنتوقف عملية التبخر، إلا إذا تحركت طبقة الهواء المشبعة ببخار الماء بعيداً عن الجسم وحلت محلها طبقة أخرى أقل تشبعاً، فتستمر بذلك عملية تبخر العرق من الجسم فتتخفض درجة حرارة الجسم إلى المعدل المناسب، أي أن تحرك الهواء حول الجسم في عملية التهوية، ومن هنا فإن سوء التهوية يعرقل تخلص الجسم من حرارته الزائدة فتظل حرارته ترتفع دون أن تتصرف خارج الجسم، حتى تقتل الإنسان في نهاية الأمر إن هي تعدت الدرجة التي يحتملها للبقاء، كما يشعر بالضيق والخمول والإرهاق والاختناق كلما كان معدل الرطوبة عالي مع درجة حرارة عالية وانعدام تحرك الهواء، لهذا ينصح دائماً بتكييف الهواء وتجديده في أماكن العمل سيئة التهوية حيث يعمل ذلك على زيادة الإنتاج وتقليل الأخطاء فيه. (فرج، 2001، ص 260، 287)

ب- التهوية لغرض الارتياح الحراري للإنسان

تشمل المحددات البيئية الأساسية للراحة الحرارية عند الإنسان على درجة حرارة الهواء، ودرجة حرارة السطح المشع، وسرعة الهواء، والرطوبة، ومعدل التمثيل الغذائي، وعازلية الملابس للحرارة، وكما حددت الجمعية الأمريكية لمهندسي التدفئة والتبريد وتكييف الهواء (ASHRAE) معايير الراحة الحرارية عن طريق اعتمادهم الخارطة السيكرومترية تشمل النظر في كل من: درجة الحرارة، والرطوبة، لذا يتعين على المختصين تصميم أنظمة التهوية وتكييف باستخدام الأساليب والمبادئ التوجيهية لـ (ASHRAE)، وتعرف الراحة الحرارية وفقاً لمنظومة التقييم لبيد (LEED) على أنها: "الحالة الذهنية التي يمر بها الأفراد معبرين بها عن ارتياحهم للبيئة الحرارية المحيطة بهم". وتتباين حدود الراحة الحرارية عند الإنسان في الفضاءات المختلفة تبعاً لعدة عوامل منها: الخصوصية المناخية، والجنس

(الرجال، والنساء)، والسن، والتكوين الجسماني (النحافة والسمنة)، ونوع النشاط، ونوع الملابس التي يرتديها الإنسان، والتي بمجملها تؤدي إلى الشعور وبشكل مختلف من حيث الراحة، ويمكن تحقيق الراحة الحرارية في البيئات المختلفة عن طريق التصميم الدقيق والتخطيط، بما في ذلك التوجيه الإستراتيجي لاماكن النوافذ وأحجامها وأبعادها، واللون والملمس، وتساعد التهوية في توفير الراحة والهواء النقي إذا تم تصميم لتدوير الهواء فيه من الخارج إلى الداخل (كمونة، 2016، ص19)

وهي الوظيفة الثانية المهمة من وظائف التهوية حيث تساعد التهوية على تحقيق شروط ارتياح حراري تحت ظروف مختلفة، ولقد اظهر الارتياح الحراري أهمية حركة الهواء والطريقة التي تؤثر بها حركة الهواء على حدود الارتياح الحراري للإنسان في أماكن مختلفة، فحركة الهواء تؤثر على درجة حرارة جلد الإنسان، والتي بدورها تشكل عاملاً أساسياً في التوازن الحراري لجسم الإنسان، كما أن حركة الهواء حول الجسم تسبب في تبخر العرق وتبريد جسم الإنسان، ويمكن القول بأن حركة الهواء يمكن أن تستغل بصورة كبيرة وفاعلة من اجل توفير الارتياح الحراري للإنسان في المناطق المناخية الحارة. (الدليل الإرشادي، 2004، ص235)

وعلى الرغم من أن التهوية وحركة الهواء من أهم العوامل المساعدة على تحقيق الراحة الحرارية للإنسان في الجو الحار وأنه كلما زادت سرعة الهواء كلما ازداد شعور الإنسان بالارتياح لكن هذا كله إلى حد معين حيث تصبح بعدها أي زيادة في سرعة الهواء سلبية وسبباً من أسباب عدم الارتياح الحراري التي يجب تفاديها (حجازي، 2017، ص11)

ج- التهوية لأغراض إنشائية:

ترتبط هذه الوظيفة بصورة كبيرة بالتهوية لأغراض الارتياح الحراري للإنسان، وهي تكون باستخدام حركة الهواء في المكاتب لغرضين أساسيين، الأول تبريد المكاتب (أو تدفئته في بعض الأحيان)، والثاني التحكم بالرطوبة الموجودة في المبنى والتي يمكن أن تتكاثف على جدران المبنى وتسبب مشاكل في الجدران والأسقف وظهور العفن وتخريب سطوح هذه الجدران، وتساعد تهوية المبنى في إزالة الحرارة المتراكمة فيه نتيجة للإشعاع الشمسي الذي وصل إلى داخله، بالوسائل والطرق المختلفة، كما أنها تساعد في إزالة الحرارة المتراكمة في أسطح المكاتب نتيجة للتعرض للحرارة المختلفة فيه، وكل هذه الحرارة هي بالأساس مصدر كبير من مصادر عدم الارتياح الحراري في أماكن العمل إذا تجاوزت الحدود المسموح بها،

ويعتمد مقدار التهوية مختلفة المصدر لغرض استبدال الهواء الداخلي معتمداً على الفرق في درجات حرارة الهواء الداخلي والخارجي وحتى يتم استبدال الهواء الداخلي بصورة فعالة يجب أن تكون درجة حرارة الهواء الخارجي أقل من درجة حرارة الهواء الداخلي، وإن التهوية وحركة الهواء من أهم العوامل المساعدة على تحقيق الارتياح الحراري للإنسان في البيئات المختلفة، وكلما زادت سرعة الهواء كلما ازداد شعور الإنسان بالارتياح إلى حد معين حيث تصبح أي زيادة في سرعة الهواء سبباً من أسباب عدم الارتياح الحراري التي يجب علينا تجنبها. (الدليل الإرشادي، 2004، ص 236)

قرر جيزيللي وبراون (1955) أن هناك العديدة من الدراسات التي يشير إلى أن الإنتاج مؤشر لجودة التهوية، وقد بينت بحوث لجنة التهوية التابعة لولاية نيويورك أن الحرارة المرتفعة والهواء الراكد يخلان بالعمل البدني، وطلب من الأفراد في إحدى التجارب أن يرفعوا أثقالاً حديدية وزنها خمسة أرطال عبر مسافة تبلغ قدمين ونصف قدم، وتم تحفزهم بمكافأة تشجيعية، وأجرى الاختبار في درجة حرارة بلغت 68 و 75 درجة فهرنهايت، وفي الهواء النقي والهواء الراكد ويبين الجدول التالي نتائج الاختبار.

الجدول رقم (29): تأثير درجة الحرارة وحركة الهواء في العمل

درجة الحرارة فهرنهايت	الهواء	وحدات العمل والوحدات المثلى 100	انخفاض الإنتاج بسبب الهواء الراكد	انخفاض الإنتاج بسبب ارتفاع درجة الحرارة
68	نقي	100.00	-	-
68	راكد	91.1	8.9	-
75	نقي	85.2	-	14.8
75	راكد	76.2	8.6	14.5

وقد أسفرت بعض الدراسات على عمال المناجم عن أن معدل فترات الراحة غير المرخص بها أي التي يختلسها العمال تزيد من 7 دقائق إلى 22 دقيقة في الساعة الواحدة إن ساءت التهوية، أي إن كان الجو حاراً رطباً لا يتحرك الهواء فيه، هذا فضلاً عن تناقص الإنتاج بمقدار 41%، وزيادة نسبة التعرض للأمراض لديهم بمقدار 65%، والمعروف أن العمال الذين يعملون في مثل هذه الأجواء معرضون لأمراض التنفس والروماتيزم بوجه خاص (فرج، 2001، ص 256).

3-4-3 طرق التهوية:

يمكن تقسيم طرق التهوية المستخدمة في المنشآت والأماكن العمل المختلفة إلى:

أ- التهوية الطبيعية:

تعتمد التهوية الطبيعية أساساً عن طريق كل من قوى الضغط المتولدة من الرياح وقوى الطفو الحراري. وتعتبر التهوية الطبيعية من أقدم الطرق التهوية وأكثرها شيوعاً، نظراً لانخفاض تكلفتها الابتدائية وكذلك تكلفة الطاقة المستخدمة، ولكن يعاب على تلك الطريقة اعتمادها على عدة عوامل أهمها طبيعة المناخ وعوائق الرياح وكذلك المتطلبات البيئية، فمثلاً يعتمد معدل التهوية المتحصل عليه على انحدارات الضغوط المتولدة من الرياح وعلى كل من سرعة واتجاه الرياح، كما يتوقف معدل التهوية المتحصل عليه على الفرق في درجات الحرارة بين داخل وخارج أماكن العمل، فيصبح الهواء عند تمدده نتيجة التمدد الداخلي أقل كثافة ويرتفع إلى أعلى، وتسمح الفتحات الموجودة بتسرب الهواء الدافئ وإحلاله بهواء بارد يدخل من خلال فتحات تهوية، وعلى ذلك فاختيار حجم الفتحات مهم للغاية للحصول على تهوية فعالة وتكون التهوية أكثر فعالية عند هبوب نسيمات الهواء أو رياح، نظراً لأن ضغوط وقوى السرعة تكون أكبر بكثير من قوى الطفو الحراري.

فبينما يعمل الضغط الموجب والمتولدة من الأجزاء المقابلة للرياح على تزويد الهواء للداخلي، تعمل الضغوط السالبة المتولدة من أجزاء سطح على سحب الهواء من المبنى، كما يجب للحصول على تبادل هوائي أمثل مع التهوية الطبيعية، أن تكون مساحة كل من فتحات الجانبية وفتحات الحافة العلوية في المدى من 15% إلى 30% من مساحة الأرضية، ويوصى بأن يكون حجم فتحات الحافة العلوية وفتحات التهوية الجانبية متساوية تقريباً، ويعاب على استخدام التهوية الطبيعية عدم وصول معدلات التهوية المتحصل عليها إلى المعدلات المرغوبة، والتي تتراوح ما بين 0.75 - 1.00 تبادل هوائي في الدقيقة في حالة توفر فتحات السطح فقط، أو عند سرعات للرياح حتى 10 (كم/ ساعة)، كما أن من العيوب الرئيسية في استخدام التهوية الطبيعية صعوبة وتكلفة التحكم الآلي، وعليه فغالباً ما يتم التحكم في تلك الفتحات يدوياً. (حلمى، 2000، ص76)

كما تكمن مشكلة التهوية الطبيعية في صعوبة الحفاظ على الراحة الحرارية دون فقدان الكثير من الطاقة. وذلك لأن مسارات تدفق الهواء ذات التهوية الطبيعية يجب أن تكون خالية من العوائق قدر الإمكان لمنع تبعثر الهواء والذي يقلل من سرعة تدفق الهواء فيها، بحيث

تعتبر هذه القوة الدافعة، ويجب استخدام هذا على النحو الأمثل في معظم الأوقات للحفاظ على نظام العمل، وهذا يعني أنه من الصعب دمج التداخلات في تدفق الهواء وهكذا، في حين أن الهواء الطبيعي التهوية سوف يخرج بحرية من المبنى، فإنه سيزيل الحرارة أيضا في الشتاء، أو أن الهواء المتسرب في الصيف سيجلب الحرارة إلى الداخل. قد يعني هذا في النهاية أن كفاءة الطاقة لا تزداد كثيرا، لأن الطاقة المكتسبة من خلال نظام التهوية الطبيعية تضع من خلال أنظمة التدفئة والتبريد. لذلك من الضروري دمج نظام التهوية بشكل مدروس مع تقنيات مناخية بيولوجية أخرى للتدفئة والتبريد (Macquoy, 2014)، فتعتمد الراحة الفسيولوجية للإنسان على عدة عوامل مثل درجة الحرارة والرطوبة وحركة الهواء، حيث أنه لا يكفي أن تكون درجة الحرارة باردة صيفا ليشرع الإنسان بالراحة، لأنه في كثير من الأحيان تجد بأن درجة حرارة المكان منخفضة ولكن لا نشعرنا بالراحة، وهذا يأخذنا إلى عامل آخر مثل درجة رطوبة المكان حيث أن راحة الإنسان تعتمد على درجة الحرارة والرطوبة معا، كذلك فإن من أهم العناصر الأساسية في توفير الراحة للإنسان هي التهوية المختلفة للمكان، فالتهوية وتبريد المكان بشكل طبيعي لهما الدور الأساسي في تخفيف درجات الحرارة، بل وهما يساعدان كثيرا في تقليل تكاليف التبريد الصناعي وتقليل استهلاك الكهرباء، ونحن في حاجة لذلك لأننا في عصر الاستدامة والحفاظ على الموارد وتقليل الأضرار البيئية نتيجة الملوثات الناتجة عن مصادر، حيث أن التكييف يعتبر من أكبر الأحمال التي تستهلك الطاقة، وعندما تحقق راحة حرارية لساكني المبنى عن طريق الهواء سيوفر أحمال كبيرة في الكهرباء، من نقطة ثانية نجد بأن الإنسان يرتاح لتيارات الهواء الطبيعية أكثر من تيارات الهواء البارد الناتجة عن التكييف الميكانيكي الذي يضر بالبعض في كثير من الأحيان، وفي ورشة عمل أجرتها شركة (QPM) القطرية بخصوص كفاءة الطاقة في المباني خلصت بنتيجة أن التهوية الطبيعية تقلل من مرض الربو عند الأطفال والكبار حيث أن 30% من الأطفال والكبار معرضون للإصابة بالربو نتيجة التكييف الصناعي في دول الخليج. (أبو سخيلة، 2015، ص56)

ب- التهوية الصناعية:

تشير التهوية الصناعية إلى تبادل الهواء الداخلي بالخارجي الذي يتم توفيره بواسطة معدات تعمل بالطاقة ميكانيكياً مثل المروحة، كما يشير التبريد الصناعي إلى إزالة الحرارة من مكان العمل من خلال وسيط مبرد (الهواء أو الماء)، والذي تم إنشاؤه باستخدام شكل من

أشكال الطاقة الخارجية، يمكن للأنظمة الصناعية أن تجمع بين وظائف التهوية والتبريد، أو تجعلها منفصلة، إلا أن بعض المباني تستخدم التهوية الصناعية ولكن ليس التبريد الميكانيكي، إما بالاعتماد على التبريد الطبيعي أو التبادل البسيط للهواء النقي. (brager et al, 2011)، ويعد الهواء النظيف في بيئة العمل الصناعية مطلب أساسي اليوم، حيث تعتمد الصناعة المتقدمة على عمليات معقدة من المركبات الكيميائية التي يكون العديد منها شديد الخطورة، فمن الممكن أن ينتج عن استخدام مثل هذه المواد أبخرة وغازات وجسيمات تنتشر في هواء أماكن العمل بتركيزات تتجاوز المستويات الآمنة، وتوفر التهوية الفعالة والمصممة بشكل صحيح تساعد على حماية العمال، فتعمل التهوية على التحكم في الرطوبة والرائحة والمواد البيئية الأخرى غير المرغوب فيها، فأنظمة التهوية المستخدمة في المنشآت الصناعية من نوعين، نظام "الإمداد" لتزويد مساحة العمل بالهواء، ونظام "الإعدام" لإزالة الملوثات الناتجة عن العملية للحفاظ على بيئة عمل صحية، كما قد يستخدم نظام تهوية مخفف للتحكم في الملوثات أو عزلها عن منطقة خاصة من المصنع ككل (Matin & Rahmati, 2019)، تتمثل الوظيفة الأساسية لنظام التهوية الصناعية في منع تعرض الموظفين المفرط للملوثات المحمولة جواً التي يحتمل أن تكون سامة ومثيرة للتهيج المتولدة في مكان العمل، فالملوثات بشكل عام مهيجات للأنسجة البشرية، قد تتجلى التهوية غير الكافية من خلال شكاوى العمال أو تهيج واضح في العين أو الأنف أو الحلق عند دخول بيئة العمل فيكون قياس مستوى التهوية ضرورياً لتقييم ظروف التعرض للتلوث الهوائي، خاصةً عند استخدام مواد ذات خصائص تحذيرية سيئة كتلك التي لا تنتج رائحة أو تهيجاً ملحوظاً حتى عند المستويات غير المقبولة، سيكون لنظام التهوية الذي يعمل بشكل صحيح فوائد للحفاظ على بيئة عمل آمنة ومريحة بالإضافة إلى إطالة عمر مكونات ومعدات المصنع المعرضة للتآكل (MABBETT et al, 2007).

تعتبر التهوية الميكانيكية باستخدام المراوح من أكثر الطرق انتشاراً للتحكم في الظروف البيئية داخل أماكن العمل المختلفة، هذا بالإضافة إلى انخفاض التكلفة النسبية لاستخدام الطاقة الكهربائية، ويستخدم مع التهوية الميكانيكية مراوح وفتحات تحكم في الهواء وحواجز هوائية، وغالبا ما تكون نظم التهوية الميكانيكية المستخدمة طاردة أو ضاغطة. (حلمى، 2000، ص 78)

3-4-4 قياس حركة الهواء :

هناك جهاز لقياس سرعة الهواء بالقدم أو المتر في الثانية يدعى جهاز أنيمومتر ويصلح هذا الجهاز للاستعمال إذا كان اتجاه الريح في مسار واحد، ولهذا يمكن استعماله لقياس كفاءة أجهزة سحب الهواء الموضعية والعامّة، أما عند وجود تيارات هوائية مختلفة في بيئة العمل، فإن هذا الجهاز لا يصلح للاستعمال، حيث يوجد جهاز آخر يسمى بالترمومتر كاتا الزئبقي، الذي يمكن بواسطته معرفة سرعة الهواء رغم كون الهواء يتحرك بكل الاتجاهات، إن جهاز الترمومتر كاتا الزئبقي لا يحتوي على مادة الزئبق، حيث يتكون من أنبوب زجاجي مرتبط بخزانين، أحدهما فوق الآخر، وأن الخزان الأسفل مملوء بخزان كحولي ملون، أما الخزان العلوي والأنبوب يكونان فارغين، كما إن الجدار الخارجي للخزانين مغطيان بمادة الزئبق لغرض عكس الحرارة الإشعاعية ومنع وصولهما إلى الكحول، إن عمل هذا الجهاز يكون بوضع الخزان الأسفل إلى الأعلى إلى أن يصل إلى درجة معين في الأنبوب، عندها يرفع الترمومتر كاتا الزئبقي من الماء الحار ويخفف بقطعة قماش ويعرض للهواء ومن خلال انخفاض درجة حرارة الترمومتر سينخفض الكحول في الأنبوب إلى حد معين في زمن معين وهذا يعني أن انخفاض درجة حرارة الكحول من نقطة (أ) على الأنبوب إلى نقطة (ب) على الأنبوب في فترة زمنية معينة تم قياسها بواسطة ساعة توقيت، وتعاد العملية ثلاث مرات وعندها تحتسب سرعة الهواء وذلك باستعمال معادلة جبرية معينة أو بواسطة الرجوع إلى لوحة خاصة تستعمل لاستخراج سرعة الهواء منها بواسطة استعمال الفترة الزمنية ومقدار درجة انخفاض الكحول. (إسعادي، 2015، ص92)

3-5 الاهتزازات

يزيد التحدي العالمي اليوم مع مجتمعات العمالية من الحاجة إلى توفير حياة عمل مستدامة للعمال من خلال الحد من مخاطر الحوادث والأمراض المهنية بين العمال. في عام 2015 أظهر المسح الأوروبي السادس لظروف العمل أن كل العمال أبلغوا عن معاناته من مخاطر صحية مرتبطة بالعمل، فقد إبلاغ العمال عن ضعف التحكم في العمل، والعمل البدني الشاق، والتعرض العالي للعمل الكيميائي وكذا التعرض للمخاطر الفيزيائية (Hanvold, 2019)، يعتقد معظم الصناعيين والعمال بأن مخاطر العمل تنحصر بالمخاطر التي ترى بالعين المجردة فقط مثل المخاطر الميكانيكية، ومخاطر التمديدات الكهربائية، لكن الصحيح بأن مخاطر بيئة العمل كثيرة ومتنوعة، بل أن المخاطر التي ترى بالعين قد تكون

الأكثر خطراً، كونها تحتاج إلى خبرة لمعرفةا والسيطرة عليها، والتي قد تكون معظم الإصابات بنتيجتها. لذا يجب فهم طبيعة هذه المخاطر وإدراكها من حيث التصنيف، مما يسهل علينا عملية مراجعتها ورصدها، وتقييمها، واختيار الطريقة الأنسب للسيطرة عليها، وحماية العمال، والمنشأة ومحتوياتها. (العريضي، 2013، ص18) ومن بين هذه المخاطر الاهتزازات.

3-5-1 تعريف الاهتزازات:

الاهتزاز حركة تذبذبية، يحدث هذا في كامل الجسم عندما يستند فوق سطح مهتز مثل: الجلوس فوق مقعد مهتز أو أرض مهتزة داخل غرفة أو الاستلقاء أو الاضطجاع فوق سطح مهتز، يشاهد مثل هذا النوع من الاهتزازات في جميع أشكال وسائط النقل ولدى العمل بجوار الآلات الصناعية، أما الاهتزازات التي تنقلها اليد فهي تلك التي تدخل إلى جسم الإنسان عن طريق اليد والتي تسببها مختلف آليات العمل في مجال الصناعة والزراعة والبناء حيث يقوم الشخص بمسك الأدوات والمعدات المهتزة أو عندما يقوم بدفعها بواسطة اليد أو الأصابع، ويمكن أن يؤدي التعرض للاهتزازات المنقلة للجسم عبر اليد إلى اضطرابات واعتلالات عديدة لدى الشخص المتعرض (مكتب العمل العربية، 2008/1998، ص9)

هي عبارة عن الارتجاجات (التذبذبات) التي تولدها الآلة، ويشعر بها الإنسان، ويمكن لهذه الاهتزازات أن تؤثر:

- عن طريق يد العامل فقط وهو الاهتزاز الذي يدخل الجسم عن طريق الأيدي كالمخارط، الفارزات.. الخ، أي عندما تهتز القطعة المشغولة أو الآلة فقط بيد العامل.

- على كامل جسم العامل: ويحدث عندما يستند العامل على أرض مهتزة كمقعد على آلة تصدر اهتزازاً مثل الآليات بأنواعها كافة، والعمل جانب بعض الآلات كالمطارق الهيدروليكية (العريضي، 2013، ص29). كما تنشأ الاهتزازات عندما يتأرجح الجسم بسبب قوى خارجية وداخلية، وقد ينتقل الاهتزاز إلى جسم الإنسان من خلال الجزء الملامس للسطح المهتز كمقبض الآلة، أو سطح قطعة من المعدات، أو مقعد آلة متقلبة، كما يمكن أن ينتقل عن طريق آلات متحركة أو ثابتة حيث يكون المشغل واقفاً أو جالساً وينطوي عليه مخاطر على صحة وسلامة العمال ويسبب لا سيما أمراض أسفل الظهر وصدمات العمود الفقري، ويتم أيضاً نقله بواسطة أدوات محمولة أو موجهة ويسبب اهتزاز اليد والذراع لينتج عنها اضطرابات الوعائية

أو العظام أو المفاصل أو الاضطرابات العصبية أو العضلية. (European Agency for Safety and Health at Work , 2008).

كما يعرف الاهتزاز بأنه حركة تذبذبية، يتضمن انتقال التذبذبات بسرعة متبادلة في اتجاه واحد ثم سرعة في الاتجاه المعاكس، يعني هذا التغيير في السرعة أن الجسم يتسارع باستمرار، أولاً في اتجاه واحد ثم في الاتجاه المعاكس. قد تكون الحركة التذبذبية من مصدر، على سبيل المثال مركبة أو أداة، في موجة جيبية توافقية بسيطة أو مجموع موجات متعددة، كما قد يكون الاختلاف في التردد والتسارع أو سلسلة عشوائية غير متكررة من الموجات المعقدة، في عام 1977 أدرج مكتب العمل الدولي (ILO) الاهتزاز على أنه خطر مهني وأوصى بضرورة اتخاذ تدابير لحماية الموظفين من الاهتزازات ويجب على السلطات المسؤولة وضع معايير لتحديد الخطر، عند الضرورة يجب تحديد حدود التعرض عن طريق هذه المعايير، والإشراف على الموظفين الذين يتعرضون لمخاطر مهنية نتيجة التعرض للاهتزاز في أماكن عملهم، كما يجب أيضاً إجراء الفحوصات الطبية قبل بداية العمل ومتابعة الفحوصات بشكل دوري في العمل (Mandal & Srivastava, 2006)

3-5-2 الخصائص الفيزيائية للاهتزازات

يمكن أن يظهر المحتوى الترددي للاهتزاز على هيئة أطيف، وبالنسبة لكثير من أنواع الاهتزازات التي تغطي كامل الجسم أو التي تنقل إلى الجسم عن طريق اليد، فإن مثل تلك الأطيف تكون معقدة حيث يكون هناك حدوث للحركة عند جميع الترددات، ولكن دائماً نجد هناك قيماً ذروية تشير إلى الترددات التي يحدث عندها معظم الاهتزاز، ونظراً لاختلاف درجة استجابة جسم الإنسان تجاه الاهتزاز وفقاً للتردد الذي يقع وفقه الاهتزاز فإنه من الضروري موازنة التردد المقاس وفقاً لمقدار الاهتزاز الذي يحدث عند كل تردد، حيث تعكس عملية الموازنة هذه المدى الذي يتسبب فيه اهتزاز التأثيرات السلبية عند كل تردد. إن موازنة التردد أمر لا بد منه بالنسبة لكل محور اهتزاز، ونحتاج إلى عوامل موازنة مختلفة بالنسبة لكل من اهتزاز كامل الجسم والاهتزازات المنقلة إلى الجسم عن طريق اليد والحركة (مكتب العمل العربية، 2008/1998، ص11). كما أن معرفة خصائص الاهتزاز أمر ضروري خاصة بالنسبة إلى الأضرار التي تسببها وانطلاقاً مما دعت إليه منظمة العمل الدولي إلى التحكم والتقليل من انتشاره حيث للاهتزاز ثلاث خصائص وهي كما يلي:

- **سعة الاهتزاز**: تتغير الاهتزازات من جسم إلى آخر، حيث يكون هناك تناوب في السرعة، حيث تكون السرعة وفق اتجاه ما، ومن ثم وفق الاتجاه المعاكس، وبالتالي يتعرض الجسم إلى التسارع الثابت، حيث أنها تكون في اتجاه معين ثم يتغير ذلك التسارع إلى الاتجاه المعاكس، ويتم حساب سعة الاهتزاز بواسطة جهاز التسارع (Accéléromètre) ووحدته المتر على الثانية مربع ورمز لها (م/ثا²)

- **التردد**: يعبر عن تردد الاهتزاز بالطور في الثانية (هرتز)، ومن بين الطرق التي يتم بواسطتها انتقال الاهتزاز إلى الجسم مساحة المقعد أو مقبض الآلة المهتزة، كما أن استجابة الفرد للاهتزازات يعتمد على التردد، وهذه الترددات تعتبر كمحفز لحدوث أضرار غير مرغوبة، وهذه الترددات ضرورية لكل محور اهتزازي. (كحلوش، 2013، ص90).

- **اتجاه الاهتزاز**: يمكن أن يحدث الاهتزاز وفق ثلاثة اتجاهات متحولة وفق ثلاثة اتجاهات دورانية، فبالنسبة لشخص جالس تكون محاور الحركة المتحولة (المنتقلة) الثلاثة على الشكل الآتي:

- محور السينات X ويمثل الاتجاه أمام - خلف.

- محور العينات Y ويمثل الاتجاه الجانبي

- محاور الصادات Z ويمثل بالترتيب: الدوران والقذف أو التموج والانحراف، ويتم قياس الاهتزاز أو الارتجاج عادة في المنطقة الخُلالية ما بين الجسم والاهتزاز.

- **الفترة الزمنية**: تعتمد استجابات جسم الإنسان تجاه الاهتزاز على الفترة الإجمالية التي يتم فيها التعرض للاهتزاز، وعندما لا تتغير خصائص الاهتزاز مع الزمن فإن ما يعرف باسم القيمة المنتجة (r.m.s) يقدم مقياساً مناسباً بالنسبة للسعة الوسطية للاهتزاز، وهكذا فإن ساعة العد مثل تلك المستخدمة في السباقات قد تكون كافية لتقييم زمن التعرض، إن كثيراً من التعرضات المهنية متقطعة أو متغيرة السعة أو المدى من لحظة لأخرى أو تشتمل على صدمات من حين لآخر، ولكن يمكن تجميع حدة مثل تلك الحركات المعقدة بشكل تراكمي وبحيث يتم اختيار معاملات مناسبة للموازنة كالتعرض لاهتزازات عالية المدى لفترة زمنية قصيرة، والتعرض لاهتزازات منخفضة المدى أو السعة لفترة زمنية طويلة ويختلف طرق حساب اهتزاز على حساب الاهتزاز كامل الجسم أو الاهتزاز المتقل عن طريق الجسم. (مكتب العمل العربية، 2008/1998، ص11)

3-5-3 تصنيفات الاهتزاز:

العامل في بيئة عمله يتعرض للذبذبة في أعمال عديدة، مثل استعمال الرافعات المشعبة، والناقلات الصناعية كالقطارات، والشاحنات، والطائرات، حيث أن زيادة المكننة في الصناعة تجعل بيئة العمل متذبذبة ولاسيما للعمال الذين يعملون قرب الأجهزة الميكانيكية، كالضاغطات، والكابسات، أو العمل بالآلات اليدوية كالثاقبات الهوائية والكهربائية (المغني، 2006، ص 47).

- **الاهتزاز البسيط:** يتكون الاهتزاز البسيط من حركة متكررة بسيطة.

- **الاهتزاز المعقد:** يتكون الاهتزاز المعقد من حركة متكررة أكثر تعقيداً، بدلاً من وجود ذروة واحدة في كل دورة، تكون فيه عدة قمم في كل دورة، ومع ذلك بغض النظر عن مدى تعقيد الحركة يجب أن تكرر نفسها.

- **الاهتزاز العشوائي:** يتكون من سلسلة من الحركات التي تحدث بدون نمط (أي لا تكرر نفسها).

كما يمكن أن يحدث الاهتزاز في اتجاه واحد أو اتجاهين أو ثلاثة (أي محاور)، حيث أن الاهتزازات التي تحدث في محور واحد فقط (على سبيل المثال، لأعلى ولأسفل)، يشار إلى هذا المحور عادة باسم المحور z، كما قد يحدث الاهتزاز أيضاً من الأمام إلى الخلف (أي في المحور السيني) أو من جانب إلى آخر (أي في المحور ص). (Echeverria et al , 1994)

- **اهتزاز كامل الجسم:** تحدث التعرضات المهنية بالنسبة للاهتزازات أو الارتجاجات التي تشمل كامل الجسم بشكل رئيسي داخل وسائط النقل، بالإضافة إلى حصول ذلك أثناء عمل بعض الآليات الصناعية، وتستطيع وسائط النقل البرية والبحرية والجوية جميعها توليد اهتزازات تسبب الشعور بعدم الراحة أو تتداخل مع الأنشطة التي يتم القيام بها أو تسبب الأذى. وتبين قائمة التالية بعض البيئات التي تسبب المخاطر الصحية.

• قيادة الجرارات.

• المركبات والآليات العسكرية الحربية كالمدرعات

• الآليات والعربات العاملة خارج الطرقات مثل: الآليات المحركة للأرض مثل عربات

التحميل والترحيل والبلدوزرات ومدرجات (ممهّدات الطرق) وآليات الكشط

• الآلات التي تستخدم في الغابات.

- المعدات والأجهزة المستخدمة في المناجم.
- الشاحنات ذات الروافع الشوكية
- قيادة بعض الشاحنات
- قيادة بعض السيارات والقطارات.
- قيادة بعض طائرات الهليكوبتر وبعض الطائرات المثبتة الأجنحة.
- العمال الذين يعملون على آليات إنتاج الإسمنت المسلح.
- سائقي السكك الحديدية.
- استخدامات السفن البحرية عالية السرعة.
- ركوب الدراجات النارية.
- قيادة بعض السيارات والعربات.

يمكن أن تحدث أهم التعرضات الشديدة للاهتزاز وللصدمات بواسطة العربات والآليات العاملة خارج الطرقات بما في ذلك الآليات المحركة للأرض والشاحنات الصناعية والجرارات الزراعية (مكتب العمل العربية، 2008/1998، ص13) وينتقل اهتزاز إلى الجسم بالكامل من خلال سطح يتحمل كل أو معظم وزن الجسم، مثل الأرضية أو الكرسي. "يمكن أيضًا نقل اهتزاز الجسم بالكامل إذا كان جسم العامل بالقرب من اهتزاز متوسط، كما انه ينتقل عبر الأسطح الملامسة له ويؤثر مباشر على الأداء البشري (Echeverria et al , 1994)، فالجسم حساس جدا للاهتزازات من النوع العمودي التي تتراوح ما بين (04) إلى (08) هرتز وكذلك الاهتزازات الأفقية التي تتراوح ما بين (01) و(02) هرتز، هذا النوع من الاهتزازات تختلف الآثار المترتبة عنها وذلك حسب الشدة وكذلك مدة التعرض. (كحلوش، 2013، ص91)

- اهتزاز اليد - الذراع:

يعد اهتزاز اليد والذراع ثاني منطقة تشكل مشكلة كبيرة حيث يتعلق الأمر بالانتقال الاهتزاز إلى جسم الإنسان. ومع ذلك فهي تختلف إلى حد ما عن اهتزاز الجسم كله في نوع المشاكل التي تسببها، في حين ان الاهتزاز المنتقل إلى الجسم القائم أو جالسًا يؤدي عادة إلى حدوث مشاكل ذات طبيعة عامة كعدم الراحة، وانخفاض كفاءة العمل، بالإضافة إلى ذلك ينتج عنه ضرر مادي إذا كان المستوى وأوقات التعرض مرتفعة بدرجة كافية.

تكون مستويات الاهتزاز التي تمت مواجهتها في العديد من الأجهزة الكهربائية المستخدمة عالية بما يكفي لإحداث ضرر عند تشغيلها لفترات طويلة في الصناعة. من بين هذه الأدوات

الأدوات الكهربائية كقاطعة لحم، والمطاحن الكهربائية، والمثاقب والمطرفة، والمناشير المتسلسلة، والتي تستخدم على نطاق واسع في صناعات والبناء والغابات. قد يتم نقل الاهتزاز إلى الجسم من أداة اهتزازية أو قطعة محمولة باليد أو عبر أحد الذراعين أو كليهما مما يتسبب في المستويات المنخفضة من كفاءة العمل، وعند مستويات أعلى وفترات تعرض أطول تحدث أمراض تأثير على الأوعية الدموية والمفاصل والدورة الدموية (Broch, 1984)، اذن تشير الاهتزازات الميكانيكية الناجمة عن الأدوات والأجهزة وآليات العمل الكهربائية والتي تدخل إلى جسم الإنسان عن طريق الأصابع أو عن طريق راحتي اليدين بالاهتزازات المنتقلة إلى الجسم عن طريق اليد، ولعل أكثر الأعراض المرافقة لمثل هذه الحالة هي «اهتزاز اليد - ذراع» أو «اهتزاز موضعي أو قطاعي». إن الآلات والأدوات والعمليات التي تعرض يدي العاملين للاهتزاز كثيرة الانتشار وموجودة في العديد من الأنشطة الصناعية والمهنية، فالتعرض المهني في هذا المجال ينتج عن الأدوات الكهربائية التي تحمل بواسطة اليد وتستخدم في مجال الصناعة وفي مجال مقالع الحجارة والتعدين والمناجم والبناء وفي مجال الزراعة والمنافع العامة، هذا ويمكن أن يحدث التعرض لمثل هذه الاهتزازات التي تنتقل إلى الجسم عن طريق اليد بواسطة قطع الشغل المهتزة التي يحملها الشخص في يديه أو بواسطة أدوات التحكم المهتزة التي يتم استعمالها بواسطة اليد مثلما هو عليه الحال أثناء تشغيل جزارة العشب، أو أثناء التحكم بالدمجات التراصية المهتزة للطرق، وتدل التقارير أن عدد الأشخاص الذين يتعرضون للاهتزاز المنتقل إلى الجسم عن طريق اليد يتجاوز (150000) فرداً في هولندا و (0.5) مليون فرد في بريطانيا و(1.45) مليون شخص في الولايات المتحدة (مكتب العمل العربية، 2008/1998، ص31)

ويعد اهتزاز اليد والذراع هو الشكل الأكثر انتشاراً للاهتزاز في بيئة العمل، ويمكن أن يتأثر تعرض الشخص للاهتزازات اليد بالتأثيرات الصحية بعدة عوامل، وهي كالتالي:

- درجة حرارة المنطقة التي يعمل فيها الشخص
- ما إذا كان الشخص يرتدي قفازات أم لا
- كيف تستحوذ على الأداة
- تردد وسعة الاهتزاز
- كم من الوقت وكم مرة يحدث التعرض (Best Practices - Vibration at the Worksite, 2010)

3-5-4 قياس الاهتزازات:

العامل في بيئة العمل قد يتعرض إلى اهتزازات والتي تعد من المخاطر الميكانيكية في أعمال عديدة، مثل استعمال الأجهزة، والآلات مما يجعل بيئة العمل متذبذبة ولا سيما للعمال الذين يعملون قرب الأجهزة الميكانيكية.

ويمكن قياس الاهتزاز عن طريق الذبذبات التي يسببها أو من خلال التسارع أو من خلال التردد والعلاقة بينهما، وعند وجود اهتزازات على عدة محاور يتم جمع الاهتزازات والتي يجب ألا تتجاوز الحدود الطبيعية لتعرض اليومي للاهتزاز الموضحة في الجدول التالي:

الجدول رقم (30): تأثير درجة الحرارة وحركة الهواء في العمل

وقت التعرض	مستوى الاهتزاز المسموح به
4 - 8 ساعات	4 (م/ثا ²)
2 - 4 ساعات	6 (م/ثا ²)
1 - 2 ساعات	8 (م/ثا ²)
1 - > ساعة	12 (م/ثا ²)

(الدليل الإرشادي، 2021، ص27)

فتعرض جسم الإنسان للاهتزازات أثناء استخدام الأدوات أو الآلات أو وسائل النقل تسبب عدم الراحة ومخاطر عديدة أخرى، فالجسم يهتز عندما يكون هناك تشوه له حول موضعه الأصلي، وتتميز الاهتزازات بتردداتها وشدتها التي تُقاس بالتسارع (التباين الزمني للسرعة) التي يمر بها الجسم أثناء الاهتزاز، ويتم التعبير عن النتائج م/ثا². (FALZON, 2004)

كما تجرى القياسات الخاصة بالاهتزاز لتأمين المساعدة اللازمة لتطوير أدوات جديدة ولفحص اهتزاز الأدوات أثناء شرائها ولتأكيد شروط وظروف الصيانة، ولتقييم تعرض العمال لها في مكان العمل. تتألف أجهزة قياس الاهتزاز، بشكل عام من محول للطاقة وأداة تضخيم ومن مرشح و/أو شبكة خاصة لموازنة التردد ومن مؤشر للسعة أو جهاز تسجيل، ويجب إجراء قياسات الاهتزاز فوق السطح الذي يمر من خلاله الاهتزازات إلى الجسم، وللحصول على نتائج دقيقة لا بد من الاختيار السليم الدقيق لمقاييس التسارع (مثل النوع والكتلة والحساسية) وإتباع الطرق المناسبة لوضع أو تثبيت مقاييس التسارع فوق السطح المهتز، ويجب قياس وتسجيل الاهتزازات المنتقلة إلى اليد في الاتجاهات المناسبة الصحيحة، كما يجب إجراء القياسات على الأقل لتغطية المجال الترددي (5 - 1500 هرتز) ويمكن تمثيل

المحتوى الترددي للتسارع بالنسبة للاهتزاز ضمن محور أو أكثر في نطاق التجاوب التي يكون فيها تردد المركز في المجال (8- 1000 هرتز) أو في نطاق التجاوب حيث يقع تردد المركز في المجال (6.3- 1250 هرتز)، تدل القياسات المجرات في مكان العمل على أنه يمكن حدوث اهتزازات ذات شدة مختلفة على الأدوات والمعدات التي تنتمي إلى نفس النوع أو عندما تستخدم نفس تلك الأدوات والمعدات بشكل مختلف (مكتب العمل العربية، 2008/1998، ص45)، فالجسم البشري معقد ويتطلب العديد من العوامل التي يجب أخذها في الاعتبار بصرف النظر عن قياس اهتزاز السطح. على سبيل المثال، تؤثر قبضة العامل على أداة على مقدار طاقة الاهتزاز التي تدخل يدي العامل، فالاختلافات عديدة ومعقدة بين التركيب البيولوجي للأفراد، فلا يمكن للمعايير أن تأخذ في الحسبان جميع المتغيرات البشرية، لذلك تميل إلى التركيز على مستوى الاهتزاز ومدته وحجمه وتكراره واتجاهه.

المعيار الأسترالي لتقييم اهتزاز الجسم بالكامل لتقييم تعرض الإنسان لاهتزاز الجسم بالكامل - المتطلبات العامة، والذي يشير إلى كيفية تقييم الاهتزاز وكيفية تقييم أهمية الاهتزاز المقاس وآثاره المحتملة على صحة الإنسان وراحته وإدراكه، لا تحدد المواصفة حدود التعرض لاهتزازات الجسم بالكامل، ولكنها تشير إلى "مناطق تحذير" للمخاطر الصحية. ويتضمن قياس الاهتزازات البشرية استخدام مقاييس التسارع وعدادات الاهتزاز المتخصصة، ويقاس بثلاثة اتجاهات أفقية - اتجاه أمامي (X)، اتجاه أفقي من جانب إلى جانب (Y) واتجاه رأسي لأسفل (Z) عند نقطة الاتصال بالجسم المهتز، كما تقيس أجهزة الاهتزاز الحديثة المعالم الثلاث في وقت واحد وتوفر العديد من المعلومات كقيمة جرعة الذروة والاهتزاز (OHS Body of Knowledge, 2012)، كما يقاس بواسطة جهاز الصوت، وذلك بوضع مكبر للصوت بدلا من المستقبل، ويرفق مع كل جهاز منحني خاص لتحويل قراءة جهاز قياس مستوى الصوت من الديسبل عمق الاهتزاز. (إسعادي، 2015، ص96)

3-5-5 آثار التعرض للاهتزاز:

تتأثر الحالة الصحية للعمال الذين يؤدون الأعمال اليدوية في الغالب بعدد كبير من المخاطر المهنية بما في ذلك مجموعة متنوعة من العوامل المادية. حيث هناك أخطار متكرر في بيئة العمل يصعب القضاء عليها إلا عن طريق تحسين المعايير الفنية للمعدات والأدوات، ومن بين هذه المخاطر التعرض للاهتزازات المفرطة. حتى وقت قريب، ساد رأي بأن مشكلة الاهتزازات مرتبطة بمنطقة محدودة إلى حد ما بعدد من العمال، حيث معظمهم

من الذكور الذين يعملون بأدوات يدوية تعمل بالهواء المضغوط والكهرباء، في الوقت الحاضر يتم التعامل مع هذه القضية في سياق أوسع لأنه من وجهة النظر العلمية والعملية يمثل الاهتزاز مجموعة كاملة من المشاكل المعقدة، يعتمد التأثير الضار للاهتزازات على صحة الإنسان على الطريقة التي تنتقل بها هذه الاهتزازات إلى الجسم أو إلى الأجزاء منه، فاختلاف طريقة انتقال الاهتزاز السبب في إجراء تقييم الاهتزازات في البيئة المهنية لحماية الصحة العمال، كما تمثل الأمراض المصاحبة للاهتزازات مشكلة صحية واجتماعية كبيرة، ويعتمد تأثير الاهتزازات على جسم الإنسان بمدى التعرض وتواتره وتسارعه واتجاهه ومدته، حيث تساعد النماذج الرياضية لجسم الإنسان وأنظمتها الفرعية بشكل كبير في وصف وفهم انتقال وتأثير الطاقة الميكانيكية فيه، فالأمراض ناتجة عن الاهتزازات بسبب انتقالها من جزء إلى الجزء العلوي تحتل المرتبة الرابعة في جمهورية تشيك من بين جميع الأمراض المهنية المبلغ عنها، كما يبلغ متوسط عمر الأفراد المصابين بالأمراض المرتبطة بالاهتزاز 45 سنة. (PIÑOSOVÁ et al, 2013)

يعتمد التأثير الضار للاهتزازات على جسم الإنسان على التردد وسعة الاهتزازات ومدة التعرض، فعندما يتعرض الجسم للاهتزازات، لا تتفاعل جميع الأعضاء بنفس الطريقة، فكل جزء من أجزاء الجسم له تردد الرنين الخاص به، إذا تم إرسال اهتزاز إلى الجسم وكان تواتر الاهتزاز وتردد الرنين في الجزء المصاب من الجسم متساويين، يمكن أن تكون الزيادة في السعة كبيرة ومضرة بالصحة، على سبيل المثال، تردد الطنين لليد بين 50 و200 هرتز، وتردد العمود الفقري بين 10 و12 هرتز، ستظهر الإصابات التالية اعتماداً على التردد:

- ترددات منخفضة للغاية (0-2 هرتز): تأثيرات نفسية - فسيولوجية مثل دوام.
- الترددات المنخفضة (2 - 20 هرتز): تأثيرات ضارة على العمود الفقري.
- 20-40 هرتز: الاضطرابات العظمية المفصلية.
- 40-300 هرتز: اضطرابات في الدورة الدموية.
- فوق 300 هرتز: اضطرابات الدورة الدموية في اليدين والأصابع.

لمراعاة حساسية اهتزاز الجسم البشري، يتم استخدام مرشحات الترشيح، لأنها تجعل من الممكن تحديد التأثير الضار لسعة الاهتزازات المقاسة، وهناك نوعان من الاهتزازات التي لها تأثيرات على الأفراد:

• الاهتزازات المنقولة إلى اليد والذراع والمرتبطة باستخدام الأدوات اليدوية (من 5 هرتز إلى 1500 هرتز)

• الاهتزازات التي تنتقل إلى الجسم كله والتي ترتبط باستخدام الأجهزة المحمولة (من 0.7 هرتز إلى 100 هرتز (cnac, 2006, p10)).

أ- الشعور بعدم الراحة:

يتم الشعور بالاهتزاز عن طريق مختلف المستقبلات الموجودة في الجلد التي تكون متواجدة في نسيج الطبقة الخارجية من الجلد، وفي الطبقة السفلية منه في المناطق الملساء والجرداء من الأصابع واليدين، وتصنف تلك المستقبلات ضمن نوعين «بطيئة التكيف» و«سريعة التكيف» وذلك حسب خصائصها من حيث مجال الاستقبال ومن حيث سرعة التأقلم، ففي أقرص ميركيل ونهايات روفيني، نجد وحدات الاستقبال البطيئة التكيف التي تستجيب للضغط الساكن (الشدة الساكنة) وتبطن التغيرات في الضغط والتي تهيج عند الترددات المنخفضة التي تقل عن (16 هرتز)، أما الوحدات سريعة التكيف فتحتوي على كريات ميسنر وكريات باسينيان التي تستجيب للتغيرات السريعة في العامل المنبه والتي تكون مسؤولة عن الإحساس بالاهتزاز في المجال الترددي (8- 400 هرتز). لقد تم استخدام الاستجابة الذاتية (الشخصية) للاهتزازات التي تنتقل إلى الجسم عن طريق اليد في عدد من الدراسات للحصول على القيم العتبية للإحساس المكافئ، وحدود الشعور بالإزعاج أو حدود التحمل للمنبهات الاهتزازية عند ترددات مختلفة، وتشير نتائج الدراسات التجريبية أن حساسية جسم الإنسان تجاه الاهتزازات تنخفض مع زيادة التردد بالنسبة لكل من مستويات الاهتزاز الخاصة بالانزعاج وبالشعور بعدم الراحة، وعلى ما يبدو فإن الاهتزاز العمودي يسبب شعوراً بعدم الراحة يزيد عما يفعله الاهتزاز الحاصل في أي اتجاه آخر، ومن جانب آخر وجد أن الشعور الذاتي بعدم الراحة يتبع أيضاً للمركبات الطيفية للاهتزاز ولقوة المسك المطبقة أو المبذولة فوق المقبض المهتز. (مكتب العمل العربية، 2008/1998، ص35).

ب- اضطرابات العظام والمفاصل

تعتبر اضطرابات العظام والمفاصل التي يسببها الاهتزاز أمراً غاية الأهمية، حيث يعتبر الباحثون أن اضطرابات العظام والمفاصل في الأطراف العلوية للعمال الذين يستخدمون أدوات اهتزاز يدوية ليست محددة في طبيعتها ومماثلة لتلك الناجمة عن العمال كبار السن والعمل اليدوي الثقيل، فقد كشفت الفحوصات الإشعاعية المبكرة عن انتشار كبير للفجوات

والتكيسات العظمية في أيدي ومعصمي العمال المعرضين للاهتزازات، كما أظهرت الدراسات الحديثة عن زيادة خطر الإصابة بهشاشة العظام في المعصم وفصال الكوع وهشاشة العظام لدى عمال مناجم الفحم وعمال بناء وعمال تشغيل المعادن المعرضين للصددمات والاهتزازات منخفضة التردد (أقل من 50 هرتز) ذات الشدة العالية، كما تم الإبلاغ عن انتشار لمرض التهاب المفاصل الكاذب للعظم الزورقي في الرسغ من قبل من الباحثين، كما أن هناك الأدلة على زيادة انتشار اضطرابات العظام والمفاصل في الأطراف العلوية للعمال المعرضين للاهتزازات متوسطة أو عالية التردد الناشئة عن مناشير السلسلة أو آلات الطحن، ويعتقد الباحثون أنه بالإضافة إلى الاهتزاز، فإن الوزن الزائد على المفصل بسبب الجهد البدني الثقيل، والوضعية غير الملائمة، وعوامل ميكانيكية حيوية أخرى يمكن أن تقصر ارتفاع معدل حدوث إصابات الهيكل العظمي الموجودة في الأطراف العلوية لمستخدمي الأدوات. (Bovenzi, 2005)، ويشير بعض الباحثين في كتاباتهم إلى حدوث تغيرات هيكلية عظمية مميزة في مناطق اليدين والمعصمين والمرفقين عند التعرض للاهتزازات التي تنتقل إلى الجسم عن طريق اليد، فقد أظهرت التجارب التي استخدمت فيها الأشعة السينية وجود كبير للحوصلات والكيسات في أيدي ومعاصم العاملين المعرضين للاهتزاز، إلا أن الدراسات التي تمت مؤخراً لا تعتقد بوجود ارتفاع ملحوظ في مثل تلك الحالات مقارنة مع المجموعات التي استخدمت كشواهد والتي شكلت من الأشخاص الذين يقومون بأعمال يدوية، كما تدل الدراسات على وجود عدد زائد من حالات العضال العظمي (داء مفصلي غير التهابي) في منطقتي المعصم والمرفق، ووجود الزوائد العظمية بكثرة بين العاملين في المناجم، ويمكن أن تترافق مع ما نشاهده على الصور الشعاعية من نخر مفصلي أو عظمي حالات من الألم الموضعي والتورم والتشوه والتصلب المفصليين. ومفيد أن نذكر أنه فقط عدد قليل من الدول (بما في ذلك فرنسا وألمانيا وإيطاليا) التي تعتبر الاعتلالات المفصالية التي تحدث للعاملين الذين يستخدمون الأدوات المهتزة والمحمولة يدوياً على أنها أمراض مهنية ينال العامل المصاب تعويضاً عليها (مكتب العمل العربية، 2008/1998، ص36).

فالاضطرابات العظمية المفصالية حالة شائعة جداً لدى مستخدمي آلات ثقب الصخور كما تسبب هشاشة العظام في الكوع، وتظهر بشكل تدريجي بعد عدة سنوات من التعرض للخطر مما يتسبب في اكتشافه متأخراً بعد 50 عامًا، وغالبًا ما يعمل الكوع كمخمد اهتزاز عندما يكون في وضع شبه مرن. ثم يخضع لسلسلة من الحركات الدقيقة المؤلمة والتي

ستعمل تدريجياً على تعديل بنية مفاصله، وأول علامة تجذب الانتباه هي تقييد حركة الكوع، والتي تكون مصحوبة أحياناً بالألم، والفحص بالأشعة السينية ضروري لتأكيد التشخيص، كما تخضع أنسجة العظام للتعظم المفرط أو على العكس من ذلك لهشاشة العظام.

وأمام التطور الحاصل في العالم اليوم فقد تم إدراج هشاشة العظام في الكوع في القائمة البلجيكية للأمراض المهنية في فصيلة الاضطرابات العظمية المفصلية للأطراف العلوية الناتجة عن الاهتزازات الميكانيكية)، ويمكن أن تؤدي الصدمات الدقيقة التي تسببها الاهتزازات إلى تغيير الأوعية الدموية وتؤدي في النهاية إلى تلفها، ويؤدي نقص إمداد الدم إلى نخر العظام، ويتجلى هذا المرض في ظهور الألم الذي يكون مفاجئاً في بعض الأحيان، ولكنه غالباً ما يكون تقدمياً مع الحد من حركات التمدد والانثناء للمعصم وفي بعض الأحيان لوحظ انخفاض في قوة القبضة (cnac, 2006).

ج- اضطرابات الأوعية الدموية:

هذه الظاهرة هي التأثير الصحي الأكثر شيوعاً من اهتزاز اليد والذراع، فتضيق الأوعية الدموية الصغيرة في اليد، يؤدي إلى تقليل من تدفق الدم عبر اليدين والأصابع، وبهذا تصبح الأصابع بيضاء وباردة ومخدرة، ويمكن أن يستمر هذا التأثير لمدة دقائق أو حتى ساعة بعد التعرض للاهتزاز، كما يمكن أن تتراوح هذه الظاهرة من خفيفة إلى شديدة للغاية. يتم تصنيف الحالة إلى أربع مراحل تعرف باسم "مقياس ستوكهولم"، كما هو موضح في الجدول التالي.

الجدول رقم (31): مراحل مقياس ستوكهولم لاضطرابات الأوعية الدموية

المرحلة	شدة الأعراض	التأثيرات
/	لا يوجد	لا يوجد أعراض
1	خفيفة	تأثيرات عرضية تؤثر فقط على أطراف أصبع أو أكثر
2	معتدلة	تأثيرات عرضية تؤثر فقط على عظام أصبع أو أكثر
3	شديدة	نوبات متكررة تصيب جميع عظام الأصابع
4	شديدة جدا	آلام متواصلة في الأصابع وكذلك تغير لون الجلد

في الحالات الخطيرة للغاية، يمكن أن يؤثر التلف الدائم على تدفق الدم في أصابع العامل، وتتحول الأصابع إلى اللون الداكن والأزرق المائل إلى الأسود، وتتطور إلى تقرحات مفتوحة، وحتى تصبح ذات إصابة بليغة، تشمل الحالات الأخرى الناتجة عن التعرض لاهتزاز اليد والذراع تجلط الدم في شرايين الذراع والأصابع، في تشكل الجلطة في الشريان تمنع تدفق الدم، وتعتمد أعراض تجلط الدم على درجة انسداد تدفق الدم بسبب الجلطة. عندما

تكون الجلطة صغيرة وتؤدي إلى انخفاض ضئيل في تدفق الدم، فقد لا تظهر أي أعراض على الإطلاق، مع زيادة حجم الجلطة ودرجة انسداد تدفق الدم، تصبح الأعراض أكثر حدة، ويمكن أن تسبب بياض الجلد، والبرودة، والألم، والضعف، وفقدان العضو لوظيفته. (Best Practices - Vibration at the Worksite, 2010)

كما ينتشر بين العمال مرض الأصابع البيضاء أو ما يعرف باسم متلازمة اهتزاز اليد الذي تم الاعتراف به كمرض مهني في العديد من البلدان الصناعية، وأشارت الدراسات الوبائية إلى أن انتشار هذا المرض واسع جدًا، حيث يصيب 5% من العمال الذين يستخدمون أدوات اهتزازية في المناطق الجغرافية ذات المناخ الدافئ، ومن 80 إلى 100% من العمال في البلدان الشمالية، كما أن التعرض للاهتزاز في بيئة باردة تكون أكثر لإصابة لضيق الأوعية الدموية، ولشرح ظاهرة رينود التي يسببها البرد في العمال المعرضين للاهتزاز يستدعي بعض الباحثين لدراسة رد فعل ضيق الأوعية المركزية بسبب التعرض المطول للاهتزازات الضارة، ويؤكد العديد من الباحثين على دور التغيرات التي يسببها التعرض للاهتزاز في الأوعية الدموية كلزاجة الدم وتلفها.

ومنذ أواخر السبعينات، تم الإبلاغ عن انخفاض في حدوث هذا المرض بين عمال الغابات النشطين في كل من أوروبا واليابان بعد إدخال مناشير سلسلة مضادة للاهتزاز وتدابير إدارية تقلل من وقت استخدام المنشار جنبًا إلى جنب مما ساعد في التقليل من التعرض للاهتزازات. (Bovenzi, 2005)

كما حدد الباحثين العوامل المؤثرة في خطر الإصابة بمتلازمة اهتزاز اليد والذراع، حيث حددوا مجموعة من الفئات والعوامل التي تؤثر وهي كما يلي:

الجدول رقم (32): العوامل التي تؤثر على خطر الإصابة بمتلازمة اهتزاز اليد والذراع

العوامل	الفئة
- تعرض المتكرر للعامل للاهتزاز الأداة	تردد التعرض
- إجمالي ساعات العمل التعرض للاهتزاز في البيئة - مدة الاهتزاز عند استخدام الأداة	زمن التعرض
- بيئة العمل لاستخدام الأداة (الوضعية، والحركات المتكررة، ووضعية اليد والذراع بالنسبة للجسم) - مساحة السطح وموقع وكتلة أجزاء الجسم الملامسة لمصدر الاهتزاز - قوى القبضة	متغيرات استخدام الآلات

	- تحكم المشغل أيضا
خصائص الأداة	- تأثير اهتزاز مقابل عدم تأثير - وزن الأداة - سرعة التشغيل - حالة صيانة الأداة - ملمس مقبض الأداة (ناعم أو صلب) - شكل مقبض الأداة
البيئة	- التعرض لدرجات الحرارة المحيطة مرتفعة أو منخفضة - التعرض للجوانب النفسية والاجتماعية (مثل الأحداث في المنزل والعلاقات) - التعرض لعوامل فيزيائية وكيميائية أخرى
معالم الاهتزاز	- تردد وسعة واتجاه الاهتزاز - مساحة سطح التلامس بين مصدر الاهتزاز مع اليد - مستوى التسارع الناتج عن الأداة (طاقة الاهتزاز)
العامل	- ملابس التي يرتديها أثناء العمل - مقاس الجسم - وضع - توتر الجسم - تركيب الجسم - التاريخ الطبي - القابلية للاهتزاز - التدخين وتعاطي المخدرات - المهارة والإنتاجية - مرض أو إصابة سابقة للأصابع واليدين - عدد سنوات الاستخدام مع الأداة
أدوات وأساليب الحماية	- المواد المضادة للاهتزاز المستخدمة (مثل القفازات والأحذية) - فترات راحة العمل
المحيط المادي	- مدى صلابة المواد التي يتم التعامل معها

(Best Practices - Vibration at the Worksite, 2010)

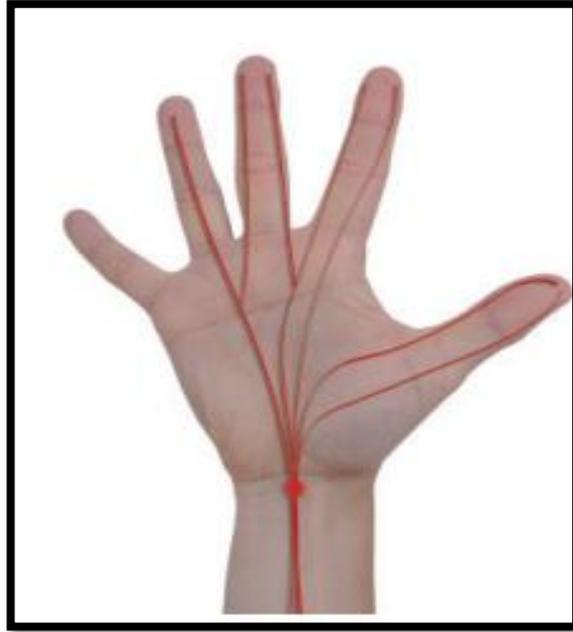
د - التأثيرات العصبية للاهتزاز:

يمكن أن تؤثر اهتزاز اليد والذراع أيضًا على أعصاب اليدين والذراعين، حيث يشعر العمال المصابون بالوخز وتخدر في أصابعهم وأيديهم، كما تنخفض حاسة اللمس ودرجة الحرارة لديهم، وتتأثر براعتهم اليدوية، كما تم تصنيف الأعراض كما هو موضح في الجدول التالي:

الجدول رقم (33): مراحل مقياس ستوكهولم للتأثيرات العصبية

المرحلة	التأثيرات
/	يتعرض للاهتزاز ولكن لا يوجد أعراض
1	تعرض للاهتزاز بشكل متقطع وشعور بالوخز بشكل متناوب
2	فترات متناوبة ومتقطعة أو التخدر المستمر وقلت الشعور باللمس
3	نوبات متكررة متقطعة أو مستمرة من تخدر وقلّة الإحساس باللمس و/أو عدم القدرة على تحريك اليد والأصابع

كما يتعرض العمال غالبًا إلى اضطرابات عصبية تسبب الألم والوخز والتخدر وإحساس غير طبيعي بالجلد، وضعف في أجزاء من اليد والساعد، ويحدث هذا عندما يتم ضغط العصب المتوسط عند الرسغ (Best Practices - Vibration at the Worksite, 2010). ويعد اضطراب متلازمة النفق الرسغي حالة خاصة من الأضرار العصبية التي تصيب الرسغ، يرجع ذلك إلى ضغط العصب المتوسط وهو العصب الذي يمر عبر الذراع والذي يغذي العضلات التي تنثني الذراع في قناة غير قابلة للتمدد تحدها عظام الرسغ، وأمامها رباط قوي للغاية تدور فيه عدة أوتار عضلات المعصم. هذا الاضطراب الذي يكون بسبب الضغط المطول على كعب اليد عند استخدام الأدوات الاهتزازية كآلات ثقب الصخور، فيبدأ بظهور الوخز الذي يكون في المرحلة الأولى من المرض أثناء الليل، كما قد يصبح لاحقًا دائمًا، وتخدر، وانخفاض حساسية الإبهام، والسبابة والأصابع الوسطى، وضمور في بروز تجمع العضلات في قاعدة الإبهام مع عدم الراحة في حركة الإبهام، كما تم إدراج هذا الاضطراب في القائمة البلجيكية للأمراض المهنية تحت عنوان تلف وظيفة الأعصاب بسبب الضغط .



الشكل رقم (07): يوضح العصب المتوسط في اليد (cnac, 2006)

كما أن التعرض المستمر للاهتزاز لا يخفض فقط قدرة المستقبلات الجلدية على التهيج، وإنما يستطيع أن يتسبب في إحداث تغيرات مرضية أيضاً في الأعصاب الإصبعية مثل الودمة المحيطة بالعصب التي يتبعها تلف ثم فقدان الليف العصبي، وتدل الدراسات الوبائية الإحصائية على العاملين الذين يتعرضون للاهتزاز أن نسبة وجود الإصابات العصبية المحيطة تتراوح بين نسبة مئوية صغيرة إلى ثمانين بالمائة، كما تدل على أن الفقد الحسي يصيب مستخدمي أنواع كثيرة من الأدوات، ويبدو أن الاهتزاز العصبي الناتج عن التعرض للاهتزاز يظهر ويتطور بشكل مستقل عن الإصابات الأخرى التي تنجم عن التعرض للاهتزاز، وللتمييز بين الإصابات العصبية الناجمة عن التعرض للاهتزاز وتلك الناجمة عن مسببات أخرى، فإن الأمر يحتاج إلى تشخيص تفريقي دقيق كما هو عليه الحال بالنسبة لمتلازمة النفق الرسغي، حيث تنجم هذه الإصابة عن ضغط العصب الأنسي لدى مروره خلال النفق الرسغي الموجود في المعصم (مكتب العمل العربية، 2008/1998، ص37).

هـ - التأثيرات العضلية للاهتزاز:

قد يشكو العمال الذين يتعرضون لفترات طويلة من الاهتزازات من ضعف العضلات، وآلام في اليدين والذراعين، وانخفاض قوة العضلات، كما وجد أن التعرض للاهتزاز مرتبط بتقليل قوة قبضة اليد، وعند بعض الأفراد يمكن أن يسبب التعب العضلي إعاقة، كما وجد الباحثين أن الإصابة المباشرة أو تلف الأعصاب المحيطة عوامل مسببة لإصابة العضلات، ولقد تم الإبلاغ عن اضطرابات أخرى مرتبطة بالعمل لدى العمال المعرضين للاهتزاز، مثل التهاب الأوتار والتهاب غمد الوتر في الأطراف العلوية، ومرض الأنسجة

اللافت في راحة اليد، أن هذه الاضطرابات مرتبطة بعوامل الإجهاد الناتجة عن العمل اليومي الثقيل والتعرض للاهتزاز (Bovenzi, 2005).

ويؤدي العمل العضلي تحت تأثير الاهتزازات المنقولة يدويًا في البداية إلى زيادة قوة القبضة، ومع التعرض المستمر، يؤدي ذلك إلى انخفاض القوة، حتى وقت قريب، كان يُنظر إلى بقاء القوة العضلية المنخفضة على أنه تشويه في التفاعل العضلي العصبي، وأظهرت الدراسات التجريبية الحديثة على الحيوانات حدوث تغيير في مورفولوجيا العضلات المتعلقة بالتعرض للاهتزاز، كما تم تأكيد هذه النتائج في البشر، ومن المتوقع أن تكون الأوتار العضلات معرضة لخطر الإصابة بالتهاب عندما يكون إجهاد العضلات ثابتًا أو مرتفعًا نتيجة التعرض للاهتزاز، ويتحول الألم المستمر لفترة طويلة إلى ألم مزمن غير واعي منفصل عن العضلة المسبب للألم الأصلي أو اضطراب المفاصل، كما يزيد الاهتزاز مؤقتًا من نشاط مخطط لكهربائي العضلي في عضلات ذراع واليد، ويقلل من تحمل العضلات لتأثيرات الاهتزاز المؤقت، ويرجع التأثير المشترك للضعف العصبي الحسي والعضلي على أنه انخفاض البراعة اليدوية بسبب فقدان التحكم العصبي العضلي. (World Health Organization, 2009).

3-5-6 الوقاية من الاهتزازات:

لقد اعتمدت دول متعددة معايير وإرشادات توجيهية خاصة بالتعرض للاهتزازات المنقلة إلى الجسم عبر اليد، وتقوم معظم تلك المعايير والإرشادات على أساس المعيار الدولي، ولقياس الاهتزازات المنقلة إلى الجسم عبر اليد ينصح باستخدام منحن خاص بمعادلة التردد حيث يقرب درجة الاستجابة الترددية لليد تجاه المنبهات الاهتزازية، ولتخفيف التأثيرات الصحية الضارة الناجمة عن التعرض للاهتزاز تم اقتراح ما يسمى بمستويات التدخل والقيم العتبية الحدية الخاصة بالتعرض للاهتزاز وذلك من قبل لجان وهيئات ومنظمات عالمية، حيث نشر المؤتمر الأمريكي لعلماء الصحة الصناعية الحكومية (ACGIH) القيم العتبية الحدية بالنسبة للاهتزازات المنقلة إلى الجسم عن طريق اليد والمقاسة حسب طريقة الأيزو ISO تبعاً ل للجدول التالي:

الجدول رقم (34): القيم الحدية العتبية الخاصة بالاهتزاز

التسارع المنتج الموازن ترددياً في اتجاه السائد يجب أن لا يزيد عن		زمن التعرض (ساعة)
الجاذبية (g)	التسارع (م/ثا ²)	
0.4	4	8 - 4
0.61	6	4 - 2
0.81	8	2 - 1
1.22	12	1

حيث أن $g = 9.81$ م/ثا²

أما هيئة المجموعة الأوروبية فقد قدمت مؤخراً مستويات التعرض الخاصة بالاهتزازات المنقلة إلى الجسم وذلك في سياق اقتراح توجيه حول حماية العاملين ضد المخاطر الناجمة عن العوامل والوسائط الفيزيائية حسب مجلس الاتحاد الأوروبي.

الجدول رقم (35): مستويات التعرض للاهتزازات وتأثيراتها حسب مجلس الاتحاد الأوروبي

التأثيرات	التسارع لمدة 8 ساعات	المستوى
يمكن الاستمرار في التعرض ضمن القيم التي تقل عن هذا المستوى حيث لا يوجد تأثير سلبي ضار على صحة العاملين وسلامتهم	01 (م/ثا ²)	العتبة
وهي قيمة التي إذا ما تم تجاوزها لا بد من اتخاذ إجراء التدريب والمراقبة الصحية	2.5 (م/ثا ²)	التصرف
وتمثل قيمة التعرض التي يكون بعدها الشخص غير محمي ومعرض لمخاطر غير متوقعة، ويمنع تجاوز هذا الحد وتنفيذ إجراءات حماية صحة العاملين وبشكل سريع جدا	05 (م/ثا ²)	حد التعرض

(مكتب العمل العربية، 2008/1998، ص42-44)

كما نص المرسوم البلجيكي الصادر في 7 يوليو 2005 المتعلق بحماية صحة العمال وسلامتهم من المخاطر المرتبطة بالاهتزازات في مكان العمل على تحديد نطاق الاهتزاز بالاهتزازات المنقولة إلى اليد والذراع والاهتزازات المنقولة إلى الجسم كله بقيم حد التعرض وقيم التعرض اليومية لفترة مرجعية مدتها 8 ساعات التي تؤدي إلى بدء الإجراء.

الجدول رقم (36): الحدود القصوى وقيم بداية الإجراءات الوقائية عند التعرض للاهتزازات حسب مجلس الاتحاد الأوروبي

حد التعرض القصوى	قيم بداية الإجراءات الوقائية	
05 (م/ثا ²)	2.5 (م/ثا ²)	اهتزاز اليد والذراع
1.15 (م/ثا ²)	0.5 (م/ثا ²)	اهتزاز الجسم ككل

(cnac, 2006)

أ - المراقبة الطبية:

تتطلب الوقاية من الإصابات أو الاضطرابات الناجمة عن الاهتزاز في مكان العمل تنفيذ الإجراءات الإدارية والفنية والطبية. تتضمن هذه الإجراءات تدابير تقنية تهدف إلى القضاء على الاهتزازات المنقولة يدويًا من المصدر أو الحد منها، فالمعلومات والمنشورات مناسبة لأصحاب العمل والموظفين، لتبني ممارسات عمل آمنة وصحيحة، وإرشادات وقائية طبية، حيث تنص التوجيه الأوروبية على ما يلي: "لضمان حصول العمال على مراقبة صحية مناسبة لمخاطر الصحة والسلامة التي يتعرضون لها في العمل، يجب إدخال تدابير وفقًا للقانون و/ أو الممارسات الصحية"، كما تضيف انه يجب أن تهدف المراقبة الصحية، التي تؤخذ نتائجها في الاعتبار عند تطبيق التدابير الوقائية في مكان عمل محدد، إلى الوقاية والتشخيص السريع لأي اضطراب مرتبط بالتعرض للاهتزاز، يجب أن تكون هذه المراقبة مناسبة عندما:

- إذا كان تعرض العمال للاهتزازات بحيث يمكن إقامة صلة بين ذلك التعرض ومرض يمكن التعرف عليه أو آثار ضارة بالصحة

- من المحتمل أن المرض أو الآثار تحدث في ظروف عمل معينة للعامل

- وجود تقنيات مجربة للكشف عن المرض أو آثاره الضارة بالصحة.

ويحق للعمال المعرضين للاهتزاز بما يتجاوز القيم المنصوص عليها في المادة مراقبة صحية مناسبة وانطلاقًا من هذا تم إنشاء شبكة الأبحاث الأوروبية للإصابات الاهتزازية، ويعد برنامج BIOMED 2 هو البرنامج الرئيسي لتطوير طرق الكشف عن الإصابات والوقاية منها بسبب التعرض المهني للاهتزاز. كان أحد أهداف البرنامج هو تطوير إجراءات مشتركة للمراقبة الصحية للاهتزاز الجسم أو أحد أطرافه، بما في ذلك تطوير طرق للكشف عن الاضطرابات وتشخيصها، ومن هنا تم تطوير بروتوكولات للمراقبة الصحية للعمال

المعرضين للاهتزاز. تهدف البروتوكولات إلى توفير أدوات لتقييم الآثار الصحية في الأطراف العلوية أو في الأطراف السفلية، والتي يمكن استخدامها للمراقبة الصحية في مكان العمل أو في البحوث الوبائية، كما تم تطوير الأدوات التي تشمل مبادئ توجيهية للمراقبة الصحية، واستبيانات للتقييم الأولي والفحوصات الطبية الدورية على فترات منتظمة، كما حددت تعريف مجموعة من الاختبارات الموضوعية لتقييم الاضطرابات الناجمة عن الاهتزازات. (Bovenzi, 2005)

والوقاية الطبية فاعلة تكون عبر الفحص الطبي قبل بدأ العامل في منصبه بهدف منع تكاليف العمال المعرضين للاضطرابات العظمية المفصلية أو الوعائية بمهام تتضمن استخدام أدوات مهتزة. فيما بعد ولدى إجراء الفحوص الدورية، سيقصى الطبيب عن أية شكايات عصبية وعائية يمكن أن تتحسر إذا تم الكشف عنها في المراحل الأولى من الإصابة ووقف التعرض. (المعهد العربي للصحة والسلامة المهنية، 2010)

ب - الوقاية الشخصية

تعد الوقاية أمراً بالغ الأهمية، تتطلب التعاون بين المؤسسة والعامل وذلك قصد التقليل من الآثار الناتجة عن الاهتزازات على العمل بصفة عامة والعمال بصفة خاصة كونهم يعانون من نتائج السلبية (كحلوش، 2014، ص173)، ولتحقيق ذلك يجب على العامل استخدام معدات السلامة الشخصية بالإضافة إلى التدابير الأخرى أو كملاذ أخير عندما لا تسفر التدابير الأخرى عن نتائج مرضية، بالإضافة إلى تقليل حمل الاهتزاز، يجب أن تكون معدات الحماية مريحة للاستخدام ولا يكون لها تأثير سلبي على الجهاز وسهولة التحكم فيه، وتعتبر القفازات المصممة بشكل جيد لتقليل انتقال الاهتزازات، ولتقليل مخاطر الإصابة. ويمكن أيضاً أن تساعد المقابض المدفأة والملابس الدافئة المقاومة للعوامل الجوية ومنصات التدفئة في تقليل تأثيرات الاهتزاز. (WHO, 2009, p100)، ويعتمد تصميم القفازات على الطبقات الوسيطة المضادة للاهتزاز على مبدأ العزل، يجب تقليل سماكة القفازات العازلة حتى لا تؤثر على تحكم في الأدوات. (cnac, 2006).

ج - التدابير التقنية:

إن منع حدوث الإصابات والاضطرابات التي تسببها الاهتزازات المنتقلة إلى الجسم يتطلب إتباع وتنفيذ إجراءات إدارية وفنية وطبية، إضافة إلى ضرورة إعطاء النصائح المناسبة للشركات الصانعة ولمستخدمي الأدوات المهتزة، ويجب أن تتضمن الإجراءات الإدارية

المعلومات الدقيقة والتدريب وذلك لتزويد القائمين بالعمل على مثل تلك الأجهزة والأدوات المهتزة بالتعليمات اللازمة لتبني وإتباع ممارسات عمل آمنة وصحيحة، أما الإجراءات الفنية فيجب أن تشتمل على اختيار الأدوات التي يكون فيها الاهتزاز أقل. ما يمكن والتي تكون ذات تصاميم إرغونومية Ergonomic مناسبة، وهكذا نجد أنه وفقاً لتوجيهات المجموعة الأوروبية الخاصة بأمان وسلامة الآلات، فإنه ينبغي على الشركة الصانعة توضيح ما إذا كان التسارع الموازن تردديا الخاص بالاهتزازات المنقلة إلى الجسم تزيد عن (2.5 م/ثا) كما هو محدد من قبل في المعايير الدولية، ومن جهة ثانية فإنه يجب فحص شروط وظروف وصيانة الأدوات بدقة عن طريق إجراء القياسات الدورية للاهتزاز، ومع كل ذلك فإنه يجب اتخاذ القرار حول تجنب التعرض للاهتزاز أو تخفيضه بالنسبة للعامل المتضرر بعد الأخذ بعين الاعتبار شدة الأعراض وخصائص آلات العمل، يجب إعطاء النصائح للعاملين حول ارتداء اللباس المناسب والقادرة على المحافظة على جسم العامل دافئاً، كما يجب إعطاؤهم النصائح حول تجنب التدخين أو التقليل منه ما أمكن، وحول تجنب أخذ بعض العقاقير التي من شأنها التأثير في الدوران المحيطي. (مكتب العمل العربية، 2008/1998، ص37).

وتشمل إجراءات العمل تخطيط العمل بحيث يتم تجنب التعرض العمال لفترات طويلة متتالية للاهتزازات، حيث تمنح لهم فترات عدم الاهتزاز الجسم فرصة للتعافي، وبدلاً من تركيز التعرض لفترة واحدة من يوم العمل، من الأفضل توزيع فترات التعرض للاهتزاز على مدار يوم العمل بأكمله، بالإضافة إلى ذلك فإن إدخال فترات الراحة و/ أو الوظائف البديلة (التناوب الوظيفي) التي لا تعرض العامل للاهتزاز تساعد بشكل كبيرة للتقليل من الاهتزاز. (WHO, 2009)

والجدول التالي يلخص الإجراءات التي يجب أن تتخذ في كل مستوى.

الجدول رقم (37): الإجراءات الوقائية التي تؤخذ بعين الاعتبار لدى تعرض الأشخاص

لاهتزاز

المجموعة	الفعل الواجب القيام به
الإدارة	البحث عن النصيحة الفنية البحث عن النصيحة الطبية تحذير وتبنيه الأشخاص المتعرضين تدريب الأشخاص المتعرضين مراجعة أزمدة التعرض وضع سياسة بشأن تجنب التعرض
الجهات الصانعة للآلات والتجهيزات	قياس الاهتزاز إجراء التصحيحات اللازمة للتقليل من اهتزاز كامل الجسم أمثلة التصاميم المعلقة استخدام التصاميم الإرغونومية لتحقيق وضعية جيدة تقديم الإرشادات والتوجيهات حول صيانة الآلات والأجهزة إعطاء التنبيهات والتحذيرات حول الاهتزازات الخطرة
المجموعات الفنية في مكان العمل	قياس التعرض الناجم عن الاهتزاز تأمين الآلات والتجهيزات المناسبة اختبار المقاعد بعناية فائقة إجراء الصيانة اللازمة للآلات والتجهيزات إعلام الإدارة بما يلزم
المجموعة الطبية	الفحص الشامل ما قبل التوظيف الفحوص الطبية الروتينية تسجيل جميع الأعراض والعلامات المرضية التي يتم ملاحظتها إعلام العاملين عن أي تعرض أو استعداد سابق إعطاء الإرشادات والنصائح حول عواقب التعرض إعلام الإدارة بما يلزم
الأشخاص المتعرضون (العمال)	الاستخدام السليم للآلات والأجهزة تجنب التعرض غير الضروري للاهتزاز ضبط مقعد الصد بشكل مناسب اعتماد وضعية جلوس مناسبة

فحص حالة الآلات والتجهيزات إعلام المشرف بشأن مسائل التعرض طلب النصيحة الطبية عند ظهور الأعراض إعلام صاحب العمل عن اي الاعتلال أو الاضطرابات ذات الصلة	
---	--

(مكتب العمل العربية، 2008/1998، ص29)

3-6- الإشعاعات

ترتكز التكنولوجيا في العالم المعاصر على قاعدة تمتد لأكثر من ثلاثمائة عام من التطور فلاشك أن التنمية التكنولوجية هي جزء هام من مشكلة التنمية الشاملة ومن هنا كانت أهمية التطور التكنولوجي، وتساهم العلوم والمعارف النووية بجزء كبير في قضايا التطور الطبي على محاور عديدة، ومن هنا يبرز ويتميز الدور الذي تلعبه العلوم والثقافة النووية في تطوير التكنولوجيا الوطنية، ويعتبر اكتشاف النشاط الإشعاعي ودراسة خواص خطوة هامة ليس فقط لفهم التركيب النووي والطبيعة النووية وإنما أيضا لتطويع استخدامه لصالح البشرية وخاصة في مجال العلاج والتشخيص الإشعاعي (سراج، 2000، ص9)

بدأت القصة عام 1895، عندما اكتشف عالم فيزيائي ألماني نوعًا من الأشعة، وبعد ما يقرب 120 عامًا كانت تحفيزات الأجهزة الجديدة لإدخال تقنيات متطورة لتلبية الاحتياجات الطبية سبب في استعمال الأشعة في التجهيزات المختلفة، ونتيجة العلاقة بين العديد من المختصين الفيزيائيين ومصنعي الأجهزة والأطباء وغيرهم، تم وصف مبادئ التصوير المقطعي لأول مرة بواسطة Godfrey Hounsfield وتم تركيب أول ماسح ضوئي نموذجي EMI في عام 1972 في مستشفى Atkinson Morley's. لقد حلت هذه التقنيات الجديدة محل العديد من تقنيات القديمة ولقد سهلت التطورات الأخيرة في استعمال الأشعة إلى حد كبير في فحص ومعالجة المرضى، وفي السنوات الأخيرة تسبب الاستخدام الواسع لهذه التقنيات في إصابة الأفراد بأمراض الجلد والصدر وغيرها لاعتمادها على الأمواج فوق الصوتية، ولقد قيل الكثير عن مخاطر الأشعة، ولكن استخدامها في التطبيقات الطبية مستمر في الازدياد في جميع أنحاء العالم. وتعد الأشعة السينية أكبر مساهمة في علاج الأفراد اليوم، حيث يشير أحدث تقرير صادر عن تقديرات لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع الذري (UNSCEAR) إلى أن هناك حوالي 4 مليارات فحص بالأشعة السينية

سنويًا. هذه القيمة أعلى بنحو 12% من الفترة 1996-2000 وأعلى بنسبة 10% من التقدير السابق للفترة 1991-1996 مما يشير إلى زيادة في التعرض لها. (Montalvo, 2016)

والمجال الطبي كان أول المستفيدين بإضافة الإمكانيات غير التقليدية للأشعة ضمن أدواته المستخدمة في فحص أبدان البشر، حيث ساعدت الأطباء والمعالجين على رؤية ما لم يكن يرى من تفاصيل الجسم الداخلية دون جراحة أو إسالة دماء، وتفاوتت المجالات الأخرى في درجة الاستفادة من الأشعة، ويأتي على رأس قائمة المنافسين المجال الصناعي، ثم البحث العلمي، ثم بحوث الفضاء، ثم البحوث الجيوفيزيائية، ثم استكشاف المصادر: كالتعدين والبترو، وكذلك الطب الشرعي، والعدالة القضائية، وعلم الآثار، والزراعة والبيئة، وأمن المطارات والمنشآت. والقائمة مازالت تتزايد بمرور الوقت. والفكرة الفيزيائية للحصول على الأشعة صارت أكثر وضوحاً منذ زمن بعيد (متوالي، 2015، ص14)

3-6-1 تعريف الإشعاعات:

توجد الإشعاعات في كل جزء من حياتنا. والإشعاعات قد تحدث بطريقة طبيعية في الأرض، ويمكن أن تصل إلينا من الإشعاعات القادمة من الفضاء المحيط بنا، وكذلك يمكن أن تحدث الإشعاعات طبيعياً في الماء الذي نشربه أو في التربة وفي مواد البناء من خلال احتوائها على عنصر الرادون من الأرض والعناصر المشعة أخرى، وقد تحدث الإشعاعات نتيجة صناعتها بواسطة الإنسان مثل الأشعة السينية، ومحطات توليد الكهرباء بالطاقة الذرية أيضاً في كاشفات الدخان، وتقدر الجهات العلمية في الولايات المتحدة الأمريكية بأن الشخص العادي يتلقى جرعات من الشعاع مقدارها 360 مللي ريم في السنة وتعتبر نسبة التعرض للإشعاعات الطبيعية 80% و20% الثانية من الإشعاعات الصناعية. (منظمة العمل الدولية، 2017، ص119)

وأصل كلمة إشعاع في اللغة شع أو شاع بمعنى انتشر ومن هنا سمي ضوء الشمس شعاعها " والظاهر أن هذه الكلمة قد استعملت في هذا المعنى الاصطلاحي لانتشار آثار المادة الملوثة كانتشار شعاع الشمس.

وفي الاصطلاح فإن الإشعاع يعني انحلال المادة إلى عدد من نويات وانتشار جسيمات منها، ويقاس الإشعاع بوحدة بيركل/ ثانية، وتصنف المواد على أساس نشاطها الإشعاعي على مواد نشطة إشعاعياً ومواد غير نشطة إشعاعياً ولقد بات من المعروف أن كل مادة يتجاوز عددها الذري 84 تعد من المواد النشطة إشعاعياً. (زوين والنعماني، 2018، ص31)

فالأشعة تعبر التفكك التلقائي التي تحدث في نواة الذرة والتي تولد انبعاث إشعاع مؤين، أي انبعاث الجسيمات المشحونة (جسيمات ألفا وبيتا وما إلى ذلك) أو الفوتونات (أشعة جاما أو الأشعة السينية)، التي لديها طاقة كافية لتأين الذرة التي تصادفها، تتحلل النوى غير المستقرة للوصول إلى حالة أكثر استقرارًا، كما تعرف الذرة هي أصغر مكون للمادة في الخصائص الكيميائية، فهي اللبنة الأساسية لجميع المواد الصلبة أو السائلة أو الغازية. تتكون الذرة من نواة مركزية تتكون من نيوكليونات (بروتونات ونيوترونات) والإلكترونات تدور حول النواة، البروتون جسيم كثيف جدًا مقارنة بالإلكترون، وله شحنة كهربائية موجبة (Comité de radioprotection,2019).

كما يعرف الإشعاع بأنه العملية التي ينتج عنها انطلاق طاقة على شكل جسيمات دقيقة جد أو موجات، وتتكون ذرة من نواة مركزية (Nucleus) تحتوي على بروتونات موجبة الشحنة ونيوترونات متعادلة ويدور حول هذه النواة عدد من الإلكترونات سالبة الشحنة، ويطلق على عدد البروتونات في النواة اسم العدد الذري (Atomic Number) (بينما يطلق على مجموع عدد البروتونات + مجموع النيوترونات اسم الوزن الذري (Atomic Weight) في معظم أنوية العناصر الكيميائية يكون عدد البروتونات داخل النواة مساويًا لعدد النيوترونات وفي بعض أنوية العناصر الأخرى يكون عدد النيوترونات أكبر من عدد البروتونات وتسمى هذه العناصر بالنظائر، وهذه النظائر بعضها ثابت لا تتغير تركيبها بمرور الزمن والعادة تكون لها عدد ذري منخفض، وبعض هذه النظائر غير مستقر وغالبا ما تكون أعدادها الذرية عالية وتسمى بالنظائر المشعة. (منظمة العمل الدولية، 2017، ص 119)

كما يمكن أيضا تعريف لإشعاع على انه إصدار طاقة على شكل أموا أو جسيمات من مصادر طبيعية، أو صناعية (العريضي، 2013، ص 27)

لفهم الإشعاع أكثر، من المهم ومعرفة ماهية الذرة. فالذرة هي جزيئات صغيرة تشكل كل مادة، فهي اللبنة الأساسية لعالمنا، تتكون الذرات من جسيمات أصغر تسمى البروتونات والنيوترونات والإلكترونات، فالبروتونات لها شحنة موجبة، بينما النيوترونات ليس لها شحنة (جسيمات محايدة)، توجد البروتونات والنيوترونات في مركز الذرة، تمامًا مثل الشمس في مركز نظامنا الشمسي، يسمى مركز الذرة بالنواة، والإلكترونات هي جزيئات صغيرة لها شحنة سالبة. على الرغم من أن الشحنة السالبة للإلكترون تعارض الشحنة الموجبة للبروتون، فإن

كلاهما لهما قوة متساوية، يمكن اعتبار الإلكترونات على أنها تدور حول نواة الذرة، تمامًا كما تدور الكواكب حول الشمس في نظامنا الشمسي.

ينتج الإشعاع من الجسيمات دون الذرية (الجسيمات التي تشكل ذرة مثل البروتونات والنيوترونات والإلكترونات) أو الموجات الكهرومغناطيسية (الطاقة النقية بدون أي كتلة) التي تنبعث من الذرة. في الأساس، عندما تصدر ذرة إشعاعًا، فإنها تنتشر بسرعة عالية جدًا، مما يمنحها الكثير من الطاقة، ونظرًا لأن الإشعاع يتكون من جسيمات أصغر من الذرات أو الموجات التي ليس لها كتلة، فإنه قادر على المرور عبر الأشياء التي النسبة لنا صلبة. (Hargreaves & Moridi, 2010)

3-6-2 أنواع الأشعة:

لاشك أن التعرض للإشعاع يعتبر من أهم مشاكل العصر الحديث التي تواجه جميع الكائنات الحية على سطح الكرة الأرضية، فبالرغم من التقدم الكبير الذي أحرزه الإنسان في مختلف فروع العلم وتقنياته إلا أنه لا يزال حتى الآن يعاني الكثير من مشاكلها الخطيرة على حياته وحياة الكائنات الحية الأخرى، بما يصاحبها من ظواهر مرضية خطيرة مثل سرطان الدم والجلد والعظام والغدد وتأثيرها المباشر على الصفات الوراثية والقدرة على الإنجاب وموت الأجنة والتشوه الخلقي، ونظرًا لشمولية هذه المخاطر وانتشار آثارها على المستوى العالمي فقد اهتمت كثير من لمنظمات الدولية بأساليب الوقاية والحماية من الإشعاعات بأنواعها وعززها بجميع الإمكانيات للاستمرار في أداء رسالتها ومن هذه المنظمات التابعة لهيئة الأمم المتحدة، الوكالة الدولية للطاقة الذرية، اللجنة الدولية لدراسة آثار الإشعاع على الإنسان والبيئة، منظمة الأغذية والزراعة، منظمة الصحة العالمية، منظمة العمل الدولية، هذا بالإضافة إلى غيرها من المنظمات (السريع ومحمد، 1998، ص02)، وتقسم أنواع الأشعة إلى قسمين وهما كما يلي:

أ- الإشعاعات غير المؤينة:

التي تتميز بتردد منخفض وموجة طويلة، وتعتبر العين أكثر الأعضاء تأثرًا بها، وأنواعها هي:

- الأشعة فوق البنفسجية.
- الأشعة تحت الحمراء.
- الموجات الكهرومغناطيسية.

- الموجات المكروية.

- الليزر.

- الضوء المرئي (العريضي، 2013، ص 28)

وذكر الخرابشة والعامري (2000) أن الأشعة تحت الحمراء تتولد في الأفران وفي صناعة الزجاج وتسبب عتمة في عدسة العين، أما الأشعة فوق البنفسجية فنتج عن عمليات اللحام وتسبب احمراراً أو حروقاً في الجلد والتهاباً في العين، أما أشعة الليزر فهي عبارة عن ضوء مرئي مكثف وذات لون واحد وإذا ما وجهت إلى شخص ما فإنها تؤدي إلى تلف أنسجة الشبكية لديها مما ينتج عنها فقدان البصر الجزئي أو الكلي تبعاً لمقدار تعرض الشبكية لهذه الأشعة. (بن علال، 2011، ص 25).

جدول (38): يوضح نوع الإشعاع ومصدره وإجراءات الوقاية من أخطارها

نوع الإشعاع	المصدر	الآثار
الأشعة فوق البنفسجية	أشعة الشمس - القوس الكهربائي - اللحام - المصابيح المبيدة للجراثيم - الضوء الأسود المستخدم في الطباعة الزرقاء - مؤسسات تنظيف وغسل الملابس - مصابيح الأشعة فوق البنفسجية	التهاب الملتحمة - تصلب عدسة العين - حروق شمس مؤلمة - سرطان الجلد
الأشعة المرئية والليزر	توجيه - الطب الجراحي - الاتصالات وكتابة المستندات - أعمال صناعية مختلفة - أعمال التنقيب	خطر على العين بسبب تركيز الضوء على الشبكية
الأشعة تحت الحمراء	تطلق من جميع الأجزاء المسخنة يتعرض لها عمال اللحام وصناعة الفولاذ وعمال صناعة الزجاج عمليات تجفيف وشي الطلاء - عمليات الصقل والتلميع	يمكن أن تؤدي بعض أجزاء العين وتسبب للعمال ما يعرف بالساد الحراري للعين
الموجات المكروية	تستخدم في الأغراض العسكرية والاتصالات وأجهزة الرادار - أفران الطهي وعمليات التجفيف والعلاج الطبي بالإنفاذ الحراري	تعتبر العينين والخصيتين أكثر المناطق تأثراً

تشغيل المعدات بشكل خاطئ يمكن أن يسبب صدمات كهربائية وحروق	تستخدم في معدات التسخين العاملة بالموجات اللاسلكية في تقسية المعادن ولحامها. وتستخدم في أعمال النجارة والتصفیح والتغرية	الموجات اللاسلكية
---	---	-------------------

(المركز الوطني للمعلومات، 2009، ص30)

ب- الأشعة فوق البنفسجية:

تعتبر الشمس هي المصدر الطبيعي الرئيسي للأشعة فوق البنفسجية، فشدة الأشعة فوق البنفسجية التي تصل إلى الغلاف الجوي للأرض قاتلة لمعظم الكائنات الحية على سطح الأرض، لحسن الحظ تتم حماية هذه الكائنات بواسطة الغلاف الجوي، حيث تلعب طبقة الأوزون عالية الارتفاع دورًا مهمًا بشكل خاص، ويعتمد الإشعاع في سطح الكرة الأرضية على سماكة الغلاف الجوي التي تعبره الأشعة فوق البنفسجية، وإذا انخفضت سماكة طبقة الأوزون، فإن امتصاص الأشعة فوق البنفسجية سينخفض كما يؤدي إلى زيادة في التأثيرات البيولوجية للأشعة فوق البنفسجية حيث ينتج الأوزون كيميائيًا ضوئيًا عن طريق الأشعة فوق البنفسجية ذات الأطوال الموجية الأقل بكثير من 242 نانومتر، وتعمل بعض المواد المتطايرة المستقرة، التي تنطلق من الأرض نتيجة للأنشطة البشرية، وتصل إلى طبقة الأوزون، حيث يتم تكسيرها بواسطة تفاعل كيميائي ضوئي. ويتركز الاهتمام بشكل أساسي على مركبات الكربون الكلورية التي تؤثر كيميائيًا بشكل سلبي على طبقة الأوزون ويؤدي إلى تركيزات أقل عند التوازن. كما تمت دراسة أكاسيد النيتروجين في هذا الصدد، وكذلك العديد من المركبات الأخرى، فهذه الانبعاثات المستقبلية لمختلف الملوثات، وتؤدي إلى تغيرات في الكمية الإجمالية للأوزون من زيادة بنسبة 2-3% إلى انخفاض بنسبة 10% أو أكثر. يتوافق الاحتمال الأخير مع الحالة التي يهيمن فيها الكلور على كيمياء الأوزون، والتي لن تحدث إلا إذا كان هناك نمو قوي مستمر في انبعاثات مركبات الكربون الكلورية بنسبة 3% أو أكثر سنويًا. في سنة 1974 تم وضع قوانين لتخفيض نسبة انبعاثات مركبات الكربون الكلورية، إن احتمال حدوث انخفاض في كمية الأوزون، مصحوبًا بزيادة في الأشعة فوق البنفسجية، له آثار بيولوجية مهمة. العواقب على صحة الإنسان، فالتأثير الغالب المتوقع هو زيادة الإصابة بسرطان الجلد لأي انخفاض بنسبة 1% في سمك طبقة الأوزون، فإن حدوث سرطان الخلايا القاعدية سيزيد بنحو 3% ونسبة سرطان الخلايا الحشرية بحوالي 5

%، لقد ثبت أن الأشعة فوق البنفسجية ضارة للعديد من أشكال الحياة النباتية والحيوانية، لذلك يمكن توقع آثارها على الزراعة. يحتمل أن تكون هذه على الأقل بنفس أهمية التأثير المباشر على صحة الإنسان (Suess & Benwell, 1991)

فالأشعة فوق بنفسجية هي جزء من الطيف الكهرومغناطيسي تتراوح أطوال موجاتها ما بين 100 حتى 400 نانومتر، وتقاس القدرة الإشعاعية لها بوحدة تسمى ميكرو وات/سم² أو ميلي وات/سم²، وتقاس جرعة الشعاع بوحدة تسمى جول/سم²، ويتم قياسها بواسطة كاشف الأشعة.

الجدول رقم (39): مدة التعرض للأشعة فوق البنفسجية

الأشعة المؤثرة MW/CM ²	مدة التعرض في اليوم (ساعات)
واحد من عشرة	08
اثنان من عشرة	04
أربعة من عشرة	02
ثمانية من عشرة	01

(منظمة العمل الدولية، 2017، ص120)

ج- الأشعة تحت الحمراء :

تستخدم الأشعة تحت الحمراء (IR) للتدفئة والتجفيف في معظم مصانع التصنيع ومختبرات الأبحاث، يتم إنتاجها بواسطة أجهزة، مثل السخانات ومصابيح الأشعة تحت الحمراء والأفران المصممة خصيصًا لهذا الغرض، أو يمكن أيضًا إنتاجها من خلال العمليات التي تنطوي على درجات حرارة عالية، مثل صهر وطحن الخامات وتصنيع المعادن، يعتبر التعرض للأشعة تحت الحمراء خطيرًا جدًا في بعض أماكن العمل، مثل مصانع الصلب ومصانع

تصنيع الزجاج والسيراميك وحتى في بعض المعامل البحثية (Mohd Yusof, 2000, P5)

تاريخياً، يعود اكتشاف منطقة الأشعة تحت الحمراء إلى السير ويليام هيرشل (عالم الفلك، 1738-1822) في عام 1800. وقد أوضح أنه من خلال تحريك مقياس حرارة كحولي عبر الطيف الشمسي من اللون الأرجواني إلى الأحمر، ترتفع درجة الحرارة، حيث لا تميز العين أي إضاءة ما وراء الأحمر، لذلك أظهر هيرشل أن الطيف الكهرومغناطيسي يمتد إلى ما وراء اللون الأحمر باتجاه الموجة الطويلة. تم إجراء العديد من تجارب الأشعة تحت الحمراء في عشرينيات القرن الماضي، ولكن لم يتم استخدام القياس الطيفي بالأشعة تحت الحمراء

على نطاق واسع حتى منتصف الستينيات. حدد كارل نوريس من وزارة الزراعة الأمريكية (USDA) إمكانات هذه الطريقة التحليلية وقدم استخدامها في الممارسات الصناعية، وعلى وجه الخصوص درس تأثير درجة الحرارة على قياس مستويات البروتين والرطوبة في القمح. يتم اختيار SPIR عمومًا نظرًا لسرعته وتكلفته المنخفضة وطبيعته غير المدمرة. في السنوات الأخيرة، احتل التحليل الطيفي للأشعة تحت الحمراء مكانًا مهمًا في صناعة المستحضرات الصيدلانية لمراقبة جودة المواد الخام والمنتج النهائي، وكذلك لمراقبة عمليات التصنيع. وللأشعة تحت الحمراء طبيعة وخصائص كهرومغناطيسية، وتقسيم منطقة الأشعة تحت الحمراء إلى ثلاثة أجزاء موضحة في الجدول أدناه.

الجدول رقم (40): الأطوال الموجية وترددات منطقة الأشعة تحت الحمراء

عدد الموجات (سم ⁻¹)	الطول الموجي (سم)	
4000 إلى 12800	2.5 * 10 ⁻⁴ إلى 0.78 * 10 ⁻⁴	الأشعة تحت الحمراء القريبة
200 إلى 4000	5 * 10 ⁻³ إلى 2.5 * 10 ⁻⁴	الأشعة تحت الحمراء متوسطة
10 إلى 200	1 * 10 ⁻¹ إلى 5 * 10 ⁻³	الأشعة تحت الحمراء البعيدة

(Laura,2012)

د- أشعة الليزر:

ترجع كلمة (LASER) إلى اختصار عبارة Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation، وتعني تضخيم الضوء بإنبعاث الإشعاع المحفز وهو عبارة عن حزمة ضوئية ذات فوتونات تشترك في ترددها وتتطابق موجاتها، بحيث تحدث ظاهرة التداخل البناء بين موجاتها لتتحول إلى نبضة ضوئية ذات طاقة عالية، بينما يشع الضوء العادي موجات ضوئية مبعثرة غير منتظمة فلا يكون لها قوة الليزر، وتستخدم كلمة الليزر للتعبير عن أية منطقة من مناطق الطيف، ولمعرفة الليزر يجب في الواقع التعرف على الطيف الكهرومغناطيسي والذي يبدأ من الموجات الراديوية الطويلة إلى الموجات القصيرة لأشعة جاما العالية الطاقة (الليثاني، 2009، ص5)، وتتميز خصائص الليزر بأنها أحادية اللون واتجاه و متماسكة، وهذه الخصائص تجعل من الممكن عمل جروح حادة دقيقة لتحسين الاستخدام الطب، ويتم تصنيف الليزر من الفئة 1 إلى الفئة 4 وفقًا لمخاطرها المحتملة، حيث تشير الفئة 1 إلى أشعة الليزر التي لا تشكل أي تهديد في ظل ظروف العمل المعتادة وغير قادرة على إحداث ضرر، والفئة 4 وهو يشير إلى أشعة الليزر التي تولد ليس فقط

خطرا من مستقيمة أو انعكاس منتظم، ولكن يمكن ان تؤدي إلى مخاطر كبرى على الجلد (Hiba, 2021,p3)

فعندما توجه الليزر نحو الجلد فان الضوء يخترق سطح الجلد، ويمتص من قبل النسيج المستهدف وينعكس جزء بسيط منه أو يتناثر، حيث يركز الفوتون قوته وقدرته على الهدف، ومن ثم تتحول القدرة إلى الحرارة التي تتوزع إلى النسيج المجاور بالنقل أو بالإشعاع في الخلايا، وبذلك تبدأ بروتينات الخلايا في الانصهار وكذلك RNA و DNA، وجدار الخلايا ومحتوياتها عند درجة حرارة 40°C، ويعتمد مقدار التأثير على شدة قدرة الليزر ومساحة المنطقة التي تتعرض لضوء الليزر والطول الموجي المناسب وحجم البقعة والفترة الزمنية للتعرض للمنطقة المعالجة ونوع النسيج ولونه وانتشاره داخل النسيج (نجم عبيد وآخرون، 2007، ص552)

وتؤدي المستويات المفرطة من التعرض المزمّن إلى إعتام عدسة العين وكذلك تلف شبكية العين فإصابة الليزر للشبكية التي تسبب بقعة عمياء، تشمل الأعراض المصاحبة لإصابة الليزر ألمًا حارقًا وخوفًا من الضياء وصعوبة رؤية الألوان الخضراء والزرقاء، كما يسبب الليزر ذو الأطوال الموجية فوق البنفسجية (290-320 نانومتر) السرطان، ويستخدم الليزر بكثافة في طب وجراحة العيون بسبب كثافته العالية التي تسمح بقطع دقيقة وكذلك التخثر بعد العملية، كما تساعد في عملية صحيح الرؤية بإعادة تشكيل انحناء القرنية، وتؤدي رشقات نارية متعددة من الأشعة فوق البنفسجية المنظمة بدقة المنبعثة من ليزر إلى استئصال الأنسجة الكامنة. يتم تصحيح 90% من المرضى قصر النظر وطول النظر. (Hiba, 2021)

ب- الإشعاعات المؤينة:

وهي تتميز بتردد عالي وموجة قصيرة، ويتمثل خطرها في قدرتها على تفكيك الجزيئات والذرات للمادة الحية وغير الحية، وتحويلها إلى جسيمات تحمل شحنات موجبة أو سالبة تسمى أيونات، وشوارد ذات نشاط كيميائي عال يدفعها للتفاعل مع مكونات الخلايا الحية، مما يسبب في تلف الخلايا وموتها (العريضي، 2013، ص 28). ونظرًا لما له من الخطورة على صحة الإنسان والكائنات الحية فقد ركزت العديد من قوانين الحكومية على وضع تشريعات لهذا النوع من الأشعة، فقد اكتفى المشرع العراقي بتعريف الإشعاع في الفقرة أولاً من المادة 1 من قانون الوقاية من الإشعاعات رقم 99 لسنة 1980 بأنه الإشعاع المؤين فيما عرفت الفقرة ثانياً من المادة نفسها مصادر الإشعاع بأنها (المواد ذات النشاط الإشعاعي

المؤين والأجهزة المولدة له وبالتالي يشكل التعرض لها خطراً على الصحة والسلامة العامة والبيئة، وقد سلك المشرع الإماراتي في قانون تنظيم ورقابة استخدام المصادر المشعة والوقاية من أخطارها رقم 1 لسنة 2002 في تعريف الإشعاع نفس المسلك لكنه على نقيض المشرع العراقي عرف في المادة الأولى منه الإشعاعات المؤينة بأنها جميع الجسيمات المشحونة أو المتعادلة أو الأشعة الكهرومغناطيسية التي تؤدي إلى تأين المادة بطريقة مباشرة أو غير مباشرة عند سقوطها عليها وتتضمن جسيمات ألفا وبيتا والنيوترونات والإلكترونات وأشعة جاما والأشعة السينية، وقد عرفت نفس المادة التأين بأنه القدرة على إنتاج أزواج أيونية أو فقد إلكترون أو أكثر عند تصادم الإشعاعات مع المادة، وفي الإمارات العربية المتحدة رقم 55 لسنة 2004 عرفت الإشعاعات المؤينة في ملحق رقم الأول بأنها: الأشعة القادرة على إنتاج أزواج من الأيونات في المادة البيولوجية، وفي قطر فقد عرف المشرع القطري في المادة 1 من قانون الوقاية من الإشعاع رقم 31 لسنة 2002 بأن الإشعاعات المؤينة هي جميع الجسيمات المشحونة أو المتعادلة أو الأشعة الكهرومغناطيسية التي تؤدي إلى تأين المادة بطريقة مباشرة أو غير مباشرة عند سقوطها عليها، وتتضمن جسيمات ألفا وبيتا والنيوترونات والإلكترونات وأشعة جاما والأشعة السينية، وعرف المشرع الليبي الإشعاعات المؤينة في المادة الأولى من قانون تنظيم استعمال الإشعاعات المؤينة والوقاية من أخطارها رقم 02 لسنة 1982 بأنها: الإشعاعات المنبعثة من المواد ذات النشاط الإشعاعي، أو من المعدات أو الأجهزة كأشعة إكس أو رونتيجن. وكذلك الإشعاعات المنطلقة من المفاعلات الذرية أو المعجلات أو مولدات الأشعة السينية أو النظائر المشعة أو أي مصدر إشعاعي آخر، ولم يكن المشرع الأردني مسهبا حين عرف الأشعة المؤينة في المادة الثانية من قانون الوقاية الإشعاعية والأمان والأمن النووي رقم 43 لسنة 2007 بأنها: الأشعة الكهرومغناطيسية أو الجسيمية التي تسبب تأينا للمادة عند تعرضها لها (زوين والنعماني، 2018، ص 32). وأنواعها هي:

- أشعة غاما

- الأشعة النووية: جسيمات ألفا - بيتا - النوترونات

- الأشعة السينية

المهن المنطوية على خطر التعرض إلى الإشعاعات المؤينة هي:

- عمال مناجم اليورانيوم ومطاحنه

- العاملون في المفاعلات الذرية ومنشآت الطاقة النووية.
- الأطقم الجوية ورواد الفضاء.
- عمال التصوير بالأشعة صناعياً بمن فيهم القائمين بأعمال حقلية تشمل عمليات لحام الأنابيب.
- بعض العاملين الصحيين المصورين الإشعاعيين، الطب النووي، التعامل مع النفايات الطبية المشعة.
- عمال إنتاج النيوكليدات المشعة.
- العلماء الذين يستخدمون مواد نشطة إشعاعياً لأغراض البحوث.
- عمال الدهانات المضيئة.
- في الحوادث الجسيمة يمكن أن يتعرض العاملون في المنشآت النووية وعمال الإنقاذ والقاطنون في الجوار من عموم المواطنين إلى تعرضات إشعاعية مفرطة) المركز الوطني للمعلومات، 2009، ص 29)

ج- أشعة ألفا:

جسيمات ألفا هي جسيمات ثقيلة، تتكون من بروتونين واثنين من النيوترون، وبالتالي فهي جسيمات مشابهة لنواة الهيليوم، تتراوح طاقة هذه الجسيمات بشكل عام بين 4 MeV و10 MeV.

لا تمر جسيمات ألفا عبر المادة بسهولة، يحدث يشار الى إنها ضعيفة الاختراق لكونها تنقل كل طاقتها بسرعة إلى الذرات الأولى التي تلامسها، وبالتالي تنتج هذه الجسيمات كثافة كبيرة من الأيونات على مسافات صغيرة جداً، وتتفاوت المسافات قليلاً باختلاف الطاقات، ولكن بشكل عام تتوقف جسيمات ألفا عند اعتراضها:

- ورقة بحجم 01 ملم
- 01 ملم ماء
- 02 سم من الهواء
- البشرة (الطبقة السطحية للجلد)

نظرًا للطاقة التي تمتلكها وكتلتها العالية وشحنتها الموجبة المزدوجة، فإن جسيمات ألفا شديدة التأين ويمكن أن تكون ضارة بشكل خاص عند انبعاثها إلى داخل الجسم، لذلك من المهم جدًا حماية نفسك من اندماج هذه الجسيمات داخل الجسم (Comité de radioprotection, 2019, p15).

وكما أسلفنا سابقا بان مدى الاختراق لجسيمات ألفا صغير جدا، لذا فإنها لا تشكل أي خطر إشعاعي خارجي لأن مدى اختراقها لا يتجاوز الطبقة الميتة من الجلد، لذا فإنها من منظور الوقاية الإشعاعية لا تشكل خطراً، إلا في حالة دخولها إلى داخل الجسم من خلال البلع أو التنفس أو من خلال الجروح المفتوحة وفي هذه الحالة فإنها تكون مصدر خطر إشعاعي ينبعث من داخل الجسم، وبطاقة عالية نسبيا تضاعف من الخطورة لان طاقتها بالكامل ستمتص داخل الجسم (المجالي، د ت، ص14).

د - أشعة بيتا:

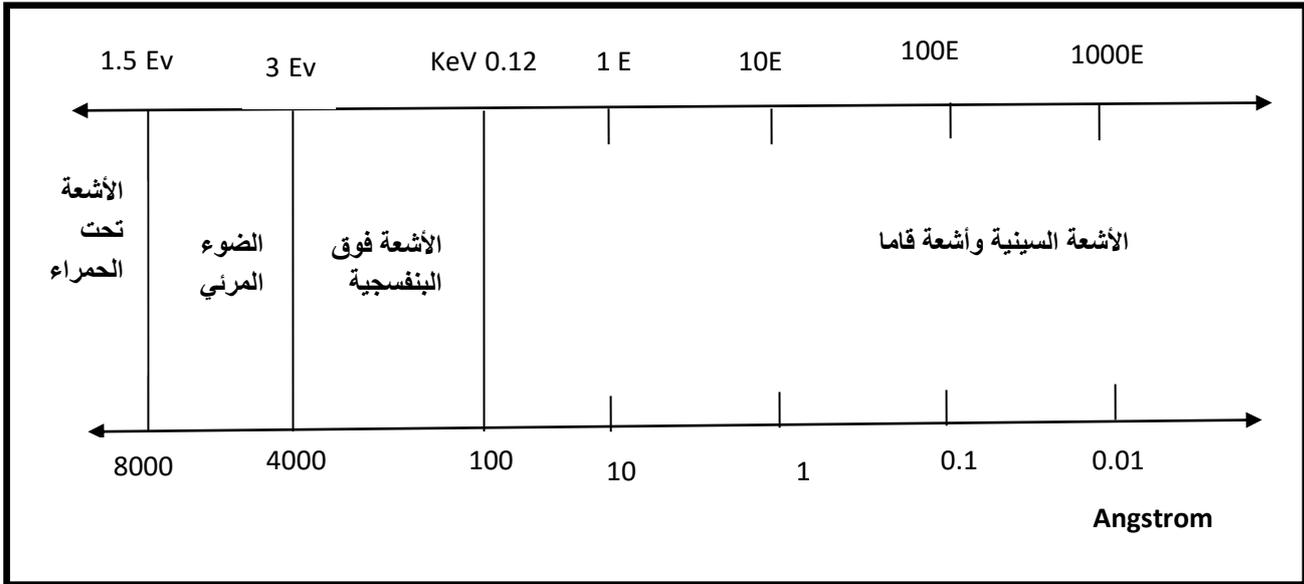
هي عبارة عن إلكترونات سريعة ويعتمد مدى اختراق جسيمات بيتا على الطاقة المحملة عليه ويمكن لجسيمات بيتا أن تخترق جلد الإنسان نظرا لصغر كتلتها وكبير طاقتها، كما أن لها قدرة ضعيفة على الاختراق ولكنها ذات نفاذية اكبر من جسيمات ألفا، ويمكن إيقاف مسارها باستخدام شريحة رقيقة من معدن أو قطعة من البلاستيك أو الملابس، وتتمثل خطورة جسيمات بيتا في قدرتها على اختراق الأنسجة الحية نتيجة لطاقتها العالية لذلك فهي تعتبر كمصدر للتعرض الخارجي، ويمكن أن تسبب حروقا للجلد وتختلف شدة الإصابة بها على درجات متفاوتة على حسب طاقتها (سراج، 2000، ص13)، وحتى تكون الذرة مستقرة يجب يكون عدد البروتونات مساويا لعدد النيوترونات في الانوية، ثم بعد ذلك يصبح عدد النيوترونات اكبر قليلا عن عدد البروتونات للمحافظة على ترابط النواة، والتغلب على قوى التنافر الكهربائي بين البروتونات ضمن نطاق النواة وهذه النسبة تبلغ 1 في الانوية، التي يقل العدد الذري فيها عن 20 لتصل إلى 1.6 في الانوية، وفي حال تغير هذه النسبة تصبح النواة مشعة وتقوم بالتخلص من طاقتها على شكل جسيمات بيتا نتيجة تحول أحد النيوترونات الفائضة بالنواة إلى بروتون، وجسيم بيتا ويؤدي هذا إلى زيادة عدد البروتونات بمقدار واحد، أو بتحول البروتون إلى نيوترون، ويؤدي هذا التحول إلى نقص في عدد البروتونات بمقدار واحد، ويكون احتمال انبعاث بيتا اكبر عندما تكون نسبة النيوترونات إلى البروتونات أعلى وعكس ذلك عندما يكون عدد البروتونات أكثر، أي أن نسبة النيوترونات إلى البروتونات اقل

يحدث انبعاث، كما انه في حال تغير هذه النسبة عن منحنى الاستقرار البياني يمكن أن يكون النظير مستقراً بالنسبة إلى انبعاث ألفا على سبيل المثال وغير مستقر بالنسبة إلى انبعاث بيتا والعكس صحيح بفارق أن انبعاث بيتا يشمل كافة النظائر. (المجالي، د ت، ص15).

كما ان أشعة بيتا لها نوعان بيتا سالب وأخرى موجبة، حيث أن بيتا سالب يختلف متوسط طاقة جسيمات بيتا فيه بشكل كبير، حيث يتراوح على سبيل المثال من 5.7 كيلو فولت للترينسيوم إلى 1710 كيلو فولت لإصدار بيتا مثل الفسفور 32، ومع ذلك فإن طاقة بيتا أقل بشكل عام من طاقات جسيمات ألفا، حيث تخترق هذه الجسيمات المادة حتى تتبدد طاقتها تماماً من خلال عمليات التأين أو الإثارة الإلكترونية أو إشعاع الكبح، ونظراً لأن الالكترونات عبارة عن جسيمات ضوئية، فان جسيمات بيتا السالبة تكون أكثر اختراقاً من جسيمات ألفا، وبنفس الطاقة فإن جسيمات بيتا تنتج عدداً أقل من الأيونات لكل وحدة مسافة من جسيمات ألفا وتنتقل طاقتها على مسافة أكبر، واعتماداً على طاقتها يمكن لهذه الجسيمات أن تخترق ما يصل إلى 1 سم من الماء، وتقطع مسافة 2 متر في الهواء، وتنتقل بمعدل أقل من 5 مم/ إلكترون فولت، حيث يمكن لرقائق الألمنيوم بسبك ستة ملليمترات إيقاف معظم جسيمات بيتا، أما أشعة بيتا موجب فان اضمحلال النواة يؤدي إلى انبعاث جسيم بيتا موجب، الذي له نفس كتلة الإلكترون، ولكنه موجب الشحنة. تبدد هذه الجسيمات طاقتها مثل جسيمات بيتا السالبة، إلا أنها تنتج في نهاية فوتوني جاما بشحنة 511 كيلو فولت لكل منهما. (Comité de radioprotection,2019, p15).

هـ - الأشعة أيكس:

احتفل العالم في عام 1995م بالذكرى المئوية لاكتشاف الأشعة السينية من قبل العالم الألماني رونتجن، وكان لهذا الاكتشاف أثر كبير على حياة الإنسان في مختلف النواحي الطبية والصناعية والعلمية، تعتبر الأشعة السينية نوعاً من أنواع الأشعة الكهرطيسية غير المرئية ذات الطبيعة المؤينة لذرات المواد الحية وغير الحية، حيث أن لها نفس طبيعة الضوء المرئي ولكن مع طول موجي أقصر بكثير حيث يتراوح الطول الموجي لها بين 0.5 و2.5 أنغستروم، بينما الطول الموجي للضوء المرئي يقع بين 4000 و8000 أنغستروم، مما يجعلها تمتلك مقدرة كبيرة على اختراق الأجسام، والشك التالي يوضح طيف الأشعة الكهرطيسية.



الشكل رقم (08): مخطط طيف الأشعة الكهرطيسية (برو وآخرون، 2013، ص5)

وتحصر مصادر الأشعة السينية منذ اكتشافها إلى يومنا هذا في مجموعتين، مصادر طبيعية، ومصادر صناعية، فأما المصادر الطبيعية فتتمثل في النجوم الملتهبة الموجودة في أنحاء متفرقة من الكون، مثل النجوم الموجودة في برج العقرب (Scorpius X - 1)، الواقع باتجاه مركز درب التبانة في نصف الكرة الجنوبي، التي تم اكتشافها عام 1962م، حين تتمثل المصادر الصناعية للأشعة السينية في أجهزة خاصة صنعها الإنسان لتتوافق مع الأغراض الحياتية المختلفة، وحرى بالذكر أنه مهما اختلف تصميم الأجهزة فإن مقومات الحصول على الأشعة السينية ثلاثة: مصدر للإلكترونات، ووسيلة لزيادة طاقة حركة تلك الإلكترونات، بالإضافة إلى جسم مادي صلب تصطدم به الإلكترونات ويسمى الهدف، وهذه المكونات الثلاث توجد في أبسط صورها داخل أنابيب مفرغة من الهواء إلى أقصى حد ممكن، ولذلك فإن هذه الأنابيب تمثل الجزء الرئيس في أجهزة إنتاج الأشعة السينية العادية، وتختلف الأنابيب التي تنتج الأشعة في الشكل، وربما في التفاصيل الداخلية طبقاً لنوع التطبيق، ولكنها تتفق في أساس العمل. (متولي، 2015، ص19)

ساهمت الأشعة السينية وما تزال في التشخيص والعلاج لكثير من الأمراض وبهذا فإن الأشعة السينية تساعد في تحسين صحة البشر في مختلف أنحاء العالم. لقد استفادت أنظمة التصوير والتشخيص من تطور التكنولوجيا حيث تطورت هذه الأنظمة من الوحدات البسيطة المعدة لتصوير حالات تشريحية خاصة إلى أنظمة بإمكانها إظهار كامل الجسم البشري والحصول على معلومات تتعلق بوظائف أعضاء معينة إضافة إلى معلومات عن العمليات الكيميائية التي تحدث في الأعضاء والنسج، وقد تم هذا كله من خلال التطور الهائل في عالم

التكنولوجيا لرقمية، نبين فيما يأتي أهم أجهزة وأنظمة الأشعة السينية المستخدمة في المجال الطبي:

- **جهاز التصوير البسيط:** يستخدم جهاز أشعة سينية مع حزمة ثابتة وتعتمد تقنية التصوير هذه على اختراق الأشعة لجسم الإنسان وعلى التفاوت في الكثافة للأعضاء المختلفة، حيث تسقط الأشعة النافذة من الجسم على لوحة متألقة تولد فوتونات تسقط بدورها على فلم تصوير والذي سيظهر لنا بدوره صورة ثنائية البعد يمكن الاستفادة منها بشكل أساسي في حالات كسور العظام مثل الأطراف ولتصوير الرئتين.

- **جهاز التنظير:** يسمح بتصوير أي لجسم المريض من خلال استخدام وسائل مختلفة من أجل إجراء تصوير الأعضاء أثناء قيامها بوظائفها وهنا تحتاج هذه التقنية لجهاز تقوية للصورة التي تظهر في النهاية على شاشة تلفزيونية، كما يمكن أخذ لقطات ثابتة يمكن الاحتفاظ بها إلكترونياً، ويستخدم التنظير في حالات طبية خاصة مثل الحالات العلاجية للقلب.

- **جهاز التصوير الطبقي المحوسب:** تستخدم هذه التقنية حزمة دوارة من الأشعة السينية مع كواشف دوارة معها على التوازي، حيث يقوم جهاز الحاسب الموصول معه بإعادة بناء الصور لنحصل أخيراً على صورة ثلاثية الأبعاد، كما يمكن الحصول على صور مقطعية لأي جزء من جسم الإنسان مما يعطي تشخيصاً أكثر دقة ووضوح.

• التصوير البسيط المحوسب: وفيه تم استبدال الفلم الكلاسيكي بصفحة تخزين فوسفورية.
• التصوير الرقمي المباشر: وفيه تستخدم شبكة كواشف فعالة يتم تحويل الإشارة الناتجة منها إلى إشارات رقمية.

• جهاز التنظير المحوسب: وهو جهاز مطور عن الأجهزة العادية حيث تم الاستفادة من التكنولوجيا الرقمية لتطوير هذا النظام، وأصبح مستخدماً فيما يدعى الأشعة السينية التدخلية وهنا يترافق التصوير بالأشعة السنية مع العمليات الجراحية لتحقيق دقة أعلى في العمل الجراحي.

• جهاز الماموغرام: ويستخدم في الحالات التشخيصية للثدي (برو وآخرون، 2013، ص10)

و- الأشعة غاما:

يتكون إشعاع جاما من فوتونات تشبه الفوتونات المرئية، ولكنها أكثر نشاطاً بكثير نظراً لأن الفوتونات عبارة عن جسيمات بدون كتلة أو شحنة، فإنها تتفاعل مع المادة بسهولة أقل

من تفاعل جسيمات ألفا وبيتا، وبالتالي فإنها تنتقل إلى عمق المادة (الأنسجة العضوية، والماء، والهواء، وما إلى ذلك)، حيث إنها أكثر اختراقًا من جسيمات ألفا أو بيتا، على عكس جزيئات ألفا التي توقفها الطبقة الجلدية للبشرة أو جزيئات بيتا التي لا تمر عبر طبقات أخرى من الجلد، يمكن أن تتسبب أشعة جاما في تعرض الأعضاء الداخلية لجسم الإنسان وتسبب في تلف الأعضاء، يتم تخفيف شدة فوتونات جاما بمواد كثيفة تتكون من ذرات ذات عدد ذري مرتفع، مثل الرصاص والخرسانة (Comité de radioprotection, 2019, p16).

وأشعة جاما كونها طاقة فوتونية موجبة، لا تتأثر بالمجال الكهربائي ولا بالمجال المغناطيسي كما هو الحال في جسيمات ألفا وبيتا المشحونة، بالإضافة إلى اختلاف طريقة تفاعلها مع المادة عن طريقة تفاعل الجسيمات المشحونة مع المادة (المجالي، د ت، ص17).

ي- النترونات:

تعتبر الإشعاع الكوني، هو المصدر الطبيعي الوحيد للنيوترونات، كما تعتبر المفاعلات النووية مصدر واسع الانتشار للنيوترونات، حيث يكون انقسام نواة اليورانيوم مصحوبًا بانبعثات النيوترونات. يمكن للنيوترونات المنبعثة من الانشطار أن تضرب نواة ذرة مجاورة وتسبب انشطارًا آخر، مما يتسبب في تفاعل متسلسل. يعتمد إنتاج الطاقة النووية على هذا المبدأ. تعتمد جميع مصادر النيوترونات الأخرى على التفاعلات حيث يتم قصف النواة بنوع من الإشعاع (مثل إشعاع الفوتون أو إشعاع ألفا)، وحيث يكون التأثير الناتج على النواة هو انبعثات نيوترون. يمكن للنيوترونات أن تدخل أنسجة وأعضاء جسم الإنسان عندما يكون مصدر الإشعاع خارج الجسم. وتكون النيوترونات خطيرة أيضًا إذا ترسبت المواد النووية التي تنبعث منها النيوترونات داخل الجسم. من الأفضل إيقاف إشعاع النيوترونات أو امتصاصه بواسطة المواد التي تحتوي على ذرات الهيدروجين، مثل شمع البارافين والبلاستيك. وذلك لأن ذرات الهيدروجين والنيوترونات لها كتل ذرية متشابهة تتفاعل بسهولة مع بعضها البعض، يتميز كل مصدر إشعاع بقدرته على اختراق مجموعة متنوعة من المواد، مثل الورق والجلد والرصاص والماء. (Commission canadienne de sûreté nucléaire, 2012)

وتُصنف النيوترونات حسب طاقتها كما يلي:

- نيوترونات سريعة 1 - 20 ميغا إلكترون فولت

- نيوترونات بطيئة 1 - 10 فولت

- النيوترونات الحرارية ~ 0.025 فولت

قوة النيوترونات لاختراق المادة تعتمد بشكل كبير على طاقتها، ولكن النيوترونات بشكل عام يتم امتصاصها أو إبطائها بواسطة مواد غنية بذرات الهيدروجين (Comité de radioprotection, 2019, p16)

3-6-3 مصادر الأشعة:

قد يتعرض الإنسان في حياته إلى مصادر متعددة من الإشعاع دون إدراكه لذلك، ومن أخطر هذه الإشعاعات تلك التي تنبعث منها أشعة غاما، وهي ذات طاقة كبيرة ومقدرة على اختراق أنسجة الجسم حتى أعماق كبيرة. أما أنشطة جسيمات بيتا فإنها لا تستطيع اختراق أنسجة الكائن الحي أكثر من 2 سم، بينما لا تستطيع أشعة ألفا اختراق أنسجة الجسم، وللإشعاعات صفات تراكمية في الكائنات الحية، فهي تتراكم في الخلايا وتظهر آثارها عندما يصل تركيزها حداً معيناً. (ساجت، 2010، ص3)، كما يصدر الإشعاع عن مصدرين مختلفين مصدر يتدخل الإنسان في إنتاجه وهو ما يعرف بالمصدر الصناعي، والمصدر الآخر يتمثل في المصدر الطبيعي الذي لا يتدخل الإنسان فيه.

أ- المصدر الطبيعي:

الإشعاع الطبيعي مثل الأشعة الكونية التي تنتج نتيجة قذف الأرض والغلاف الجوي بسيل إشعاعي قوي من الشمس والنجوم الأخرى، ألا أن معظم هذا الإشعاع يمتص في الغلاف الخارجي للكرة الأرضية الذي يعمل كدرع إشعاعي ولا يصلنا منه إلا الجزء اليسير، ولولا هذا الامتصاص لاستحالت الحياة على الكرة الأرضية. والأشعة الكونية تحتوي ما نسبته 87 % بروتونات وحوالي 11 % جسيمات ألفا و 1 % انويه ثقيلة و 1 % الكترونات، وتتراوح طاقة هذه الحزمة الإشعاعية ما بين 10 MeV لغاية 100 GeV.

الإشعاع الثانوي الناتج عن تفاعل الجسيمات المشحونة الأثقل والنيوترونات مع ذرات الغاز في الغلاف الجوي منتجة إشعاعات ثانوية مثل أشعة جاما وبيتا والبروترون. نتيجة اصطدم النيوترونات مع ذرات الغاز في الهواء مثل النيتروجين والأكسجين تؤدي إلى حدوث تفاعل نووي وتصبح هذه الذرات نظائر مشعة مثل الكربون 14 وغيره من نظائر الغازات المشعة.

تأتي أهمية إنتاج الكربون المشع في الوقاية الإشعاعية وفي عملية تقدير العمر الفيزيائي للمركبات العضوية كون نظير الكربون المشع المنتج يدخل ضمن السلسلة الغذائية للإنسان عند طريق ثاني أكسيد الكربون الذي يستعمله النبات في عملية التحول الضوئي وإنتاج

الغذاء، هذا بالإضافة إلى معدل الجرعة الإشعاعية الناتجة عن الأشعة الكونية على سطح الأرض نتيجة وصول الإلكترونات والميزونات بسبب قدرتها الأكبر على الاختراق من الجسيمات المشحونة الأثقل مثل ألفا والنيوترونات المشحونة، لذا فإن معدل الجرعة من الإشعاع الكوني تتزداد مع زيادة الارتفاع عن سطح الأرض وذلك بسبب تناقص سمك الدرع الإشعاعي الجوي المكون من عمود الهواء الذي يصل سطح الأرض أو البحر بكثافة معينة. كما توجد أيضا ظاهرة فريدة نتيجة تفاعل هذه الجسيمات وتأثيرها بالمجال المغناطيسي للأرض وهو تكوين أحزمة إشعاعية تدعى بحزام فان ألن الذي يتكون بسبب تأثر الجسيمات المشحونة بالمجال المغناطيسي والذي يجعلها تترتب مع خطوط تدفق المجال المغناطيسي على ارتفاع عالي عن سطح الأرض نظرا لقلّة احتمالية تفاعلها مع ذرات الغاز التي تكون أصلا قليلة التركيز على هذه الارتفاعات وتبدأ هذه الجسيمات بالتذبذب على شكل حزام مفلطح بين خط عرض 40 درجة شمالا و 40 درجة جنوباً ويقع هذا الحزام بالنسبة للبروتونات على ارتفاع 8000 - 3000 كم وبالنسبة للإلكترونات على ارتفاع 3000 كم. (المجال، د ت، ص 28).

يعتبر تكوين القشرة الأرضية مصدراً مهماً للإشعاع الطبيعي، فالعوامل الرئيسية المساهمة هي الرواسب الطبيعية لليورانيوم والثوريوم والبوتاسيوم، والتي تطلق كميات صغيرة من الإشعاع من خلال عملية التحلل الطبيعي، يوجد اليورانيوم والثوريوم أساساً في كل مكان، وتوجد آثار لهذه المعادن في مواد البناء، لذلك يمكن أن يحدث التعرض للإشعاع الطبيعي في الداخل والخارج.

كما أن التعرض لاستنشاق الغازات المشعة المنتشرة في الطبيعة التي تنتجها المعادن المشعة في التربة والصخور، ومن بينها الرادون الذي يعد غاز مشع عديم اللون والرائحة ينتج عن تحلل اليورانيوم، وكذلك الثورون الذي يعد أيضا غاز مشع ينتج عن تحلل الثوريوم، تختلف مستويات الرادون والثورون على نطاق واسع اعتماداً على تكوين التربة والصخور، وعند انتشار هذه الغازات في الهواء يتم تخفيفها إلى مستويات غير ضارة، ولكن في بعض الأحيان يتم حصرها وتتراكم داخل المباني ويتم استنشاقها من قبل الأفراد، ويشكل الرادون خطراً على الصحة ليس فقط لعمال المناجم، ولكن أيضا لأصحاب المنازل إذا سمح له بالتراكم فيها. (Comité de radioprotection, 2019)

في المؤسسات التي تعتبر معرضة لغاز الرادون بسبب الوضع في أماكن العمل، يجب على صاحب العمل قياس نشاط الرادون، إذا تجاوز متوسط الحجم السنوي لغاز الرادون 400 بيكريل/ م³، فيجب عليه تنفيذ الإجراءات اللازمة لتقليل التعرض لرادون، غالباً ما تكون أبسط طرق تهوية المباني بشكل طبيعي ومنتظم كافية لمنع مخاطر التعرض الكبير لغاز الرادون. في الحالات الأكثر تعقيداً، يجب دراسة الحلول الكاملة وتنفيذها: كالإغلاق للعزل للأرضية، والتهوية ذات التدفق المزوج. قد يكون من الضروري في الكثير من الأحيان تحديد الوقت الذي يقضيه العامل في محطة العمل، وإذا تجاوز متوسط الحجم السنوي لغاز الرادون 1000 بيكريل/ م³، (Bq/ m³)، يخضع صاحب العمل لأحكام قانون العمل المتعلقة بتوقيف العمال عن العمل وإعادة تهيئة مكان العمل. (INRS, 2009)

وتعد صناعة النفط والغاز إحدى الصناعات التي يتعرض العاملون فيها لخطر المواد المشعة الطبيعية التي تتركز بفعل هذه الصناعة، إذ ترافق المواد المشعة الطبيعية النفط المستخرج من باطن الأرض مع المياه المرافقة، لتتوضع على الجدران الداخلية لأنابيب نقل النفط ومستودعات الفصل أو مستودعات الأخرى، تكون هذه التوضعات بشكل رواسب، وتعزى هذه التوضعات إلى عوامل فيزيائية (تغيرات في درجة الحرارة والضغط) وكيميائية خلال مراحل فصل السوائل (النفط والماء المرافق له)، وهذا يتعلق كمية الرواسب المتراكمة بعدة عوامل منها معدل الضخ، وزمن وصول الماء المرافق أو المنتج من الحوض إلى السطح، وبنية الحوض الجيولوجية، وطبيعة مياهه، وإن طرح مياه الحاوية على النظائر المشعة الطبيعية دون معالجة يلوث التربة بحيث تصبح نفاية مشعة حاوية على نظائر مشعة طويلة العمر يجب التخلص منها، كما يتلقى العاملون خلال عملهم بالقرب من المعدات الحاوية على نفايات الـ NORM، جرعة إشعاعية خارجية ناتجة عن إصدارات غاما. وهذه الجرعة أقل خطراً من الجرعة التي يمكن أن يتلقاها العاملون عند تماسهم المباشر مع الرواسب خلال عمليات صيانة وتنظيف المعدات والأنابيب والخزانات، وذلك لاحتمال دخول الجزيئات الحاملة للمواد المشعة إلى داخل الجسم عن طريق الجهازين التنفسي والهضمي، يؤدي رمي مخلفات النفط من مياه منتجة ورواسب إلى البيئة المحيطة إلى تلوثها بالنكليات المشعة، وخاصة بنظائر الراديوم والبولونيوم والرصاص.

تزال عادة هذه الرواسب عن المعدات النفطية لإعادة استعمالها لاحقاً أو بغية حفظها أو استعمالها في مناحي أخرى، لأن وجودها يؤدي إلى انخفاض في معدلات الإنتاج، وينشأ

عن هذه العملية كمية من النفايات المشعة (صلبة وسائلة)، أما النفايات السائلة فتتمثل في المياه المرافقة للنفط والوحد، بينما تنحصر النفايات الصلبة في المعدات النفطية المستهلكة والرواسب الناتجة عن عمليات التنظيف والتربة الملوثة. وعلى هذا فتعتبر المعدات الملوثة والرواسب والمياه المرافقة الحاوية على المواد المشعة الطبيعية، نفايات مشعة منخفضة المستوى الإشعاعي تحتاج إلى معالجة أو التخزين وفق الطرق الآمنة والمعتمدة من قبل الجهات التنظيمية، لمنع تعرض العاملين أولاً وعموم الناس لمشاكل صحية وتلوث للبيئة المجاورة (التكريتي، 2011، ص37)

الجدول رقم (41): أهم الإشعاعات ومصادرها الطبيعية في مكونات البيئة

نوع الأشعة	مصدرها	مكان وجودها
ألفا	غاز الرادون	الهواء
بيتا	الأشعة الكونية	الهواء
	غاز الرادون	الهواء
	البوتاسيوم	التربة + الماء
	اليورانيوم	التربة + الماء
نيوترونات	السترانشيوم	التربة
	الثوريوم	التربة + الماء
	الأشعة الكونية	الهواء
بروتونات	الأشعة الكونية	الهواء
ميزونات	الأشعة الكونية	الهواء

(السريع ومحمد، 1998، ص3)

ب - المصدر الصناعي:

يسبب استخدام المصادر المشعة في مخاطر التعرض للإشعاع، حيث يحدث التعرض للإشعاع في العديد من المهن، وينتشر اليوم استخدام المصادر الاصطناعية للإشعاع بشكل كبير في الصناعات التحويلية والخدمات، وفي الصناعات العسكرية، وفي المؤسسات البحثية والجامعات، وفي صناعة الطاقة النووية، كما يتم استخدامها أيضاً من قبل الأطباء والمهنيين الصحيين في تشخيص الأمراض وعلاجها، ويتعرض العمال أيضاً لمصادر طبيعية للإشعاع، وهذا يكون عند التعرض لغاز الرادون في المناجم وفي أماكن العمل المختلفة، وتظهر التجارب أن حالات الطوارئ والحوادث التي تكون بسبب مصادر الإشعاع الصناعي

نتيجة تعرض العمال إلى مستويات عالية منه، مما يؤدي إلى عواقب صحية خطيرة مثل الحروق الإشعاعية وفي حالات أخرى إلى الموت (International Atomic Energy Agency, 2008)

ويعبر الإشعاع الصناعي عن تعرض الناس للإشعاع من صنع الإنسان كالعلاجات الطبية والأنشطة التي تنطوي على مواد مشعة، ويتم إنتاجه كمنتج ثانوي لتشغيل المفاعلات النووية، وبواسطة مولدات المشعة مثل السيكلوترونات، كما تُستخدم العديد من النظائر المشعة من صنع الإنسان في مجالات الطب النووي والكيمياء الحيوية والصناعة التحويلية والزراعة. فيما يلي المصادر الأكثر شيوعًا:

ج- المصادر الطبية:

للإشعاع استخدامات عديدة في الطب، والجهاز الأكثر شهرة هو أجهزة الأشعة السينية، التي تستخدم الإشعاع للعثور على العظام المكسورة أو لتشخيص الأمراض، يتم العمل بأجهزة الأشعة السينية من قبل موظفي الصحة مختصين، كما يستخدم أيضا في الطب النووي، الذي يستخدم النظائر المشعة لتشخيص وعلاج أمراض مثل السرطان، وكاميرا جاما هي قطعة أخرى من المعدات الطبية المستخدمة بشكل شائع في التشخيص. وتشرف الهيئات المختصة على هذه المعدات، كما أنها ترخص المفاعلات ومسرعات الجسيمات التي تنتج النظائر الموجهة للتطبيقات الطبية والصناعية (Canadian Nuclear Safety Commission, 2012)

إن لعب استخدام الإشعاع في الطب لتشخيص وعلاج أمراض معينة دورًا مهمًا لدرجة أنه أصبح الآن المصدر الاصطناعي الرئيسي للتعرض في العالم، حيث يمثل 98 في المائة من التعرض للإشعاع من جميع المصادر الاصطناعية، ويمثل حوالي 20 في المائة من الإجمالي التعرض للأفراد في البلدان الصناعية، وهناك اختلافات جوهرية ومميزة بين التعرض الطبي وبين معظم أنواع التعرض الأخرى.، فعادةً ما يشمل التعرض الطبي جزءًا فقط من الجسم، في حين أن التعرض الآخر غالبًا يشمل الجسم كله، بالإضافة إلى ذلك فإن الفئة العمرية الأكثر تعرضًا للأشعة الطبية تكون لدى كبار السن، وبحسب المسح الذي أجري في الفترة 1997-2007، تم إجراء حوالي 3.6 مليار إجراء طبي إشعاعي سنويًا في جميع أنحاء العالم، مقارنة بـ 2.5 مليار إجراء في فترة المسح السابقة التي غطت 1991-1996، وهو ما يمثل زيادة بنسبة 50 في المائة تقريبًا. (United Nations Environment Programmen, 2016)

د- مصادر المفاعلات والتفجيرات النووية

إن مصادر الإشعاع الناتج منها هو ما تخرجه من مداخنها بصفة مستمرة من النظائر المشعة نتيجة الانشطار النووي الحادث داخل المفاعلات، وأهم هذه المواد اليود المشع والغازات المشعة الخامدة مثل غاز الكريبتون 85، هذا بالإضافة إلى ما يتصاعد من نواتج الانشطار غير الغازات كالسيزيوم 137 (السريع ومحمد، 1998، ص5)

في عام 1945 خلال المرحلة الأخيرة من الحرب العالمية الثانية، تم إلقاء قنبلتين ذريتين على مدن يابانية - هيروشيما في 6 أغسطس وناغازاكي في 9 أغسطس. أسفر انفجار القنبلتين عن مقتل ما يقرب من 130 ألف شخص، تظل هذه الأحداث هي الاستخدام الوحيد للأسلحة النووية في الحرب في التاريخ، ومع ذلك بعد عام 1945، تم اختبار العديد من الأسلحة النووية في الغلاف الجوي، ومعظمها في نصف الكرة الشمالي، كانت فترة الاختبار الأكثر نشاطاً بين عامي 1952 و1962 وفي المجمل تم إجراء أكثر من 500 اختبار، بإجمالي إنتاج 430 ميغا طن من مكافئ ثلاثي نيتروتولوين (TNT)، وكانت آخر مرة في عام 1980، تعرض الناس في جميع أنحاء العالم لسقوط الإشعاع من هذه الاختبارات، واستجابةً للمخاوف بشأن تعرض البشر والبيئة للإشعاع تم إنشاء اللجنة العلمية للأمم المتحدة لدراسة آثار الإشعاع (UNSCEAR) في عام 1955، وكان متوسط التعرض للإشعاع المقدر بسبب التداعيات العالمية لتجارب الأسلحة النووية في الغلاف الجوي أعلى مستوى في عام 1963، عند 0.11 ملي سيفرت، ثم انخفض بعد ذلك إلى ما هو عليه حالياً مستوى حوالي 0.005 ملي سيفرت، سينخفض هذا التعرض في المستقبل لأن معظمه الآن بسبب الكربون 14 المشع ذات التأثير الطويل، ووضع تقرير اللجنة العلمية للأمم المتحدة المعنية بآثار الإشعاع في عام 1958 الأسس العلمية التي تم على أساسها التفاوض بشأن معاهدة حظر تجارب الأسلحة النووية في الغلاف الجوي وفي الفضاء الخارجي وتحت سطح الماء، وبعد التوقيع على معاهدة الحظر الجزئي للتجارب في عام 1963، تم إجراء حوالي 50 اختباراً تحت الأرض سنوياً حتى التسعينيات، كان لمعظم هذه الاختبارات إنتاج الإشعاعي أقل بكثير من اختبارات الغلاف الجوي، وعادة ما يتم احتواء أي حطام مشع ما لم يتم تنفس الغازات أو تسربها إلى الغلاف الجوي (UNEP, 2016).

هـ - مصادر أجهزة التلفزيون واستخدامات التكنولوجيا المعاصرة:

أن أجهزة التلفزيون تبعث فضلا عن الضوء المرئي نسبة واطئه من الإشعاعات التي لا تراها العين البشرية لخطرهما على الإنسان هي الأشعة السينية لأنها تستطيع أن تخترق جسم الإنسان لمسافات لا تستطيع الإشعاعات الأخرى المنبعثة من نفس الجهاز الوصول إليها، أن مشكلة الأشعة السينية المنبعثة من التلفزيون بدأت أواخر عام 1960، إذ أن عدد من أجهزة التلفزيون التي تبعث الأشعة السينية فوق الحدود المسموح بها قد وجدت لها رواجاً في الأسواق المحلية الأمريكية، قام بعدها المركز الوطني للصحة الإشعاعية (NCRH) بوضع معيار متحدة يتطلب من كل موزع لل (VDT) الالتزام به، بحيث أن لا يتجاوز ما تبعثه هذه الأجهزة من أشعة سينية المقدار 50.0 mR/hr ، تتكون الأشعة السينية في أجهزة التلفزيون عندما تنطلق الإلكترونات معجلة نحو أنبوب الأشعة (CRT) الذي يشكل الشاشة متحركاً بشكل عمودي وافقي على شكل مسارات ملتفة عبر الشاشة، إن ترددات (VLF) تنشأ من التيار الحركة العمودية لإشعاع الإلكترون على VDT حيث يتكون من مجال كهربائي (E) ومغناطيسي (H)، وبما أنه لا يوجد حد أدنى حقيقي للتأثير السلبي الذي تحدثه الأشعة السينية المنبعثة من التلفزيون لزم من تعرض أكثر من 8 ساعات يوميا على جسم الإنسان وأعضاءه المختلفة وخصوصا الحساسة منها للإشعاع كالعين، تم تكريس هذه الدراسة لتقدير خطورة الأشعة السينية المنبعثة من التلفزيون على العين على فرض أن مدة التعرض هي عشر ساعات يوميا، حيث أن معظم الناس يمضون ساعات طويلة من الوقت في مشاهدة التلفزيون وأفلام، بعدما أصبح التلفزيون وسيلة ثقافية وترفيهية في أن واحد (الزبيدي والحسناوي، 2011، ص156)، وتستخدم مصادر الإشعاع في مجموعة واسعة في مجال التكنولوجيا الصناعية، ويشمل الإشعاع الصناعي المستخدم في تعقيم المنتجات الطبية والصيدلانية، والحفاظ على المواد الغذائية والقضاء على انتشار الحشرات، كما يستخدم التصوير الإشعاعي الصناعي لفحص الوصلات المعدنية الملحومة بحثاً عن العيوب، وبواعث أشعة ألفا أو بيتا المستخدمة في الإنارة المركبات في منظار الأسلحة وكمصادر إضاءة منخفضة المستوى لإشارات الخروج وإضاءة الخرائط، والمصادر المشعة أو آلات الأشعة السينية المصغرة المستخدمة لقياس الخصائص الجيولوجية في الآبار لاستكشاف المعادن أو النفط أو الغاز، ومصادر المشعة المستخدمة في أجهزة قياس السماكة والرطوبة والكثافة ومستويات المواد وغيرها من المصادر المشعة المستخدمة في البحث، على الرغم

من انتشاره على نطاق واسع، فإن إنتاجه لاستخدامها في الممارسات الصناعية والطبية يسبب مستويات منخفضة للغاية من التعرض لعامة الناس (UNEP, 2016)، كن يوضح الجدول التالي مستوى الجرعات الصادرة من جهاز التلفزيون.

الجدول رقم (42): معدل الجرعة الإشعاعية الصادرة من أجهزة التلفزيون الملونة أثناء

تشغيلها

مكان ومعدل جرعة الإشعاعية ميكرو سيفرت/ ساعة		مساحة الشاشة
ملاصق لجدار الجهاز	ملاصق لوسط الشاشة	
0.01	0.12	12
0.01	0.14	14
0.02	0.18	18
0.05	0.40	20
0.06	0.71	25

(السريع ومحمد، 1998، ص23)

3-6-4 الآثار الصحية للتعرض للإشعاع:

يمكن دراسة التأثيرات البيولوجية على الكائنات الحية ومنها الإنسان بعد التعرض للإشعاعات عن طريق المعلومات المتاحة نتيجة الدراسات التي تمت في هذا المجال، ومن أشهر منابع المعلومات التالية:

- الدراسات الخاصة التي تمت بعد إلقاء القنابل الذرية علي مدينتي هيروشيما ونجازاكي عام 1945 وما زالت هذه الدراسات مستمرة حتى الآن.

- الدراسات التي تمت على العديد من الكائنات الحية والإنسان بعد التفجير الذري عام 1954 في جزر المارشال جنوب المحيط الهادي.

- نتائج الدراسات علي الإنسان من جراء الحوادث الإشعاعية والنووية الأخرى ومن أهمها الدراسات التي أجريت بعد حادثة شرنوبيل والحوادث الإشعاعية والنووية الأخرى التي حدثت فيها إصابات للإنسان.

- نتائج الدراسات التي تتم للآثار المترتبة علي تعرض الإنسان لجرعات إشعاعية مختلفة أثناء تعرض الإنسان للإشعاع وأثناء العلاج الطبي ولتطبيقات الطبية للإشعاعات في التشخيص والعلاج وتعتبر هذه التعرضات من اكبر مصادر التعرض الإشعاعي للإنسان.

- الأعمال المهنية التي يتعرض خلالها الإنسان للإشعاع.

- صناعة توليد القوى الكهربائية من الطاقة النووية.

- نتائج الدراسات الخاصة التي تتم على حيوانات التجارب، وتعتبر هذه الدراسات من أهم وأكثر منابع المعرفة لفهم تطور الإصابة الإشعاعية في الأنسجة البيولوجية وامتصاص الطاقة الإشعاعية في الجزيئات البيولوجية، ومسارات النويدات المشعة داخل الجسم في حالة التعرض الإشعاعي الداخلي، وطرق قياس الجرعة الإشعاعية الممتصة في الأنسجة. حيث أن جميع أجسام الكائنات الحية تحتوى على نسبة عالية جدا من الهيدروجين فان طاقة النيوترونات تنتقل إلي انويه الهيدروجين، ثم تقوم هذه الأخيرة بعملية التأين في الجسم، أما النيوترونات التي تمتص في ذرات الجسم فتؤدى بدورها إلي تكوين انويه جديدة، وانطلاق إشعاعات جاما التي تؤدى بدورها لتأين ذرات الجسم، وسواء أكانت الإشعاعات صادرة عن مصدر طبيعي أو الصناعي أو عن التلوث الداخلي للجسم بالمواد المشعة فإنها تؤدى إلي آثار بيولوجية في جسم الكائن الحي، يمكن أن تظهر فيما بعد في شكل أعراض إكلينيكية وتعتمد خطورة هذه الأعراض والفترة الزمنية لظهورها على كمية الإشعاعات الممتصة، وعلي معدل امتصاصها (سراج، 2000، ص 28) وتنقسم الآثار الصحية للإشعاعات إلى ما يلي:

أ- الإصابة بالسرطان:

السرطان من الأمراض الناتجة عن الإصابة بالإشعاع، وهو مجموعة من الأمراض التي تتميز خلاياها بالعدائية وهو النمو والانقسام الخلوي غير المحدود أو قدرة الخلايا المنقسمة على غزو الأنسجة المجاورة وتدميرها، أو الانتقال إلى الأنسجة بعيدة في عملية يطلق عليها أسم النقيلية، وهذه الأنسجة هي صفات الورم الخبيث على عكس الورم الحميد، والذي يتميز بنمو محدد وعدم القدرة على الغزو، وليس لو القدرة على الانتقال كما يمكن أن يتبلور الورم الحميد إلى سرطان خبيث في بعض الأحيان، والسرطان هو نمو غير طبيعي لنسيج من أنسجة الجسم لذا فهو يصيب أنواع مختلفة من الأعضاء، وتختلف الأعراض باختلاف العضو أو النسيج المصاب وتظهر الأعراض مع وجود المرض مثل فقدان الوزن وفقدان الشهية والارتقاع في الحرارة، وقد تصاحب هذه الأعراض أيضا الحالات لنفسية أو أمراض أخرى، لذا لابد من إجراء الفحوصات الشاملة واخذ عينة أو جزء من الأنسجة لفحصها تحت المجهر، والعوامل المسببة للسرطان الأشعة فوق البنفسجية والأشعة المؤينة الكيميائية والبولتاسيوم والرادسيوم واليورانيوم والثريوم، الذي تسبب أورام المزوثيليون والدخان يسبب سرطان الرئة والمثانة والافلاتوكسين والارستيك، وبعض السرطانات سببها فيروس أو

الجرائم أو الطفيليات، ويوجد 12 نوعاً من السرطانات (داود ومنخي، 2016، ص379)، وتشير الدراسات التي أجريت على الناجين من الانفجارات الذرية في هيروشيما وناغازاكي في عام 1945 إلى أن التعرض للإشعاع طويل الأمد كان له التأثير الرئيسي في زيادة الإصابة بالسرطان وسرطان الدم، لوحظت نتائج مماثلة:

• في الأشخاص الذين تلقوا علاجاً إشعاعياً أو اختباراً تشخيصياً يتضمن إشعاعاً

• بين عمال مناجم اليورانيوم

• بين العاملين الذين صنعوا أسلحة ذرية

• في الأشخاص الذين تعرضوا للإشعاع نتيجة حادث محطة تشيرنوبيل للطاقة النووية

• في الأشخاص المعرضين لغاز الرادون في منازلهم

أظهرت الدراسات أن التعرض للإشعاع يزيد من تواتر بعض أنواع السرطان التي تحدث تكون منتشرة بين السكان، وأن هذه الزيادة تتناسب مع مستوى الإشعاع، أي كلما زادت الجرعة زاد خطر الإصابة بالسرطان.

يواصل الباحثون دراسة آثار الجرعات المنخفضة من الإشعاع ليتمكنوا من تأكيد أو دحض هذه الفرضيات. في غضون ذلك، تبنى المجلس الوطني للوقاية من الإشعاع ومنظمات أخرى المبدأ الوقائي، ويفترضون أن كل التعرض للإشعاع ينطوي على مستوى معين من المخاطر، وقام برنامج اللجنة الدولية للحماية من الإشعاع بوضع احتمال الإصابة بسرطان قاتل بناءً على تقييمات تأثيرات الإشعاع التي أجرتها الهيئات العلمية مثل UNSCEAR وBEIR بعد ذلك حدد برنامج الإجراءات الجنائية الدولية ما أسماه "ضرر"

كلي بسبب التعرض للإشعاع. يتعلق :

• احتمال التسبب في سرطان قاتل

• خطر الإصابة بسرطان غير مميت

• خطر حدوث آثار وراثية خطيرة

• سنوات العمر المتبقية في حالة ظهور أثر الإصابة

مع أخذ كل هذه المخاطر في الاعتبار، حسب برنامج الإجراءات الدولية لقانون البحار إجمالي الضرر ليكون 0.042 (4.2%) لكل سيفرت للعمال البالغين، و0.057 (5.7%) لكل سيفرت لعامة السكان، بالنسبة لعامة السكان يكون الخطر أعلى بقليل من العمال بسبب الاختلافات في المتغيرات المختلفة، مثل الجنس والفئات العمرية التي تم أخذها في الاعتبار.

في تحديد حدود الإشعاع اعتمد المجلس الوطني للأمن الغذائي إلى حد كبير على توصيات اللجنة الدولية للحماية من الإشعاع، حيث يتم تعيين حدود الإشعاع عند مستوى أقل، وتعتبر المخاطر مقبولة، ومع ذلك كإجراء احترازي، يُفترض أن أي تعرض للإشعاع يحمل عددًا من المخاطر حتى الأقل من حد المستوى، فاعتمدت اللجنة الدولية للحماية من الأشعة بوضع لوائح تحتوي على ممارسات تهدف إلى إبقائه عند مستوى منخفض قدر الإمكان، والذي تم تحديده في كندا عند 1 ملي سيفرت سنويًا للجمهور. في الواقع، فإن إجمالي جرعة الإشعاع التي تُعزى إلى الصناعة النووية ليست سوى جزء ضئيل من تلك الجرعة، أي في نطاق من 12 إلى 18 ميكرو سيفرت، وهو أقل بآلاف المرات من الحد المسموح بها، ويعتبر النموذج الخطي الغير محدود هو نموذج مخاطر يستخدم دوليًا من قبل معظم الوكالات الصحية والمنظمات المعنية بالأعمال النووية لوضع حدود مستوى التعرض للأشعة للعمال والسكان، يفترض النموذج الخطي غير الحدي أن هناك صلة مباشرة بين التعرض للإشعاع ومعدلات الإصابة بالسرطان، وتوجد عدة نماذج لقياس المخاطر الأخرى، لكل منها مزاياها وعيوبها. (CNSC,2012)

ب- إصابة العين والجلد:

يتأثر هذان العضوان في الغالب بالتعرض للإشعاع، وبالتالي يعتبران من الأعضاء الحيوية تعتمد طبيعته ودرجة التأثيرات الصحية للتعرض للإشعاع على إجمالي الطاقة التي يمتصها الجسم والتوزيع المكاني للتفاعل، والتأثير الصحي الرئيسي هو عادة ارتفاع درجة حرارة أنسجة الجسم، يحدث هذا التأثير نتيجة امتصاص الجسم المكشوف للطاقة من الإشعاع بمعدل أعلى بكثير من معدل تبديد الطاقة من خلال نظامه الطبيعي للتنظيم الحراري، بمعنى آخر من المرجح أن يظهر التأثير عندما يكون الجسم غير قادر على تبديد الحرارة بسرعة كافية لتجنب زيادة درجة حرارة الجسم أو العضو، وتعتبر العين حساسة بشكل خاص للتأثيرات الحرارية لأن الحجم المنخفض لنقل الدم عبر العين يمنع التبديد السريع للحرارة الممتصة بعد التعرض للإشعاع، ويؤدي التعرض الشديد لعدسة العين إلى زيادة درجة حرارة العين مما ينتج عنه في النهاية تمسخ البروتين الذي لا رجعة فيه والتشكيل اللاحق للعتامة في عدسة العين (إعتام عدسة العين)، سيؤدي هذا التأثير إلى تقليل البصر ببطء وعلى مدى فترة طويلة من الزمن قد يتحول إلى عمى مؤقت أو جزئي، وفي حالة تلف الشبكية الذي يحدث عادة بسبب الإشعاع ضمن النطاق المرئي مثل الليزر، يؤدي إلى تلف دائم للعين والذي

بدوره قد يؤدي إلى العمى الدائم، قد تتسبب الإشعاعات الأقل نفاذاً مثل الأشعة فوق البنفسجية، في المزيد من الضرر للطبقات الخارجية للعين (مثل القرنية) وتحت التعرض الحاد سيسبب التهاب هذه الأنسجة.

من ناحية أخرى يؤدي التعرض الجلد المزمن للإشعاع إلى شيخوخة الجلد السريعة، وفي بعض الحالات يؤدي أيضاً إلى تكوين سرطان الجلد على مدى فترة طويلة من الزمن، قد يؤدي التعرض الحاد له إلى تأثيرات فورية، مثل الاحمرار واسمرار البشرة، في حالة التعرض الحاد للجسم بالكامل يؤدي إلى إجهاد حراري وضغط حراري وضربة شمس، وفي حالة التعرض الحاد الذي ينطوي على المرأة الحامل، يؤدي ارتفاع درجة حرارة الجنين من 2.5 إلى 5 درجات مئوية مما يسبب حدوث عيوب في الجنين، يمكن أن يحدث التعرض لإشعاع الترددات المنخفضة إلى تعديلات في التركيبة الذرية أو الجزيئية، وإلى تكوين تأثيرات أخرى تسمى التأثيرات الحرارية، وتسبب مجموعة واسعة من هذه الآثار الصحية الحرارية بما في ذلك الأرق والتهيج والصداع وتغيرات في جهاز المناعة والجهاز العصبي المركزي، ويمكن تلخيص التأثيرات البيولوجية على الشخص المعرض كما هو موضح في الجدول التالي، في ضوء الاحتمال القوي لظهور مثل هذه المخاطر الصحية المحتملة على الأشخاص المعرضين نتيجة التعرض الكبير للإشعاع.

الجدول رقم (43): الآثار الصحية وحدود التعرض المسموح بها

النوع	التردد	الآثار الصحية	حدود التعرض المسموح بها
قصير	1 - 1000 هرتز	التغيرات السلوكية السرطان	5000 ملي غرام لمدة 08 ساعات 10 كيلو فونت/ م لمدة 8 ساعات
ترددات اللاسلكية والميكروويف	//	الإجهاد الحراري الأرق، الصداع السكتة الدماغية تغيرات في الجهاز المناعي والجهاز العصبي المركزي	المجال الالكتروني: 61 - 137 V/M المجال: 0.16 - 0.36 A/M كثافة الطاقة: 1 - 5 MW/CM ²
الأشعة فوق بنفسجية	ألفا بيتا والسينية	احمرار الجلد واسمرار البشرة الشيخوخة السريعة	الجيد والعين معرضة لمدة 8 ساعات لأقل من 347 MW/M ² الجيد والعين معرضة لمدة 8 ساعات

لأقل من 01 MW/M ²	سرطان اعتتام عدسة العين		
التعرض 08 ساعات لأقل من 0.32 W/M ²	تلف الجلد وأنسجة العيون بشكل دائم	NM 700 -400	الليزر

(Mohd Yusof,2000)

التأثيرات السريرية الرئيسية للأشعة فوق البنفسجية على العين هي التهاب القرنية الضوئي والتهاب الملتحمة، والتي تظهر بين 2 و24 ساعة بعد تعرض للأشعة، وتكون الأعراض متمثلة في رهاب الضوء، إحساس بجسم غريب وتشنج الجفن تستمر من يوم إلى 5 أيام، يأتي التهاب القرنية بشكل رئيسي من الأشعة فوق البنفسجية، ولكن مع انخفاض الفعالية. ستكون حساسية القرنية القصوى عند 270 نانومتر أو 288 نانومتر، ويؤدي التعرض لأشعة 315-325 نانومتر إلى التهاب القرنية الأمامية، وأصبحت الأضرار الحادة والدائمة للعين ذات أهمية متزايدة مع استخدام مصادر الأشعة فوق البنفسجية القوية كأشعة الليزر، يتراوح طيف التأثير للضرر الحاد للعدسة بين 295 و320 نانومتر، كما تشير بعض الدراسات البوبائية التي أجريت على البشر إلى أن ضوء الشمس، والأشعة فوق البنفسجية على وجه الخصوص، يمكن أن تؤدي أيضًا إلى إعتام عدسة العين. (Suess & Benwell, 1991)

ج - آثار صحية أخرى:

تزيد الجرعات الإشعاعية العالية من احتمالية الإصابة بأمراض القلب والأوعية الدموية مثل النوبات القلبية، قد يحدث هذا التعرض أثناء العلاج الإشعاعي، على الرغم من أن تقنيات العلاج في الوقت الحاضر تؤدي إلى جرعات قلبية أقل، كما يحدث التعرض للإشعاع ضرر في الخلايا التناسلية أو الحيوانات المنوية أو البويضة، فقد يؤدي ذلك أيضا إلى تأثيرات وراثية في الأبناء، علاوة على ذلك يؤدي الإشعاع مباشرة إلى إتلاف الجنين أو الجنين النامي داخل الرحم، من المهم التمييز بين التعرض الإشعاعي للبالغين والأطفال، حيث تعتمد الآثار الصحية للبشر على عدد من العوامل الفيزيائية، منها الاختلافات التشريحية والفسولوجية، فتختلف تأثيرات التعرض للإشعاع على الأطفال والبالغين. نظرًا لأن الأطفال لديهم أجسام أصغر وأقل حماية من الأنسجة العلوية، فإن جرعة أعضاءهم الداخلية ستكون أعلى من جرعة البالغين بالنسبة لتعرض خارجي، كما أن الأطفال أقصر من البالغين، لذلك قد يتلقون جرعات أعلى من النويدات المشعة المترسبة على الأرض.

فيما يتعلق بالتعرض الداخلي، بسبب صغر حجم الأطفال وأعضائهم، بالتالي قريبة من بعضها البعض، فإن النويدات المشعة المركزة في عضو واحد تشع الأعضاء الأخرى أكثر مما يمكن يكون بالنسبة للبالغين، هناك أيضًا العديد من العوامل الأخرى المرتبطة بالعمر والتي تتضمن التمثيل الغذائي ووظائف الأعضاء والتي تحدث فرقًا كبيرًا في الجرعة في مختلف الأعمار، وأظهرت الدراسات الوبائية أن الشباب الذين تقل أعمارهم عن 20 عامًا يبدو أنهم أكثر عرضة للإصابة بسرطان الدم بمقدار ضعف البالغين بعد التعرض لنفسه الإشعاع، وأكثر عرضة للوفاة بسرطان الدم بثلاث إلى أربع مرات مقارنة بالبالغين، كما أظهرت دراسات أخرى أن الفتيات المعرضات للإصابة بسرطان الثدي في عمر أقل من 20 عامًا أكثر من النساء البالغات عند التعرض لنفس كمية الإشعاع.(UNEP, 2016)

كما للإشعاع تأثيرات على مكونات الدم، فقد يتسبب التداوي بجرعات منخفضة بمرور الوقت في حدوث تغييرات في تعداد تركيبة الدم، فيمكن أن تسبب جرعة يومية من 2 ملي جرام قلة الصفائح، ويمكن لجرعة 10 ملي جرام في الأسبوع أن تسبب قلة الكريات البيضاء مع انعكاس شكل الكريات، مما يسبب في ظهور فقر الدم كبير.

فيما يتعلق بالدماغ فيكون ظهور الأعراض متأخرة في حدود سنة إلى 3 سنوات، وهي تكون أساسًا من اعتلال الطبقة البيضاء للدماغ منتشر في منطقة التادي، بالنسبة للحبل الشوكي، قد يحدث اعتلال النخاع الشوكي الحاد بعد ثلاثة أشهر تقريبًا من الإشعاع بجرعات أكبر من 45 Gy. غالبًا ما يلاحظ من خلال العلامات الحسية التي تشير إلى تلف الحبل الخلفي.(GRESSER, 2004)

ويخلص الجدول التالي الآثار الصحية المحتملة المرتبطة بجرعات إشعاع معينة. تمت إضافة حدود الجرعات أيضًا لإظهار كيف تحمي العمال والجمهور من المخاطر.

الجدول رقم (44): كمية الإشعاع والآثار الصحية لها

الكمية	التأثير على الصحة
أكثر 5000 ملي سيفرت	تؤدي إلى الموت إذا تعرض لها الإنسان دفعة واحدة
1000 ملي سيفرت	تؤدي إلى الإرهاق والصداع والغثيان إذا ترص لها الإنسان خلال 24 ساعة
100 ملي سيفرت	أقل كمية التي يمكن تسبب ظهور السرطان
50 ملي سيفرت	حد التعرض الموصى به للإشعاع السنوي لعمال قطاع النووي
0.01 ملي سيفرت	كمية الإشعاع الذي يتلقاه الإنسان أثناء التصوير الإشعاعي للأسنان

(CNSC,2012 ,p19)

كما تنتج الآثار الصحية المبكرة عن تلف الخلايا على نطاق واسع، ومن الأمثلة على ذلك حروق الجلد وتساقط الشعر وضعف الخصوبة. تتميز هذه الآثار الصحية بعتبة عالية يجب تجاوزها خلال فترة قصيرة لحدوث التأثير، تزداد شدة التأثير مع زيادة الجرعة بعد تجاوز العتبة.

بشكل عام تؤدي كمية الإشعاع التي تزيد عن 50 Gy إلى إتلاف الجهاز العصبي المركزي بشدة، بحيث تحدث الوفاة في غضون أيام قليلة، حتى عند التعرض إلى أقل من 8 Gy، تظهر على الأشخاص أعراض داء الإشعاع المعروف أيضًا باسم متلازمة الإشعاع الحاد، والتي يمكن أن تشمل الغثيان والقيء والإسهال والتشنجات المعوية وسيلان اللعاب والجفاف والتعب واللامبالاة والخمول والتعرق والحمى والصداع وانخفاض ضغط الدم، يشير المصطلح الحاد إلى المشكلات الصحية التي تحدث مباشرة بعد التعرض بدلاً من المشكلات التي تحدث بعد فترة طويلة، قد يعيش المصاب من أسبوع إلى أسبوعين عند تلف الجهاز الهضمي، كما تؤدي الكميات المنخفضة إلى إصابة الجهاز الهضمي وتسبب الوفاة بعد بضعة أشهر، خاصةً عند تلف نخاع العظم الأحمر، فالكميات الإشعاع المنخفضة تؤدي إلى ظهور أعراض أقل حدة، ويعاني حوالي نصف الأشخاص الذين يتعرضون لمستوى الإشعاع 2 Gy من القيء بعد حوالي ثلاث ساعات، لكن هذا نادر الحدوث في مستوى أقل من 1 Gy. فإذا تلقى نخاع العظم الأحمر وبقية جهاز تكوين الدم أقل من 1 Gy، فالملاحظ إن لديهم قدرة على التجدد ويمكنهم التعافي تمامًا، على الرغم من أنه سيكون هناك خطر أكبر للإصابة بسرطان الدم في السنوات القادمة. إذا تم تعريض جزء فقط من الجسم للإشعاع، فسيبقى جزء من النخاع العظمي على قيد الحياة بشكل طبيعي غير متضرر ليحل محل الجزء الذي تعرض للتلف، وتشير التجارب التي أجريت على الحيوانات إلى أنه حتى لو نجا عُشر النخاع العظمي من الإشعاع، فإن فرص البقاء على قيد الحياة تبلغ 100% تقريبًا، كما أن للإشعاع قدرة على تدمير DNA الخلية بشكل مباشر، حيث يتم قتل الخلايا الخبيثة بالإشعاع في علاج السرطان المعروف باسم العلاج الإشعاعي. يختلف المقدار الإجمالي للإشعاع المطبق في العلاج الإشعاعي حسب نوع ومرحلة السرطان الذي يتم علاجه، تتراوح الجرعات النموذجية لعلاجات الورم الصلب من 20 إلى 80 Gy للورم، مما قد يعرض المريض للخطر إذا تم إعطاؤه كجرعة واحدة، وبالتالي من أجل التحكم في العلاج يتم تطبيق جرعات الإشعاع متكررة بحد أقصى 2 Gy، يسمح هذا التجزئة لخلايا الأنسجة الطبيعية

بالتعافي، بينما يتم قتل الخلايا السرطانية لأنها أقل كفاءة بشكل عام في الإصلاح بعد التعرض للإشعاع. (UNEP, 2016)

3-6-5 قياس الإشعاع:

مراقب الإشعاع هو أداة قادرة على الكشف عن الإشعاع مثل الأشعة السينية، فهو عبارة عن جهاز مزود بمستشعر للسماح للإشعاع بالدخول إلى الكاشف، أو يتم توصيله، ثم يسجل الجهاز مستوى الإشعاع المقاس. تأتي المجسات بأشكال وأحجام مختلفة، ويعتمد اختيار المسبار على نوع الإشعاع المراد قياسه ومستوى الإشعاع.

عادةً ما يقيس جهاز مراقبة الإشعاع معدل الإشعاع بالملي سيفرت/ ساعة أو يعطي مؤشرًا على معدل الإشعاع بالملي سيفرت/ م، ومقياس كمية الإشعاع هو أداة صغيرة يمكنك تثبيتها في ملابس، وتقيس كمية الإشعاع التي تتعرض لها أثناء العمل، حيث يحتوي على مادة خاصة تتفاعل عندما يضربها الإشعاع. لتحديد هذه الجرعة، يجب إرسال مقياس الجرعات إلى مختبر معتمد والذي سيقراً النتيجة باستخدام جهاز خاص مصمم لهذا الغرض. والمقياس النموذجي مزود بمرشحات للتمييز بين الأنواع المختلفة للإشعاع، مثل إشعاع بيتا وإشعاع إكس.

من ناحية أخرى لا يستطيع التمييز بين المصادر المختلفة للإشعاع، ولا يمكنها معرفة ما إذا كان الإشعاع يأتي من إشعاع الخلفية الطبيعي أو من أجهزة الأشعة أخرى (Hargreaves & Moridi, 2010)

ويوضح الجدول التالي الوحدات المستخدمة في الإشعاع وتعريفاتها
الجدول رقم (45): وحدة الإشعاع وتعريفاتها

تعريفها	الوحدات	العمليات
عدد التفككات في الثانية	بيكريل (Bq)	نشاط
توصيل الطاقة للمادة لكل وحدة كتلة	joule/kilo 1 = Gy	الجرعة الممتصة
التأثير البيولوجي على الأنسجة المشعة	سيفرت	الجرعة المكافئة
الطاقة التي ستقبلها المادة المشعة لكل وحدة كتلة ووحدة زمنية	Gy/h	معدل الجرعة الممتصة

(GRESSER, 2004, p37)

ولأهمية هذه القياسات فمن الجيد أن يكون الجهاز ليس فقط قادرًا على قياس الإشعاع المنبعث، ولكن أيضًا لتسجيل الجرعات التي يتلقاها الأشخاص المراد حمايتهم، ومع ذلك

تجدر الإشارة إلى أن الجرعة قد تكون من الصعب تقييم امتصاصها من قبل الخلايا الحساسة، وذلك لأن الكثير من معدات قياس الجرعة الوقائية كبيرة الحجم وغير مناسبة للاستخدام في الميدان، حيث يتم استخدام المضاعف الضوئي أو كاشفات الثنائي الضوئي لتحديد التوزيع الطيفي، وهذا ما يساعد على التفريق بين الأطوال الموجية عن طريق مرشحات، ويجب أن يكون جهاز الإرسال البصري مصنوعاً من الكوارتز للسماح لكل الأشعة فوق البنفسجية بالمرور، كما تصنع أدوات قياس الإشعاع من مبدأ حساسية تأثير الأشعة فوق البنفسجية أو منحني خطر الأشعة فوق البنفسجية الأكثر عمومية، ويعتمد هذا على دمج مقاييس الجرعات التي يتلقاها الأفراد بمرور الوقت أثناء عملهم، حيث يتكون الجهاز دوزيمتر من قطعة فيلم بولي سلفون في شارة يرتديها العامل، كما لا تزال هذه الطريقة قيد التطوير لكنها أعطت بالفعل العديد من النتائج الجيدة (Suess & Benwell, 1991)

ويعطي الماسح الإشعاعي الإلكتروني الرقمي digital قراءة مباشرة لمعدل الجرعة أو الجرعة الكلية (جرعة التعرض أو الجرعة المكافئة أو الجرعة الفعالة)، بعد ضبط البرنامج الخاص به. يوجد أيضاً أنواع أخرى تناظرية لقياس معدل التعرض الإشعاعي. وتتدرج تحت مسمى المواسح الإشعاعية وقائمة طويلة من أجهزة قياس معدل التعرض الإشعاعي بأسماء مختلفة، مثل:

- مقاييس المسح الحقلية field survey meters
- مقاييس المعدل rate meters
- مقاييس الكشف الإشعاعي radiation detection meters
- مقاييس المدى المنخفض low - range meters
- مقاييس المدى العالي high - range meters
- مقاييس النويدات المشعة العالقة بالهواء airborne meters
- مقاييس التساقط النووي fallout meters
- المراقب البعيدة remote monitors
- عدادات جيجر Geiger counters

بالإضافة إلى مقاييس معدل الجرعة dose rate meters، لقياس كثافة الأشعة في موضع ما مع الزمن، كما يعد الدوزيمتر جهاز خاص مصمم لقياس تراكم الجرعة الإشعاعية خلال فترة التعرض للأشعة، ويتوفر اليوم تحت هذا الاسم المعرب، مجموعة كبيرة من أجهزة

ووسائل قياس الجرعات الإشعاعية، تختلف في أساس العمل، ومدى القياس، وكيفية معرفة الجرعة الإشعاعية، حيث يمكن قراءة جرعة التعرض مباشرة في بعض تلك الوسائل مثل: دوزيمتر الجيب pocket dosimeter، والمقاييس الإلكترونية للجرعة الشخصية، وتختلف أجهزة ووسائل قياس الجرعات الإشعاعية فيما بينها من حيث بساطة التركيب، وخفة الوزن، وطريقة حملها، وحساسيتها في مدى واسع من طاقة الأشعة ونوعها. ويتاح حالياً مجموعة كبيرة تتزايد باستمرار وهي ذات تصاميم عديدة لتلبي الأعراض المختلفة. وتستخدم تلك الأجهزة فقط أثناء فترة دوام العمل بجوار أو أثناء التعامل مع المصادر المشعة. (متولي، 2015، ص 195-198).

3-6-6 طرق الوقاية من الإشعاع:

تسعى جميع البلدان المتقدمة اليوم إلى حماية الإنسان من الإشعاع وآثاره الضارة خاصة في المجال المهني وكذا في حياتنا اليومية، حيث توفر الرفاهية الجسدية والعقلية والاجتماعية فمعرفة الآثار المرضية للإشعاع عن طريق مجموعة من الدراسات التي أجريت على الجلد والجهاز العصبي والمبيض والعينين خاصة بعد حرب 1939-1945، وبعد الصدمة النفسية الكبيرة التي تعرضت لها التفجيرات النووية في هيروشيما وناغازاكي للعالم تطورت استعمال الإشعاع في التطبيقات الطبية والعسكرية المختلفة وفي نفس الوقت تم إنشاء العديد من المختبرات في جميع البلدان المتقدمة وإجراء البحوث التجريبية للاستفادة من نتائجها والحصول على مجموعة كبيرة من المعلومات عن الإشعاع، فعلى مدى السنوات الخمس والعشرين الماضية كان للجنة الدولية للحماية من الإشعاع (ICRP) الدور البارز في حماية الإنسان من الأشعة ففي سنة 1955 تم تبني فلسفة المفاهيم الأولى للحماية من الأشعة وفي سنة 1977 والذي اعتبر تاريخاً مهماً في نشر المبادئ الأساسية في تطوير أسس للحماية من إشعاع حيث حددت اللجنة بالتعاون مع اللجنة الدولية للوحدات والقياسات الإشعاعية مفاهيم بسيطة في عدد محدود عن كميات يمكن قياسها بشكل مباشر أو غير مباشر عن طريق القياسات الفيزيائية وتتوافق مع التعبير الكمي للمخاطر على صحة الإنسان مثل الجرعة الممتصة، والجرعة المكافئة، والجرعة الملتزم بها، والجرعة الفعالة، والجرعة الجماعية، والتأثيرات المرضية للإشعاع حيث تم تصنيفها إلى فئتين حسب القوانين المنظمة كالتالي:

- المجموعة الأولى ذات التأثيرات الواضحة حيث لا تظهر هذه التأثيرات أبداً تحت عتبة جرعة معينة.

- المجموعة الثانية ذات التأثيرات الاحتمالية حيث يظهر تأثيرها بشكل غير مباشر بسبب وجودها تحت العتبة وجرعات منخفضة وتعمل كمعرض للأمراض.

ومن خلال هذا وحفاظاً على صحة وسلامة الأفراد فقد وضعت اللجنة الدولية للحماية من الإشعاع (ICRP) برنامج يركز على ثلاث مبادئ أساسية يجب أن تستند إليها سياسة حماية الإنسان وهي:

- يجب تبرير أي نشاط (طبي أو علمي أو صناعي) من شأنه أن يؤدي إلى تعرض الإنسان للإشعاع.

- وإن كان هناك ما يبرر ذلك، يجب تنفيذ هذا النشاط في ظل ظروف وقائية مثل الإبقاء على التعرض عند أدنى مستوى يمكن تحقيقه بشكل معقول مع مراعاة العوامل الاقتصادية والاجتماعية.

- يجب ألا تتجاوز الجرعات التي يتلقاها الأفراد الحدود التي أوصت بها اللجنة حيث تم تحديد هذه الحدود لتلبية شرطين في وقت واحد:

* تكون أقل بالنسبة لأي نسيج من نسيج الكائن الحي (جرعة للعضو) من عتبات ظهور التأثيرات الواضحة

* تكون منخفضة بدرجة كافية عن المستوى بحيث لا تتسبب مخاطر محتملة لظهور تأثيرات احتمالية (JAMMET & DOUSSET, 1982)، وتتم الوقاية من الأشعة المختلفة حسب ما يلي:

في حالة التعامل مع إشعاعات من جسيمات ألفا فإن إجراءات الوقاية تتمثل في التالي:

- مكن إيقاف هذه الجسيمات بطبقة رقيقة من الورق لكون خطرها الخارجي سطحي لذا يتوجب الحذر عند العمل مع مواد مشعة مصدرة لهذه الجسيمات لئلا تحدث أي تلوث.

- أما إذا دخلت عن طريق الفم فالخطر منها كبير جداً وخاصة إذا كان نصف عمر المواد المشعة طويلاً.

- يجب الابتعاد ما أمكن عن استخدام هذه المواد وارتداء الألبسة الواقية المناسبة أثناء العمل.

وفي حالة التعامل مع إشعاعات من جسيمات بيتا فإن إجراءات الوقاية تتمثل في التالي:

- يجب الابتعاد ما أمكن عن استخدام هذه المواد والابتعاد عن مكان وجودها
- تقليل فترة التعرض أو الوقوف بجانبها لأقل مدة ممكنة
- في حالة التعامل مع أشعة غاما فان إجراءات الوقاية تتمثل في التالي:
- يكمن خطرها في إمكانية اختراقها داخل الجسم، لذا يتوجب استخدام درع من الرصاص.
- في حالة التعامل مع الأشعة السينية فان إجراءات الوقاية تتمثل في التالي:
- يجب أن يقف مشغلو الأجهزة خلف حجز رصاصي.
- ارتداء ألبسة واقية.
- كما يمكن أن تتم الوقاية من الأشعة الغير مؤينة حسب الجدول التالي:

الجدول رقم (46): نوع الإشعاع وطريقة الوقاية منه

نوع الإشعاع	الوقاية
الأشعة فوق البنفسجية	ارتداء النظارات الشمسية ذات نوعية جيدة - استخدام زيوت للوقاية من الشمس - ارتداء الملابس التي تغطي الجسم
الأشعة المرئية والليزر	الابتعاد عن مسار حزمة الليزر وعدم النظر إليها وارتداء النظارات الواقية
الأشعة تحت الحمراء	ارتداء النظارات الواقية أو الشمسية الجيدة والابتعاد عن المصدر ما أمكن
الموجات المكروية	التقليل قدر الإمكان من استخدام هذه الأجهزة والابتعاد عن مصادرها ما أمكن
الموجات اللاسلكية	تجنب الاستخدام لفترات طويلة

(المركز الوطني للمعلومات، 2009، ص30)

3-7 المواد الكيميائية:

لقد نما استخدام المواد الكيميائية في العالم لدرجة أنه يؤثر اليوم على جميع الأنشطة أو ما يقرب من ذلك، مما يجلب معه مخاطر عديدة للغاية في أماكن العمل المختلفة، وتنتشر المواد الكيميائية المستخدمة في أماكن العمل بأنواع مختلفة، ومع التطور الحاصل اليوم تظهر العديد من المواد الكيميائية الجديدة، وهذا يوضح مدى الإلحاح لاعتماد على قواعد الصحة والسلامة المهنية في استخدام المواد الكيميائية في العمل، فلا يمكن السيطرة بشكل تام على المخاطر الكيميائية في مكان العمل إلا إذا كانت المعلومات المتعلقة بطبيعة هذه المخاطر ووسائل الحماية متداولة بين من يصنعون أو يستوردون منتجات خطيرة ومن

ينتجونها، حيث يجب أن يؤدي تدفق هذه المعلومات إلى بذل جهد أكبر من أرباب العمل لضمان اتخاذ التدابير اللازمة لحماية العمال، وبالتالي حماية البيئة. وفقًا لقرار اتخذه مجلس إدارة منظمة العمل الدولية في دورته 250 في جنيف، من 24 مارس إلى 01 أبريل 1992، لإعداد مدونة ممارسات بشأن السلامة في استخدام المواد الكيميائية، وحضر الاجتماع ممثلين عن الحكومة وممثلين عن أرباب العمل وممثلين عن العمال، حيث تم وضع قواعد لاستخدام المواد الكيميائية في العمل والشروط التي ستحدد وتيرة ومدى تطبيقها، كما روعيت احتياجات البلدان النامية عند إعدادها، ووافق مجلس إدارة منظمة العمل الدولية على نشر مدونة في دورته 253 (مايو - يونيو 1992) (Organisation internationale du Travail, 1992) (1993)، فالمواد الكيميائية هي جزء أساسي من عمليات التصنيع الحديثة، ويجب إدارة استخدامها باهتمام كبير في البيئات المهنية لتجنب الآثار الضارة الخطيرة على صحة الموظفين، فانتشار الأمراض المزمنة الناتجة عن التعرض الطويل للمواد الكيميائية في العمل مسؤولة عن الغالبية العظمى من الوفيات المرتبطة بالعمل، لذلك فإن الحد من حالات التعرض الخطيرة هو أفضل فرصة لحماية حياة وصحة العمال، كما أن التعرف على مخاطر المواد الكيميائية في العمل من شأنه أن يسهل السيطرة على تلك المواد الكيميائية في المنزل وفي البيئة الخارجية، وتنتشر المركبات الكيميائية في شكل مواد صلبة، سوائل، غازات، ضباب، غبار، أبخرة، وأبخرة لها تأثيرات سامة عن طريق الاستنشاق أو الامتصاص من خلال التلامس المباشر مع الجلد أو الابتلاع عن طريق الأكل أو الشرب، كما توجد المواد الكيميائية المحمولة جواً في تراكيزات الضباب أو الأبخرة أو الغازات أو المواد الصلبة، بعضها سام من خلال الاستنشاق وبعضها يسبب تهيج الجلد عند التلامس، كما تؤدي إلى إتلاف الأنسجة الحية اعتماداً على شكلها وبنيتها، يعد فهم سموم المواد الكيميائية أمراً ضرورياً لتحديد كمية المواد الكيميائية التي تنتج، قد يحدث التعرض للمواد الكيميائية الضارة أيضاً في المطاعم، فتسبب المواد الكيميائية المستخدمة عادة في التنظيف في إطلاق غاز الكلور أو الأمونيا عند خلطها بشكل غير صحيح، واعتماداً على كمية الغازات المستنشقة، يحدث تهيج في العين والجهاز التنفسي والدوخة والسعال وألم في الصدر. قد يؤدي التعرض الشديد إلى إصابة رئوية خطيرة أو التهاب رئوي (Marghoob & Mohammed, 2012, p10)

3-7-1 تعريف المواد الكيميائية:

اكتسبت المواد الكيميائية مكانة كبيرة في حياتنا اليومية في القرن الماضي، حيث زودتنا بأدوات لتحسين عمليات التصنيع (المواد الكيميائية الصناعية)، وجعل زراعة المحاصيل أكثر فعالية (مبيدات الآفات)، والتحكم في انتشار الكائنات غير المرغوب فيها (المبيدات الحيوية)، وتعديل خصائص المخاليط (مكونات مستحضرات التجميل والمضافات الغذائية)، وتحسين نوعية الحياة العالمية والتعامل مع الأمراض وأعراضها (الأدوية). ومع ذلك، أدت عولمة استخدام المواد الكيميائية وتعميمها إلى زيادة تعرض السكان، إما بشكل مباشر أو من خلال تلوث البيئة (Limonciel, 2014)

فلاستخدام المتعدد من المركبات الكيماوية ينطوي على بعض الخطورة نتيجة لعدم المعرفة بخواص هذه المركبات أو سوء استخدامها، حيث يشتمل التعامل بالمواد الكيماوية على استلامها وتصنيفها، تخزينها، نقلها، العمل بها. ومن انجح وسائل الوقاية من الأخطار الكيماوية أثناء تناولها هو المعرفة التامة بطبيعة هذه المواد حيث تعرف المادة الكيميائية كالتالي:

الاسم التجاري المحدد من قبل منتج المادة، الاسم الشائع في الاستخدام الصناعي المهني الاسم العلمي والصيغة الكيميائية المحددة له، رقم تسلسل المادة في جدول التصنيف العربي للمواد الكيميائية، الفئة أو المجموعة التي تنتمي إليها المادة.

يجب التعرف على الحالة الفيزيائية للمادة (غازية، سائلة، صلبة)، وكذلك الظروف التي توجد بها المادة فمثلا الصودا الكاوية يمكن شراؤها على صورة صلبة أو على شكل محلول مركز (المغني، 2006، ص 51).

يقصد بالمواد الكيميائية الخطرة العناصر الكيميائية ومركباتها كما تظهر في حالتها الطبيعية، أو كما يتم الحصول عليها من أي عملية إنتاج تحتوي على أي مادة ضرورية للحفاظ على استقرار المنتج وأي شوائب ناتجة عن هذه العملية، باستثناء أي مذيب يمكن فصله دون التأثير على ثبات المادة أو تعديل تركيبها، يعني تحضير خلائط أو محاليل مكونة من مادتين أو أكثر - مادة مركبة - من شأنها التأثير سلبا على صحة العامل أو بيئة العمل كما اعتبرت الاتفاقية الدولية رقم 170 لسنة 1990 انه يعنى بالمواد الكيميائية العناصر الكيميائية ومركباتها وأمزجتها سواء أكانت طبيعية أو صناعية، وأضاف انه يشمل تعبير المواد الكيميائية الخطرة أي مادة صنفت بوصفها مادة خطرة وفقا للمادة 6 أو توجد بشأنها معلومات ذات الصلة تشير إلى أنها خطرة، ويشمل تعبير استعمال المواد الكيميائية في العمل

أي عمل أو نشاط قد يعرض العامل لمواد كيميائية، كما يقصد بالأدوات الكيميائية أي شيء يشكل صورة أو تصميم محدد أثناء صنعه، أو يوجد على هذا النحو في الطبيعة، ويتوقف استخدامه في هذه الصورة كلياً أو جزئياً على شكله أو تصميمه. (لطروش، 2019، ص 281) كما ينطبق مصطلح المواد الكيميائية على العناصر والمركبات الكيميائية ومخاليطها، سواء كانت طبيعية أو اصطناعية، ويشمل مصطلح المواد الكيميائية الخطرة أي مادة كيميائية تم تصنيفها على أنها خطرة أو التي توجد بشأنها معلومات ذات صلة تشير إلى أنه منتج خطير.

يشير مصطلح استخدام المواد الكيميائية في العمل على أي نشاط عمل يمكن أن يعرض العامل لمادة كيميائية، بما في ذلك:

- أ- إنتاج المواد الكيميائية.
 - ب- مناولة المواد الكيميائية.
 - ج- تخزين المواد الكيميائية.
 - د- نقل المنتجات المواد الكيميائية؛
 - هـ- التخلص من النفايات الكيميائية ومعالجتها.
 - و- إطلاق المواد الكيميائية الناتجة عن الأنشطة المهنية.
 - ز- صيانة وإصلاح وتنظيف المعدات والحاويات المستخدمة في المواد الكيميائية.
- (OIT, 1993)

المادة الكيميائية هي "أي عنصر أو مركب كيميائي أو خليط من العناصر، والعنصر هو أبسط أشكال المادة التي لا يمكن تفكيكها بشكل أكبر بالوسائل الكيميائية، حيث يوجد حالياً 109 عناصر معروفة في الجدول الدوري، من أمثلة العناصر الألمونيوم والكربون والكلور والهيدروجين والزنك والأكسجين.

ومركب كيميائي هو مادة تتكون من عنصرين أو أكثر مجتمعين أو مرتبطين ببعضهما البعض بحيث تكون العناصر المكونة لها موجودة دائماً بنفس النسب، أما الخليط أي توليفة من مادتين كيميائيتين أو أكثر إذا لم تكن المجموعة، كلياً أو جزئياً، نتيجة تفاعل كيميائي، في حين أن هناك عملية محددة لتصنيف المواد الكيميائية على أنها مواد خطرة، يمكن تعريف المواد الخطرة عملياً على أنها "تلك التي يكون لها تأثير سلبي على الصحة بعد تعرض العمال لها، والمواد الخطرة هي المواد أو المخاليط التي، بسبب خصائصها الفيزيائية

أو الكيميائية (الفيزيائية الكيميائية)، تشكل خطراً مباشراً على الأشخاص أو الممتلكات أو البيئة، ويتم تحديدها من قبل السلطة المختصة، فمصطلح المواد الخطرة له تعريف أوسع، وتستخدمه وكالات الطوارئ للإشارة إلى المواد التي يجب التعامل معها على أنها خطيرة، ويشير المصطلح الأحدث للمادة الكيميائية خطرة إلى المواد التي تتدرج في النظام المنسق عالمياً المتفق عليه دولياً لتصنيف المواد الكيميائية (GHS) للتأثيرات الصحية أو الخصائص الفيزيائية والكيميائية أو التأثيرات البيئية، أو تستوفي معايير إدراجها في قائمة المواد الخطرة، مواد كيميائية من الناحية العملية، يجمع المصطلح بين سمات البضائع الخطرة والمواد الخطرة، يتم تعريف المواد الكيميائية السامة بناءً على تأثيرها؛ على سبيل المثال، حددت هيئة النقل الوطنية المواد الكيميائية السامة بأنها "مواد معرضة إما للتسبب في الوفاة أو الإصابة الخطيرة أو الإضرار بصحة الإنسان في حالة ابتلاعها أو استنشاقها أو ملامستها للجلد، إذن تشمل المواد الكيميائية الخطرة المواد الكيميائية الصناعية ومبيدات، المواد الكيميائية الزراعية والأدوية ومستحضرات التجميل والمواد الكيميائية ذات الصلة بالأغذية التي قد تكون موجودة في مكان العمل والتي لها تأثير ضار على صحة العامل نتيجة التلامس المباشر مع المواد الكيميائية أو التعرض لها. (Safety Institute of Australia Ltd, 2012)

3-7-2 أنواع المواد الكيميائية:

أصبحت المواد الكيميائية جزءاً لا يتجزأ من حياتنا، حيث تدعم العديد من نشاطاتنا، وتمنع وتسيطر على العديد من الأمراض وتزيد من الإنتاجية الزراعية، وأن فوائدها لا تحصى ولكن من ناحية أخرى فإنها قد تشكل خطراً على صحتنا وتسمم بيئتنا، فطبيعة وعدد وكميات المواد الكيميائية المستخدمة في الدول تختلف بشكل كبير وذلك بناءً على عوامل متنوعة مثل الاقتصاد الوطني والصناعات الوطنية والزراعية، حيث يتم سنوياً تركيب آلاف المواد الكيميائية لتحديد ما إذا كانت ذات فائدة تجارية مجدية، ويقدر أن هنالك ما يقارب 100.000 مادة كيميائية موجودة حالياً في التجارة، وأن حوالي 2,000 مادة كيميائية تدخل إلى السوق سنوياً، إذ يتغير مظهر المواد الكيميائية بشكل ثابت عندما تحل المواد الكيميائية الجديدة محل المواد القديمة، وتتنوع الكميات المنتجة والمستخدمه بازدياد فعاليتها والطلب عليها، والعديد من الكيميائيات لها تأثيرات سامة محتملة على الصحة والبيئة، فهناك أخطار مختلفة من التعرض خلال الإنتاج والتخزين والتعامل والنقل والاستخدام وإزالة المواد الكيميائية، بالإضافة إلى تسرب المواد الكيميائية أو طرحها غير القانوني، فطرح المواد

الكيميائية بشكل غير ملائم في البيئة قد يحولها إلى ملوثات للهواء الذي نستشقه والماء الذي نشربه والغذاء الذي نتناوله، وقد تؤثر على الأنهار والبحيرات والغابات وتضر بالمياه والتربة وتغير المناخ والأنظمة البيئية.

نتعرض جميعا للمواد الكيميائية السامة، وتسببها في إيدائنا يعتمد على كميتها ومدة وتكرارية التعرض لها وكذلك سميتها بالإضافة إلى حساسية الأفراد، فقد تكون الكمية قليلة جدا، ولكنها تتراكم في الجسم خلال فترات زمنية طويلة فبعض المواد الكيميائية تسبب الأذى بعد عدة سنوات من التعرض لها، فعلى الرغم من أن حدة التعرض قد تكون قصيرة إلا أن التعرض قد يتكرر وبتركيز مفرط، فالأطفال وكبار السن والحوامل والذين يعانون من الأمراض هم أكثر حساسية من البالغين الأصحاء، ومن المتوقع أن نمو الصناعات الكيميائية في الدول النامية والدول المتقدمة سيزداد في القرن القادم، فإن السلامة الكيميائية والتي تعني إدارة الأخطار الكيميائية هي ضرورة إذا ما أريد للنمو أن يكون ذا فائدة ولا يؤدي إلى إحداث نكبات للإنسان والبيئة (المركز الإقليمي لأنشطة الصحة البيئية، 2005، ص10)

وتتكون كل الأشياء التي نراها حولنا اليوم من المادة، وتوجد هذه المادة إما بشكل سائل أو صلب أو غازي، ويمكن أن تتبدل المادة من شكل إلى آخر، كما يحدث عندما ينصهر الآيس كريم الجامد فيصبح سائلاً، كما تكون كل أشكال المادة من جسيمات دقيقة تسمى الذرات، وعندما تتحد ذرتان أو أكثر، فإنها تكون الجزيئات، تترابط الذرات والجزيئات بطرق مختلفة لتكون ثلاثة أنواع من المادة: الأجسام الصلبة، والسوائل، والغازات، ويطلق على هذه الأنواع الثلاثة للمادة اسم «حالات المادة»، بينما تسمى هذه الحالات التي يمكن لجسم معين أن يوجد فيها بـ «الأطوار». فالماء هو شكل من أشكال المادة التي نعرفها جميعاً، ويوجد الماء بصورة عامة إما في طوره الصلب (الجليد) أو السائل (الماء) أو الغازي (البخار) (علام، 2011، ص01).

أ- المادة الكيميائية الصلبة:

توجد المادة في الطبيعة بأشكال مختلفة، ويمكن لكل هذه الأشكال أن تتكاثف وتتحول إلى حالة صلبة عند درجة حرارة معينة وضغط معين، ويحصل ذلك عندما تقتارب أعداد كبيرة جدا من الذرات وترتبط معا مكونة جسما كثيفا صلبا، وحتى تستقر المادة الكيميائية في الحالة الصلبة لابد من وجود قوى تربط بين الوحدات البنائية الذرات أو الجزيئات، عندما

تقترب من بعضها نتيجة التبريد أو الضغط، ويترتب على استقرار المادة في بنائها نوعين من القوى، جاذبة حتى تمنع الذرات من التباعد عن بعضها، وأخرى طاردة حتى تمنع الجسيمات من الالتحام معاً، وعند مسافة معلنة بين ذرتين متجاورتين تتساوى قوة التجاذب مع قوة التنافر، وتصبح طاقة الوضع بينهما اقل ما يمكن ويتم الاتزان، وتمثل مسافة الاتزان أيضاً طول الرابط بين الذرتين، وهو طول يختلف باختلاف المواد الكيميائية، وترجع قوى الربط بين الذرات في أصلها إلى قوى الجذب والتنافر الكهربائي، وتختلف هذه القوى في الشدة والنوع حسب التكوين الإلكتروني للذرة، واضعف هذه القوى قوى فان درفال، أشدها قوة الرابطة الأيونية والرابطة التشاركية، وتصل قيمتها إلى حوالي 7 eV/atom وتعرف طاقة الترابط بين الذرات أو الجزيئات في الأجسام الصلبة بأنها الطاقة اللازمة لتفكيك هذه الذرات أو الجزيئات لتصبح متباعدة عن بعضها البعض، وهي تقاس إما بوحدة eV/molecule أو بوحدة joule/mole (سالم، 2014، ص 19-21)

وتوصف الحالة الصلبة بأعلى درجات الانتظام بالإضافة إلى ذلك تتميز الحالة الصلبة بأن جسيماتها تتخذ مواقع محدودة نوعاً ما، وهذا ساعد على المحافظة على شكل محدد للحالة الصلبة لمادة ما، وتتحرك جسيمات الحالة الصلبة في مواقعها حركة تذبذبية إلا أنه من الممكن أن تنتشر ولو ببطء جسيمات المادة الصلبة خلال مادة صلبة أخرى، على سبيل المثال، تثبيت محكم لشريط من الذهب فوق شريط من الرصاص يظهر ولو بعد فترة زمنية طويلة نسبياً انتشار بعض ذرات الذهب بين ذرات الرصاص، كما يمكن للمادة الصلبة مثل اليود الصلب وثاني أكسيد الكربون الصلب أن تتحول إلى الحالة الغازية (أو البخارية) عبر عملية التسامي، وتتبخر المواد الصلبة بشكل مباشر دون المرور بالحالة السائلة، حيث أن جزيئات (أو جسيمات) المادة الصلبة تختلف فيما بينها بمقدار الطاقة الحركية مثلها في ذلك مثل الجزيئات (أو جسيمات) المادة في حالة السائلة أو الغازية فإن ذلك يعني وجود كمية محدودة من الجزيئات عند درجة حرارة محددة، وتمتلك قدرًا كافيًا من الطاقة الحركية يمكنها من التغلب على قوى التجاذب فيما بينها وبين الجزيئات الأخرى، وبالتالي الانفكاك من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية، وبنفس الطريقة فإن سرعتي تحويل جسيمات المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية والعكس ستصلان عند ثبوت درجة الحرارة إلى حالة التساوي، وهذا يعني نشوء حالة توازن حركي بين الحالتين الصلبة والغازية، وعند هذه الحالة أي عند حدوث هذا التوازن عند درجة حرارة معينة فإن ضغط بخار المادة الصلبة يكون ثابتاً

ويسمى بضغط بخار التوازن للمادة الصلبة أو باختصار ضغط بخار المادة الصلبة. (الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، 2004، ص115)

فأغبره المواد الكيميائية كمساحيق المبيدات وغبار العمليات الصناعية مثل الأسمنت والاسبستوس (الاميانت)، وتدخّل عن طريق الأنف أو الفم، وتتمثل أنواع المواد الصلبة في مايلي: أتربة، أدخنة، رذاذ، ألياف.

ب- الأتربة:

تأثرت معظم الدول النامية بتلوث الغلاف الجوي، من حيث صحة الإنسان وتغير المناخ وفقدان التنوع البيولوجي مع تطور النقل الحضري، أصبحت الملوثات الناتجة عن حركة المرور مشكلة متزايدة وارتبطت بأمراض الجهاز التنفسي والقلب والأوعية الدموية والعيوب الخلقية والنمائية والسرطان وما إلى ذلك، وفقا لمنظمة الصحة العالمية يمكن أن ينخفض متوسط العمر المتوقع لسكان الحضر في المناطق شديدة التلوث بأكثر من عام واحد، خاصة للأطفال والأشخاص المصابين بأمراض الرئة والقلب. هناك 800000 حالة وفاة سنويًا، والتي كانت بسبب ملوثات الهواء في المناطق الحضرية. تشمل المصادر الرئيسية لتلوث الغبار بالأتربة، والأنشطة المتعلقة بالزراعة، وغبار التربة الطرق، وعوادم المركبات، ومحطات الطاقة، وأنشطة البناء، وأفران الطوب، ومصانع الأسمنت... الخ، بالإضافة إلى ذلك يساهم النقل عبر الحدود وطويل المدى أيضًا في كمية كبيرة من جزيئات الأتربة في الجوي. في منطقة جنوب آسيا. عادة ما ينشأ تلوث الجسيمات من مصادر متعددة. يمكن أن تكون من النشاط البشري وكذلك من المصادر الطبيعية، يمكن إطلاقها في البيئة كجسيمات أولية أو ثانوية. تتطور المواد الجسيمية الأولية ويتم إنتاجها مباشرة من المصادر. بينما الجسيمات الثانوية هي نواتج تفاعل في الغلاف الجوي. أمثلة على نواتج التفاعل هذه هي كبريتات الألمونيوم ونترات الأمونيا وكذلك الألدهيدات والكيونات. تلتصق هذه المواد بجزيئات الغلاف الجوي الأخرى مما يؤدي بسهولة إلى تكوين جزيئات كثيفة

وتعرف الهند انتشار كبير مثل هذه الجزيئات الكثيفة، حيث أن الحمولة العالية من الغبار المشتق من التربة في الغلاف الجوي في ظل الجفاف السائد وأحوال الطقس، فالجسيمات المشتقة من التربة غنية ب $CaCO_3$ وتعمل كمستقبل فعال لثاني أكسيد الكبريت في الغلاف الجوي مكونًا $CaSO_4$ والذي يتم إزالته أيضًا من خلال تساقط الغبار. قد يؤدي ترسيب هذه الجسيمات على الأوراق إلى تأثيرات سامة نباتية مختلفة اعتمادًا على خصائص الترسيبات،

ويعتبر الكبريتات والنترات والمعادن الثقيلة من أكثر ملوثات الهواء التي يتم الإبلاغ عنها، والمسئولة عن التأثيرات السامة للنبات، ولأن الكبريتات والنترات من الأنواع الحمضية مما يسمح لهذه الأيونات بالانتقال إلى خلايا الورقية، مما يؤدي إلى حدوث إجهاد يتسبب في إصابة مباشرة أو غير مباشرة للأنسجة الورقية. (Kameswari et al, 2019)

ويشير الأتربة إلى الجسيمات الصلبة التي يقل حجمها عن 1 مم والتي تتراكم على الأرصفة الصلبة أو الطرق الأسمنتية في المناطق الحضرية. له تركيبة معقدة تشمل أبخرة عوادم السيارات والتربة والمواد المنبعث أثناء الإنتاج الصناعي. تعمل الأتربة المنتشرة في الهواء كمصدر ومغرق للعديد من الملوثات. بسبب الأنشطة البشرية (الإنتاج الصناعي، وانبعثات السيارات، وما إلى ذلك)، غالبًا ما يحتوي الأتربة على تركيزات أعلى من المعادن الثقيلة المنتشرة في التربة المحلية. يحتوي على تركيزات عالية من التي تلحق الضرر بالبيئة بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن تدخل على شكل غبار إلى جسم الإنسان بطرق مختلفة وتسبب ضرر بصحة الإنسان. وبالتالي، من الضروري التحقيق في خصائص تلوث في الأتربة المنتشرة في الهواء وتقييم المخاطر التي تشكلها على كل من البيئة وصحة الإنسان، نظرًا للمخاطر المسبب لها، تم إجراء العديد من الدراسات في السنوات الأخيرة عليه (Fan et al, 2021)

وتعد الأتربة كخطر مهني وفقًا لمنظمة المعايير الدولية فهي جزيئات صلبة صغيرة، وتلك الجسيمات يقل قطرها عن 75 ميكرون، والتي تستقر تحت وزنها ولكنها قد تبقى علقت لبعض الوقت ". وفقًا لـ "مسرد مصطلحات كيمياء الغلاف الجوي" (IUPAC، 1990)، جزيئات صغيرة وجافة وصلبة يتم إسقاطها في الهواء بواسطة قوى طبيعية، مثل الرياح والثوران البركاني والعمليات الميكانيكية أو التي من صنع الإنسان مثل التكسير، والطحن، والطحن، والحفر، والهدم، والتجريف، والنقل، والغرلة، والتعبئة، والكنس. وعادة ما تكون جزيئات في حجم يتراوح من 1 إلى 100 ميكرومتر في القطر، وتستقر على أسطح الأجسام المختلفة تحت تأثير الجاذبية، والجسيمات ذات القطر الديناميكي الهوائي < 50 ميكرو مترًا لا تبقى عادة محمولة في الهواء طويلة جدًا، ولها سرعة < 7 سم/ثانية.

وغالبًا ما توجد جسيمات الأتربة بأبعاد أقل من 1 ميكرومتر، تبلغ السرعة النهائية لجسيم يبلغ قطره 1 ميكرون حوالي 0.03 مم/ثانية، لذا فإن الحركة مع الهواء فتكون ثقيلة، أي يعتبر الأتربة عبارة عن جزيئات صلبة، يتراوح حجمها من أقل من 1 ميكرون إلى 100

ميكرومتر، وهذا ما يساعدها في الانتقال عبر الهواء، كما أن أصلها وخصائصها الفيزيائية والظروف المحيطة تزيد من سرعتها أو العكس (Occupational and Environmental Health Team, 1999)

كما يمكن تعريفها بأنها: مواد صلبة تنتج من عمليات تفتيت وطحن المواد العضوية وغير العضوية. ويتراوح حجم التربة من 0.1 ميكرون حتى 25 ميكرون، والتربة التي يبلغ قطرها 10 ميكرون أو أكثر تسمى التربة غير المستنشقة Non – Respirable، والتربة التي يبلغ قطرها أقل من 10 ميكرون تسمى التربة المستنشقة Respirable، وهي ضارة جدا بالصحة حيث من الممكن أن تترسب في الحويصلات الهوائية داخل أ الرئتين وتسبب السيليكوزيس، والتربة التي تقل عن 0.1 ميكرون فهي أكثر خطر (منظمة الصحة العالمية، 2017، ص196)

- أنواع الأتربة:

كان تلوث الهواء الناجم عن العواصف الترابية مشكلة بيئية وصحية رئيسية في السنوات الأخيرة. تشير "الجسيمات المعلقة" إلى الجسيمات الصلبة أو السائلة في الهواء. هذه الجسيمات هي ملوثات الهواء الأولية والرئيسية، ويمكن أن يكون لها مصادر متنوعة، وقد تأتي بأحجام مختلفة. العواصف الترابية هي أحداث طبيعية تحدث بشكل رئيسي في المناطق القاحلة، واعتبرت معظم الدراسات الجسيمات العالقة التي يبلغ قطرها 10 ميكرومتر أو أقل كمؤشرات للتعرض، حيث يشمل هذا الحجم الجسيمات الخشنة (قطرها 2.5 إلى 10 ميكرومتر) والجسيمات الدقيقة (قطرها أقل من 2.5 ميكرومتر). تُشتق الجزيئات الخشنة من مواد جيولوجية مثل التربة والمواد الصلبة الأخرى. قد تتسبب الجسيمات التي يقل حجمها عن 10 ميكرومتر في إتلاف الرئتين، وتتسبب في تأثيرات تكثيف هائلة على التفاعلات الكيميائية في الغلاف الجوي، وتزيد من الضباب والسحب، وتقلل من الرؤية، وتعتمد شدة هذه التأثيرات على تركيز الجزيئات والتركيبات الفيزيائية والكيميائية للجسيمات وأحجامها (Nazari et al, 2016)، تشمل أنواع الأتربة الموجودة في بيئة العمل ما يلي:

• الأتربة المستنشقة:

- يبلغ قطر جزيئات الأتربة القابلة للاستنشاق أقل من 100 ميكرون ويمكن رؤيتها بسهولة.

- يتم استنشاق الأتربة عادة من الفم والأنف أي من الجهاز التنفسي العلوي. يمكن أن يشمل الأتربة المستنشقة أيضًا جزيئات الأتربة القابلة للتنفس.

• الأتربة القابل للتنفس

- يمكن اعتبار الأتربة القابل للتنفس على أنهما "غبار غير مرئي" لأن جزيئات الغبار صغيرة جدًا بحيث لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة.

- عند استنشاق الهواء الذي يحتوي على جزيئات الاتربة، يتم إيقاف الجزيئات الأكبر عن طريق الأنف أو الفم أو بطانة المخاط في المجاري الهوائية العليا. ومع ذلك، يمكن الاحتفاظ بجزء صغير من سحابة الغبار، وهي الجزيئات الصغيرة جدًا مثل الغبار القابل للتنفس، في الرئتين.

- لا يعني عدم قدرتك على الرؤية عدم وجود غبار قابل للتنفس. (Coal Services Pty Limited, 2016).

• **الأتربة المعدنية:** مثل تلك التي تحتوي على السيليكا، وغبار الفحم والأسمنت، وغبار الرصاص.

• **الأتربة الكيميائية الأخرى:** مثل العديد من المواد الكيميائية ومبيدات الآفات.

• **الأتربة العضوي والنباتي:** مثل الطحين والخشب وغبار القطن والشاي وحبوب اللقاح.

(Occupational and Environmental Health Team, 1999)

- التأثيرات الصحية للأتربة:

تتكون الأتربة من جزيئات صلبة تنتج عن أي معالجة ميكانيكية للمواد، بما في ذلك التكسير، والطحن، والتأثير السريع، والمناولة، والتفجير، وتلف المواد العضوية وغير العضوية مثل الصخور، والخام، والمعادن. وتشير المادة الأتربة إلى خليط من الجسيمات الصلبة الموجودة في الهواء، بعض الجسيمات تكون كبيرة بدرجة كافية بحيث يمكن رؤيتها بالعين المجردة، وبعضها مرئي فقط تحت المجهر الإلكتروني فالجزيئات قابلة للاستنشاق يتراوح قطرها من 2.5 إلى 10 ميكرومتر أو أصغر، ويشير احتمال حدوث الآثار ضارة لصحة الإنسان إلى عملية تقدير طبيعة واحتمالية الآثار الصحية الضارة على البشر الذين قد يتعرضون لمواد كيميائية في الوسائط البيئية الملوثة اليوم أو في المستقبل.

(Khan& Strand,2018)

وتمثل الأتربة مشكلة كبيرة في العديد من أماكن العمل. ومع ذلك، يمكن أن تكون الأتربة أكثر من مجرد مصدر إزعاج - يمكن أن يكون قاتلاً. تهدف هذه الإرشادات إلى تحديد المشكلات التي يمكن أن يسببها الأتربة وتقديم المشورة بشأن ما يجب على أصحاب العمل

القيام به لحماية العمال. فالأتربة هي مجرد جزيئات صغيرة في الهواء. غالبًا ما تكون هذه الجسيمات صغيرة جدًا بحيث لا يمكن رؤيتها، ولكن نظرًا لأنها محمولة في الهواء، يمكن استنشاقها من خلال الأنف والفم. إن الحجم والطبيعة الكيميائية لجزيئات الأتربة هي التي تحدد تأثيرها على الجسم. تسمى الجسيمات الأكبر حجمًا بالأتربة القابل للاستنشاق. سيتم ترشيح معظم هذا في الأنف والحلق. يمكن أن يصل جزيئات الصغير الحجم إلى الرئتين. إذا كان هذه الجزيئات صغيرةً بدرجة كافية، فيمكن استنشاقه بعمق. وهذا ما يسمى بالأتربة القابل للتنفس. يمكن للجسيمات الصغيرة جدًا أن تمر عبر الرئتين إلى أعضاء أخرى من الجسم. تبقى الجسيمات الأصغر أيضًا في الهواء لفترة أطول، لذا يمكن أن تشكل خطرًا لفترة أطول من الوقت. عادةً ما تكون الجزيئات الصغيرة هي الأكثر خطورة ولكن الأتربة القابل للاستنشاق يمكن أن تتسبب أيضًا في مشاكل صحية كبيرة. ومع ذلك، يحتوي الكثير منها على جزيئات ذات أحجام مختلفة وقد يكون مزيجًا من المواد القابلة للاستنشاق والتنفس. وغالبًا ما تحتوي أيضًا على جراثيم فطرية وميكروبات. يمكن أن يأتي الغبار أيضًا من المواد الكيميائية العضوية مثل المبيدات الحشرية والأصباغ. أخطر مشكلتين صحييتين يسببهما الغبار هما سرطانات الرئتين والحلق والأنف وأمراض الرئة الأخرى المسماة بمرض الانسداد الرئوي المزمن (COPD) الذي يشمل التهاب الشعب الهوائية المزمن وانتفاخ الرئة. لا يمكن تحديد عدد الوفيات التي تسببها السرطانات في مكان العمل. قدم تقرير في عام 2007 رقمًا مرجحًا يتراوح بين 7000 - 8000 لسرطانات الرئة وبطانة الرئة والأنف بسبب العمل. تعتقد TUC أن هذا تقدير منخفض وأن الصورة الحقيقية قد تكون أسوأ بكثير. حيث يتسبب في وفاة 4000 شخص كل عام نتيجة لمرض الانسداد الرئوي المزمن الناجم عن التعرض للأتربة في مكان العمل. هذا يعني أنه إلى حد بعيد أكبر سبب للوفاة المرتبطة بالعمل. ومع ذلك فهذه ليست الأمراض الوحيدة التي يمكن أن تسببه جزيئات الأتربة. تسبب أيضًا الربو وأنواع الحساسية الأخرى والتهاب الأنف وحتى أمراض القلب. يمكن أن يكون الكثير منها أيضًا خطرًا متفجرًا إذا سُمح لها بالتراكم (Guidance for Health and Safety Representatives, 2011). كما يوضح الشكل التالي التأثيرات الصحية للأتربة:

الجدول رقم (47): التأثيرات الصحية للأتربة

أتربة تسبب التهابات موضعية	مثل أتربة الأحماض والقلويات
أتربة سامة	مثل أتربة المعادن النحاس -الرصاص -الكاديوم
أتربة رئوية	لا تسبب ضرر مثل أتربة الصخور الحجر الجيري
	تسبب تلف الخلايا مثل أتربة السليكا والاسبستوس والفحم
أتربة تسبب الحساسية	مثل معظم الأتربة العضوية القطن الكتان الأخشاب
أتربة مسرطنة	مثل أتربة وأدخنة الغاز والمواد المشعة وأتربة الزرنيخ والكروم والابيتوس
أتربة ناقلة للعدوى	معظمها أتربة عضوية تحمل كائنات حية دقيقة مثل الجراثيم والبكتريا والفيروسات
	أتربة القطن والنسيج
	أتربة قصب السكر الباجاسوزس
	الصوف والشعر

(منظمة الصحة العالمية، 2017، ص197)

ج- الأدخنة:

تعد صناعة المعادن، وخاصة عمليات اللحام، واحدة من أكثر الصناعات نشاطاً اقتصادياً في العالم. يتم استخدام تحويل وربط الأجزاء المعدنية في العديد من الأنشطة العمالية، مثل البناء، يستخدم اللحام مخاليط معدنية مختلفة لإجراء الترابط من خلال عمليات مختلفة، وإن أكبر المخاطر الكيميائية المرتبطة باللحام هي انبعاث أبخرة معدنية، تدخل الجسم بشكل رئيسي من خلال الجهاز التنفسي، وتحدث تأثيرات في جميع أنظمة جسم الإنسان، لذلك هناك حاجة لدراسات لدعم التحكم في التعرض لهذه المواد الكيميائية في مكان العمل، وكذلك الحد من الانبعاثات في البيئة، من قبل الحكومات وأصحاب العمل والعمال، كما يعرف البحث والابتكار في استخدام المواد الكيميائية تطوير بسرعة كبيرة، خاصة في مجال اللحام حيث يتم استخدام الخلائط والسبائك المعدنية بتركيبات جديدة، ومع ذلك، فإن معرفة تأثيرات هذه المواد الكيميائية لا تتقدم بنفس السرعة. حيث تم إجراء مجموعة من الأبحاث على مدار العشرين عامًا الماضية حول تعرض المعادن الثقيلة عن طريق استنشاق الأبخرة المعدنية، مع التركيز على وصف المعادن الأكثر استخداماً في اللحام، وعلاقتها بالإجهاد التأكسدي والتأثيرات الصحية.

وتعد مهنة اللحام هو عملية الترابط الدائم بين مادتين أو أكثر معًا، عادةً معادن، بالحرارة أو الضغط أو كليهما عند التسخين، تصل المادة إلى الحالة المنصهرة ويمكن ضمها مع أو بدون إضافة مواد إضافية، يمكن استخدام العديد من مصادر الطاقة المختلفة في اللحام بما في ذلك لهب الغاز والأقواس الكهربائية والمقاومة الكهربائية والليزر وعوارض الإلكترون والاحتكاك وحمامات المعدن المنصهر والموجات فوق الصوتية، ويشمل اللحام طرق ربط متنوعة مثل الانصهار، والاحتكاك، والنحاس، يعتبر اللحام نشاطًا خطيرًا، لذا يلزم اتخاذ الاحتياطات لمنع الصعق الكهربائي والحرق والانفجار والحروق والصدمات الكهربائية والأضرار البصرية واستنشاق الغازات والأبخرة السامة والتعرض للأشعة فوق البنفسجية الشديدة ويعد تحديد المخاطر المختلفة المرتبطة باللحام مهمة معقدة وصعبة للغاية، لأنه لا توجد حاليًا بيانات موحدة من الجهات الحكومية توضح ذلك، يوجد في أوروبا 750 ألف عامل بدوام كامل في هذا النشاط، بينما يوجد في الولايات المتحدة حوالي 380 ألف عامل في هذا المجال، فالعمال يعملون في ظروف غير مناسبة للصحة والسلامة المهنية مثل الصين والهند والعديد من البلدان الناشئة، وحسب ما سبق يزداد احتمال الإصابة بالأمراض المهنية، وخاصة أمراض الجهاز التنفسي. على الرغم من أن مخاطر اللحام غير واضحة بشكل جيد، إلا أن الآثار المزمنة المتعلقة بالتعرض للأبخرة المعدنية ليست واضحة تمامًا حتى الآن بعض التقارير عن الأمراض المصاحبة تشمل حمى عامل اللحام، وداء الحمى، كما تم الربط بين القابلية للإصابة بالالتهاب الرئوي والربو وسرطان الرئة وتطور مرض باركنسون، بينما تؤكد دراسات أخرى انتشار التهاب الشعب الهوائية المزمن لدى العمال، بالنسبة لعمليات اللحام، يتم استخدام مجموعة متنوعة من التقنيات، والتي تشترك في استخدام المعادن لربط القطع، مثل Cr و Ni و Mn و Pb وغيرها. خلال هذا الاتحاد، تتشكل أبخرة، والتي تختلف في تركيبها الكيميائي وبالتالي خواصها الفيزيائية والكيميائية، وفقًا للمواد المستخدمة. يمكن العثور على هذه المواد المنبعثة في جزيئات دقيقة جدًا وجسيمات نانوية يمكن أن تؤدي إلى اضطرابات صحية خطيرة، بشكل فردي أو مشترك. (Diana et al, 2019)

من المعروف أن عمليات اللحام من خلال ربط بين المواد تكون مصحوبة بتكوين جزيئات سامة تنتشر في الهواء حيث يكون حجمها من 0.005 إلى 20 ميكرومتر، يشار إليها عادةً باسم "دخان اللحام"، تعتمد المنهجية الحالية لتقييم الآثار الضارة لجزيئات الأدخنة على كل من صحة العامل وتركيزها في ورشة العمل. بمعنى آخر، يعتمد التقييم على

المقارنة بين كمية المكونات السامة في الأدخنة والقيم الحدية القصوى المقابلة لها، ومع ذلك، لا تأخذ هذه الطريقة في الاعتبار تنوع الأحجام والأشكال والتركيبات الكيميائية لجسيمات الأدخنة وفقاً لنتائج الدراسات العديدة. هذه الميزات مهمة من منظور علم السموم، لأن الاختراق وكفاءة الترسيب لجسيمات الأدخنة في الجهاز التنفسي البشري يعتمد بشدة على حجم الجسيمات. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن تختلف الخصائص الفيزيائية والكيميائية وكذلك التأثيرات البيولوجية لجزيئات الأدخنة الدقيقة فدراسة التركيب الكيميائي لجسيمات الأدخنة المنفصلة الحجم ذات أهمية كبيرة، وتصنف جسيمات الأدخنة عادةً إلى ثلاثة أنواع وفقاً لآلية تكوينها جزيئات فائقة الدقة (أقل من 0.1 ميكرومتر) تتشكل عن طريق التكثيف من الطور الغازي، المشبعة بمواد من كل من القطب الكهربائي ومعدن اللحام ؛ جزيئات الدخان الخشنة (أكبر من 1 ميكرومتر) المتكونة بوسائل ميكانيكية مثل مادة القطب المجهرية (بقع دقيقة) من حوض اللحام المنصهر؛ والجسيمات (تكتلات من مختلف الأشكال والكثافات) أكبر من 0.1 - 0.2 ميكرومتر، والتي تتكون أساساً من تخثر الجسيمات فائقة الدقة. عادة ما يفترض أن حجم التكتلات لا يتجاوز 2 - 3 ميكرومتر، فإن النوعين الأخيرين من الجسيمات يمثلان في الغالب 98 إلى 99% من كتلة الأدخنة في منطقة تنفس عامل اللحام. وتتكون معظم جزيئات الأدخنة فائقة الدقة التي تكونت أثناء عملية التلحيم على مركبات الحديد والمنغنيز (Fe_3O_4 و $MnFeO_2$) وغنية بالسيليكون والكالسيوم والبوتاسيوم والصوديوم والفلور. يختلف التركيب الكيميائي لجسيمات الأدخنة الخشنة اختلافاً كبيراً عن التركيب الكيميائي للجسيمات فائقة الدقة. تحتوي في الغالب على مكونات الحديد بالإضافة إلى أن الغازات المتكونة أثناء عمليات اللحام (مثل ثاني أكسيد الكربون، HF، و SiF_4) يمكن أن تمتص على سطح الجسيمات.

إن التركيب والتكوين متعدد العناصر لجسيمات الأدخنة يجعلها مختلفة عن هواء الجوي الصناعي الآخر. علاوة على ذلك، تجعل هذه الميزات من الصعب تقييم الآثار البيئية والصحية لجزيئات الأدخنة، ولا تسمح بالتقييم الصحي المقارن الموضوعي لأنواع مختلفة من مواد اللحام. لذلك، فإن التركيب الكيميائي وحجم الجسيمات كلاهما عاملان متساويان في الأهمية يجب مراعاتهما في دراسة وتحليل الأدخنة. (Oprya et al, 2012).

د - الغازات والابخرة:

تستخدم المؤسسات الصناعية والتجارية، في جميع قطاعات مجموعة متنوعة جدًا من المواد الكيميائية سواء على شكل مواد أو مخاليط من تلك المواد. في الوقت نفسه، تولد الأنشطة الصناعية منتجات ثانوية ونفايات في شكل مواد صلبة أو سائلة أو أبخرة أو غازات (انبعاثات). كل هذه المنتجات بأشكالها المختلفة المواد نقية أو مخاليط، تستخدم كمواد خام لإنتاج مواد أخرى، أو تكون كمنتجات صناعية أو منتجات ثانوية أو نفايات، ولها درجات مختلفة من المخاطر يمكن تصنيفها إلى فئتين:

- تلك التي تعتمد على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمنتج نفسه أو تفاعلاته مع المنتجات الأخرى

- تلك التي تعتمد على خصائصها الذاتية، والمرتبطة بعملها على الكائنات الحية.

ويؤدي التعرض لهذه المخاطر إلى ظهور مخاطر كيميائية على البشر والتي يتم التعبير عنها بطريقتين رئيسيتين في شكل: مخاطر الحريق أو الانفجار. مخاطر فسيولوجية (تسمم، حروق، تهيج، إلخ). (Triolet & Guimon, 2017)

يمكن أن يكون للانبعاثات العرضية أو غير المنضبطة للغازات أو الأبخرة عواقب وخيمة على صحة وسلامة الناس والمنشآت الصناعية والمنتجات وكذلك على البيئة.

العديد من الحوادث التي تم الإبلاغ عنها تشهد على أهمية منع وتقليل تأثير إطلاق المركبات في الحالة الغازية. يعد كاشف الغاز في المحطة رابطاً أساسياً في إستراتيجية التحكم في هذه المخاطر. هناك العديد من العناصر التي يجب تضمينها في تحليل المخاطر، بشكل عام لا توجد طريقة معينة تجعل من الممكن اتخاذ قرار بشأن المعالم التي تحدد توزيع الغاز والأدخنة في بيئة، فحركات الهواء الذي ينتشر بفعل حركات الحمل الحراري الهوائية الصاعدة أو الهابطة وفقاً لتدرج درجة الحرارة والتيارات الهوائية الناتجة عن الرياح وأنظمة التهوية الميكانيكية في المباني، ويساعد انتشار جزيئات الغاز في الهواء التي تعتمد بشكل أساسي على كتلة وكثافة جزيئات الغاز، والتي تكون إما انبعاث منخفض (تسرب طفيف، سائل بضغط بخار منخفض، غاز أو بخار مخفف) أو انبعاث كبير (مركب، تسرب مائع مضغوط).

في الحالة الأولى، يكون للغاز الناتج كثافة قريبة من الهواء، وفي حالة عدم وجود سرعة كبيرة، فإن حركات الهواء هي التي تحدد توزيعه في البيئة. وسيكون أكثر فاعلية إذا كانت

جزيئات الغاز خفيفة ودرجة الحرارة مرتفعة. في حالة عدم وجود حركة الهواء في مكان مغلق،

في الحالة الثانية يكون تسرب غاز بكثافة أكبر من كثافة الهواء، يميل الغاز "الثقيل" إلى التراكم لأعلى، وتكون السحابة المتكونة مع الهواء، ويعد غاز الكلور (مركب نقي) التي تولد سحابة غاز تنتشر في الهواء اعتمادًا على حجم التسرب ومدته وتكوين الموقع، كنا أن تبخر البنزين يشكل كتلة من جزيئات الهيدروكربون المركز Institut national de recherche et (de sécurité,2016)

فالأبخرة هي الحالة الغازية للمواد السائلة والصلبة عند معدل ضغط ودرجة حرارة ويحدث التحول الغازي نتيجة التسخين أو تقليل الضغط أو بتأثير تيارات الهواء، والغازات عبارة عن المواد التي تتواجد في الحالة الغازية في معدل ضغط ودرجة حرارة، ويمكن تقسيم أنواع الغازات حسب التأثير إلى ما يلي:

- غازات خاملة وخانقة بسيطة Inert gases

لا تؤثر على الجسم نتيجة تفاعل يتم بينها وبين الدم أو أنسجة الجسم لكن مجرد وجودها وإحلالها محل قدر من الهواء، يقلل من نسبة الأكسجين في هواء التنفس، فيحدث الاختناق من قلة وجود الأكسجين إلى درجة تحرم الأنسجة من الكمية اللازمة لها، ويؤدي نقص الأكسجين إلى أعراض تتناسب شدة وحده بازدياد النقص في نسبة الأكسجين، ومن أمثلة هذه الغازات: الميثان - الإيثان - الاستيلين - الهيدروجين - ثاني أكسيد الكربون - النيتروجين - نيون - أرجون - هليوم

- غازات ملهبة ومهيجة Flammable gases

يؤدي التعرض لهذا النوع من الغازات والأبخرة إلى التهاب الأنسجة المعرضة لتأثيرها من جسم الإنسان وهي الجلد والأغشية المخاطية وتختلف في تأثيرها طبقا لعدة عوامل من أهمها درجة ذوبان الغاز ونشاطه الكيميائي، ففي حالة الغازات شديدة الذوبان نجد أن الغاز أو البخار يذوب بدرجة كبيرة في السوائل المغلفه للأغشية المخاطية التي يقابلها أولا مثل أغشية العين والمسالك التنفسية العليا كالأنف والقصبه الهوائية، ونجد أن الغازات التي تقل في درجة ذوبانها عن هذه الغازات، فقد لا تؤثر تأثير حادا على العين والمسالك التنفسية العليا بقدر تأثيرها على المسالك التنفسية المتوسطة والصغيرة، وخاصة إذا كانت درجة

تركيزها عالية، وتؤثر المواد الملهبة في الأنسجة بطريقة واحدة، فهي تؤدي إلى التأثيرات الباثولوجية التالية:

- الاحتقان.
- الارتشاحات الخلوية.
- الالتهابات.
- تآكل الأنسجة وموت الخلايا ومن أمثلة الغازات الملهبة: الأمونيا - ثالث أكسيد الكبريت - الكلور - الفورمالدهيد - الوزون - الفلور - الكرومين - ثاني أكسيد الكبريت - أبخرة المذيبات العضوية.

- الغازات والأبخرة السامة Toxic gases

الغازات السامة هي التي تؤثر على الجسم بعد امتصاصها، ويكون تأثيرها نتيجة لتفاعلات تحدث في الدم أو في الأنسجة والأعضاء التي تصل إليها عن طريق الدم، ومن أمثلتها: غاز أول أكسيد الكربون - غاز كبريتيد الهيدروجين - غاز السيانور - غاز الارسين - غاز الفوسفين، ويعتبر غاز أول أكسيد الكربون من الغازات التي توجد نتيجة الاحتراق الغير الكامل، ومن صفاته :

- عديم اللون والرائحة وهنا تكمن الخطورة في استنشاقه دون دراية - قابل للاشتعال والانفجار.

- الحد المسموح به 25 جزء في المليون

- يؤثر الغاز على التنفس لأنه يتحد مع هيموجلوبين الدم ويكون الهيموجلوبين الكربوني، واتحاده مع الهيموجلوبين أقوى من اتحاد الأوكسجين مع الهيموجلوبين، لذلك فهو يمنع نقل الأوكسجين من الرئتين إلى الدم ويستمر اتحاد أول أكسيد الكربون مع الدم لمدة تتراوح بين 12 إلى 24 ساعة.

- الغازات وأبخرة مخدرة.

تذوب هذه الغازات والأبخرة بسرعة في الدم لتصل إلى المخ، وتحدث تأثيرها المخدر مثل غاز أول أكسيد النيتروجين وأبخرة العديد من المذيبات العضوية. وفيما يلي أمثلة لبعض الغازات وتوضيح خصائصها وتركيبها والأماكن التي تتواجد فيها بالجرعات المسموح بها.

الجدول رقم (48): خصائص الغازات وتركيبها والأماكن التي تتواجد فيها والجرعات المسموح بها

الاسم	سيانيد الهيدروجين	الكلور	كبريت الهيدروجين	أول أكسيد الكربون
التركيبية الكيميائية	HCN	CL ₂	H ₂ S	CO
الخواص الفيزيائية	رائحة خاصة متميزة ذو حموضة ضعيفة جدا حتى ولو على أوراق عباد الشمس، يحترق في الهواء بلهب ازرق، كثافته وهو غاز بالنسبة للهواء 0.941 وبالنسبة للماء وهو سائل (0.687) نقطة انصهاره - 13.4م، أما درجة غليانه 25.6م، ذوبان في الماء وفي المحاليل القلوية	غاز أصفر مخضر اللون ذو رائحة نفاذة كثافته 2.47جم/سم ² أي أنه أثقل من الهواء مرتين ونصف وينحل بالماء بسهولة ليكون حمض الهيدروكلوريك ويمكن إسالته عن طريق تخفيض درجة حرارته إلى -20م 30م تحت الصفر مهيجا للرتتين يمكن استخدامه كسلاح في شكل غاز	غاز عديم اللون قابل للاشتعال وهو كبريه الرائحة تشبه رائحته عفن البيض - وهو غاز أثقل من الهواء ولذلك تجده في الأماكن العميقة في حالة تسريه - قليل الذوبان في الماء ويزوب في اليثانول - ويعتبر من الأحماض الضعيفة، ويكون أملاحا من الكبريتيد	غاز عديم اللون، وعديم الطعم، وعديم الرائحة.ينتج من عملية الأكسدة الجزئية، أي الاحتراق غير التام للكربون والمركبات العضوية مثل الفحم - هذا الغاز يمكن أن يحترق أيضا، فتستكمل عملية احتراقه التي كانت أصلاً غير تامة، ويصدر نارا زرقاء
الحدود العتبية	10 أجزاء في المليون	5 أجزاء في المليون	10 أجزاء في المليون	50 جزء في المليون
حدود الصلابة لمدة 10 د	///	10 أجزاء في المليون	15 جزء في المليون	400 جزء في المليون

الأدخنة المحترقة كالتى تتصاعد من السيارات والشاحنات ومحركات الوقود الصغيرة والموقد (أجهزة الطبخ) والخشب والفحم المحترقين وأجهزة التدفئة	يوجد كبريتيد الهيدروجين طبيعيا بنسب مختلفة، من آثار إلى نحو 80% حجما في الغاز الطبيعي وفي النفط، كما يخرج من البراكين مع غازات أخرى وفي بعض آبار المياه	يستخدم في شكلة حمض تحت الكلور لقتل البكتريا والأشكال الأخرى من الجراثيم في ماء الشرب وأحواض الاستحمام	قاتلا للقوارض والحشرات في المراكب البحرية، كما يستخدم على شكل محلول في الماء لرش الأشجار المثمرة بهدف القضاء على الحشرات الزراعية	الصناعات الموجودة بها
---	---	---	---	------------------------------

(منظمة الصحة العالمية، 2017، ص 198-199)

هـ - المواد الكيميائية السائلة:

الفكرة القائلة بأن كل مادة تتكون من دقائق صغيرة جدا سميت بالذرات ترجع إلي العصر اليوناني، وقد أترح العالمان ليوسيان وديمقراط في القرن الخامس أن المادة لا يمكن تقسيمها إلي دقائق صغيرة. وان التقسيم للمادة سميت بالذرات (atoms)، وهذه الكلمة مشتقة من الكلمة اليونانية (atorms) بمعنى لا يمكن انقسامها، وهذه النظريات الإغريقية لم تكن مبنية على أساس من التجارب العملية، وقد استمر هذا المفهوم حوالي ألف عام حتى أعلن العالمان روبرت بويل وإسحاق نيوتن (1661-1704) على وجود الذرات كما دل ذلك في كتبهم. وظل الحال على ما هو عليه حتى 1803 - 1808. والذي أترح فيها العالم دالتون النظرية الذرية والتي نجحت هذه النظرية في تفسير بعض التجارب والاستنتاجات، كما أدت هذه النظرية إلى وضع وتقسيم العناصر في الجدول الدوري. ولكن هذه الصورة بدأت تتغير حتى ظهور عدة مفاهيم ذات درجة عالية من الأهمية مثل الوزن الذري وهو يساوي 6.02×10^{23} ، كما أن عديد من العلماء اعتقدوا أن كل المواد تحتوى على ذرات، ولكن دالتون توصل إلى أبعد من ذلك، كما طور النظرية الذرية التي تشرح قوانين التغير الكيميائي (أبو المجد وحافظ، 2005، ص 07)

وتتعرض المواد الكيميائية إلى تغير من حالة إلى أخرى وتعد الحالة السائل إحدى تلك الحالات، وتتكون المواد الكيميائية السائلة من جسيمات دائمة الحركة، وهذه الجسيمات عبارة عن جزيئات أو ذرات أو أيونات، إذن الفرق بين الحالة الغازية والحالة السائلة ينحصر في المسافة بين الجسيمات والتي توصف بالقصيرة جدا في الحالة السائلة وهذا يعني أن قوة قوى التجاذب بين هذه الجسيمات ستكون أعلى مما هي عليه في الحالة الغازية، وفي الواقع إن هذه الحقيقة هي التي تتحكم بمختلف خواص الحالة السائلة، لذلك من الممكن إعطاء تفسير نوعي لعدد من خواص الحالة السائلة مثل صعوبة انضغاط السوائل يعزى إلى قصر المسافة بين جسيمات الحالة السائلة، والحركة المستمرة للسوائل تساعد على انزلاق جسيمات الحالة السائلة على بعضها وبالتالي اتخاذ شكل الإناء الذي يحتويها يعزى إلى امتلاك جسيمات الحالة السائلة لطاقة حركية كافية للتغلب على قوة الجذب بين الجسيمات، والانتشار الطبيعي البطيء للسوائل مقارنة بالانتشار السريع للغازات يعزى إلى قصر معدل المسافة بين جسيمات السائل والكثافة العالية للسوائل. إضافة إلى ما تقدم فإن صفات المادة السائلة مثل درجة الغليان، الضغط البخاري، التبخر وتتنوع هذه الصفات بين السوائل المختلفة يعتمد بشكل كبير على نوع وقوة قوى التجاذب. (الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، 2004، ص108)

3-7-3 طرق التعرض للمواد الكيميائية:

تساهم الحوادث التي تحدث في الإنتاج أو أثناء نقل المواد الكيميائية في تلوث الماء والأرض والهواء وتؤدي إلى حدوث تأثيرات سلبية على صحة الناس. كما أن الحوادث مثل الانفجارات والحرائق واصطدام تؤدي إلى انبعاث عوامل كيميائية خطيرة في البيئة، ويتعرض لها العمال والسكان. كما أن تكرار مثل هذه الحوادث الخطرة ينذر بالخطر. وتنتج معظم الحوادث الكيميائية عن الإهمال، ولكن المهندسين غير المهرة والعمال غير المدربين جيدا أو نقص الاتصالات قد تساهم جميعها في وجود نتائج قاتلة. ولتجنب الحوادث، فإنه من الضروري أن يتم تدريب الموظفين العاملين في الصناعات الخطرة جيدا. الجدول التالي يسلط الضوء على أكبر الحوادث الخاصة بالكيميائيات.

الجدول رقم (49): أكبر الحوادث الخاصة بالكيميائيات

السنة	طبيعة الحادث	الموقع	التأثير
1974	انفجار مصنع كيميائي وانبعثت مادة السايكلوهيكسين	فلاكسبورف انجلترا	قتل 28 شخصا
1976	انطلاق مادة dibenzo- p dioxin - tetrachloro	سيفسو ايطاليا	تأثير الكثير من الاشخاص بالكلور ونفوق كثير من الحيوانات البرية والمائية
1979	خروج قطار عن حط سيره وانطلاق غاز الكلور	مسيبيوج كندا	إخلاء 200000 شخص
1984	انفجار غاز بترولي مسال	مكسيكو المكسيك	قتل 500 شخص وإصابة 5000 شخص
1984	تسرب كيميائي لمادة isocyanate	بوبال الهند	قتل 2500 شخصا وإصابة 200000 شخص
1986	حريق في مصنع مبيدات	بازل سويسرا	أضرار في البيئة المائية لنهر الراين
1986	انفجار في محطة الطاقة النووية	تشيرنوبل اوكرانيا	قتل 1000 شخص و كارثة في البيئة الأرضية الكبير

(المركز الإقليمي لأنشطة الصحة البيئية، 2005، ص18)

من المعروف أن بعض المواد تعتبر مواد عادية مثل (حامض الخليك، الاسيتون، والجلسرول...الخ). في حين أن البعض الآخر يعتبر من المواد المسرطنة أو المحدثة طفرات جينية علاوة على إحداثها تشوهات للأجنة مثل (أنيلين، بترين، فينول،...الخ)، لابد من التأكيد هنا على أن بعض المواد الكيميائية قد ثبت أنها تؤثر سلباً على الأم الحامل وجنينها. هذا وبينت الدراسات السابق أن مواد مثل الرصاص، والكاديوم والزنبق والموليبدينوم ذات تأثير سيئ على الجنين إذا ما وصلت إلى دم الأم سواء عن طريق الفم أو الجلد إلا أن درجة انصهارها عالية ما عدا الزنبق فهو سائل، ولحسن الحظ فإن معظم أملاح المواد غير العضوية تستعمل بتركيزات مخففة ومقادير قليلة، ومع ذلك يجب الاحتياط، فيما يلي أهم المحاليل العضوية المستعملة وأثارها المحتملة على صحة الإنسان.

الجدول رقم (50): المواد الكيميائية وأعراضها على صحة الإنسان

المادة الكيميائية	درجة الغليان	بعض الأعراض والأضرار المحتملة
انيلين	184	صداع، تسمم، فقر الدم، تأكل الجلد
بنزين	80	تلف نخاع العظام، إصابات، فقر الدم، سرطان
بيوتانون 2	79.6	صداع، تهيج أغشية العين، احتمال الإصابة بالسرطان
كربون ثاني الكبريت	45.6	تغيرات في الدم، هلوسة، غثيان، رجفة
كربون نترات كلورايد	76.7	غثيان، صداع، تلف في الكلى والكبد، مسرطن، جفاف الجلد
كلوروفروم	61	تلف الكلى والكبد، مسرطن
فورمالين	69	تهيج الجلد، والأغشية المخاطية، مسرطن
ميثانول	65	غثيان، صداع، عمى، تشنج
فينول	182	غثيان تهيج الجلد شلل تلف للكلى والكبد
تولوين	110	غثيان صداع تلف للجهاز العصبي المركزي

يجب التأكيد هنا إلى أن المواد السامة أو المسرطنة تشكل خطراً دائماً لكل من يتعرض لها، في حين أن المواد المسببة لتشوه الأجنة تشكل خطراً محصوراً بالأم الحامل، ويكون تأثيره مرتبطاً بمقدار الجرعة التي وصلت إلى الأم الحامل، وبالتالي إلى الجنين، إضافة إلى الفترة المحددة من الحمل التي حصل فيها وصول تلك المادة إلى الجنين، فعلى سبيل المثال فإن تناول الأم الحامل للتاليدومايد بعد 34-38 يوماً من الحمل، يؤدي إلى تشوه في أذن الجنين، أما إن حصل بعد 40-44 يوماً يسبب تشوهاً لأطرافه العليا، ولكن بعد 44-48 يوماً يؤدي إلى تشوه الأطراف السفلي للجنين، والغريب في الأمر أن لا تأثير له على الجنين بعد 100 يوم من الحمل، لذا فإن الثلث الأول من فترة الحمل لدى المرأة هي الأكثر حساسية لتلك المواد المشوهة للأجنة، لأنها فترة تتشكل فيها خلايا الجنين وبداية تشكل أعضائه وأجهزته المختلفة. (شقيير، 2004، ص 114 - 115)

أ- عن طريق امتصاص الجلدي:

يعتبر الجلد أحد أكثر الأجزاء تعرضاً للمواد الكيميائية، ولكن لحسن الحظ أنه حاجز فعال للعديد من المواد الكيميائية. إذا لم تستطع المواد الكيميائية اختراق الجلد، فإنها في هذه الحالة لا تستطيع إحداث التأثير السمي من خلال الجلد. وإذا استطاعت المادة الكيميائية اختراق الجلد، فإن سميتها تعتمد على درجة الامتصاص، فكلما زاد الامتصاص زادت

إمكانية التأثيرات السمية للمواد الكيميائية. ويتم امتصاص المواد الكيميائية من خلال الجلد المتضرر أو المكشوط أكثر من الجلد السليم. ويجب أن تمر المادة الكيميائية خلال عدد كبير من الطبقات في الجلد قبل أن تصل إلى الجهاز الدوراني وعندما تخترق المواد الكيميائية الجلد، تدخل إلى مجرى الدم وتحمل إلى جميع أجزاء الجسم حيث أن قابلية المادة الكيميائية لاختراق الجلد تعتمد على كون المادة قابلة للذوبان في الدهن أم لا. فالمواد الكيميائية التي تذوب في الدهن تكون احتمالية اختراقها للجلد أكثر بكثير من المواد التي تذوب في الماء. إن تهيج الجلد والحساسية من أكثر نتائج التعرض الجلدي شيوعاً في مواقع العمل في الصناعة الكيميائية إذ أن تعرض العمال للمبيدات من خلال الجلد أثناء عمليات الخلط أو استعمال هذه المواد أمر ذو شأن خاص. فبعض المبيدات لها خطورة وبخاصة إذا كانت سامة وتحتوي على مذيبات قابلة للذوبان في الدهن، مثل البنزين والاكزايلين والمنتجات البترولية الأخرى التي تجعل من السهولة اختراق المواد الكيميائية للجلد. بعض التأثيرات المميزة لهذه المواد على الجلد موضحة في الجدول التالي:

الجدول رقم (51): المواد الكيميائية وتأثيراتها على الجلد

المواد الكيميائية	التأثيرات
Paraquat, captafol, 2,4- D, mancozeb	حكة في الجلد والتهابات
Beomy1, DDT, lindane, zineb, malathion	حساسية الجلد، تفاعلات مفرطة الحساسية، طفح جلدي
Hexachlorobenzene, benomy1, zineb	تفاعلات الحساسية الضوئية
Organochlorine pesticides	طفح الكلوريات
Hexachlorobenzene	ندب عميقة، فقدان شعر، ضمور الجلد

ينتج تهيج الجلد الأرجي عن لمس بعض المواد الكيميائية لفترة طويلة. ويجف الجلد بعدها ليصبح حساساً ومحمراً ومتشققا. وهذه الحالة تسببها بعض المواد الكيميائية مثل المذيبات والأحماض والقلويات ومواد التنظيف والمبردات. وعندما يتوقف تلامس الجلد مع المادة الكيميائية، يلتئم الجلد. وبشكل عام، تحتاج عملية الالتئام لشهور عديدة. ويكون الجلد خلال فترة الشفاء أكثر عرضة للإصابة من الوضع الطبيعي وبالتالي يجب حمايته.

إن التهاب الجلد الناجم عن تلامس الجلد مع المادة الكيميائية هو من أمراض الجلد المتأخرة الظهور وسببها الحساسية العالية للمواد الكيميائية، حيث يؤدي تعرض الجلد لكميات قليلة من المادة الكيميائية (والتي لا تسبب أي تهيج في الوضع الطبيعي) إلى ضرر في

الطبقة الجلدية نتيجة لفرط الحساسية، وتشتمل الأعراض الطفح الجلدي والورم وحكة وتحوصل الجلد. وتختفي الأعراض عندما يتوقف الجلد عن التلامس مع المادة الكيميائية لكن الأعراض تعود ثانية عند التلامس مرة أخرى. كما أن سبب التهاب الجلد الأرجي تكرر تلامس الجلد للمواد الكيميائية مثل الكروم (يوجد في الأسمنت، الجلود، المواد المائعة للصدأ،...الخ) والكوبالت (يوجد في المنظفات، صبغات الألوان) والنيكل (يوجد في المواد المطلية بالنيكل مثل: الحلق، المفاتيح، العملة، بعض الأدوات). وقد يسبب المطاط وبعض الأنواع من البلاستيك والمواد اللاصقة نفس هذه التأثيرات. وتؤدي ملامسة المواد الكيميائية للعيون لحدوث أضرار تتراوح من عدم الارتياح والانزعاج المؤقت إلى التأثيرات الدائمة. ومن الأمثلة على المواد الكيميائية التي تسبب تهيج العيون، الأحماض والمذيبات، وعلى الرغم من أن تهيج الجلد غالباً ما يحدث بعد التعرض لمواد كيميائية معينة، تكون التأثيرات الجديرة بالاهتمام هي التأثيرات العامة. بعد امتصاص المواد الكيميائية من خلال الجلد ودخولها إلى النظام الدوراني، حيث أنها تنتقل في جميع أجزاء الجسم وتسبب الضرر لأعضاء الجسم وأنظمتها. (المركز الإقليمي لأنشطة الصحة البيئية، 2005، ص22-24)

قد تدخل المواد الكيميائية الجسم عن طريق الابتلاع أو الحقن أو الامتصاص من خلال الجلد السليم (الامتصاص الجلدي). غالباً ما يُنظر إلى التعرض الجلدي على أنه مجرد امتصاص الجلد للمواد الكيميائية. ومع ذلك، هناك ثلاثة أنواع من التفاعلات الكيميائية الجلدية، ويلزم فهمها لوصف طبيعة أي تعرض جلدي يحدث، أولاً قد تمر المادة الكيميائية عبر الجلد وتساهم في الحمل الجهازى، بدلاً من ذلك يمكن أن تحدث المادة الكيميائية تأثيرات موضعية تتراوح من التهيج إلى الحروق أو تدهور خصائص حاجز الجلد، كما يمكن للمادة الكيميائية أن تثير تفاعلات حساسية الجلد من خلال استجابات الجهاز المناعي المعقدة التي يمكن أن تؤدي لاحقاً إلى استجابات في الجلد عند كل من نقطة التلامس وفي مواقع الجلد البعيدة عن التلامس، كما أن ملامسة الجلد للمواد الكيميائية قد تسبب حساسية في الجهاز التنفسي. وتعمل مادة كيميائية على تهيج سطح الجلد مما يؤدي إلى زيادة اختراق الجلد لتلك المواد الكيميائية أو غيرها من المواد الكيميائية.

تم التعرف على قدرة المواد العضوية مثل الرصاص رباعي الإيثيل على دخول الدم بعد ملامسته للجلد منذ عشرينيات القرن الماضي. ومع ذلك، فإن الفهم الحالي للتعرض عن طريق الجلد وامتصاصه قد كان من الباحثين الذين يدرسون الآثار الصحية للمواد الكيميائية،

وتم تسليط الضوء مؤخرًا على أهمية التعرض الجلدي من خلال إصدار خاص من مجلة Annals of Occupational Hygiene ومؤتمر دولي حول التعرض المهني والبيئي للجلد للمواد الكيميائية الذي عقده المعهد الوطني الأمريكي للسلامة والصحة المهنية، ويحدث التعرض الجلدي للمواد الكيميائية في مجموعة متنوعة من المهن التي تشمل الزراعة والتصنيع وقطاعات الخدمات، وتختلف درجة التعرض من كميات صغيرة من المادة المخففة التي تترسب على مناطق صغيرة من الجلد إلى اليدين والذراعين، كما يحدث التعرض البيئي من الاستحمام والسباحة في المياه التي تحتوي على مواد كيميائية ومن التعامل أو لمس الأسطح الملوثة بالمواد الكيميائية، وتعتبر المبيدات الحشرية والمذيبات والهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات (PAHs) من المجموعات الكيميائية الرئيسية التي تم التعرف على أنها تسبب مشاكل صحية من خلال امتصاص الجلد، يعتمد امتصاص مادة كيميائية بمرورها عبر حاجز الجلد على العديد من العوامل، فالمعروف ان الجلد غير متجانس من حيث السماكة، ونسبة البشرة إلى الأدمة، وكثافة بصيلات الشعر، والعديد من العوامل الأخرى التي ستؤثر على قدرة النفاذية، وتختلف كمية المادة التي يمكن امتصاصها نتيجة لذلك.

تأثير مهم آخر على الامتصاص هو الانسداد. يمكن أن يحدث هذا عندما يحبس السائل بين الجلد والملابس. غالبًا ما يظهر في العمال الذين يرتدون قفازات تسمح للسوائل بالتسرب على الكفة وفي الفراغ بين الجلد وداخل القفاز، وينتج عن عملية الانسداد عدم قدرة السائل على التبخر من سطح الجلد، وقد تكون كمية المادة الممتصة ما يصل إلى خمس مرات من تعرض مشابه غير مسدود، والعوامل الأخرى التي يمكن أن تلعب دورًا مهمًا في تحديد درجة الامتصاص تشمل درجة الحرارة ووجود مواد أخرى على الجلد، فالتأثير المعقد لمزيج المواد، يؤثر في تحديد زيادة امتصاص مادة كيميائية بشكل كبير (Semple,2004)

ب- عن طريق امتصاص الاستنشاق:

تعتبر الرئة عضو أخرى معرض للاصابة، وبخلاف الجلد، لا تعتبر أنسجة الرئة حاجزا واقيا جيدا للتعرض للمواد الكيميائية. ووظيفة الرئة الرئيسية تبادل الأكسجين ونقله من الهواء إلى الدم، ونقل ثاني أكسيد الكربون من الدم إلى الهواء. وتسمح أنسجة الرئة الرقيقة بمرور العديد من المواد الكيميائية بالإضافة للأكسجين إلى الدم. تصيب المواد الكيميائية التي تمر خلال سطح الرئة الأنسجة بال تلف وتتدخل بدورها الحيوي في التزود بالأكسجين، إضافة إلى ما تسببه من تلف عام.

وإذا لم تكن المواد الكيميائية في الهواء فإنها لن تستطيع الدخول إلى الرئتين، ولن تكون سامة عن طريق الاستنشاق. وتوجد الكيميائيات في الهواء بطريقتين، إما أن تكون صغيرة (مثل الغبار) أو غازات وأبخرة. ومعظم ملوثات الهواء التقليدية (ثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون والأوزون والمواد المعلقة والرصاص) تؤثر مباشرة على الجهاز التنفسي (الرئتين) والجهاز الدوراني (القلب والأوعية الدموية). ويرتبط الانخفاض في أداء الرئتين وزيادة معدل الوفيات بالمستويات المتزايدة لثاني أكسيد الكبريت والدقائق المعلقة، كذلك يؤثر ثاني أكسيد النيتروجين والأوزون على الجهاز التنفسي ويؤدي التعرض الحاد إلى التهاب الرئتين وانخفاض أدائها، ويرتبط أول أكسيد الكربون بهيموجلوبين الدم (يوجد في كريات الدم الحمراء التي تنقل الأوكسجين في جميع أنحاء الجسم) وهو قادر على أن يحتل مكان الأوكسجين في الدم ويسبب ضررا للقلب والجهاز العصبي، ويمنع الرصاص تكوين الهيموجلوبين في كريات الدم الحمراء، ويضعف عمل الكلى والكبد ويؤدي إلى تلف الجهاز العصبي، تختلف الآثار الصحية للتعرض على الإنسان باختلاف مدة ومقدار التعرض، وكذلك الحالة الصحية للأفراد المعرضين للملوثات. وبعض الناس يكون تعرضهم أكثر خطرا إذا كان عن طريق الاستنشاق، فعلى سبيل المثال، الشباب وكبار السن، الذين يعانون مسبقا من أمراض الجهاز التنفسي وأمراض القلب الرئوية، والأشخاص الذين يلعبون التمارين يكون تعرضهم أكثر.

قد يؤدي إطلاق الملوثات من الوقود والنار في الهواء وفي أماكن مغلقة إلى أضرار صحية خطيرة، وبخاصة نتيجة استنشاق الدخان. يشتمل الوقود على فحم وزيوت ويسبب التعرض المتزايد له تلوث الهواء بملوثات مثل ثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون. يحتوي وقود الكتلة الحيوية على خشب محترق والعشب وأوراق ونفايات زراعية. وبشكل تقريبي يعتمد نصف سكان العالم وبشكل رئيسي على وقود الكتلة الحيوية وذلك لاحتياجات الطاقة اليومية، وتحرق عادة في حرائق مفتوحة أو في أفران طينية أو معدنية، كما أن تركيبة الحرائق المفتوحة أو الأفران غير الفعالة، وعدم توفر المداخن وقلة التهوية كلها تؤدي إلى التعرض بواسطة الاستنشاق لملوثات الهواء غير المتحدد وكذلك التأثيرات السلبية على الصحة. وإن التأثيرات السلبية الرئيسية على الصحة تكون تنفسية، وفي المنازل التي تكون تهويتها قليلة، وبالأخص عندما يستخدم وقود مثل الفحم لتدفئة الغرف حيث ينجم خطر التسمم بأول أكسيد الكربون، ويعتبر استنشاق المواد الكيميائية التي

تكون على شكل غازات وأبخرة أو دقائق وامتصاصها خلال الرئة من أهم طرق التعرض في الصناعة. حيث أن العديد من المواد الكيميائية، والتي لا يمكن ذكرها، قد تكون موجودة في الهواء داخل أماكن العمل. وتكون الأخطار الصحية الناجمة عن التعرض المهني للملوثات الموجودة في الهواء أكثر في ورشات العمل الصغيرة، وكمثال على ذلك، فإن إعادة تدوير وإصلاح بطاريات أكسيد الرصاص في الورشات الصغيرة يؤدي إلى تعرض العمال بشكل كبير للرصاص الموجود في الهواء. كذلك ينتج عن استخدام الزئبق من قبل منجمي الذهب عند فصله عن الشوائب تسمم خطير بالزئبق وذلك بسبب تعريضه لدرجات حرارة عالية، ومن أجل التقليل من خطر التعرض عن طريق الاستنشاق، فإنه من الضروري توفير التهوية الجيدة، وارتداء الكمامات المحتوية على المرشحات المناسبة. (المركز الإقليمي لأنشطة الصحة البيئية، 2005، ص 24-25)

على الرغم من أن العديد من أمراض الجهاز التنفسي تتجم عن السد الناجم عن استنشاق المواد الكيميائية، فإن عادة ما يقتصر على مجرى الهواء أو إصابة الرئة التي تنتج عن التعرض الحاد بكميات عالية من الغازات أو الأبخرة أو الجسيمات. تحدث مثل هذه التعرضات بشكل رئيسي نتيجة حوادث مكان العمل، ولكنها قد تحدث أيضًا في المنزل أو في شارع، نتيجة للحرائق والانفجارات والبراكين والكوارث الصناعية والحوادث التي تنطوي على القطارات أو الشاحنات التي تنقل المواد الكيميائية، وكذلك حروب.

فالبينات الوبائية حول حدوث إصابات الاستنشاق الناجمة عن المواد الكيميائية قليلة، ويستند الكثير من المعرفة في هذا المجال إلى التقارير عن إصابات الاستنشاق العرضية في واحد أو أكثر من الأفراد وعن طريق أكثر أو أقل من المواد الكيميائية المحددة جيدًا. تشير بيانات مركز مراقبة السموم إلى أن التعرض الاستشاق المصحوب بأعراض شائع، خاصة في البيئة المنزلية، كما تنتشر الأمراض الجهاز التنفسي في البيئة المهنية

حيث عرفت انتشار في المملكة المتحدة بين عامي 1990 و1997، فمثل هذه الحوادث تأخذ أبعادًا كارثية وتسبب الآلاف من الضحايا، كما حدث بعد انفجار دبابة تحتوي على ميثيل أيزوسيانات في بوبال عام 1984. وقد يكون ناتجًا أيضًا عن الحرب الكيميائية، كما هو الحال في الحرب العالمية الأولى، أو الحرب العراقية الإيرانية، ومن تفجيرات وحرائق وتدمير المباني، كما حدث في انهيار مركز التجارة العالمي في 11 سبتمبر 2001، وتكون

أعراض الإصابة من حمى إلى التهاب رئوي وضائقة تنفسية حادة وتتطور إلى متلازمة فشل متعدد الأعضاء.

تعتمد طبيعة وشدة الاضطرابات التي تسببها العوامل المستنشقة من نوع المادة الكيميائية والكمية المستنشقة. قد تنجم إصابة الاستنشاق عن مجموعة كبيرة ومتنوعة من المواد المحددة، مثل الغازات البسيطة (ثاني أكسيد الكبريت، وثاني أكسيد النيتروجين، والأوزون، وما إلى ذلك)، والأبخرة أو الهواء الجوي للمركبات غير العضوية (الأحماض، والعوامل المعدنية، والمعادن، وما إلى ذلك)، أو المواد الكيميائية العضوية (الأحماض، الألدهيدات، الأيزوسيانات، المذيبات، المبيدات الحشرية، إلخ). ومع ذلك، غالبًا ما تتكون حالات التعرض من مخاليط معقدة لعديد من المواد الكيميائية المتنوعة، والتي توجد كغازات وجزيئات، كما هو الحال بالنسبة للدخان الناتج عن حرق الأخشاب أو البلاستيك أو المواد الأخرى،

كقاعدة عامة، تؤثر المواد الكيميائية بشكل رئيسي على الجهاز التنفسي العلوي، مما يتسبب في التهاب الأنف، والتهاب البلعوم، والتهاب الحنجرة، والتهاب القصبات، أو التهاب الشعب الهوائية، تؤثر الغازات بشكل رئيسي على الجهاز التنفسي العلوي والشعب الهوائية الكبيرة، ولكن التعرض الشديد أو المطول لهذه العوامل قد يؤدي أيضًا إلى إصابة الرئة والتهاب رئوي كيميائي، وتعتمد درجة الاحتراق في الجهاز التنفسي بشكل أساسي على حجم الجسيمات، حيث يكون لأصغر الجسيمات (قطرها أقل من 5 ميكرومتر) أكبر احتمال للوصول إلى الممرات الهوائية والحوصلات الهوائية البعيدة، غالبًا ما يتم إنتاج هذه الجسيمات الصغيرة عن طريق عمليات الاحتراق أو عن طريق تكثيف الأبخرة. (Nemery, 2004)

وتأثر عملية استنشاق المواد الكيميائية على الرئة وذلك يعتمد على تركيز المادة المستنشقة ومدة التعرض وطبيعة المادة الكيميائية، والجدول التالي يبين قائمة المواد الكيميائية السامة الموجودة في الهواء وتأثيرها على صحة الإنسان.

الجدول رقم (52): المواد الكيميائية وتأثيراتها على صحة الإنسان

المواد الكيميائية	التأثيرات
اكسيد النيتريك	تهيج العيون وخفض كفاءة نشاط الجسم
الالدهايد	تهيج العيون
الرصاص	تأثير على الجهاز العصبي المركزي
ثاني أكسيد الكبريت وحمض الكبريتيك	تهيج في شعيبات القصبة الهوائية وتشنج قصبي وقابلية العدوى التنفسية
الهيدروكربونات الحلقية المتعددة	سرطان الرئة
ثاني أكسيد النيتروجين	نوبات الربو
الأوزون	نوبات الربو
أول أكسيد الكربون	تقلي قدرة الدم على حمل الأكسجين

(المركز الإقليمي لأنشطة الصحة البيئية، 2005، ص35)

يعد استنشاق المواد الكيميائية هو الأكثر شيوعاً. فالغازات والأبخرة هي أكثر المواد التي يتم استنشاقها بشكل متكرر، كما يمكن أيضاً استنشاق السوائل والمواد الصلبة في شكل ضباب ناعم أو رذاذ أو غبار.

ويتسبب استنشاق عدد من الغازات أو الأبخرة أو الأتربة في إصابة الرئة أو الاختناق أو تأثيرات أخرى، ليس من السهل تقدير الدرجة المحتملة للتأثيرات الصحية الناتجة عن العوامل المستنشقة. وفقاً لمسح التعرض المهني الوطني (NOES 1981-1983)، يقدر أن أكثر من مليون عامل في الولايات المتحدة معرضون لخطر التعرض لمهيجات الجهاز التنفسي، كما تشير البيانات من مراكز مكافحة السموم إلى أن إصابات الاستنشاق تحدث بشكل متكرر في المنزل وفي بيئة العمل، يختلف عدد الأشخاص المتضررين حسب البيئة وقد يصل إلى عشرات الملايين في حالة وصول تلوث الهواء إلى مستويات خطيرة، وفقاً للبيانات التي قدمها نظام الضمان الاجتماعي، وقعت الحوادث المهنية بشكل أكثر شيوعاً بين عمال صناعة المعادن في عام 2003 حيث بلغ عددهم 83830 عامل. ومع ذلك، فإن معدل التعرض للاستنشاق غير واضح، فالتعامل مع المواد الكيميائية، والعمل في مناطق غير جيدة التهوية، أو دخول مناطق التعرض بمعدات واقية غير مناسبة أو بدون معدات واقية هي بشكل عام أسباب الإصابات المهنية، كما يحدث التعرض العشوائي مثل خلط المواد الكيميائية المنزلية عن طريق الخطأ، وتستمر قائمة المواد التي يمكن أن تسبب تلفاً في الرئة في التوسع في كل من البيئة المهنية وغيرها، وتؤثر المواد المستنشقة على الجهاز التنفسي

على مستويات مختلفة وفقاً لعوامل مختلفة، مثل خصائص المواد والبيئة وعوامل أخرى، فالغازات والأبخرة والرذاذ (التي يزيد قطرها عن 10 ميكرون) تترسب بشكل عام في الممرات الهوائية العلوية ويتبع ذلك تطور سريع لتهيج مجرى الهواء العلوي مصحوباً بتهيج العين والأغشية المخاطية. في حالات التعرض الشديد، قد يؤدي إلى السعال المستمر، يمكن استنشاق الغازات والأبخرة الأقل حجم مثل الفلور وأكاسيد النيتروجين بعمق أكبر في الجهاز التنفسي. ومع ذلك، فإن العديد من العوامل كمدة التعرض، وما إذا كان التعرض قد حدث في مكان مغلق، تحدد درجة الإصابة بعد التعرض للاستنشاق الحاد وكذلك حجم الجسيمات. تؤثر في درجة الإصابة (Gorguner & Akgun, 2010)

ج - عن طريق الابتلاع:

يعتبر الابتلاع الطريقة الرئيسية لدخول المركبات الكيميائية الموجودة في الأغذية والمشروبات، وتدخل المواد الكيميائية التي يتم هضمها إلى الجسم من الطريق امتصاصها في القناة الهضمية، وإذا لم يتم امتصاصها فإنها لا تؤدي إلى تلف هذه القنوات، ويحدث امتصاص المواد الكيميائية في أي مكان على طول القناة الهضمية، من الفم إلى المستقيم، لكن المكان الرئيسي للامتصاص هو الأمعاء الدقيقة لطبيعة عملها الفسيولوجي في امتصاص المغذيات، وسبب تناول الأغذية الملوثة بمستويات عالية من المواد الكيميائية الخطرة أضراراً جسيمة لصحة وتسبب مركبات الزئبق العضوي أوبئة تسمم كثيرة لدى السكان ويرجع ذلك إما لاستهلاك الأسماك أو تناول الخبز المحضر من القمح المرشوش بالمبيدات الفطرية التي تحتوي على زئبق قنوي. وإن لميثيل الزئبق (وهو أكثر أنواع الزئبق أضراراً) تأثيرات خطيرة على الجهاز العصبي.

كما تعد المياه أيضاً من ناقلات المواد الكيميائية حيث تم حصر الآلاف من المركبات الكيميائية العضوية وغير العضوية في مياه الشرب في جميع أنحاء العالم، والعديد منها ذو تراكيز منخفضة. وهناك القليل من المكونات الكيميائية في المياه والتي تؤدي إلى مشاكل صحية حادة باستثناء التلوث الكبير الذي قد يحدث، نتيجة حادث معين، لمصادر المياه، بالإضافة إلى ذلك فقد أظهرت التجارب أنه وفي بعض الحوادث تصبح المياه غير صالحة للشرب وذلك لمذاقها غير المقبول ورائحتها أو تغير لونها. وتزداد المشاكل المرتبطة بالمياه المحتوية على مواد كيميائية بشكل رئيسي نتيجة قدرتها على إحداث التأثيرات الصحية

السلبية بعد فترات طويلة من التعرض، والجدير بالذكر أن الملوثات التي تكون لها خاصية التراكم، هي المعادن والمواد المسرطنة.

فقد أدى التعرض طويل الأمد للزرنين في بئر ماء في تايوان إلى ظهور 370 حالة إصابة بمرض القدم الأسود "BlackFoot" و428 حالة سرطان جلد. وإن مرض القدم الأسود مصطلح شائع لمرض الخلل الوعائي الذي ينتج عنه غرغرينا في الأطراف وبخاصة القدم. كما أن الأشخاص المتأثرين قد تعرضوا بشكل مزمن إلى مستويات منخفضة من الزرنين على مدى حياتهم، وبشكل متكرر لمدة تتراوح من 50-60 عاما. وكنتيجة للتعرض التراكمي للزرنين ونتيجة لتناول مياه الشرب تتزايد الأعراض بتقدم العمر. ويظهر مرض القدم الأسود وسرطان الجلد بشكل خاص عند المراهقين والبالغين ولا يظهر عند الأطفال. تم اكتشاف تلوث المياه الجوفية بالزرنين، (المصدر الرئيسي لمياه الشرب)، في ست مقاطعات في غرب البنغال (الهند) وفي العديد من القرى في بنغلادش والقرى المحاذية للهند. وإن المستويات التي تزيد 70 مرة عن المعايير الوطنية لمياه الشرب وهي 0.05 ملغم لتر تم قياسها في كلتا الدولتين. مما أدى إلى حدوث تلوث طبيعي في المنطقة. وقدر بأن 30 مليون شخصا في العالم قد يكونوا معرضين للزرنين بمستويات مرتفعة. وفي غضون ذلك فإن ظهور سموم الزرنين المزمنة عند الافراد، ويشتمل على حوادث صبغ الجلد الأسود- البني غير الطبيعي، وتغلظ الكف وتغلظ قاعدة القدم وغرغرينا في الأطراف السفلية وسرطان الجلد. وفي غرب البنغال لوحدها تم تسجيل 200,000 حالة يعانون من أضرار جلدية نتيجة تعرضهم للزرنين. إن الأولوية في حل المشكلة تشمل تطوير مصادر مياه شرب بديلة، وتكنولوجيا جديدة لمعالجة المياه تكون مناسبة لإزالة الزرنين، كما تم تسجيل تسممات حادة ناتجة عن شرب مياه الآبار التي تحتوي على مستوى مرتفع من النترات. إذ أن التأثير السمي للنترات في جسم الإنسان يعتمد على تحول النترات إلى مركب نترات سام. ويوجد هذا التحول وبشكل كبير عند الأطفال الرضع الذين تقل أعمارهم عن 3 شهور. لهذا السبب يتم اعتبار الأطفال الرضع كمجموعة خاصة معرضة للخطر. ويكمن الأثر البيولوجي الرئيسي للنترات على الإنسان في قدرتها على تحويل هيموجلوبين الدم الطبيعي الذي ينقل الأكسجين في الدم إلى ميثايموجلوبين والذي لا يستطيع نقل الأكسجين من الدم إلى الأنسجة والأعضاء.

(المركز الإقليمي لأنشطة الصحة البيئية، 2005، ص 25-27)

والعديد من المواد الكيميائية عبارة عن مواد كيميائية عضوية شبه متطايرة ذات استخدامات وظيفية متنوعة، مثل مستحضرات التجميل، وتنتشر في الهواء الداخلي، كطبقة أحادية أو متعددة من الجزيئات على مختلف الأسطح والأشياء الداخلية، وغبار منزلي يكون معلق ومستقر، فعندما يزحف الطفل على السجادة، أو عندما يقوم شخص بالغ بالضرب على هاتف ذكي، يتم نقل جزء من المواد الكيميائية، إما ملتصق بالغبار أو ممتص على أسطح هذه الأشياء، إلى اليدين (التلامس من سطح إلى يد). يمكن أن يؤدي التلامس اللاحق بين اليدين والفم، على سبيل المثال، فم كف اليد أو لعق الأصابع، إلى زيادة نقل المواد الكيميائية إلى الجهاز الهضمي البشري (اتصال "اليد إلى الفم"). أظهرت الدراسات ارتباطاً إيجابياً بين الأحمال الكيميائية على اليدين وتركيزها بالدم. بالإضافة إلى الابتلاع اليدوي للمواد الكيميائية، قد يبتلع طفل صغير مواد كيميائية أثناء لعب بالفم، وقد يتناول الشخص البالغ أيضاً مواد كيميائية من خلال ابتلاع الغبار الذي يلتصق بالأواني، ويختلف الابتلاع عن طريق الفم في المواد الكيميائية حسب السن، ويكون الأطفال الصغار أكثر عرضة للمواد الكيميائية المستخدمة، بسبب سلوكياتهم الأكثر تكراراً في اللمس والفم.

فالجزيئات الموجودة في المساحات الداخلية للمباني التي استقرت على الأشياء والأسطح والأرضيات والسجاد". منها ينشأ الغبار الموجود في الأسطح الداخلية من ترسب الجسيمات المحمولة في الهواء المنبعثة من أنشطة معينة، كالتطهي أو المواد الصلبة المنتشرة في الداخل، ويشمل التعرض الكيميائي الناتج عن ابتلاع الغبار استنشاق الجزيئات أو القطرات المحمولة بالمواد الكيميائية، وفي دليل الصادر عن وكالة حماية البيئة، يصف التعرض للمواد الكيميائية من خلال "ابتلاع الغبار" دخول المواد الكيميائية المرتبطة بالغبار إلى الجهاز الهضمي من خلال أنشطة التلامس اليد مع الفم. (Li et al, 2021)

3-7-4 الوقاية من المواد الكيميائية:

شهدت العقود الماضية زيادة في عدد وحجم وتنوع المصانع الكيماوية بسبب زيادة عدد السكان وزيادة الطلب على المنتجات (الطاقة، والمواد الكيميائية، والسلع، والغذاء)، يتسبب التوسع السريع في مصانع تطور البنى التحتية وفوائد اقتصادية هائلة مع زيادة التعرض للمخاطر الكبرى التي تسببها المواد الكيميائية في المناطق الصناعية، مما يؤدي إلى خسائر بشرية وضرار بيئية وخسائر اقتصادية، قد تحدث المخاطر الرئيسية مثل الحرائق والانفجار والانبعاث السام للمواد الكيميائية الناتج عن فقدان الاحتواء لأسباب مقصودة أو غير

مقصودة، المخاطر المتعمدة هي التهديدات المتعلقة سلامة وصحة الإنسان، وتتكون المخاطر غير المقصودة من مخاطر عرضية مثل التآكل والإرهاق والأضرار، والأخطار الطبيعية مثل الزلازل والفيضانات، وتعرف الأماكن التي بها المواد الكيميائية لانتشار الحرائق بنسبة 44 %، يليه خطر الانفجار بنسبة 36 %، كما يعتبر انبعاث المواد الكيميائية السامة في الجو بدون حريق أو انفجارا بنسبة 20% من مجموع الحوادث الكبرى

إلى جانب ذلك، يمكن أن تكون جميع المخاطر في كارثة واحدة، وفي 28 نوفمبر 2018 تسبب تسرب كلوريد في مصنع كيماويات في (الصين) في حدوث انفجار خارج المصنع الكيميائي، مما أدى إلى اندلاع حرائق في شاحنات وأدى إلى وفاة 23 شخصًا وإصابة 22 شخصًا بجروح، في ضوء هذه الكوارث الماضية وبسبب العواقب الوخيمة للمخاطر غير المتوقعة، فإن البحث في صحة وسلامة الأفراد للمخاطر الناشئة عن إطلاق المواد الكيميائية أمر ضروري لحماية الموظفين والسكان. (Chao et al, 2021)

فالمواد الكيميائية موجودة في كل مكان، ويتم استخدامها في جميع المهن، وسيواجه الجميع مواد كيميائية من نوع أو آخر في حياته، كما تعد العديد من المواد الكيميائية خطرة، خاصة إذا تم استخدامها بشكل غير صحيح، فالمواد الكيميائية السامة والقابلة للاشتعال هي أكثر الأخطار التي يتم مواجهتها بشكل متكرر في حياتنا اليومية، من ناحية أخرى يدرس علماء السموم المواد الكيميائية للتعرف على آثارها وآلياتها السامة،

يدرك معظم الناس المخاطر المنزلية الشائعة المتمثلة في الكهرباء والنار والأشياء الساخنة مثل الأطفال، لكن القليل منهم يتعلم أكثر من الاحتياطات الأولية التي يجب اتخاذها عند التعامل مع المواد الكيميائية المنزلية، ويمكن تصنيف المواد الكيميائية بعدة طرق وفيما يلي قائمة بالطرق الأكثر شيوعًا لتصنيفها:

- التركيب الجزيئي. العناصر أو المركبات كيماويات عضوية أو غير عضوية.
- الحالة الفيزيائية. المواد الصلبة أو السوائل أو الغازات.
- تكوين النظائر. نظائر مستقرة غير مشعة أو مشعة أو نادرة.
- العمل الكيميائي. العوامل المؤكسدة أو عوامل الاختزال.
- المجموعة الكيميائية. المواد الحمضية أو الأساسية أو غير الأيونية.
- التركيب الكيميائي. مركبات كحولية، الكيتونات، الإسترات، الإثيرات...إلخ.

على الرغم من الآثار الصحية الضارة التي يتعرض لها الأفراد بسبب التعرض للمواد الكيميائية وتأثيراتها السامة.

لهذا يتطلب تقييم مخاطر الكيميائية تحليل العديد من العوامل، لذلك فإن أهم قاعدة لتقليل المخاطر هي ممارسة الفطرة السليمة في تصميم التجربة التي تنطوي على استخدام المادة الكيميائية.

يمكن تجميع المواد الكيميائية في فئات عامة تعكس خطورتها على الصحة والسلامة الأفراد. تتكون مجموعات هذه من مواد كيميائية من جميع الفئات الكيميائية والحالات الفيزيائية، وتعتبر هذه الفئات على المخاطر العامة حيث يمكن تجميعها على النحو التالي:

- المواد المسببة للتآكل. مجموعة كبيرة من المواد الكيميائية بما في ذلك الأحماض والأنهيدريدات والقلويات والهالوجينات والهاليدات العضوية والعوامل المؤكسدة.
- المواد السامة. يشمل السموم والمهيجات والمواد الخانقة
- المحسسات. ينتج عنه تأثير مباشر سام للخلايا يؤدي إلى تهيج الجلد.
- المواد المسرطنة. هذه فئة خاصة من المواد السامة.
- المواد القابلة للاشتعال. قد تكون هذه المواد الكيميائية أيضاً سامة و/ أو مسرطنة وتشكل مخاطر نشوف حريق.

- المواد السامة. يشمل السموم والمهيجات والمواد الخانقة
- المحسسات. ينتج عنه تأثير مباشر سام للخلايا يؤدي إلى تهيج الجلد.
- المواد المسرطنة. هذه فئة خاصة من المواد السامة التي يتم النظر فيها بشكل منفصل بشكل عام

- المطفرات والمواد المسخية. تمت مناقشة هذه
- المواد القابلة للاشتعال. قد تكون هذه المواد الكيميائية أيضاً سامة و/ أو مسرطنة ولكنها تشكل مخاطر نشوب حريق في المقام الأول

• المتفجرات: هذه فئة خاصة بالمواد الكيميائية القابلة للاحتراق والتي تعتبر خطرة بشكل خاص لأنها يمكن أن تنفجر، لهذا تتطلب احتياطات في التعامل معها. (Rayburn,1990)

لهذا تعتبر المخاطر الكيميائية من أهم قضايا الصحة والسلامة المهنية في أماكن العمل، وتتطلب إدارة المخاطر الكيميائية تضافر جهود المتخصصين في الصحة والسلامة المهنية (OHS)، بما في ذلك المتخصصين العاميين في الصحة والسلامة المهنية، وخبراء حفظ

الصحة المهنية وممارسي الصحة المهنية. (Safety Institute of Australia Ltd ,2012) ويمكن تقسيم الإجراءات الوقائية من الملوثات الكيميائية إلى ما يلي:

• إجراءات الوقاية الهندسية:

- القضاء على عامل الخطر باستبدال المواد الخطرة بمواد أقل منها خطورة
- تأمين العمليات الصناعية مع توافر الاحتياطات الكفيلة بعدم التسرب من الأجهزة
- إذا تعذر إجراء العمليات في أجهزه محكمه الغلق فيجب التخلص من عوامل الضرر من مصدر انبعاثها وذلك على قدر المستطاع مع سحب الهواء ميكانيكا إلى أماكن خاصة مأمنه خارج أماكن العمل.

- البحث في ظروف العمل وذلك بقياس تركيز وانتشار الملوثات في بيئة العمل.
- يجب أن تبدأ خطوات الوقاية قبل تشغيل المنشأة إذا يجب أن يؤخذ في الاعتبار عند إقامة المباني ألا تتعارض مع مقتضيات السلامة، لذا يجب أن تدرس خطوات تصميم المكاتب تفصيليا، مع بيان الخطوات التي تتضمن انتشار الملوثات، وأن توضع هذه الإرشادات في أقصى أطراف المنشأة، كما يجب أن يراعي التصميم اتجاه الرياح لكي لا تحمل الملوثات وتنتشرها في باقي أقسام المصنع.

• الوقاية الطبية:

- الفحص الطبي الابتدائي: ويجرى قبل التحاق العامل بالعمل ويهدف إلى اكتشاف أي حالة مرضية كامنة قد تزيد شدة الإصابة عند التعرض للملوثات الكيميائية، وتصبح نتائج الفحص الطبي الابتدائي كمرجع للحالة التي كان عليها العامل عند بدئه بالعمل لمقارنتها بالفحوص التي تجرى له في المستقبل.

- الفحص الطبي الدوري: ويجرى كل 06 أشهر أو كل سنة تبعا لخطورة التعرض لاكتشاف الإصابات المرضية وهي في حالتها البدائية قبل استفحالها.

- التوعية الصحية: تستلزم كافة الوسائل لتوعية العاملين بالأخطار التي يتضمنها العمل وتوضيح أفضل الطرق للوقاية وأهمية الفحوص الطبية وعدم الانتظار حتى ظهور الأعراض خطيرة.

• إجراءات الوقاية الشخصية:

وتعتبر خط الدفاع الخير للوقاية من الملوثات وهي كثيرة ومتنوعة ويجب أن تناسب طبيعة العمل ولا تعوق العامل من أداء عمله بسهولة ويسر، حيث يجب توفير مكان خاص

لاستبدال ملابس العمال بملابس العمل أو العكس حسب طبيعة العمل على أن تكون هذه الأماكن بعيدة عن أماكن التعرض. (منظمة العمل الدولية، 2017، ص 202.203)

3-8 القياسات الانثروبومترية:

يعد جسم الإنسان وأجزائه موضوع اهتمام الباحثين خاصة في تصميم وتقييم أي منتج جديد حيث انه هذه التصميمات تتجاوز الموقع الجغرافي للأفراد وتشمل كل مهمة في أي مكان عمل حيث يجب أن يكون الشخص قادرًا على القيام بعمله بأمان وكفاءة وراحة. أدى الاستخدام المتزايد وتنوع المعدات في جميع أنحاء العالم، مصحوبًا بالمنافسة التجارية ومتطلبات الحفاظ على رضا العملاء، إلى تركيز جديد على مراحل التصميم المبكرة التي تتطلب دمج قياسات أكثر تحديثًا ودقة للمستخدمين المستهدفين، ويتم مراعاة المبادئ الراحة وتناسب القياسات البشرية، ويشير علم أبعاد جسم الإنسان إلى علم يقيس ويصف الأبعاد المادية لجسم الإنسان في الوضع القياسي تعتبر القياسات الأنثروبومترية عنصرًا حاسمًا في التصميم المريح والتصميم الصناعي والهندسة المعمارية مثل المنتج ومحطة العمل والمعدات والأثاث وتصميم الملابس حيث تتزايد أهميته بالتوازي مع الهدف المتمثل في تحقيق تصميم نظام فعال من خلال مبيعات التسويق إلى دعم ما بعد البيع، ومن المعروف أن عدم التطابق بين أبعاد القياسات البشرية وأبعاد المعدات هو عامل مساهم رئيسي في انخفاض الإنتاجية، وعدم الراحة، والحوادث، والضغوطات المختلفة، والتعب، والإصابات، واضطرابات الصدمات التراكمية، لذلك أشار العديد من الباحثين إلى أهمية استخدام البيانات الأنثروبومترية ذات الصلة في تصميم المعدات ومكان العمل، فقد حظيت صحة ورفاهية العامل ومستخدم لأي معدات تصنيع باهتمام متزايد من خلال مبادئ التسويق، مما أدى إلى تحسين التصميمات والوظائف التي كان من الصعب على الأفراد تحقيقها دون فهم القياسات والسمات البشرية. (Khan Khadem et al, 2014)

فقد كان حجم وأبعاد جسم الإنسان موضوعًا للدراسة من علماء التشريح والأطباء والقياسين لفترة طويلة، استخدم المصريون القدماء المسافة من الكوع إلى طرف أصغر إصبع 40 كوحدة قياسية للطول تسمى الذراع الملكية (حوالي 52 سم)، والتي كانت تستخدم لحساب أبعاد النحت والتضاريس وكذلك مساحات الأرض. قام Adolphe Quetelet، وهو إحصائي بلجيكي، بتطبيق الإحصاء لأول مرة على البيانات الأنثروبولوجية في منتصف القرن التاسع عشر، وكان هذا يعتبر بداية للقياسات البشرية الحديثة، وفي تصميم أماكن العمل والمعدات والمنتجات المختلفة للاستخدام البشري أدرك المهندسون تدريجيًا أن أهمية المعلومات الأنثروبومترية، فاستخدام

قياس وبيانات الجسمية البشرية في التصميم الهندسي الشغل الشاغل للباحثين حالياً، حيث يتم الاستفادة منها على نطاق واسع من قبل مهندسي التصميم ومهنيي العوامل البشرية لتحديد الأبعاد المادية للمنتجات والأدوات وأماكن العمل، وذلك للتوافق بين الأبعاد المادية للمنتجات وأماكن العمل المصممة وأبعاد الجسمية للأفراد. تُستخدم لتطوير إرشادات التصميم الخاصة بارتفاعات أماكن العمل والمعدات بغرض استيعاب أبعاد الجسم للقوى العاملة المحتملة، ومن أبعاد محطات العمل للعامل وضع الوقوف أو الجلوس، وآلات الإنتاج، وتشمل القوة العاملة الرجال والنساء ذوي القامة الطويلة أو القصيرة، الكبيرة أو الصغيرة، الأقوياء أو الضعفاء، بالإضافة إلى الأشخاص ذوي الإعاقة الجسدية أو الذين يعانون من ظروف صحية تحد من قدرتهم البدنية. (Christopher et al,1997)

3-8-1 تعريف الانثروبومترية:

إن إسهام علم القياس في تاريخ الحضارات قديم قدم البشرية، ويدخل في هذا الإطار علم قياس أبعاد الجسم الذي أستعمل قديماً من طرف المصممين والفنانين والنحاتين وغيرهم، للتعبير عن أبعاد الجسم المختلفة وعلاقة كل بعد بالآخر. ومثال ذلك هـ من آثار الحضارات القديمة كالنحت والرسم وأدوات الحرب وأشكال البناء وغيرها. (مباركي، 2004، ص 76)

كلمة "الأنثروبومترية" تعني قياس أبعاد جسم الإنسان وهي مشتق من الكلمات اليونانية "أنثروبوس" تعني الإنسان و"مترون" تعني قياس، وتستخدم البيانات الأنثروبومترية في بيئة العمل لتحديد الأبعاد المادية لمساحات العمل والمعدات والأثاث والملابس لضمان تجنب عدم التطابق بين أبعاد المعدات والمنتجات وأبعاد الأفراد المستخدمين. (Bridger,2003)

تهتم دراسة القياسات البشرية، أو القياس البشري، بالأحجام والأشكال الفيزيائية للإنسان وتعد القياسات الأنثروبومترية فرع مهم لبيئة العمل في البحث والتطبيق. يتعامل هذا العلم مع قياس الحجم والكتلة والشكل وخصائص الذاتية لجسم الإنسان. يعتمد قياس الأنثروبومترية على طرق متطورة لقياس الأبعاد المادية بما في ذلك القياسات الثابتة والديناميكية للأفراد. النتائج التي تم الحصول عليها هي بيانات إحصائية يمكن تطبيقها في تصميم المنتجات والملابس والبيئات المهنية والترفيهية. أيضاً، تعد بيانات القياسات البشرية ضرورية في تطوير نماذج ميكانيكية حيوية للتنبؤ بحركة الإنسان، كما يجب تطبيق مبادئ تصميم القياسات الأنثروبومترية في التصميم من أجل تعزيز الراحة الجسدية في مكان العمل، وبيئات الاستجمام والخدمات. يمكن أن يؤدي تجاهل هذه المتطلبات المادية إلى خلق مواقف سيئة تؤدي إلى الإرهاق، وفقدان

الإنتاجية، وأحيانًا الإصابة. علاوة على ذلك، لا يتعامل قياس الأنثروبومترية فقط مع تحديد ارتفاعات العمل المناسبة، ولكن أيضا تسهيل الوصول إلى عناصر التحكم وأجهزة الإدخال للمستخدمين. للبيانات الأنثروبومترية العديد من الاستخدامات ويمكن تطبيقها في مجموعة متنوعة من الصناعات. على سبيل المثال، يستخدم مصممو الأثاث البيانات الأنثروبومترية لاستيعاب الاختلافات لمجموعة واسعة من المستخدمين، حيث يستخدم الجيش بيانات القياسات البشرية لتصميم معدات للجنود، يستخدم مصنعو الطائرات القياسات البشرية لتصميم مقاعد الركاب، كما تستخدم في مجال الأجهزة الطبية لتطوير الأطراف الاصطناعية ويمكن لعلماء الأنثروبولوجيا أيضا استخدام بيانات القياسات البشرية لدراسة التغيرات المختلفة لمقارنة أبعاد الجسم الإنسان. (Pamela, 2011)

ويشير العديد من الباحثين إلى أن الأنثروبومترية هو النظام الذي يدرس الأبعاد الديناميكية والثابتة لجسم الإنسان، وإجراءات وتقنيات إجراء القياسات والتحليل الإحصائي. حساب خصائص الأفراد، بالتالي الامتثال للمبدأ تكييف وسائل الإنتاج للعمال، وعندما لا يتكيف مكان العمل مع القياسات البشرية للعامل، يتسبب في جهد غير ضروري، بالإضافة إلى الحد من تدفق الدم، والتعب في عضلات معينة وآلام مختلفة، انخفاض الإنتاج، ويزيد احتمال الخطأ، وتقل الجودة، كما يتسبب في ارتفاع عدد الحوادث المرتبطة بالعمل، وينقسم علم الأنثروبومترية إلى نوعين، الهيكلية والوظيفية، فتتكون الأبعاد الهيكلية من الرأس والجذع والأطراف في وضع الجلوس أو الوقوف، فيما تشير الأبعاد الوظيفية أو الديناميكية إلى تلك التي تتطوي على حركة يقوم بها الجسم في نشاط معين، وهذا يعني أنه في قياس الأنثروبومترية الساكنة يتم أخذ قياسات الجسم عن طريق وضع الشخص في وضع ثابت والقياس بين نقاط تشريحية محددة، وتمت الإشارة إلى أن أول دراسة لقياس الأنثروبومترية أجريت في كوبا قام بها الطبيب الفرنسي هنري دومون (1824-1878)، الذي أجرى بين عامي 1865 و1866، 27 قياسًا لسبعة أشخاص، 4 منهم ذكور و3 إناث. جميعهم جاءوا من نفس المكان وكانوا من العرق الأسود، وقد أجريت دراسات متنوعة لقياس الأنثروبومترية في كوبا، وكان معظمها موجهاً نحو التغذية والرياضة ونمو الأطفال وتطويرهم وتصميم أثاث المدارس للمدارس الابتدائية. كانت الدراسات الموجهة نحو تصميم مكان العمل نادرة. (Rosmery et al, 2016)

3-8-2 أهمية القياس الانثروبومتري:

يعتبر الأنثروبومتري Anthropometry هو فرع من الأنثروبولوجيا يبحث في قياس الجسم البشري، والقياسات الأنثروبومترية ذات أهمية كبيرة في تقويم نمو الفرد، فالتعرف على الوزن والطول في المرحلة السنوية المختلفة يعتبر أحد المؤشرات التي تعبر عن حالة النمو عند الأفراد. فالمقاييس الأنثروبومترية تعد إحدى الوسائل الهامة في تقويم نمو الأفراد. وفي هذا الخصوص يقول رايتون Wrightstone وجاستمان Justman وروبينز Robbins «ربما تكون المعايير الوحيدة التي في متناول يد المدرس الآن للحكم على الحالة الصحية والنمو الجسماني للطفل هي تكرار قياس طول الطفل ووزنه، كما يقول دريسكول Driscoll إن طول الطفل وعلاقته بوزنه وعمره تعتبر من الدلالات التي تُعين على تقدير مستوى النمو الجسمي. (حسانين، 2000، ص39)

فبيانات القياسات البشرية تستخدم على نطاق واسع في دراسة الأطفال لتحديد الحالة التغذوية، من خلال قياس الطول بالنسبة للعمر والوزن بالنسبة للعمر والوزن بالنسبة للطول، فيمكن تحديد ما إذا كان الأطفال يعانون من النقرم أو نقص الوزن أو الهزال بمجرد تحديد أي من هذه المؤشرات، فالقياسات الأنثروبومترية لها فائدة في تقييم بيانات اللياقة البدنية لمجموعة واسعة من الأفراد، من الأطفال إلى الرياضيين النخبة إلى كبار السن، يمكن استخدام هذه القياسات بما في ذلك الطول والوزن والمحيط وطيّات الجلد، إما كعيار أساس أو كعلامة يستدل بها، فقد كشفت إحدى الدراسات التي أجريت على لاعبي الكرة الطائرة الأسترالية أن بيانات القياسات البشرية تتحسن مع زيادة مستوى اللعب، واستخدمت دراسة أخرى القياسات البشرية كمؤشر لتقدم اللياقة البدنية لدى النساء اللائي تتراوح أعمارهن بين 60-100، ونظرًا لأن السمنة عامل خطر رئيسي للإصابة بأمراض القلب والأوعية الدموية، والسكتة الدماغية، وداء السكري، وارتفاع ضغط الدم، فإن أحد أفضل المرافق السريرية لبيانات القياسات البشرية هو تعريف السمنة، كما هو موضح في إحدى الدراسات التي قارنت مؤشر كتلة الجسم ومحيط الخصر ونسبة الخصر إلى الورك ونسبة الخصر إلى الطول. وجدت هذه الدراسة أنه لا يوجد دليل كافٍ لدعم طريقة قياس واحدة على أي طريقة أخرى، ولكنها تنص على أن مؤشر كتلة الجسم هو الخيار الأكثر منطقية نظرًا لاستخدامه التاريخي، أظهرت أيضًا أن الارتفاعات في القياسات البشرية أدت إلى ارتفاع نسبة احتمالات الإصابة بارتفاع ضغط الدم وارتفاع السكر في الدم، كما ترتبط أطوال الأطراف

بالأمراض المزمنة. تظهر مراجعة الأدبيات أن أولئك الذين لديهم طول ساق أقصر لديهم انتشار أعلى لمتلازمة التمثيل الغذائي ويرتبط طول العضد الأقصر بانتشار أعلى لمرض السكري. (Kyle & John, 2021).

كما أن النمو الجسمي له علاقة بالصحة والتوافق الاجتماعي والانفعالي للطفل في السنوات المتوسطة، كما له علاقة بالتحصيل والذكاء، فهناك علاقة بين النمو الجسمي والنمو العقلي للأطفال الأسوياء جسمياً، وقد تم التوصل في دراستين إلى علاقات موجبة بين الذكاء وعدد من المقاييس الجسمية في الأعمار من سنتين (2) إلى سبع عشرة (17) سنة، حيث تحققت أعلى ارتباطات بين الطول ونسبة الذكاء عند الأولاد، ويميل الأطفال الموهوبون عقلياً إلى التفوق خلال مراحل النمو في الطول والوزن وسن المشي والصحة العامة، وكذلك في الدرجات المدرسية وفي درجات اختبارات التحصيل، كما أثبت تيرمان Terman أن الأذكاء يتفوقون عن أقرانهم العاديين في الوزن. والطول، ناهيك عن العديد من البحوث في هذا المجال، أما بالنسبة للمجال الرياضي فقد ثبت ارتباط المقاييس الجسمية بالعديد من القدرات الحركية والتفوق في الأنشطة المختلفة. فقد أثبتت بعض البحوث أن هناك علاقة طردية بين قوة القبضة والطول والوزن، كما أثبت كورتن Cureton أن الرياضيين في بعض الألعاب يتميزون عن أقرانهم العاديين في العديد من المقاييس الجسمية كطول الجذع وعرض الكتفين وضيق الحوض. (حسانين، 2000، ص 39)

ويضيف شحاته وآخرون (1987) أن معظم علماء الانثروبومتري يتفقون على أنه يمكن توظيف نتائج القياسات الأنثروبومترية التي تتم على الأطفال الرضع والتلاميذ صغار السن والشباب والكبار لتحقيق مجموعة هامة من الأغراض وهي:

- تقويم الحالة الراهنة للأفراد والمجموعات وذلك من طريق مقارنة درجاتهم بدرجات مجموعة أخرى من نفس المجتمع أو بدرجة مجموعة أخرى قياسية.

- وصف التغيرات التي تحدث للجسم حيث تمدنا بالمعلومات عن معدلات التغير التي تحت الأفراد والمجموعات

- التعرف على التغيرات الأنثروبومترية التي تحدث داخل مجتمع، وبين المجتمع وغيره من المجتمعات مما يزيد من معلوماتنا عن عملية النمو البدني السوي والأهمية النسبية لكل من الوراثة (الجينات) والبيئة.

- اشتقاق المؤشرات الأنثروبومترية المختلفة التي يمكن الاستفادة منها في تقدير السمنة وكثافة الجسم بدلا من استخدام بعض المقاييس باهظة التكاليف.
- استخدام نتائج بعض القياسات الجسمية (الأنثروبومترية) في تحديد نمط الجسم وفقا للطريقة المعروفة باسم طريقة: نمط الجسم الأنثروبومتري لهيث وكارتر.
- كما يمكن تحديد أغراض الأنثروبومتري على نحو أكثر تفصيلا كالتالي:
- التعرف على معدلات النمو الجسمي لفئات العمر المختلفة ومدى تأثير هذه المعدلات بالعوامل البيئية المختلفة
- اكتشاف النسب الجسمية لفئات العمر المختلفة.
- التحقق من تأثير بعض العوامل مثل: الحياة المدرسية، نوع وطبيعة العمل، الممارسة الرياضية على بنيان وتركيب الجسم.
- تعيين الصفات والخصائص الجسمية للعمل في بعض المجالات كالقوات المسلحة والشرطة.
- التعرف على الصفات والخصائص المورفولوجية الفارقة بين الأجناس والسلالات المختلفة (عقل، 2006، ص11).
- أ- أسس إجراء القياسات الجسمية:
- يحدد فرانك د. سيلز بعض الأسس الخاصة بدراسات قياسات الجسم الإنسان وهي :
- اختيار القياسات التي لها قواعد ثابتة ومقبولة.
- توحيد أوضاع القياس للأفراد.
- التحديد الدقيق للنقط التشريحية.
- التأكد من دقة المقاييس أو الأدوات المستخدمة في القياس .
- التسجيل الدقيق.
- استخدام الطرق الإحصائية الصحيحة والمناسبة لتحليل البيانات.
- إعداد تقرير دقيق شامل لنتائج الدراسات. (سكينة، 1980، ص44)
- ويرى خاطر والبيك (1978) أن هناك شروط أساسية لتنفيذ بعض القياسات الجسمية، حيث يتم تنفيذها بمراعاة قواعد معينة وذلك من خلال معرفة أماكن ونقط القياس في الجسم والظروف الموحدة التي تحقق صحة الدلالات التي يتم الحصول عليها ومدى دقتها، وهي:

- معرفة النقاط التشريحية التي يتم تحديد أماكن القياس من خلالها.
- المعرفة التامة بالأوضاع التي يجب أن يتخذها المختبر في أثناء عملية القياس.
- الإلمام التام بطرائق استخدام الأجهزة المستخدمة في عملية القياس لكل جزء.
- معرفة الأداة المستخدمة في قياس كل متغير.
- أما عن الدقة المطلوبة في القياس فيجب مراعاة النقاط التالية لضمانها:
- توحيد طريقة أداء القياس لجميع القياسات.
- توحيد ظروف القياس لجميع المختبرين من حيث الزمن ودرجة الحرارة.
- تكرار تنفيذ القياسات (إذا كان هناك إعادة للقياس) بالأدوات نفسها.
- تجريب الأجهزة المستخدمة في القياس للتأكد من صلاحيتها.
- أن يتم القياس المختبر من غير ملابس إلا من مايوه رقيق (غير سميك). (الهوراني، 2018، ص14)

بالإضافة إلى ما سبق يجب أيضا ان يلتزم القائمون بعملية القياس الإلمام التام بطرق وتوجيهات التالية:

- نظرا لأن بعض القياسات تتأثر بدرجة الحرارة (الطول مثلا) لذلك يجب توحيد ظروف القياس لجميع المختبرين (الزمن ودرجة الحرارة).
- توحيد القائمين بالقياس كلما أمكن ذلك.
- توحيد الأجهزة المستخدمة في القياس كلما أمكن ذلك، وإذا تطلب الأمر استخدام أكثر من جهاز (كاستخدام جهازى اسبيروميتر لقياس السعة الحيوية) ففي هذه الحالة يجب التأكد الجهازين لهما نفس النتائج على مجموعة من الأفراد المختبرين يتم اختيارهم عشوائيا لتحقيق أن هذا الغرض.
- تجريب الأجهزة المستخدمة في القياس للتأكد من صلاحيتها. كتحميل الديناموميتر بأثقال معروف وزنها سلفا للتأكد من سلامته، وكتجريب جهاز الطول ذات القوائم المتداخلة (الأنثروبوميتر)، وكاختبار الميزان المستخدم في قياس الوزن...إلخ.
- إذا كانت القياسات تجرى على إناث بالغات يجب التأكد من أنهن لسن في فترة الدورة الشهرية أثناء إجراءات القياسات، كما يجب أن يخصص مكان مغلق (صاله، حجرة كبيرة) لإجراء القياس على الإناث

ومن أكثر المشاكل التي تواجه القائمين بالقياس في مجتمعنا الشرقي رفض بعض البنين والبنات (خاصة البنات) لعملية خلع الملابس، وقد يرجع السبب في ذلك إلى وجود عيوب جسمية أو الخجل أو الحالة الاجتماعية كأن تكون الملابس الداخلية متسخة أو ممزقة، لذلك يجب الاهتمام بالتهيئة النفسية للمختبرين عند القياس ومحاولة إقناعهم بأن العائد من عملية القياس سيعود عليهم بالنفع، وفي حالة إصرار المختبرين على موقفهم يفضل أن تجرى عليهم القياسات في مكان منعزل بعيدا عن زملائهم. (حسانين، 2000، ص50)

كما انه لا يمكن للمصمم استعمال بيانات معينة في التصميم قبل اتخاذ بعض الإجراءات للتأكد صلاحيتها في تحقيق الهدف من التصميم الذي هو بصدد انجازه، ومن بين هذه الاحتياطات يمكن ذكر ما يلي:

- يجب تحديد المجتمع الذي سيستعمل هذه الأجهزة، هل ستستعمل من طرف مجتمع معين؟، مدنيين أم عسكريين؟، راشدين أم أطفال؟، ذكور أم إناث؟، على مستوى مجتمع واحد أو على المستوى الدولي؟

- مراعاة طبيعة النشاطات المراد القيام بها، وكل ما يطبعها من خصائص، المدة، التكرار، فترات الراحة، الرؤية، مستوى الأمن، الارتياح.

- التأكد من أصل البيانات المراد استعمالها بأنها لحالات مشابهة، وان العينة كبيرة، شاملة لا تقتصر على فئة أو طبقة معينة من المجتمع، وخالية من أي نوع من احتمالات التشكيك في مصداقيتها أو صلاحيتها في التصميم.

- التحقق من مختلف التعاريف والنقائص المعطاة حول بدايات ونهايات الأبعاد المقاسة التي تمثلها هذه البيانات، وفيما إذا أخذت في وضعية ستاتيكية أم لا؟

- تحديد نوع الثياب والأجهزة التي ستستعمل أثناء الأداء، وإضافة الزيادة الخاصة بالبعد المعني مباشرة في التصميم.

- يجب اتخاذ الحذر الشديد عند التصميم لمجموعات مشابهة نتيجة عدم توفر البيانات بالنسبة لبعض المجتمعات أو الفئات والطبقات الخاصة، مع إجراء الكثير من المحاولات والتجارب.

- يجب تحديد بعد الجسم الأكثر أهمية في التصميم، فعلى سبيل المثال، يعتبر ارتفاع الجلوس كعامل أساسي في تصميم مركز قيادة السيارة أو الشاحنة. (بوظريفة، 1996، ص67)

ب- البيانات الأنثروبومترية في التصميم:

البيانات الأنثروبومترية التي تقدم للمهندسين في شكل جداول، عادة ما تكون شديدة الأهمية لأنها تمكنهم من تصميم مكان العمل وآلاته وعدده، مع العلم أن استخدام تلك البيانات يتطلب تحليلاً عميقاً لتصميم ما هو مطلوب من المهندس، أما المراحل التي يمر بها استخدام البيانات الأنثروبومترية في التصميم وهي:

- تحديد من يستخدم مكان العمل أو الآلة: إذا كان الناس مختلفين، فمن الضروري أخذ بعين الاعتبار عوامل مثل سن وجنس وعرق من سيستخدم مكان العمل.

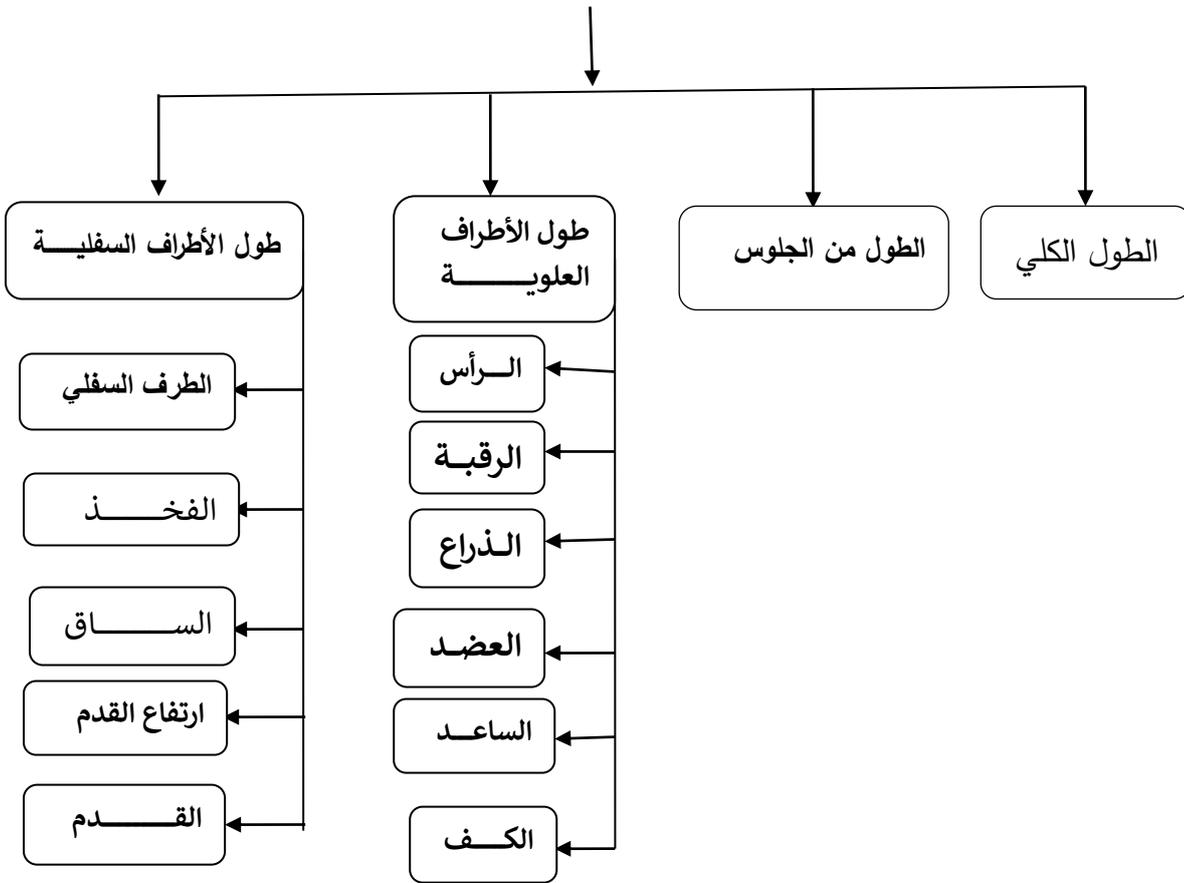
- تحديد بعد الجسم المناسب لما يتم تصميمه: مثلاً إذا كان ما يتم تصميمه هو منفذ أو باب من الأبواب، فإن بعد الجسم الذي يؤخذ بعين الاعتبار هو القامة وعرض الكتفين لمستخدمي ذلك المنفذ.

تقديراً لما يكون من غموض في تفسير البيانات الأنثروبومترية، يتم تعريف الأبعاد الجسمية تعريفاً دقيقاً. ومن الأبعاد الجسمية التي يتم تعريفها (مقداد، 2008، ص120) ما يلي:

• قياس الأطوال:

يمكن قياس الطول، طول الذراع، طول الساق • طول الجذع، وطول اليد وعرضها وكذلك القدم والمسافة بين الكتفين، عرض الصدر، وعمق الصدر، وغير ذلك من قياسات كما يستخدم في ذلك العديد من الأدوات أهمها جهاز (anthropometer) الذي يمكن تركيب أجزاء منه مع بعضها وبذلك يمكن قياس الطول، كذلك يوجد جهاز يسمى (Stadiometer) لقياس الطول وطول الجذع من الجلوس، وكذلك جهاز (Restameter) لقياس نفس القياسات السابقة. (سكينة، 1980، ص40)، ويوضح الشكل التالي الأطوال.

الأطوال



الشكل رقم (09): الأطوال (الهوراني، 2018، ص16)

ومن الملاحظ أنه يمكن قياس أطوال العديد من أجزاء الجسم حيث تعرف هذه القياسات بالارتفاعات أو الأطوال، وتقدر هذه الارتفاعات (الأطوال) بالمسافة العمودية (الرأسية) الواصلة من العلامة الأنتروبومترية المحددة لهذا الارتفاع (الطول) إلى السطح الذي يقف أو يجلس عليه المفحوص، وهي تسمح بتحديد مختلف الأطوال الجسمية كطول الأطراف العلوية والسفلية... إلخ، معتمدة على أجزاء الجسم في كونها تمدنا بمعلومات عن الأجزاء المحددة لنمو وحجم الجسم، كما أنها تفسر لنا التغير الذي يحدث في حجم الجسم ونسبه المختلفة (بنور، 2014، ص65)

ولضمان أداء القياسات المتعلقة بالأطوال يجب أن يلم المحكمون بالنقاط التشريحية التي يتم عندها القياس بالنسبة للأطوال والشكل رقم (09) يحدد هذه النقاط، وهي كما يلي (مرتبة طبقاً للأرقام الواردة في الشكل)

1- قمة الرأس

2- الحافة الوحشية للنتوء الأخرومي.

3- الحافة الوحشية للحافة السفلية لعظم العضد.

4- النتوء الإبري لعظم الكعبرة.

5- النتوء المرفقي.

6- النتوء الإبري لعظم الزند.

7- منتصف عظمة القص.

8- الحافة الوحشية للعظم الحرقفي.

9- مفصل الارتفاق العاني.

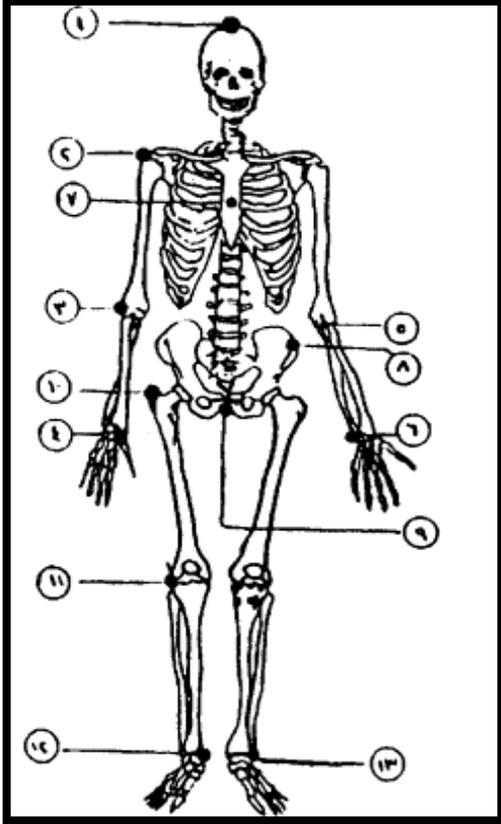
10- الدوار الكبير للرأس العليا لعظم الفخذ.

11- الحافة الوحشية لمنتصف مفصل الركبة.

12- البروز الأنسي للكعب.

13- البروز الوحشي للكعب...

(الجناني، 2019، ص 165)



الشكل رقم (10): يوضح النقاط التشريحية (حسانين، 2000، ص 51)

• الطول الكلي للجسم:

يستخدم لقياس الطول الكلي جهاز الرستاميتير، وهو عبارة عن قائم مثبت عمودياً على حافة قاعدة خشبية، والقائم طوله 250 سم، بحيث يكون الصفر في مستوى القاعدة الخشبية، كما يوجد حامل مثبت أفقياً على القائم بحيث يكون قابلاً للحركة لأعلى ولأسفل، يقف المختبر على القاعدة الخشبية وظهره مواجه للقائم بحيث يلامسه في ثلاث نقاط هي المنطقة الواقعة بين اللوحين، وأبعد نقطة للحوض من الخلف، وأبعد نقطة لسمانة الساقين. ويجب أن يراعي المختبر شد الجسم لأعلى والنظر للأمام، الطول الكلي يتم إنزال الحامل حتى يلامس الحافة العليا للمجممة، حيث يعبر الرقم المواجه للحامل عن طول المختبر والشكل رقم (11) يوضح طريقة القياس ونقط اتصال الجسم بالقائم.



الشكل رقم (11): يوضح طريقة قياس الطول الكلي. (حسانين، 2000، ص51)

• **طول مع الجلوس:** وهو عبارة عن البعد العمودي المحصور بين قمة الرأس ومستوى سطح الكرسي، وعادة ما يجلس المفحوص في وضعية مستقيمة وينظر إلى الأمام مع وضع كلتا اليدين فوق الفخذين، هذا بالإضافة مع الاحتفاظ بالساق مشكلا زاوية قائمة مع الفخذ وأخرى مع القدم في نفس الوقت. من أهم استعمالات ارتفاع الجلوس ما يلي :

- تحديد الارتفاع الأدنى لنقطة استناد الرأس في وضعية الجلوس

- تحديد مختلف التجهيزات التي توضع في مستوى الرأس أو فوقه في وضعية الجلوس.

- تصميم قاعات السينما والمحاضرات

- تحديد أسقف السيارات (بوظيفة، 1996، ص52).

• **طول الأطراف السفلية:**

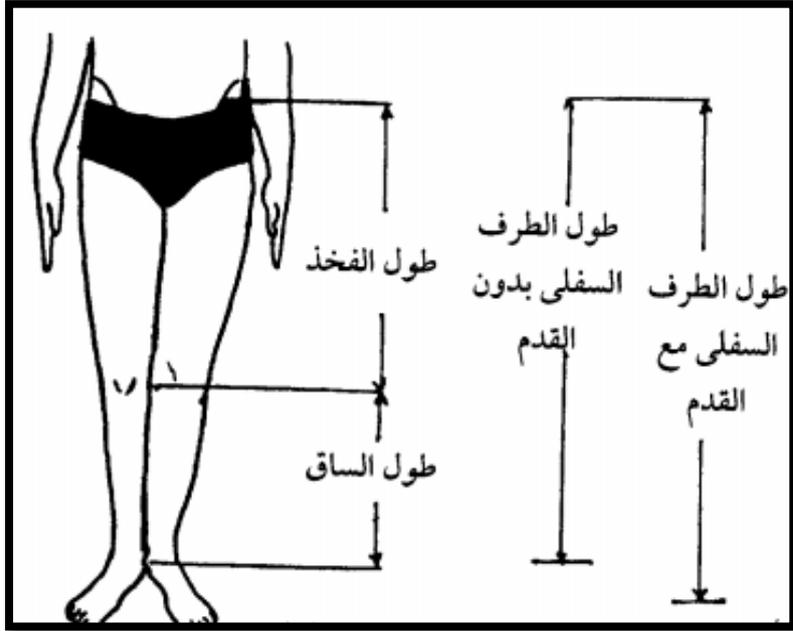
- طول الساق: يتم قياس طول الساق باستخدام شريط القياس من الحافة الوحشية

لمنتصف مفصل الركبة حتى البروز الوحشي للكعب، أو من الحافة الأنسية لمنتصف مفصل

الركبة حتى البروز الأنسي للكعب

- طول الطرف السفلي: يتم قياس طول الطرف السفلي باستخدام شريط القياس من

المدور الكبير للرأس العليا لمفصل الفخذ حتى الأرض.



الشكل رقم (12): يوضح طريقة قياس الأطراف السفلى (حسانين، 2000، ص53)

ارتفاع الفخذ: وهو عبارة عن البعد العمودي المحصور بين سطح الكرسي وأقصى نقطة للجهة العليا من الفخذين، وعادة ما يؤخذ هذا البعد عندما يكون المفحوص جالسا باستقامة مع تكوين زاوية قائمة عند مستوى الركبتين، من أهم استعمالاته:

- تحديد البعد المحصور بين الطاولة والكرسي

- ارتفاع مركز أو عجلة القيادة في السيارة.

ارتفاع خلف الركبة: وهو عبارة عن البعد العمودي المحصور بين سطح الأرضية التي يضع عنها المفحوص قدمه وأسفل الفخذ خلف الركبة عندما يجلس باستقامة ويكون الساقان عموديين على للفخذين من جهة وعلى القدمين من جهة أخرى، من أهم استعمالاته:

- ارتفاع الكراسي بأنواعها المختلفة

- ارتفاع الأرائك

- ارتفاع الأسرة (بوظيفة، 1996، ص56).

- **طول القدم:** يتم قياسه بواسطة البلفوميتر عن طريق قياس المسافة ما بين نهاية النقطة

الخلفية للقدم وحتى النقطة الأمامية للإصبع الكبير. (الجناني، 2019، ص162)

• الأطوال الأطراف العلوية:

ارتفاع الكتف: وهو عبارة عن البعد العمودي المحصور بين سطح الكرسي وأعلى نقطة في مستوى الحافة الجانبية للكتف وهذا عندما يكون المفحوص جالسا باستقامة وينظر إلى الأمام مباشرة، من أهم استعمالاته:

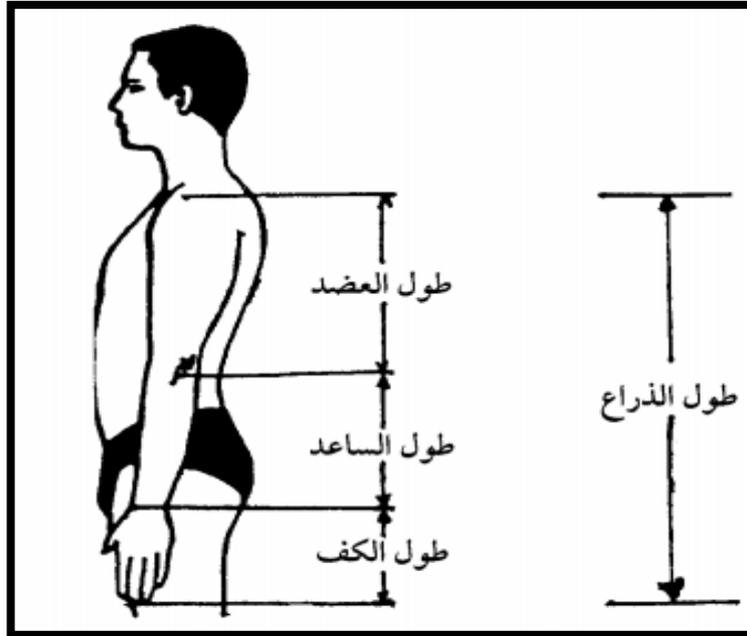
- ارتفاع سند الظهر عند تصميم الأرائك والكراسي.
- تصميم مراكز العمل في وضعية الجلوس
- ارتفاع الرفوف.

ارتفاع المرفق: وهو عبارة عن البعد العمودي المحصور بين سطح الكرسي وأسفل المرفق عندما يكون العضد بجانب الجذع ويشكل زاوية قائمة مع الساعد، من أهم استعمالاته :
-تحديد ارتفاع سند الذراع عند تصميم الكراسي ذات السند الخاص بالذراع وكذا الأرائك ومقاعد السيارات

- تحديد ارتفاع العمل في وضعية الجلوس (بوظيفة، 1996، ص.55).

طول الذراع: يستخدم شريط القياس ب (السننيمتر أو البوصة) لقياس طول الذراع، وذلك من الحافة الوحشية للنتوء الأخرومي حتى نهاية الإصبع الأوسط وهو مفرد.
طول العضد: يتم قياس طول العضد باستخدام شريط القياس من الحافة الوحشية للنتوء الأخرومي حتى الحافة الوحشية للرأس السفلى لعظم العضد.

طول الساعد: يتم قياس طول الساعد باستخدام شريط القياس إما من النتوء المرفقي لعظم الزند وحتى النتوء الإبري لنفس العظم، أو من أعلى نقطة في رأس عظم الكعبرة حتى النتوء الإبري لنفس العظمة.



الشكل رقم (13): يوضح طريقة قياس الأطراف العلوية (حسانين، 2000، ص52)

• قياس المحيطات:

ويشمل محيط الرقبة، الصدر، الوسط، الفخذ، الساق، العضيد، الساعد هذه هي أهم القياسات التي تدل على تغيرات نتيجة النمو أو التحسن نتيجة الأنشطة المختلفة، أو العكس.

وقياس المحيطات يجب أن يتم بواسطة مقياس شريط معدني حيث نتلقى الأخطاء الناتجة عن الزيادة في الطول نتيجة الجذب في الأنواع الأخرى، وأحسن طريقة للقياس عن طريق ملامسة الشريط للجلد دون ضغط، كذلك عن طريق توحيد اختيار المكان الذي يتم فيه القياس ما يضمن سلامة القياس ووقته، وفي حالة قياس محيط الصدر والوسط يتغير القياس أحيانا نتيجة حركة التنفس، وهنا ينصح بأخذ لقياس أثناء الشهيق وكذلك أثناء الزفير ثم نأخذ متوسط القياسين. (سكينة، 1980، ص 41)

محيط الصدر: يوضع شريط القياس أفقيا حول الصدر ويراعي أن يلتف من الخلف حول أسفل اللوحين ومن الأمام يلتف حول حلمة الصدر، يكون التنفس طبيعيا.

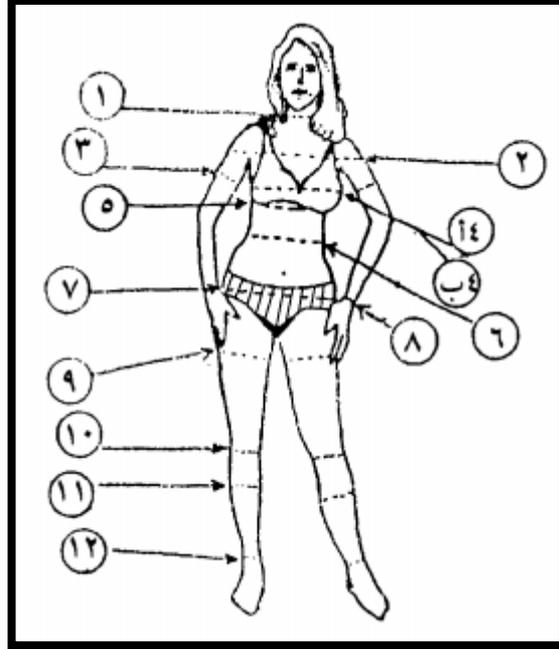
محيط البطن: يتم القياس من وضع الوقوف المعتدل على القدمين بحيث تكون البطن مرتخية والذراعان على جانبي الجسم، والقدمان متلاصقتان حيث يتم وضع شريط القياس حول البطن عند أقصى بروز أمامي للبطن.

محيط الفخذ: يقف المختبر بحيث تكون المسافة بين القدمين مساوية لعرض الكتفين ويوضع شريط القياس أفقيا عند نهاية الإلية مباشرة.

محيط العضد: يتم القياس والذراع متدلّية بارتخاء حيث يؤخذ أقصى محيط للعضد بواسطة شريط القياس.

محيط الساق: يوضع شريط القياس أفقيا حول أقصى محيط للساق ويتم تحريك شريط القياس للأعلى وللأسفل حتى يصل لأكبر قيمة. (الجناني، 2019، ص 162) ويوضح الشكل التالي أماكن قياس المحيطات المختلفة والمرتبة كما يلي:

- 1- محيط الرقبة، 2- محيط الكتفين، 3- محيط العضد، 4- محيط الصدر (نساء أو رجال)، 5- محيط الأوساط من جسم المرأة، 6- محيط الوسط، 7- محيط الحوض، 8- محيط الرسغ، 9- محيط الفخذ، 10- محيط الركبة، 11- محيط سمانة الساق، 12- محيط كاحل القدم.



الشكل رقم (14): يوضح طريقة قياس المحيطات (حسانين، 2000، ص52)
 • قياس الأبعاد:

ونعني به في القياس الانثروبومتري حساب أو قياس القطر الأفقي الخلفي أو الأمامي كعرض الحوض أو الكتفين مثلا (مباركي، 2004، ص85)، كما يتم قياس الأبعاد عن طريق جهاز خاص اسمه (السركل) بحيث يقيس الأبعاد والأطوال الصغيرة مثل الأصابع (حكمت ورع، 2020، ص226).

عرض الكتفين: وهو عبارة عن البعد المحصور بين أقصى نقطة لكل كتف وهذا عندما يكون المفحوص جالسا باستقامة وواضعا العضد عموديا بجانب الجسم، ومشكلا به زاوية قائمة مع الساعد، من أهم استعمالاته:

- عرض سناد الكراسي المختلفة.
- عرض سناد الأرائك، عرض الممرات المختلفة الفردية والجماعية - عرض أبواب النجدة.

عرض ما بين المرفقين: وهو عبارة عن البعد المحصور بين أقصى نقطتين للمرفقين، عندما يكون المفحوص جالسا باستقامة يكون العضد عموديا بجانب الجذع ويشكل زاوية قائمة مع الساعد، وتجدر الإشارة إلى أنه يتم قياس هذا البعد ما بين المرفقين من وراء الظهر، من أهم استعمالاته:

- العرض الموجود ما بين مريحي الذراعين للكراسي.

عرض الردفين: هو عبارة عن البعد الأفقي المحصور بين أقصى نقطتين للردفين، وهذا عندما يكون المفحوص جالسا باستقامة وتكون كل واحدة من ركبتيه بجانب الأخرى ويشكل بها الفخذ والساق زاوية قائمة، من أهم استعمالاته :

- عرض الأرائك.

- عرض الكراسي بأنواعها المختلفة. (بوظيفة، 1996، ص. 57- 59)

عرض الصدر: ويقاس من النتوء العلوي للصدر من الجهتين، كما أن القياس يجب أن يكون لطبيب مختص ويقاس من نفس العميق والزفير ومجموعهما وتقسيمها على اثنين يخرج لنا عرض الصدر.

عرض القدم: ويقاس عرض القدم من نتوءي عظمي المشط من الجهتين من الأصبع الخامس والأخير. (حكمت ورع، 2020، ص 228)

عرض الوركين: من وضع الوقوف، والقدمان متلاصقان توضع أطراف (البلفوميتر) على أكثر نقطتين متقدمتين حيث تمثل المسافة بين أبعد بروز بين الحدين الوحشيين للمدورين الكبيرين لعظمي الفخذين. (الجناني، 2019، ص 163)

• قياس الأعماق:

ويعبر العمق عن خط مستقيم يبدأ من نقطة ما وينتهي عند نقطة أخرى ما يكون من الأمام إلى الخلف أو من الخلف إلى الأمام (مقداد، 2008، ص 120)، كما يدل على القطر الجانبي الداخلي أفقيا معمق الصدر مثلا (مباركي، 2004، ص 85)، ويستخدم جهاز البلفوميتر في قياس الأعماق بنفس الأسلوب السابق ذكره في قياس الأعراض، هذا ويمكن قياس أعماق بعض المناطق من نقاط محددة كما يلي:

1 - قاس عمق الصدر من نقطتين إحداها في منتصف عظم القص والثانية في نقطة متوسطة بين عظمي اللوج.

2 - قياس عمق البطن من نقطتين إحداهما على السرة وثانيهما في أعمق نقطة في التجر القطنى.

3 - قياس عمق الحوض من نقطتين يمثلان أبرز مكانين من الأمام والخلف على الحوض.



الشكل رقم (15): يوضح طريقة قياس الأعماق (حسانين، 2000، ص52)
• قياس الوزن:

يعرف الوزن هو مقياس لكتلة الجسم وهو تركيبة من الأبعاد الرأسية والعرضية والطولية، ومجموع مكونات الأنسجة المختلفة، ويتأثر الوزن بعدة عوامل منها التغذية وممارسة الألعاب الرياضية، فهو قابل للتغير بمقدار ثلاثة أمثال الوزن مقترنا بالطول وأبعاد جذع الإنسان ومن المعروف أن اللياقة البدنية للبالغين تقل بزيادة الوزن، وذلك لأن الزيادة الوزن تكون في الدهن فقط وليس في الأنسجة الأخرى، بصفة عامة يتغير تكوين الجسم نتيجة لممارسة تمارين رياضية، بحيث يقل الدهن وتزيد كتلة الأنسجة الأخرى وخاصة في الصغار، أما عند البالغين فإن التغيير في تكوين الجسم سببه نقص الدهن فقط وليس زيادة في الأنسجة الأخرى ووجد كريستان وآخرون أنه كلما قلت كمية الدهن في وزن الجسم كلما زادت اللياقة الحركية عند المراهقين والبالغين، وإن لياقة الرياضيين تتوقف على ذلك، عموماً فإن ممارسة الرياضة يسبب نقص في الدهن الزائد بينما عدم الحركة ينتج تأثيراً عكسياً. (سكينة، 1980، ص40)، ويتم قياس وزن الجسم بواسطة الميزان الطبي بالكيلوغرام، إذ يقف المختبر في منتصف قاعدة الميزان بحيث يكون وزن الجسم موزعاً على القدمين (الجنابي، 2019، ص161)، ويجب

التأكد من سلامة الميزان قبل استخدامه، وذلك عن طريق تحميله بأثقال معروفة القيمة للتأكد من صدق مؤشراتته في التعبير عن قيمة الأثقال التي وضعت عليه، ولتحديد الوزن المثالي، أي الوزن الذي يجب أن يكون عليه الفرد تماماً ويكون منسوباً إلى طوله، حيث توجد عدة آراء منها:

1 - الوزن المثالي: الطول - 100

أي أن الوزن الطبيعي هو عدد السنتيمترات التي تمثل الطول مطروحا منه مائة، فإذا كان طول الفرد 180 سم فإن الوزن المثالي له هو 80 كيلو جراما.

ولتحديد مقدار السمنة بناء على ذلك يمكن الاسترشاد بالرأي التالي:

- إذا زاد وزن الشخص من 10 % إلى 25 % عن الوزن الطبيعي يكون هذا الفرد بدينا.
- إذا كانت الزيادة من 25% إلى 50% عن الوزن الطبيعي يعتبر الفرد سمينا.
- إذا وصلت الزيادة من 50 % إلى 75 % يعتبر الفرد سمينا جدا.
- إذا زادت النسبة عما سبق يعتبر الفرد مفرطا في السمنة.
- كما أن هناك رأى آخر لتحديد السمنة والنحافة حيث يحدد:
- إذا كانت الزيادة في الوزن عن المعدل الطبيعي أقل من 25 % فإنها تعتبر زيادة خفيفة ويمكن ثلاثيها

- يعتبر الفرد بدينا إذا زاد وزنه عن المعدل الطبيعي الملائم لطوله وسنه وجنسه بمقدار 20% أو أكثر
- يعتبر الفرد نحيفا إذا قل وزنه عن المعدل الطبيعي مقدار 20 % . (حسانين، 2000، ص56)

ج- معالجة البيانات الأنثروبومترية:

البيانات الأنثروبومترية التي تقدم للمهندسين في شكل جداول، عادة ما نكون شديدة الأهمية لأنها تمكنهم من تصميم مكان العمل وآلاته وعدده، مع اعلم أن استخدام تلك البيانات يتطلب تحليلا عميقا لتصميم ما هو مطلوب من المهندس، حيث بعد جمع البيانات الأنثروبومترية، يتم تحليلها إحصائيا لجعلها صالحة للاستخدام في التصميمات المختلفة (مقداد، 2008، 118)، ويتمثل المعيار المطبق في مجال قياس الأبعاد الجسمية في أخذ 90% من أفراد المجتمع بعين الاعتبار، وبالتالي إهمال أعلى وأدنى التطرف بالنسبة لكل بعد تحت الدراسة، لذا عادة ما يعبر عن البيانات الخاصة بأبعاد الجسم في شكل مئينات (percentiles).

(بوظريفة، 1996، ص 64).

ففي الدراسات الأنثروبومترية، عادة ما يتم تحويل البيانات الأنثروبومترية إلى مئينيات، وتمثل القيمة المئينية لبعد من أبعاد الجسم، نسبة الأفراد في المجتمع ممن يملكون البعد نفسه أو اقل منه، هذه المعلومات مهمة لأنها تساعد في تقدير نسبة المستخدمين الذين يمكن أن يشملهم التصميم، فمثلا عرض الكرسي الذي يصمم ليستخدم من طرف أفراد المئيني 50، يصلح فقط لحوالي 50% من الأفراد، أما الذين يملكون حوضا واسعا، فلا يمكن أن يستخدموا الكرسي لأنهم يجدونه ضيقا ولا يكون قادرا على استيعابهم، كما تحسب المئينيات بهذه المعادلة:

المئيني المعين = المتوسط الحسابي + العامل الثابت × الانحراف المعياري

أما العامل الثابت فيمكن الحصول عليه من الجدول التالي:

الجدول رقم (53): يوضح عامل الثبات الخاص بالمئيني

المئيني	1	5	10	25	50	75	70	95	99
معامل الثبات	-2.326	-1.645	-1.282	-0.674	0	+0.674	+1.282	+1.645	+2.326

(مقداد، 2008، 119)

وبعد الانتهاء من حساب بعض المئينيات لمختلف الأبعاد الجسمية المقاسة، يبقى السؤال المطروح حول كيفية اختيار المقدار المقابل للمئيني المناسب لاستعماله في التصميم، ويتم ذلك بان يكون البعد المختار مناسب لـ 90% من المجتمع، أي على مجال يتراوح من 5 مئيني إلى 95 مئيني، بالإضافة إلى أخذ الجانب العملي بعين الاعتبار (بوظريفة، 1996، ص 65).

وتستعمل نتائج أي دراسة أنثروبوميترية لغرضين أساسيين، أولهما أكاديمي بيداغوجي يتعلق بمقارنة الدراسات الأنثروبوميترية، وكيفية القيام بدراسات مماثلة مرة أخرى، وثانيهما كمصدر معرفي للاستعمال العام من طرف المصممين للأدوات والآلات والأنساق بصفة عامة، وعلى هذا الأساس توجب تقديم المعطيات الأنثروبوميترية في الصيغة التالية التي تفي بالغرضين معا:

1- عنوان القياس.

2- رسم توضيحي لمختلف أجزاء الجسم المعنية بالقياس، مع توضيح مختلف القياسات والأبعاد المدروسة بأسهم.

3- صورة فوتوغرافية أو رسم توضيحي يبين طريقة القياس والأداة المستعملة في ذلك.

4- تعريف واضح لمختلف خطوات القياس.

5- كما يجب أن تقدم نتائج مختلف القياسات - على الأقل - في شكل متوسطات وانحرافات معيارية، ويستحسن أن تضم كذلك معاملات الاختلاف والنسب المئوية الضرورية أي المئينيات ابتداء من المئيني الأول إلى التاسع والتسعون، ويكون كل ذلك مصحوبا بتعداد أفراد العينة وصفاتهم الأساسية، كما يمكن توضيح النتائج بواسطة الرسوم البيانية، كونها أكثر دلالة وسرعة للفهم والاستيعاب.

وتتطلب مختلف هذه الخطوات بالإضافة إلى المعرفة الأرغونومية، مهارات في فن الرسم والتصوير لتنظيم المعطيات على شكل جداول. (مباركي، 2004، ص 85).

• العوامل المؤثرة على أبعاد الجسم:

الأنثروبومترية هو مجال بحث ضمن بيئة العمل الفيزيائية التي تهتم بقياسات الجسم مثل حجم الجسم وشكله وقوته وحركته ومرونته وقدرته على العمل، دائما ما يكون استخدام بيانات القياسات البشرية جزءا أساسيا من العملية لتحقيق التوافق الجيد بين قدرات البشر وتصميم المنتجات أو أماكن العمل، فبهذا يساعد استخدام بيانات القياسات البشرية في تطوير المنتج والإنتاج (Brolin, 2016)، وهذه البيانات تتأثر بعدة عوامل نذكر منها:

- **الملابس والأجهزة:** عادة ما تقاس الأبعاد الجسمية بدون ملابس أو الاحتفاظ بما هو جد خفيف منها فقط، وهذا من أجل إتباع معيار محدد وشامل بالنسبة لكل الدراسات من جهة، ومن جهة أخرى حتى ولو أخذت هذه القياسات بملابس معينة، فإن هذه الأخيرة تبقى تختلف من مهنة إلى أخرى، وعليه يجب التفطن لهذه الحقيقة المتعلقة بمختلف الملابس سواء منها العادية أو الخاصة بالمعدات والأجهزة الواقية، وهذا من أجل أخذها بعين الاعتبار، وإضافة ما يقابلها للبعد المعني مباشرة كلما استلزم الأمر ذلك، فعادة ما تتطلب البيئات الخاصة من المشغل ارتداء ملابس أو معدات واقية أو ذات أغراض خاصة، كما هو الحال بالنسبة للبيئات المتطرفة فيما يخص الحرارة، البرودة، الضوضاء، الإضاءة، الضغط... الخ، وهكذا تؤثر مختلف أنواع ملابس العمل العامة أو الخاصة على الأبعاد الجسمية بدرجات مختلفة، وأحسن مثال على ذلك ارتفاع كعب الحذاء وما يدخله من تغيير على طول القامة، وقد حاول بعض الباحثين وضع بعض التقديرات العامة للزيادة اللازمة الخاصة بالملابس العامة وبعض التجهيزات الخاصة لما يقابلها من أبعاد جسمية، كما لا يؤثر ارتداء الملابس

على الزيادة في الأبعاد الجسمية فحسب، بل يمكن أن ينقص من الحركة والقوة المفصلية، وكذا الدقة والمهارة. وبالتالي أداء بعض المهن التي تتطلب هذه الخصائص، فقد قام وولك وجماعته (1964) بتجربة على 17 فردا من أجل دراسة تأثير اللبس عن الأداء، حيث طبق على هؤلاء المفحوصين اختبار تركيب المسامير للمهارة اليدوية تحت الظروف التجريبية الثلاث التالية:

أ- اليدان بدون قفاز.

ب- اليدان بالقفاز العادية.

ج - اليدان بالقفاز الضاغطة.

وقد افترض الأداء بدون قفاز كمعيار يمثل نسبة 100% من الأداء، فدللت النتائج على أن الأداء بالقفاز العادي يؤدي إلى انخفاض الأداء إلى 65%، في حين أن استعمال القفاز الضاغطة يخفضه إلى نسبة 35%. (بوظيفة، 1996، ص.68)

- **الجنس:** على العموم يكون الذكور الراشدون أطول من الإناث الراشدات، لكن تجب الإشارة إلى أن الإناث اللائي يكون سنهن حوالي 12 سنة يكن على العموم أطول وأثقل من أقرانهن الذكور، لان الإناث يشهدن نموهن الأقصى بين سن 11 سنة و 13 سنة، حيث يزداد طولهن مقدار حوالي 04 سنتيمترات سنويا، أما الذكور فهم يشهدون نموهم الأقصى بين سن 13 سنة و 15 سنة، حيث يزداد طولهم بمقدار 05 سنتيمترات سنويا، تستمر الإناث في اظهار نمو واضح كل سنة إلى حوالي سن 17 سنة، أما نمو الذكور فيستمر في الظهور إلى غاية 20 سنة، وفي المتوسط فان الأبعاد الجسمية للأنثى تكون في حدود 92 % من الأبعاد الجسمية للذكر، مع العلم أن ثمة اختلاف في بعض الأبعاد الجسمية بين الذكور والإناث، إذا كانت الأبعاد جسمية للذكور أكبر من الأبعاد الجسمية للإناث، فان بعض الأبعاد كمحيط حوض ومحيط الفخذ تكاد تكون متساوية بين الجنسين، وفي بعض الأبعاد كسمك طبقات الجلد وغلظتها، تتجاوز قيم النساء قيم الرجال.

- **العرق:** من الملاحظ أن أجسام الأفراد من الأعراق المختلفة تتفاوت فيما بينها تفاوتاً واضحاً، وان ثمة اختلافات جمة بين شعوب العالم في كل من الطول القامة ووزن الجسم، ففي سبعينات القرن المنصرم بين (Roberts) أن أطول سكان العالم هم شعب الدينكا القاطنون في جنوب السودان، إذ يبلغ متوسط طول القامة لديهم حوالي 185 سم، وان اقصر شعوب العالم هم أقزام إفريقيا الوسطى، إذ يبلغ متوسط طول القامة لديهم حوالي 138 سم،

وفي العقد الأول من القرن الحادي والعشرين، ببين (Hedge) أن الهولنديين أصبحوا أطول سكان العالم، ونظرا لما يوجد من اختلافات بين شعوب العالم، فان اشبي (1979) بين أن الآلة التي تصمم لتتاسب حوالي 90% من الأمريكيين الذكور، تتاسب حوالي 90 % من الألمانين و 80 % من الفرنسيين و 65 % من الإيطاليين و 45 % من اليابانيين و 25 % من التايلنديين و 10 % من الفيتناميين. (مقداد، 2008، ص111)

- **السن:** تتغير أبعاد جسم الإنسان باستمرار منذ ولادته، وإن كانت هذه الزيادة قد لا تكون منتظمة في بعض الأحيان، فإن أغلب الأبعاد يكتمل نموها في حوالي سن 17 سنة بالنسبة للإناث، و 20 بالنسبة للذكور، وهذا خصوصا بالنسبة للقامة وطول بعض الأبعاد، غير أن وزن الجسم قد يزداد مع التقدم في السن، وكذا الحال بالنسبة لما يرتبط به من أبعاد جسمية كالعرض، العمق والمحيط، التي قد تستمر في التزايد طيلة العمر المتوسط (40 60 سنة) إلى أن تبدأ في الانخفاض في مرحلة الشيخوخة، وبما أن قامة الفرد مع الاقتراب من سن الشيخوخة تتناقص، لذا يقترح عدم الاعتماد على البيانات الخاصة بالشباب لتصميم مراكز عمل تستعمل في المصانع من طرف متوسطي السن سواء كانوا ذكورا أم إناثا، بل يجب الحصول على بيانات ممثلة لكل فئات المجتمع، كما يتم التصميم بناء على الفئة أو الفئات التي ستستعمل الشيء المراد تصميمه، وقد وجد أن الفروق في القامة والوزن بين فئة الأفراد الذين تتراوح أعمارهم ما بين 45 إلى 65 سنة، والذين هم في العشرين سنة كانت كالاتي:

- القامة (ذكور وإناث) = - 4 سم.

- الوزن (ذكور) = + 6 كلغ

- الوزن (إناث) = + 10 كلغ (بوظيفة، 1996، ص69).

- **التغير الجيلي:** يستخدم مصطلح التغير الجيلي لوصف التغيرات التي تحدث عبر مدة من الزمن في الأبعاد الجسمية للمجتمع الإنساني، ومن أهم هذه التغيرات زيادة طول قامة الجسم، حيث يرى كثير من علماء الانثروبومتريا من أمثال دامون ورفاقه (1977) وكرومر (1983) وفيزانت (1987) أن ثمة تغير جيلي في حجم الجسم البشري، ومما يدل على ذلك أن أطفال العصر الحاضر أطول من آبائهم، وإن البنات المدرعة لأفراد العصور السالفة لا تنسجم مع أفراد العصور الحاضرة، يتمثل هذا التغير في زيادة طول القامة ومعظم أبعاد الجسم الأخرى، وأسباب هذه الزيادة يردها الباحثون إلى تطور التغذية كما وكيفا، وإلى تحسن

برامج الصحة ونقص الأمراض الفتاكة والمعدية (مقداد، 1992، ص5)، وتمت دراسة التغييرات حجم جسم السكان، على مدى فترات زمنية ولوحظ مثلا أن حجم جسم مجندي الحرب العالمية الثانية كان أكبر من حجم جسد مجندي الحرب العالمية الأولى، وتشير دراسة حديثة أجرتها وزارة الصحة والتعليم والرعاية الاجتماعية الأمريكية في 1971-1974، إلى أن عدد الرجال والنساء الأطول نسبياً من أولئك الذين تم فحصهم في المسح الصحي الوطني 1960-1962، إن إدراك أهمية هذا التغيير في بيانات القياسات البشرية يتيح للمهندسين تصميم المعدات المختلفة وإنتاجها (JULIUS,& ZELNIK,1979)

كما لاحظ كثير من الباحثين أن البنية الجسدية للشعوب وخاصة في البلدان المتقدمة صناعيا قد ازدادت على ما كانت عليه قبل حوالي 150 سنة، تقدر الزيادة في القامة مثلا، بحوالي 01 سم في كل عقد زمني، كما لاحظوا أيضا أن القامة قد استقرت في البلدان سألقة الذكر لتدل على أن أجساد هذه الشعوب قد وصلت إلى السقف الذي كان من المفروض الوصول إليه والذي تحده الوراثة، ويرجع الباحثون هذه الزيادة إلى عاملين هما تحسن أساليب التغذية وتطور الرعاية الصحية. (مقداد، 2008، ص112)

الجانب الميداني

الفصل الثالث: الدراسة الاستطلاعية والأساسية

- 1- مجالات الدراسة
- 2- عينة الدراسة
- 3- منهج الدراسة
- 4- أدوات جمع المعلومات
- 5- الأساليب الإحصائية المستخدمة

تمهيد:

تعتبر أي دراسة استطلاعية في ميادين البحث العلمي أداة مهمة جدا لاستكشاف بيئة البحث الأساسي ووضع خطة طريق لدارسة مشكلته، وهذا ما يجعلها مميزة عن باقي الدراسات، كما أن باقي مراحل البحث تعتمد على مدى نجاح هذه المرحلة، فما توفره هذه الأخير من المعلومات للباحث خاصة فيما يخص العينة وبناء أدوات البحث من شأنه أن يساعد الباحث على بلورة مشكلته، كما تساعده أيضا في معرفة الظواهر المحيطة بموضوع البحث، فالدراسة الاستطلاعية ركيزة أساسية للانطلاق في البحث وتعمق في المشكلة حيث يرى اليوم انه لا يمكن لأي بحث علمي أن يتم إلا بالنزول لمكان المشكلة ومعاينتها قبل اعتماد المشكلة في صياغتها النهائية، فهذه الأداة معروفة بسرعتها وسهولة الحصول على المعلومات المطلوبة، وكلما استطلع الباحث الميدان كلما ساعده ذلك على جمع معلومات أكثر على مشكلته، كما أن تحديد المنهج الدراسة يعتمد على الدراسة الاستطلاعية، حيث يجب على الباحث في هذه المرحلة أن يرجع إلى الدراسات السابقة لمشكلة بحثه، وان يحتك بالمختصين والخبراء في ذلك الميدان، وكثير من الأحيان قد يحتاج الباحث أن يعيش في ذلك المجتمع لمدة زمنية من اجل الحصول على المعلومات لبلورة مشكلته.

وفي هذه الدراسة قام الطالب بمعاينة مسحية لبعض المزارع على مستوى ولاية الوادي، قصد تحديد المزارع التي تتوفر فيها شروط الدراسة، حيث كان الهدف من هذه الدراسة الوقوف على تطبيقات الهندسة البشرية بهذا المجال، حيث يقصد بتطبيقات الهندسة البشرية جانب القياسات الانتروبومترية لبعض المعدات الفلاحية المستعملة من طرف الفلاحين، والظروف الفيزيائية المتمثلة في الحرارة والضوء.

1- مجالات الدراسة:

1-1 المجال الزمني للدراسة: أجريت هذه الدراسة ابتداء من شهر ديسمبر 2020 إلى غاية شهر جوان 2021، لتتوقف خلال شهر جويلية وأوت 2021 لتستأنف خلال شهر سبتمبر 2021 إلى غاية نوفمبر 2021 .

أ- المجال المكاني للدراسة: تم إجراء الدراسة الاستطلاعية في مزرعة منقر عبد القادر وهي متواجدة في الطريق الوطني الرقم 16 الرابط بين ولاية الوادي وبلدية حساني عبد الكريم.

- التعريف بالمزرعة:

مزرعة الحاج منقر عبد القادر هي مزرعة تقع في منطقة فلاحية على جانب الطريق الوطني الرقم 16 الرابط بين ولاية الوادي وولاية تبسة وبلدية حساني عبد الكريم، كما تتربع المزرعة على مساحة تفوق 670.000.00 متر مربع، كما أن المزرعة مقسمة إلى قطع كل جزء مخصص لنوع من الزرع كالبطاطة والفلفل والبيوت البلاستيكية والطماطم والفول السوداني...الخ، ومساحة الأشجار النخيل ما يفوق 98.000.00 متر مربع، كما بها مصنع لإنتاج الدقيق والدقيق الكامل، وتنتج كذلك الأعلاف المختلفة للمواشي والدجاج.

وتحتوي أجزاء أخرى من إسطنبول يتم فيه تربية أنواع مختلفة من الحيوانات، يشتغل في هذه المزرعة ما يفوق 150 عامل بمختلف الأعمار، تم تدعيمها من طرف الكثير من الوزراء كان آخرها خزان ماء للسقي من الحجم الكبير المخصص للمزرعة والسقي، وتعرف المزرعة حيوية دائمة خلال فصول السنة الأربعة.

تعتمد المزرعة على الآلات الفلاحية المختلفة من الجراران والمحاريث وعربات خاصة للجرارات لنقل السماد وغيره، آلات الحفر اليدوية والآلات رش مبيدات اليدوية. تعتمد المزرعة على هيكل تنظيمي حيث بها مكتب المالية المسئول عن كل الحسابات المالية سواء المداخل أو المصاريف، كما بها مكتب المستخدمين المسئول عن تنظيم كل وثائق الخاصة بالعمال.

2- عينة الدراسة:

بما أن طبيعة الدراسة هو الكشف وتقييم مدى تطبيق مبادئ الهندسة البشرية في مجال الزراعة بولاية الوادي، فبعد القيام بعملية المسح لمختلف مراكز العمل، التي يتم العمل فيها في ظروف فيزيقية مختلفة طوال الفترة اليومية، واستعمال عديد من الآلات أثناء العمل، تم اختيار العينة بطريقة الحصر الشامل وتكونت من 152 عامل يشتغلون في مركز عمل مختلفة، حيث نذكر أن العينة تشمل فقط على العنصر الذكري (رجال)، أي غياب العنصر النسوي وهذا عائد لطبيعة العمل، والجداول التالية توضح خصائصها.

1-2 توزيع أفراد العينة حسن السن:

الجدول رقم (54): يمثل توزيع أفراد العينة حسب السن

النسبة %	تكرارات	السن
16.45%	25	20 إلى 25
21.00%	32	26 إلى 30
24.35%	37	31 إلى 37
20.40%	31	38 إلى 44
17.80%	27	45 إلى 51
100%	152	المجموع

نلاحظ من خلال الجدول أن أغلبية أفراد العينة من الفئة المتوسطة العمر، وهي تمثل أكبر نسبة حيث قدرة (24.35%) أي ما يعادل (37) عاملاً، وهي تمل الفئة العمرية من (31) إلى (37) سنة، لتكون بعدها الفئة العمرية التي تتراوح ما بين (26) إلى (30) سنة، وهي فئة الشبابية التي تقدر ب (21%) إلى ما يعادل (32) عاملاً وهي في نفس لرتبة مع الفئة العمرية ما بين (38) إلى (44) سنة حيث نجد أن عددهم (30) عاملاً أي بنسبة (20.40%)، ثم تليهم الفئة الكهول إلى تمثل الفئة العمرية من (45) إلى (51) سنة وهي تقدر بنسبة (17.80%) أي ما يعادل (27) عاملاً، في حين كانت الفئة العمرية ما بين (20) إلى (25) سنة الأقل نسبة حيث مثلت (16.45%) أي ما يعادل (25) عاملاً، وهذا يرجع إلى هذه الفئة الأقل إقبال على العمل لدى الغير في الزراعة ويميلون أكثر للأعمال الخدمات وكما أن هذه المرحلة الدراسة في الجامعة أو المعاهد أو التكوين المهني.

2-2 توزيع أفراد العينة حسن المستوى الدراسي:

الجدول رقم (55): يمثل توزيع أفراد العينة حسب المستوى الدراسي.

النسبة %	تكرارات	السن
29.61%	45	دون مستوى
22.37%	34	الابتدائي
24.34%	37	متوسط
17.10%	26	ثانوي
06.58%	10	جامعي
100%	152	المجموع

نلاحظ من خلال الجدول أن معظم أفراد العينة لهم مستوى اقل من الجامعي وخاصة الأفراد دون مستوى هذا راجع إلى طبيعة العمل الذي لا يتطلب مستوى من التعليم، حيث يتصدر في الرتبة الأولى بنسبة (29.61%) أي ما يعادل (45) عاملاً، ويأتي المستوى المتوسط في المرتبة الثانية بنسبة (24.34%)، أي ما يعادل (37) عاملاً، يليه المستوى الابتدائي بنسبة (22.37%) أي ما يعادل (34) عاملاً، وكان المستوى الثانوي في المرتبة قبل الأخيرة بنسبة (17.10%)، أي ما يعادل (34) عاملاً، وفي المرتبة الأخيرة المستوى الجامعي بنسبة (6.58%)، أي ما يعادل (10) عمال، وهذا يرجع إلى أن أفراد هذا المستوى يميلون أكثر إلى الأعمال مشابهة لتخصصهم في الجامعة، وقليل جداً ما يتم العمل في مجال الزراعة لدى الغير فكثيراً ما يحبون أن يعملوا في ممتلكاتهم الفلاحية الخاصة.

2-3 توزيع أفراد العينة حسن مراكز العمل:

الجدول رقم (56): يمثل توزيع أفراد العينة حسب مراكز العمل.

عدد المراكز	خصائصها	عدد العمال
30	جرار زراعي يجر عربة نقل المنتجات	112
	جرار زراعي يجر محراث	
	جرار زراعي يجر ناثرة سماد العضوي	
	جرار زراعي يجر غربال	
40	بيوت بلاستيكية	40

مراكز العمل:

1/ جرار زراعي يجر عربة نقل المنتجات: يعبر عن مراكز العمل التي يتم فيها حصد المنتج كالبطاطة والفول السوداني والطماطم وغيرها من المنتجات الزراعية الموسمية، كما أيضاً يستعمل في عملية زرع الأرض في نقل البذور الخاصة بعملية الزرع، حيث تم الملاحظة أن الجرار الزراعي يكون قريب جداً من العمال ليسهل عملية نقل المنتج إلى غرف التخزين.

2/ جرار زراعي يجر محراث: كما عبر مركز العمل هذا عن المركز اكتمل فيه عملية الحصد المنتج، ويتم حرث الأرض من جديد لتجهيزها لعملية الزراعة الجديدة حيث يكون مع الجرار عامل من أجل الإشراف على عملية الحرث الأرض وتوجيه السائق أثناء العمل لأي نقص أو تقصير في العمل.

3/ الجرار الزراعي يجر ناثرة سماد العضوي: ويشير إلى مراكز العمل التي انتهت من عملية حرث الأرض ويتم نثر الأسمدة العضوية بها، وذلك من أجل تحضير لعملية زراعتها من جديد، حيث أنه يجب أن يكون هناك مشرف لعملية نثر السماد العضوي لكي يتم التأكد بأن كل المساحة قد احتوت على الأسمدة وبالكميات الكافية،

4/ جرار زراعي يجر غربال: أما فيما يخص مراكز العمل هذه، فإنه يكون في بداية حصاد المنتج كالبطاطة والبقول السوداني، فيتم استعماله حتى نهاية عملية الحصاد فيقوم بغرلة مكان الزرع بشكل جيد لاستخراج المنتج من تحت الأرض، فيكون العمال من القرب منه لجمع المحصول ومراقبة عملية الغرلة لأنه قد يسبب تلف للمنتج إذا أصيبت الآلة بأي عطب، وتستعمل هذه الآلة في مرحلتين، الأولى التي تم ذكرها سابقاً أثناء جني المنتج، والمرحلة الثانية قبل بداية عملية حرث الأرض وذلك من أجل التأكد من أنه لم يبق بها أي محصول عالق.

أذا من خلال الجدول أعلاه نلاحظ أن مراكز العمل الخاصة بالبيوت البلاستيكية عدد العمال فيها لا يتغير طوال عملية دراسة الباحث حيث كان فيها 40 عامل يقومون بأشغال مختلفة منها استعمال المرشات اليدوية للمبيدات الكيميائية لمعالجة النباتات من الحشرات المسببة تلف للمنتجات، أما 30 مركز العمل المتبقية فتكون مختلفة حسب المواسم العمل في السنة فقد نجد أن 112 عامل يتوزعون في بعض الأحيان على مركزين مثل مركز العمل الخاص بجرار يجر غربال ومركز العمل الخاص بجرار زراعي يجر عربة نقل المنتجات، أو يتوزعون على ثلاث مراكز عمل، إذن يعتمد توزيع 112 عامل على حسب حاجتهم في المراكز الأربعة.

3- منهج الدراسة:

ليتمكن الباحث من الوصول وتحقيق أهداف بحثه ودراسته يتطلب ذلك اعتماد منهج علمي للكشف عن الحقيقة كانت غير واضحة أو غير معلومة، فمن أجل الحصول على المعلومات دقيقة ونظراً لطبيعة موضوعنا فإن المنهج المناسب هو المنهج الوصفي الاستكشافي، حيث يستعمل هذا في الدراسات لتحقق من مشكلة غير محددة بوضوح، وكذلك كون هذا المنهج أكثر ملائمة للبحوث والدراسات في المجالات العلوم الإنسانية والاجتماعية، إذن هذا المنهج يعتمد على المعرفة الجيدة لمشكلة البحث وجمع البيانات، كما يعمل الباحث أيضاً إلى تصنيف تلك البيانات وتفسيرها ليتوصل في النهاية إلى نتائج يمكن تعميمها، وتوصل الباحث

إلى معلومات في دراسة محل البحث يعتبر هذا هدف من أهداف هذا المنهج، كما يعتمد الباحث فيه على وصف الظاهرة المراد دراستها وصفا كيميا موضحا بذلك مقدار الظاهرة ودرجة ارتباطها بالظواهر الأخرى.

إذن تصبو هذه الدراسة إلى الكشف عن مدى تطبيق مبادئ الهندسة البشرية (الظروف الفيزيائية والقياسات الانتريومترية) في مجال الزراعة بولاية الوادي، وذلك بإجراء تقييم للوضع القائم في مجال الزراعة ومقارنته النتائج المتحصل عليها من الدراسة بمعايير الصحة والسلامة المهنية التي تضمن راحة العاملين.

لدراسة الموضوع تم النزول إلى الميدان واستخدام أدوات وتقنيات علمية متنوعة ومتكاملة، والتي قدمت لنا مجموعة من المعطيات الكمية حول متغيرات الدراسة.

4- أدوات جمع المعلومات:

من أجل الحصول على البيانات الضرورية لانجاز هذه الدراسة تم الاعتماد على مجموعة من الأدوات، والتي تمثلت فيما يلي:

4-1 الملاحظة المباشرة:

استعمل الباحث تقنية الملاحظة المباشرة كأداة لجمع المعلومات والبيانات عند وصف المهمة في جانبها الديناميكي، أي عند دراسة ووصف شكل والأدوات المستعملة في مراكز العمل المختلفة في البيئة الفلاحية، حيث تابع الباحث العمال في مراكز العمل لمدة 08 ساعات عمل في اليوم بالوقوف من القرب منهم والتنقل معهم ومتابعة وملاحظة وتسجيل العمليات التي يقومون بها كما تم التعرف على الآلات المستخدمة، كما يجب الإشارة إلى أن الملاحظة المباشرة كانت تتم في أيام مختلفة طوال مدة الدراسة.

4-2 جهاز قياس الضوضاء: وهو جهاز سونومتر (Sonometre C.A832) وهو عبارة

عن جهاز لقياس متوسط مستوى الضوضاء خلال فترة زمنية معينة حيث تم استعمال وفق الخطوات التالية:

- مسح أولي لتحديد مراكز العمل التي فيها ضوضاء.
- إجراء القياس لمدة 8 ساعات بحيث يتم وضع الجهاز على بعد متر واحد من مكان تواجد العمال وفي مستوى مرتفع يقدر ب 1.5 متر من سطح الأرض وتم أخذ القياسات عن عدة نقاط تمثل أماكن تواجد العمال.

3-4 الترمومتر: ولقد تم استخدامه لقياس درجة الحرارة السائدة في مراكز العمل، وذلك بوحدة درجة مئوية، وتم اخذ القياسات بالطريقة التالية:

- تم نزع الغطاء على الجهاز.

- نقوم بوضع الجهاز في نفس مستوى ارتفاع العين، وننتظر قليل ثم نبدأ في عملية قياس بحيث تأخذ درجة الحرارة بوحدة الدرجة المئوية ويرمز لها بالرمز (C°).

4-4 شريط قياس الطول: هو مقياس رقمي مدرج يستخدم لقياس الطول، ويستطيع القياس بدءاً من 1م، وهو شريط عليه علامات القياس، يُصنع من قماش أو معدن، ويؤخذ القياس من وضع الوقوف، حيث يكون وضع الذراعين على الجانبين.

- **طريقة أخذ القياسات:**

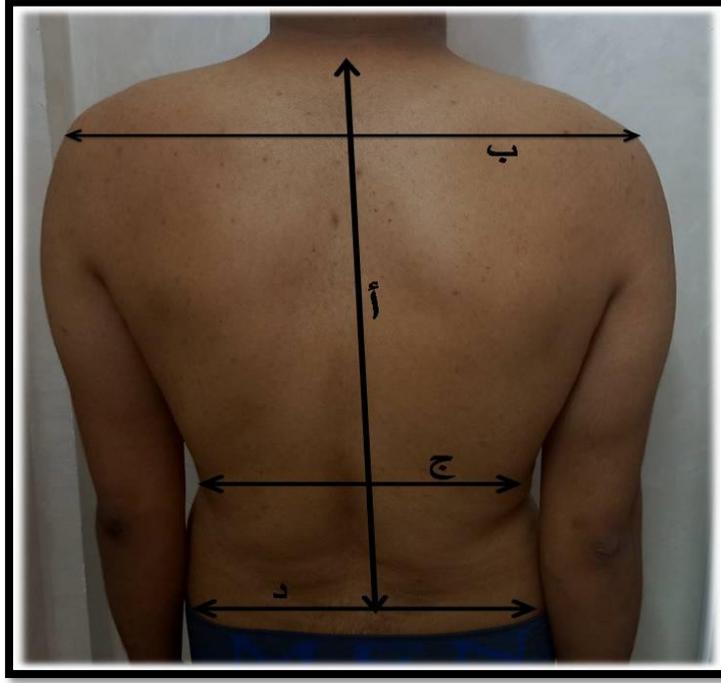
تفيد الدراسة الميدانية لرفع قياسات أجسام العمال في إمكانية استخدام نتائج متوسطات القياسات في تصميم آلات الرش اليدوية وفقاً للقياسات الجسمية مما يحقق الضبط والراحة أثناء الاستخدام والارتداء، خاصة وأن وان استعمالها بشكل يومي ولفترة طويلة، ولحل المشاكل التي تؤثر على أجسامهم من انحرافات وتشوهات في العمود الفقري، كما تساعد في حل مشاكل أرباب العمل أثناء شراء مثل هذه الآلات، كما تساهم في تطوير الصناعة والتصميم للسوق المحلي بما يتناسب مع أجسام العاملين.

أ- **قياس الطول حتى مستوي الأرداف** وهو عبارة عن البعد العمودي بين أعلى نقطة للأرداف إلى أسفل الرقبة، وذلك من الخلف لتحديد الطول الكلي لآلة الرش، بالإضافة إلى تحديد مكان تركيب حزام الأرداف ليساعد في توزيع حمل آلة الرش على جانب جسم العامل.

ب- **قياس عرض الظهر:** لتحديد عرض آلة الرش من أعلى بما يتناسب مع عرض ظهر العامل من الخلف.

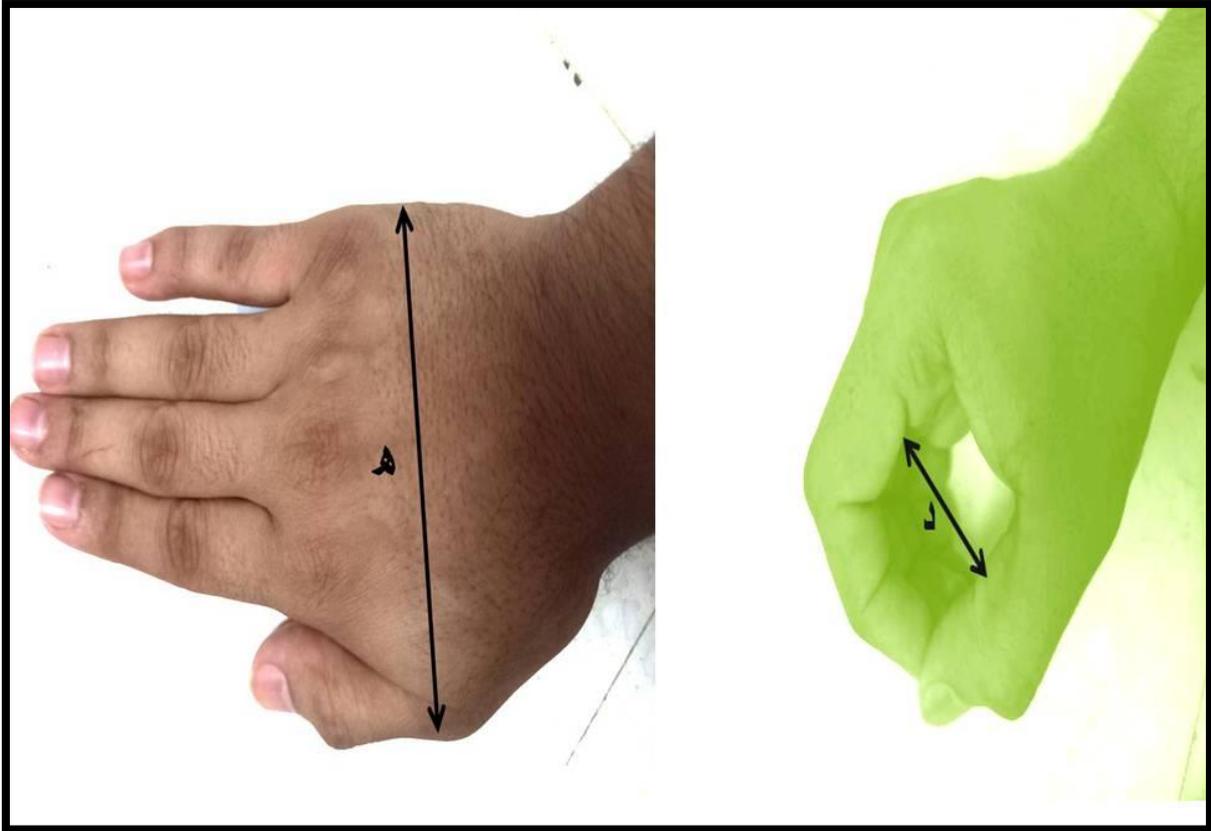
ج- **قياس عرض الوسط من الخلف:** لتحديد عرض آلة الرش من المنتصف بما يتناسب مع عرض وسط العامل.

د - **قياس عرض الأرداف من الخلف:** لتحديد عرض آلة الرش من أسفل بما يتناسب مع عرض أرداف العامل فلا تكون آلة الرش كبيرة على ظهر العامل.



الشكل رقم (16): يوضح كيفية أخذ القياسات الجسمية

هـ - قياس عرض اليد: ويتم ذلك بالقياس من طرف إصبع الإبهام إلى طرف إصبع الصغير وهو مضمومة، والتي يستعمل لمعرفة طول المقبض آلة المنجل أو السكين.
 د - قياس قطر مقبض اليد من الداخل: يتم ذلك عن طريق قياس القطر الداخلي لثنية الإصبع والإبهام، وتستعمل لقياس قطر المنجل.



الشكل رقم (17): يوضح كيفية أخذ القياسات الجسمية لمقبض اليد

5- الأساليب الإحصائية المستخدمة

في هذه الدراسة تم الاعتماد على برنامج SPSS في نسخته 22 لحساب كل من المتوسط الحسابي والانحراف المعياري.

المئينيات:

- المئيني (م05) = المتوسط الحسابي - (الانحراف المعياري * 1.64) ويستعمل لمعرفة القيم الصغرى

- المئيني (م50) = المتوسط الحسابي ويعني الأساس المنطقي لرسم معالم الحركة وإتمام العملية الحسابية

- المئيني (م95) = المتوسط الحسابي + (الانحراف المعياري * 1.64) ويستعمل لمعرفة قيم الكبرى.

حساب السعة: هي تعبر عن إحدى وحدات القياس الفيزيائية التي تقيس حجم السائل الموجود في جسم أجوف، والتي يرمز لها بالرمز (ل)، ويتم حسابها كالتالي:

الطول * العرض * الارتفاع (إذا كان الشكل مستطيل)

حيث أن:

$$01 \text{ سم}^3 = 01 \text{ مل} = 01 \text{ غ}$$

$$01 \text{ دسم}^3 = 01 \text{ ل} = 01 \text{ كلغ}$$

الفصل الرابع: دراسة النتائج وتفسيرها

1- عرض نتائج الدراسة

2- تفسير نتائج الدراسة

3- اقتراحات وتوصيات

1- عرض نتائج الدراسة

بعد تطبيق الدراسة على أفراد العينة في مزرعة منقر عبد القادر الواقعة بين الطريق الوطني رقم 16 في جزئه الرابط بين ولاية الوادي وبلدية حساني عبد الكريم، وبعد تحليل البيانات سنقوم بعرض النتائج المتوصل إليها من خلال الدراسة في الجداول التالية:

1-1 عرض نتائج المحيط الحراري: نتناول في هذا المحور النتائج الخاصة بدرجة الحرارة التي أجريت على عينة قوامها 112 عاملا، حيث سيتم عرض ما تم توصل إليه، وذلك باستعمال جهاز قياس درجة الحرارة.

جدول رقم (57): يبين درجات الحرارة في مراكز العمل.

الأشهر	الرطوبة	التوقيت	درجة الحرارة	عدد مراكز العمل أو عدد العمال
ديسمبر - جانفي - فيفري - مارس	%45	06.00 إلى 9.00	°C21	30
	%39	10.00 إلى 11.30	°C27	
		12.00 إلى نهاية الدوام	°C33	
أفريل - ماي - جوان	%10	متوسط كل أوقات الدوام	°C33	112 عامل
سبتمبر - أكتوبر - نوفمبر	%20	6.00 إلى 8.30	°C31	112 عامل
		9.00 إلى نهاية الدوام	°C33	112 عامل

عند وضع عدد المراكز في الجدول هذا يدل على أن كل المراكز المذكورة سابقا تعمل، أما عند وضع عدد العمال فان هذا يدل على انه ليس كل المراكز تعمل بل بعضها فقط، حيث أن المراكز التي تعمل بها كل العمال.

من خلال الجدول أعلاه، يتبين لنا أن متوسط درجة الحرارة كان متساوي خلال الأشهر أفريل وماي وجوان، وكذلك في شهر سبتمبر وأكتوبر ونوفمبر حيث كانت في حدود (33 °C)، خلال فترة الدوام الكاملة، حيث أن من المعروف في الأشهر هذه تعرف منطقة الوادي ارتفاع لدرجة الحرارة، كما أن خلال الفترة العمل كل من شهر ديسمبر وجانفي وفيفري ومارس تعرف مستوى درجة الحرارة ارتفاع في حدود (33 °C) في التوقيت العمل بعد منتصف النهار أي 12.00 إلى نهاية الدوام، فيما تكون في نفس الأشهر وفي التوقيت من 10.00 إلى 11.30 مستوى متوسط درجة الحرارة في المراكز العمل (27 °C)، أما خلال الفترة من بداية العمل على الساعة 6.00 صباحا إلى 9.00 صباحا وفي نفس الأشهر كان

متوسط درجة الحرارة مراكز العمل (21°C)، أما درجة الرطوبة فقد كانت 45% خلال شهر ديسمبر وجانفي وفيفري أي مستوى مريح، ولكن في باقي الأشهر كانت نسبتها منخفضة جدا حيث سجلت 10% في شهر افريل، ماي، جوان، ونسبة 20% في شهر سبتمبر، أكتوبر، نوفمبر، وهو مستوى غير مريح.

1-2 عرض نتائج مستوى الضوضاء: نتناول في هذا المحور النتائج الخاصة بمستوى الضوضاء التي أجريت على عينة قوامها 112 عاملا، حيث سيتم عرض ما تم توصل إليه، وذلك باستعمال جهاز قياس الضوضاء.

جدول رقم (58): يبين مستوى الضوضاء في مراكز العمل.

عدد العمال	مراكز العمل	متوسط مستوى الضوضاء
112	جرار يجر عربة نقل المنتجات	dB 95.6
	جرار يجر ناثرة سماد العضوي	dB 105.3
	جرار يجر غريال	
	جرار يجر محراث	

يظهر من الجدول (57) أن متوسط مستوى الضوضاء قد بلغت dB 105.3 في المراكز التي يتواجد فيها جرار يجر ناثرة سماد العضوي والجرار يجر محراث وجرار يجر غريال، بينما كان متوسط مستوى الضوضاء dB 95.6 في المركز الذي تتواجد فيها جرار يجر عربة نقل المنتجات، حيث أن عدد العمال الذين يشتغلون في هذه المراكز 112 عامل. وتنتج الضوضاء في مراكز العمل مباشرة عن الآلات، حيث تعتبر مستويات مرتفعة جدا، كما أن عملية التسجيل تمت في 04 نقاط، في كل مركز وتم ملاحظة أن النقطتين الأماميتين أكثر ارتفاع لمستوى الضوضاء من نقطتين الخلفيتين، ويتم حساب متوسط الضوضاء مركز العمل بجمع درجة النقاط الأربعة للقياس تقسم على أربعة.

1-3 عرض القياسات الجسمية:

أ- القياسات الجسمية للعمال الخاصة بتصميم خزان آلة رش المبيدات اليدوية:

للقياسات الانثروبومترية للعينة الإجمالية 109 عاملا في الفلاحة، حيث أنه تم اخذ القياسات لكل العمال الذين يتم تشغيلهم بمركز العمل الخاص بالبيوت البلاستيكية، وتم استبعاد العمال الذين لا يعملون فيها أبدا لأسباب متعددة منها كبر السن، وعدم الرؤية بشكل واضح والذين يعانون من أمراض الصدر لأنه يتم التعامل مع المواد الكيميائية، حيث تم

استبعاد 43 عامل، وللإشارة إن آلة رش المبيدات اليدوية تستعمل فقط في مراكز العمل الخاصة بالبيوت البلاستيكية أما باقي المراكز بلا يتم فيها ذلك، وكانت النتائج كالتالي:

الجدول رقم (59): يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والمئينيات للأبعاد الأنثروبومترية للعمال.

المئينيات		الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	الأبعاد
م 95	م 05			
65.40	47.05	5.60	56.23 سم	الطول حتى مستوى الأرداف
65.09	40.30	7.56	52.70 سم	عرض الظهر
41.50	35.90	1.86	38.95 سم	عرض الوسط من الخلف
46.67	42.57	1.26	44.64 سم	عرض الأرداف من الخلف

من خلال الجدول يتضح لنا أن المتوسط الحسابي لبعد الطول حتى مستوى الأرداف كان (56.23 سم)، فيما كان متوسط عرض الظهر للعمال (52.70 سم)، ومتوسط عرض الوسط من الخلف كان (38.95 سم)، فيما كان متوسط عرض الأرداف من الخلف (44.64 سم)، فتعد هذه القياسات الرئيسية عند تصميم أبعاد خزان آلة رش المبيدات اليدوية.

ب- قياس الأبعاد الخاصة بخزان آلة رش المبيدات اليدوية: تم قياس الأبعاد الأولية لخزان آلة رش المبيدات اليدوية لثلاث أنواع متواجد في المراكز العمل الخاصة بالبيوت البلاستيكية، وذلك للتأكد من القياسات، والتي كانت لها نفس القياس لكل الأبعاد، وهي موضحة في الجدول التالي:

الجدول رقم (60): يبين قياس للأبعاد خزان آلة رش المبيدات اليدوية.

الأبعاد	الحجم (سم)
طول خزان آلة رش المبيدات	33.50 سم
عرض خزان آلة رش المبيدات	13.00 سم
ارتفاع خزان آلة رش المبيدات	39.00 سم
الوزن	16.98 كغ

نلاحظ من خلال الجدول أن طول خزان آلة رش المبيدات قد بلغ (33.50 سم)، فيما بلغ مقياس عرض خزان آلة رش المبيدات (13.00 سم)، أما ارتفاع خزان آلة رش المبيدات كان (39.00 سم)، فيما كان وزن الخزان الآلة 16.98 كغ. والشكل التالي يوضح كيفية اخذ أبعاد خزان آلة رش المبيدات اليدوية.



الشكل رقم (18): يوضح كيفية اخذ أبعاد خزان آلة رش المبيدات اليدوية.

ج- مقارنة القياسات الجسمية للعمال والأبعاد الخاصة بخزان آلة رش المبيدات اليدوية:

الجدول رقم (61): يبين الفرق بين قياس للأبعاد خزان آلة رش المبيدات اليدوية وقياسات

الانثروبومترية لأبعاد الجسمية للعمال.

الفرق	قياسات أبعاد خزان آلة رش المبيدات	قياسات الانثروبومترية لأبعاد الجسمية للعمال
19.20 سم	طول خزان آلة رش المبيدات	عرض الظهر
05.45 سم		عرض الوسط من الخلف
11.14 سم		عرض الأرداف من الخلف
06.74 سم	عرض خزان آلة رش المبيدات	العرض المثالي = ارتفاع / 16 * الطول
17.23 سم	ارتفاع خزان آلة رش المبيدات	الطول حتى مستوى الأرداف
0.98 كغ	وزن سائل خزان آلة رش المبيدات	الوزن = 16 كغ

العرض المثالي = ارتفاع / 16 * طول

حيث أن: 16 كغ: الوزن المثالي لخزان آلة رش المبيدات وذلك حسب الدليل الإرشادي

للآلات الرش

الارتفاع: متوسط الحسابي لطول حتى مستوى الأرداف.

الطول: (متوسط الحسابي لعرض الظهر + متوسط الحسابي عرض الوسط من الخلف +

متوسط الحسابي عرض الأرداف من الخلف) / 3

$$\begin{aligned} \text{العرض المثالي} &= 56.23 * 45.43 / 16 \\ &= 2554.50 / 16 = 16 \text{ كلغ} = 16 \text{ ل} = 16000 \text{ مل.} \\ &= 2554.50 / 16000 \\ &= 06.26 \text{ سم.} \end{aligned}$$

إن يتضح من خلال الجدول أن الفرق بين عرض الظهر وطول خزان آلة رش المبيدات اليدوية هو (19.20 سم)، والفرق بين عرض وسط من الخلف وطول خزان آلة رش المبيدات اليدوية هو (05.45 سم)، والفرق بين عرض الأرداف من الخلف وطول خزان آلة رش المبيدات اليدوية هو (11.14 سم)، أما عند مقارنة العرض المثالي وعرض خزان آلة رش المبيدات اليدوية فكان الفرق (06.74 سم)، فيما كان الفرق بين الطول حتى مستوى الأرداف وارتفاع خزان آلة رش المبيدات (17.23 سم)، والفارق بين الوزن المثالي ووزن خزان آلة رش المبيدات (0.98 كغ).

د - القياسات الجسمية للعمال الخاصة بتصميم مقبض المنجل: للقياسات الانثروبومترية للعينة الإجمالية 152 عاملا في الفلاحة، حيث أنه تم اخذ القياسات لكل العمال الذين يتم يشغلون بجميع مراكز العمل باعتبار أن هذه الأداة يتم استعمالها بكل مراكز العمل، وكانت النتائج كالتالي:

الجدول رقم (62): يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والمئينيات للأبعاد الأنثروبومترية للعمال.

المئينيات		الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	الأبعاد
م 95	م 05			
11.32	10.17	0.35 سم	10.75 سم	عرض اليد
3.49	2.93	0.17 سم	03.21 سم	قطر مقبض اليد من الداخل

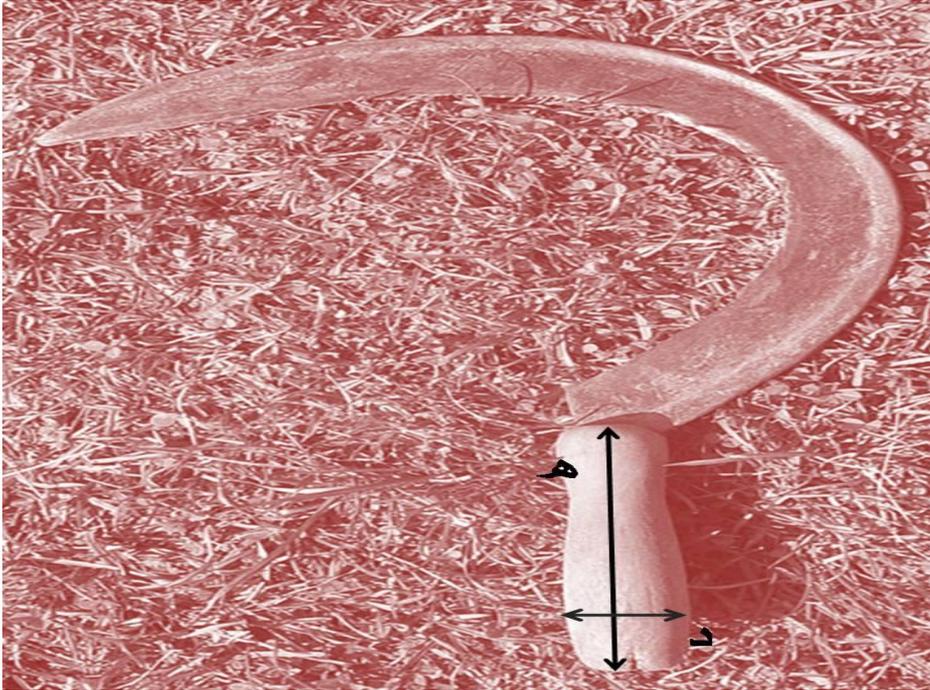
من خلال الجدول يتضح لنا أن المتوسط الحسابي لبعده عرض اليد كان (10.75 سم)، فيما كان متوسط قطر مقبض اليد من الداخل (3.21 سم).

هـ - قياس الأبعاد الخاصة بمقبض المنجل: تم قياس الأبعاد الأولية مقبض المنجل حيث كانت جميعا من نفس النوع متواجد في المراكز العمل، وذلك للتأكد من القياسات، والتي كانت لها نفس القياس لكل الأبعاد، وهي موضحة في الجدول التالي:

الجدول رقم (63): يبين قياس للأبعاد مقبض المنجل.

الأبعاد	الحجم (سم)
طول المقبض	15.40 سم
قطر المقبض	03.10 سم

نلاحظ من خلال الجدول أن طول مقبض المنجل قد بلغ (15.40 سم)، فيما بلغ مقياس قطر مقبض المنجل (03.10 سم). والشكل التالي يوضح كيفية اخذ أبعاد مقبض المنجل.



الشكل رقم (19): يوضح كيفية اخذ أبعاد مقبض المنجل.

ج- مقارنة القياسات الجسمية للعمال والأبعاد الخاصة بمقبض المنجل:

الجدول رقم (64): يبين الفرق بين قياس للأبعاد مقبض المنجل وقياسات الانثروبومترية لأبعاد الجسمية للعمال.

الفرق	قياسات أبعاد مقبض المنجل	قياسات الانثروبومترية لأبعاد الجسمية للعمال
04.65 سم	طول المقبض	عرض اليد
0.11 سم	قطر المقبض	قطر مقبض اليد من الداخل

إذن يتضح من خلال الجدول أن الفرق بين عرض اليد وطول مقبض المنجل هو (04.65 سم)، والفرق بين عرض وسط من الخلف وطول خزان آلة رش المبيدات اليدوية هو (05.45 سم)، والفرق بين قطر مقبض اليد من الداخل قطر المقبض المنجل هو (0.11 سم).

2- تفسير نتائج الدراسة:

تعد الهندسة البشرية اليوم من أهم العلوم التطبيقية شهرة في مجتمعات الصناعية والخدمات في العالم، حيث يساعد على إنشاء للعديد من سياسات وأنظمة الإدارة والهندسة، بطبيعة الحال فإن الهندسة البشرية الحديثة واسعة جدًا ومتطورة مقارنة بالماضي ولا تزال قيد نمو ومنتشرة في مختلف مجالات العلوم التطبيقية لإدارة المنظمات، والغرض من تطبيقها هو الوصول إلى حالة من الانسجام بين الموظفين والبيئة والآلة وكذلك المنظمة، في هذه حالة يكون الإنتاج والإنتاجية بشكل كبير، وتجمع الهندسة البشرية كل من علم النفس وعلم وظائف الأعضاء للإنسان في مكان العمل، كما يمكن النظر إليه على أنه نظام معقد بين الإنسان والآلة والبيئة، وتظهر التجارب أن الهندسة البشرية هي عامل مهم وفعال لإنشاء مكان عمل مناسب من خلال تطبيقاتها، وزيادة الرضا لدى العمال وزيادة إنتاجية المنظمة، وتلعب الهندسة البشرية دورًا رئيسيًا في تحديد أسباب الحوادث والتقليل منها (Taghipour et al, 2015)، وتعد درجة الحرارة ومستوى الرطوبة إحدى مجالات الهندسة البشرية التي لها تأثير في بيئة العمل، حيث انطلقت هذه الدراسة من تساؤل مفادها: **مدى تطبيق مبادئ الهندسة البشرية للحد من آثار الظروف الفيزيائية للعاملين في مجال الزراعة بولاية الوادي؟**، لقد بينت نتائج القياسات الفيزيائية، أن العديد من المراكز تتسم بعدم مطابقة ظروفها الفيزيائية لما هو مطلوب للعمل، فمن خلال مقارنة مستوى النتائج المتحصل عليها لدرجة الحرارة بالمراكز العمل محل الدراسة، في فترات مختلفة من السنة، وكذلك اختلاف أوقات القياس في نفس اليوم، إلا أن متوسط درجة الحرارة في الفترة الصباحية وبالضبط من الساعة 6 صباح إلى غاية 9 صباحا في كل من شهر ديسمبر وجانفي وفيفري ومارس، كانت 20°C وهو مستوى مقبول يتماشى مع نشاط العمل في وضعية الوقوف متوسط الصعوبة، حيث تتراوح درجة الحرارة المقبولة من 17 إلى 22 درجة مئوية، كما كانت درجة الرطوبة 45 %، وهي قيمة مناسبة ومريحة مقارنة بالمجال المعياري المريح (40 إلى 70 %) ويرجع ذلك إلى طبيعة المناخ في هذه الأشهر يكون جيدة ومناسب من ناحية البرودة والحرارة، ويؤكد (Kenneth et al, 2011) في دراستهم حول الأمراض المرتبطة بالحرارة بين عمال المزارع لدى المهاجرين أن العمال الذين يعملون في مهن خارجية مثل الزراعة معرضون للبيئات الحارة والرطوبة التي تعرضهم لخطر الجفاف والأمراض المرتبطة بالحرارة، حيث يواجه أخصائيو الصحة المهنية تحديات خاصة عند التعامل مع الأمراض والإصابات

المهنية للعمال الزراعيين، فالأمراض المرتبطة بالحرارة والرطوبة تمثل تحديًا خاصًا، لأن هؤلاء العمال غالبًا ما يترددون في الإبلاغ عن أي إصابة أو مرض متعلق بالعمل، حيث يكون عملهم في ظل ظروف مناخية شديدة الحرارة والرطوبة، وعندما يكون العمل البدني الشاق والهواء المحيط شديد السخونة أو الرطوبة يسبب هذا منع تبخر العرق، ويضعف التبادل الحراري بين جسم الإنسان والهواء وفي ظل ظروف العمل هذه يصعب ارتداء معدات الحماية الشخصية، وبسبب عدم الإدراك للأمراض المرتبطة بالحرارة والرطوبة، قد لا يتعرف الأفراد على الأعراض ولا يشعرون بأنهم مضطرون لاستهلاك سوائل كافية، لمساعدة العمال والمشرفين في التعرف على الأعراض المرتبطة بالحرارة، يجب التدريب العمال والمشرفين، كما يحتاج أرباب العمل إلى توجيه لمعرفة علامات وأعراض الأمراض المرتبطة بالحرارة في كل موسم حصاد، يمكن تقليل مخاطر الإجهاد الحراري من خلال توفير الماء الكافي أثناء عمل المزارعين، يسلط الجدول التالي الضوء على بعض الأمراض الرئيسية المرتبطة بالحرارة لعمال المزارع.

الجدول رقم (65): بعض الأمراض الرئيسية المرتبطة بالحرارة.

الأمراض	أسبابها	علاجها
تشنجات حرارية	تتعلق باستنفاد الأملاح في الجسم	يجب راحت العامل وشرب السوائل كالمشروبات الرياضية
إغماء حراري	نتيجة للتعرض للشمس بشكل أفقي فقدان الشعور بالوعي قد يكون مقدمة لضربة الشمس	يجب فوارا تبريد الجسم بالكمادات المبللة والتهوية الجيدة وكذلك شرب الكثير من السوائل
الإنهاك الحراري	بسبب الجفاف الشديد وتكون أعراضه التعب الشديد والدوار والغثيان والقيء والصداع وتعرق الشديد	يجب تحريك الفرد بعيدا عن الحرارة وتوفير السوائل بشكل كبير، وإزالة الملابس وتوفير التهوية وتبريد الجسم
ضربة الشمس	تكون درجة حرارة الجسم 104 فهرنهايت أو أكثر، ووحدها تقبل آليات التكيف مع الحرارة ويتوقف التعرق ويصبح الجلد احمر وجاف وساخن عند لمسه وقد يكون في غيبوبة	يجب نقله مباشرة إلى المستشفى

ولقد كان مركز الصحة والسلامة الزراعية الذي تم تطويره يستخدم قاعدة نصف النصف من حيث استهلاك السوائل، ويعني اشرب نصف لتر كل نصف ساعة، وكإجراء وقائي مهم آخر لتقليل الإجهاد الحراري هو جدولة العمل بحيث يحدث حصد المحاصيل خلال الأوقات الباردة من اليوم (على سبيل المثال، البدء في الصباح الباكر). يجب إعطاء العمال الفرصة لتبريد بشرتهم بقطعة قماش مبللة في الطقس شديد الحرارة والرطوبة.

كما توصلت دراسة (Yuping, Neng, 2013) إلى أن درجات الحرارة المرتفعة والرطوبة في بيئة العمل تؤثر بشكل كبير على صحة وسلامة العامل، ويشير تحليل سلسلة المراجع إلى أن نظام التمثيل الغذائي ونظام القلب والأوعية الدموية والجهاز التنفسي تتأثر بعوامل ارتفاع درجة الحرارة والرطوبة، حيث أن الزيادة في درجة الحرارة تؤدي إلى الزيادة الكبيرة في استهلاك الطاقة واستهلاك الأكسجين، وفشل القلب، والاستجابات الفسيولوجية الأخرى.

ويزداد استهلاك الطاقة في جسم الإنسان مع بداية ارتفاع درجة الحرارة والرطوبة، حيث تتعرض الأجسام إلى حمل حراري خطير، يشير الاستهلاك بشكل أساسي إلى ثلاث نقاط وهي:

- 1- زيادة عالية نظام الدورة الدموية الناجم عن نقل الدم إلى سطح الجسم لإخراج الحرارة
- 2- زيادة غدد التعرق الناتجة عن كمية كبيرة من تبخر العرق.
- 3- وزيادة درجة حرارة الجسم.

وتشير دراسة (Subhashis et al, 2013) التي كانت حول التعرض للحرارة، الإجهاد القلبي وإنتاجية العمل في حصادات الأرز في الهند: الآثار المترتبة في مستقبل على تغير المناخ، إلى أن التعرض المفرط للحرارة في مكان العمل يؤدي إلى مخاطر الإصابة بضربة شمس، كما أنه يحد من قدرة العمال على تحمل النشاط البدني، بينما تعد العلاقة الكمية بين الحرارة وإنتاجية العمل أساسًا لتقييم تأثير تغير المناخ، فقد تم قياس التعرض للحرارة كل ساعة في حقول الأرز في غرب البنغال، ولقد تم تسجيل المشاكل الصحية عبر مقابلة مع 124 من حاصدي الأرز، في مجموعة أخرى تم تسجيل معدل ضربات القلب كل دقيقة في حالة عمل، كما تم تسجيل إنتاجية العمل كناتج جمع حزمة الأرز بالساعة، وكانت مستويات الحرارة من 26-32 درجة مئوية (عند درجات حرارة الهواء 30-38 درجة مئوية)، حيث كانت تتجاوز المعايير الدولية، فقد أبلغ معظم العمال عن الإرهاق والألم أثناء العمل في الأيام الحارة، كما تراجع معدل ضربات القلب بسرعة في درجات الحرارة المنخفضة، ولكن

بشكل أبطأ عند درجات الحرارة المرتفعة، مما يشير إلى إجهاد القلب، كما كانت تراجع عدد حزم الأرز التي تم جمعها في الساعة بشكل كبير عند درجة حرارة أكبر من 26 درجة مئوية (بمعدل تراجع حوالي 5% لكل زيادة بدرجة مئوية)، وخلصت الدراسة إلى أن التعرض للحرارة العالية في الزراعة تسبب في إجهاد حراري وخفض الإنتاج.

وتتفق نتائج دراستنا مع دراسة اوبراهم وبوظريفة (2014) التي كانت بعنوان واقع الظروف الفيزيائية بالمؤسسة الصناعية الجزائرية والتي توصلت إلى أن نسبة 65.33% من مراكز تتميز برطوبة اقل من 40% مما يسبب أمراض مختلفة، كما تتفق نتائج هذه أيضا مع دراسة كحلوش (2014) التي كانت حول التعرف على ظروف العمل الفيزيائية المتمثلة في المحيط الحراري، الضوضاء، الإضاءة والاهتزازات وأثرها على صحة العامل، حيث توصلت أنه يمارس المحيط الحراري السائد في وحدة الإنتاج (ورشة الخشب، ورشة الألواح وورشة معالجة المساحات (الطلاء) بالمؤسسة الوطنية المتزعمة لصناعة الأثاث تابوكرت بتيزي وزو آثار سلبية على صحة العمال، كما عبر العمال على ارتفاع مستوى درجة الحرارة والتي كانت نسبتهم (57.5%).

وتعتبر درجة الحرارة والرطوبة عاملين مؤثرين في عوامل بيئة العمل التي بدورها تؤثر على سلامة العامل، تظهر نتائج العديد من الدراسات أن ارتفاع درجة الحرارة والرطوبة العالية لهما تأثيرات كبيرة على سلامة بيئة العمل، ففي مجال البناء تزيد العديد من العوامل المساهمة من خطر الإصابة بالأمراض المرتبطة بالحرارة، ويشمل هذا الاستخدام المستمر للآلات والأدوات التي تعمل بالطاقة، والعمل على الأسطح المرتفعة، والتعرض المستمر والمباشر لأشعة الشمس، من عام 2003 إلى عام 2008، سجل الولايات المتحدة 196 حالة وفاة مرتبطة بالحرارة، كما أظهر استبيان تم توزيعه على 115 عامل يباني في فصل الصيف لدراسة الأعراض المرتبطة بالحرارة، أفاد ما يصل إلى 63.7% من العمال بأنهم يشعرون بالعطش المستمر في العمل، تليها 42.2% أفادوا بشعورهم بالإرهاق، و13.2% يشعرون بالصداع، و11.8% يشعرون بالدوار، هذه الأعراض تتفق مع فرضية أن التعرض للحرارة قد يزيد من خطر الإصابة بحوادث العمل، في تايوان أفاد عمال البناء أنهم يعانون من إجهاد حراري شديد بسبب العمل في مناطق تعاني من ارتفاع درجة الحرارة، ووفقاً للبيانات المعهد الوطني الأمريكي للسلامة والصحة المهنية بين عامي 1983-2001، فإن

معظم الحالات المرض الحراري في المناجم حدثت خلال ساعات النهار بدلاً من ساعات الليلية، فهذا أمر متوقع نظراً لارتفاع درجات حرارة الهواء خلال النهار.

إن التعرض الشديد للحرارة المرتبط بالطقس يضع الكثير من العمال في خطر متزايد من الإصابة بالأمراض المرتبطة بالحرارة، حيث يتعرض العمال الذين يمارسون نشاطاً بدنياً مكثفاً للغاية تحت أشعة الشمس وفي الهواء الطلق، للإجهاد الحراري أثناء ارتفاع درجة الحرارة، إذ يرتبط عدد إصابات العمل ارتباطاً إيجابياً بزيادة درجة الحرارة، ولكن تجدر الإشارة إلى أن الأمراض المرتبطة بالحرارة لا يتم الإبلاغ عنها وذلك يرجع للأسباب التالية:

- 1- كثيراً ما تكون مثل هذه الأعمال للعاملين لحسابهم الخاص فلا يتم الإبلاغ عنها
- 2- لا يتقدم بعض العمال المصابين بإصابات بطلبات التعويض، لأن جزء من أمراض الحرارة يتعافى الأفراد منها من خلال العلاج والراحة دون دخول المستشفى.

3- نظراً لأن التعرض للحرارة يمكن أن يؤدي إلى تفاقم الحالات المرضية، فقد يسبق المرض أو الموت بسبب التعرض للحرارة أمراض أخرى ويتم الإبلاغ عنها على أنها أمراض أخرى غير أمراض الحرارة، بالإضافة إلى ذلك تختلف المعايير المستخدمة لتحديد أمراض الحرارة والموت إلى حد كبير، مما أدى إلى سوء التصنيف، بشكل عام يجب أن ندرك أن الخطر المحتمل الكبير للإصابة والحوادث المرتبطة بالحرارة قد يتم إخفاؤه من خلال عدم تقدير عدد الأمراض والوفيات المرتبطة بالحرارة، ومع زيادة وتيرة وشدة الطقس الحار للغاية بسبب تغير المناخ، يمثل التعرض للحرارة في مكان العمل تحدياً متزايداً لإصابات العمال والأمراض المرتبطة بالحرارة، فيتعرض العمال الذين يشتغلون في الأعمال اليدوية للحرارة الشديدة التي بدورها تسبب الإجهاد الحراري، خاصة بالنسبة للعمال في البلدان منخفضة الدخل في المناطق الاستوائية. يشمل هؤلاء العمال المزارعين وعمال البناء ورجال الإطفاء وعمال المناجم (Jianjun et al, 2014)

كما توصلت دراسة (Xiaodong et al, 2016) التي كان الغرض منها تزويد الممارسين الصناعيين بفهم أفضل لتأثيرات ظروف درجات الحرارة المرتفعة على إنتاجية عمال البناء، حيث يمكن أن تساعد هذه المعلومات في وضع خطط لمنع إصابات الإجهاد الحراري وتساعد على تحسين السلامة والراحة في بيئات عمل عمال البناء، تم قياس بيانات درجة الحرارة في الموقع وقياس كمية إنتاج العمال المتعلقة بوقت العمل في مشروعين يشتملان على 16 عاملاً في البناء، وكانت الدراسة في صيف 2014 في بكين، تم تحديد الفترة من

14:00 إلى 15:00 على أنها الأكثر خطورة على العمال طوال اليوم، وتم تحديد الفترة من 07:00 إلى 09:00 على أنها أقل الأوقات خطورة، والتي كانت فيها درجة الحرارة في حدود 25 درجة مئوية، تم كذلك تحليل البيانات الخاصة بكميات الإنتاج التي تم جمعها. أظهرت نتائج أن البيئات ذات درجة الحرارة المرتفعة تقلل من إنتاجية العمل، مع انخفاض وقت العمل بنسبة 0.57% وزيادة نسبة وقت الخمول 0.74% عند زيادة درجة الحرارة بمقدار 01 درجة مئوية، وتنخفض إنتاجية العمال في البيئات ذات درجات الحرارة المرتفعة في الهواء الطلق بسبب تقليل العمال تلقائيًا لنشاطهم لمنع أجسامهم من توليد حرارة زائدة، بالإضافة إلى ذلك تنعكس الآثار الجانبية للعمل في بيئات شديدة الحرارة في التأخير، والتهيج، والقلق، وانخفاض الحماس في العمل اليومي، وبشكل عام أظهرت النتائج أن البيئة ذات درجات الحرارة المرتفعة تفرض ضغطاً حرارياً على جسم الإنسان وتقلل من إنتاجية العمل في صناعة البناء.

وانتقلت نتائج دراستنا أيضاً مع دراسة حمدادة (2017) التي كانت تحت عنوان دراسة ارغونومية للظروف الفيزيائية وعلاقتها بحوادث العمل، حيث أكدت أن في فصل الشتاء كانت درجة الحرارة والرطوبة مناسبة ومريحة، كما انه في نفس الأشهر ارتفعت درجة الحرارة وذلك منذ ساعة 10 صباحاً إلى غاية نهاية الدوام، وتراوحت من 27 درجة إلى 33 درجة مئوية وهي مستويات غير مريحة وليست مناسبة للعمل في مثل هذه الأعمال، كما كانت درجة الرطوبة 39 % وهي قيمة غير مريحة مقارنة بالمجال المعياري المريح (40 إلى 70%) ويرجع ارتفاع درجة الحرارة إلى أن في منتصف النهار ترتفع درجة الحرارة وخاصة في البيئة الفلاحية حيث تكون أشعة الشمس مباشرة فوق رؤوس العمال وطبيعة المنطقة بوقوعها في الجنوب، كما تعرف أيضاً باقي الأشهر ارتفاع درجة الحرارة حيث تراوحت من 31 درجة مئوية إلى 33 درجة مئوية وهي مستويات غير مناسبة وغير مريحة مقارنة بالمجال المعياري من 17 إلى 22 درجة مئوية، كما بينت قياسات الرطوبة في الدراسة الحالية على 30 مركز عمل أن نسبة الرطوبة منخفضة مقارنة بما هو مطلوب في مراكز العمل، والتي يجب أن تتراوح بين 40 % إلى 70% فقد بينت النتائج أن جميع المراكز تتميز برطوبة منخفضة جداً مما يسبب جفاف الفم والأنف والعينين والتسبب في الحكة للجسم.

وانتقلت نتائج هذه الدراسة أيضا مع دراسة (Kwasi et al, 2017) لتقييم تعرض المزارعين للحرارة بشمال غانا، حيث تشكل المخاطر الصحية البيئية التي يواجهها المزارعون كالتعرض للإجهاد الحراري الشديد، مصدر قلق متزايد بسبب تغير المناخ العالمي، ولا سيما في البلدان النامية، ففي مثل هذه البيئات يعتبر المزارعون من المعرضين لخطر التعرض للحرارة البيئية، وبتزايد الوضع بسبب أساليب الزراعة الخاصة بهم التي تتطوي على استخدام المعدات البدائية والعمل اليدوي الشاق، الذي يتم تحت أشعة الشمس في ظل ظروف حارة ورطبة، وكانت الدراسة من يناير إلى ديسمبر، تم استعمال جهاز لقياس درجة الحرارة والرطوبة ومراقبة الإجهاد الحراري، وذلك أثناء عملهم وقيامهم بتنفيذ إجراءات الزراعة العادية، تتمتع الأجهزة بالقدرة على قياس درجة الحرارة والرطوبة بشكل متكرر ودقيق وآمن على مدى فترات طويلة، حيث سجل الجهاز ذروة درجة حرارة في بيئة عمل المزارعين من 33 إلى 38.1 درجة مئوية خلال منتصف النهار من مارس إلى أكتوبر وانخفض إلى 14.0 و 23.7 درجة مئوية في الصباح الباكر خلال هذا الموسم، وتوصلت الدراسة إلى أن المزارعون الذين يقومون بعمل يتطلب جهدًا بدنيًا في الهواء الطلق يتعرضون لخطر المعاناة من عواقب صحية خطيرة، ويعتبر التعرض للحرارة أحد أخطر المخاطر الصحية التي يمكن أن تخنق وتيرة عمل المزارعين وتؤثر في النهاية على قدرتهم على العمل والإنتاج، وأوضحت الدراسة أن أكثر من 90% من المزارعين الذين شملهم الاستطلاع في منطقة الدراسة عبروا عن تأثيرات الحرارة على صحتهم.

كما تشير أيضا دراسة (Surabhi et al, 2018) التي كانت حول تأثير الإجهاد الحراري على المزارعين، إلى أن عمال المزارع يقوم بعمل شاق بشكل مستمر في ظل ظروف الطقس القاسية، ويعد معرفة المزارعين فيما يتعلق بالحرارة وتغير المناخ شرطًا أساسيًا لتنفيذ استراتيجيات لحمايتهم من تغير المناخ، وتم استخدام مؤشر الحرارة لتقييم ظروف الحرارة بينما تم أيضًا قياس العمليات الفسيولوجية المختلفة للعمال مثل معدل ضربات القلب وضغط الدم وما إلى ذلك لمعرفة تأثير الحرارة الزائدة على صحتهم، وجد أن ارتفاع مؤشر الحرارة أدى إلى ارتفاع معدل ضربات القلب مع انخفاض ضغط الدم. كما أشار الباحثون إلى أن الإجهاد الحراري يؤثر سلبيًا على توازن الكلى والهرمونات في الجسم، فالحرارة الزائدة تسبب طفحًا حراريًا وإغماء وتشنجات حرارية وإنهاك حراري وضربة شمس، فالطفح الجلدي الحراري هو التهاب جلدي مزعج ناتج عن انسداد الغدد العرقية، والإغماء الحراري هو فقدان مؤقت

للوعي بسبب عدم وصول الدم والأكسجين إلى الدماغ، وتشنجات الحرارية هي تقلصات عضلية مؤلمة ناتجة بشكل عام عن اختلال توازن الكائن بعد التعرق الشديد، كما قد يظهر الإرهاق الحراري على شكل ضعف العضلات، والتعب، ومجموعة من الأعراض الأخرى أثناء العمل الشاق في بيئة حارة وجافة، مما يقلل من حجم الدم والدورة الدموية، وضربة الشمس هي النتيجة المميتة في كثير من الأحيان للانهايار الكامل لقدرة الجسم على التنظيم الحراري، حتى ضربة الشمس الغير المميتة قد تؤدي إلى فشل العضو.

كما توصلت الدراسة الحالية إلى عدم ملاءمة مستويات الضوضاء للمعايير الدولية المحددة حسب منظمة الصحة والسلامة المهنية (90 DB)، ويرجع ارتفاع مستوى الضوضاء إلى الجرارات وما تجره من آليات أخرى معها تستعمل في الزراعة، فالحمولة الكبيرة تجعل من سرعة دوران محرك الجرار أكثر بكثير، بالإضافة أيضا لطبيعة الأرض الترابية التي يتطلب فيها بذل سرعة أكثر، كل هذا يسبب في ارتفاع مستوى الضوضاء، واتفقت نتائج دراستنا مع دراسة (Leszek Solecki, 2000) التي كانت حول قياس مدة التعرض للضوضاء بين المزارعين كعامل مهم للمخاطر المهنية، حيث يتم تحديد التعرض للضوضاء من خلال قيمة الطاقة الصوتية ومدة التعرض، وهو عامل مهم بشكل خاص عند النظر في التعرض للضوضاء بين المزارعين، من أجل وصف مدة التعرض للضوضاء، تم إجراء قياسات الجدول الزمني للمهن التي تؤديها مجموعة من 30 مزارعًا يعملون لحسابهم الخاص خلال العام بأكمله يمتلكون مزارع خاصة بمساحة من 5 إلى 40 هكتارًا، تم تحليل ثلاث قيم زمنية محسوبة: متوسط الوقت الشهري الإجمالي للتعرض، متوسط الوقت اليومي للتعرض، ومتوسط الوقت الشهري للتعرض اليومي، أظهرت نتائج الدراسة أن أعلى قيم زمنية للتعرض للضوضاء قد لوحظت خلال شهور العمل المكثفة، ومهن النقل المرتبطة بحصاد الحبوب والمحاصيل، أي في أغسطس وسبتمبر وأكتوبر، وكذلك خلال أنشطة زراعة التربة والمعالجة الكيميائية في أبريل، من أجل تحديد مستوى التعرض للضوضاء بين المزارعين، من الضروري إجراء مراقبة دقيقة لمهام العمل المنجزة على مدى فترة زمنية طويلة، في الأساس عام كامل، وكذلك مع وجود عدد كبير من مصادر الضوضاء المختلفة في البيئة الريفية، كالجرارات الزراعية بمختلف أنواعها، والآلات الزراعية ذاتية الدفع، وآلات إنتاج الأعلاف، وآلات الورش، أو المناشير الدائرية، وأظهرت الدراسة التي أجريت أن الخطر الأكبر على جهاز السمع ناتج عن الجرارات متوسطة ومنخفضة الطاقة (84-101 ديسيبل) والتي

تُستخدم بشكل متكرر في المزارع، وكذلك عن طريق الحصادات (88-92 ديسيل)، ولقد تم تسجيل أعلى مستويات الضوضاء تصاحب المهن التي تسبب حملاً كبيراً للمحرك، مثل نقل المقطورات المحملة، وحفر البطاطس، وبنجر السكر، والحرث (93-101 ديسيل)، من بين الآلات الأخرى المطبقة في المزارع، كما أظهر تحليل بيانات الوقت أنه في الصيف والخريف هناك حالات لمزارعين يعملون أكثر من 8 ساعات يومياً، ويرتبط هذا بالحاجة إلى أداء مهام العمل الفردية، في كثير من الأحيان في ظروف مناخية صعبة، فالمزارعون غير ملزمين باحترام وقت العمل القانوني.

كما أكد دراسة (Adarsh et al, 2005) التي كانت حول تأثير قيادة الجرار على فقدان السمع لدى المزارعين في الهند، حيث يقوم سائقي الجرارات في الهند بتشغيل جراراتهم وغيرها من الأدوات والمعدات في بيئة ذات درجات حرارة عالية، بالإضافة إلى ذلك، لا تتمتع الجرارات الهندية بخصائص تصميمات مناسبة للاهتزاز والضوضاء، تهدف هذه الدراسة المقطعية بين حالة السمع للمزارعين الذين يقودون الجرارات، والمزارعين الذين لا يستعملون الجرارات، حيث كانت خصائص العينة نفسها في المجموعتين من حيث الفئة العمرية بين 25-45 سنة، والحد الأدنى لمساحة الأرض 2 هكتار، والحد الأدنى من خبرة في قيادة الجرارات 5 سنوات، ومستوى التعليمي، وروتين العمل، كما كان كلهم ذكور، تم اختيار مجموعتين من 50 مزارعاً متمرساً في قيادة الجرارات و50 مزارعاً لا يستعملونه، من قرنتين على بعد 50 كم من دلهي، تمت مقابلة جميع المشاركين للحصول على تفاصيل حول روتين العمل والتعرض للضوضاء، وتم إجراء مخطط سمعي وقياسات الضوضاء على الجرارات والآلات الأخرى، أظهر تحليل مخطط السمع انتشاراً أعلى للتشوهات عند مستعملي الجرارات، وكان لدى مستعملي الجرارات ضعف سمع عالي التردد في كثير من الأحيان عند مقارنته بالمجموعة الأخرى، كما كانت مستويات الضوضاء التي لوحظت على الجرارات في عمليات مختلفة في حدود 90-110 ديسيل.

وتضيف الدراسة إلى أنه لم تحظ مشاكل الصحة المهنية للعمال الزراعيين باهتمام كبير في البلدان منخفضة الدخل كاليهند، هذا بشكل خاص لسائقي الجرارات الذين يستعملون جراراتهم في بيئة ذات درجات حرارة عالية، كما لا تتمتع الجرارات الهندية بميزات تصميم مناسبة للاهتزاز والضوضاء، حيث أصبحت تصميمات الجرارات في البلدان ذات الدخل المرتفع اليوم أكثر تعقيداً، وتحتوي معظمها على مقصورات وأجهزة وأدوات تحكم جيدة

التصميم. تحولت مصادر الطاقة للعديد من هذه الآلات من التشغيل اليدوي إلى محركات الاحتراق الداخلي والمحركات الكهربائية، وزاد استخدام الجرارات في المزارع الهندية من 52000 في الستينيات إلى 3.2 مليون في التسعينيات، وزاد الإنتاج الزراعي الهندي، ولكن لم يتم التحكم بشكل كاف في الآثار الصحية الضارة للضوضاء، حيث لا تقتصر مصادر الضوضاء في المناطق الزراعية على الجرارات فحسب، بل تشمل أيضًا مجموعات مضخات المياه، وآلات قطع الأعلاف، ومطاحن الدقيق وغيرها من المعدات التي تعمل بمحركات الاحتراق الداخلي، أجريت العديد من الدراسات حول الآثار الضارة لمستويات ضوضاء الآلات الزراعية على المشغلين في البلدان المرتفعة الدخل سنة 1960، وذلك بقياس مستويات الضوضاء بالقرب من جرارات زراعية ووجدوا مستوى ضغط الصوت في أذن السائق في نطاق 100-113 ديسيبل، أما في هذه الدراسة أشار قياس مستويات الضوضاء لنماذج الجرار المختلفة إلى أن مستوى الضوضاء يتجاوز 100 ديسيبل، كما كانت المعدات الأخرى الشائعة الاستخدام مثل مجموعات المضخات الكهربائية، آلات تقطيع الأعلاف، مطاحن الدقيق، والآلات الزراعية مثل سحق قصب السكر، تتجاوز مستويات الضوضاء 90 ديسيبل فقد تم تجاوز معايير NIOSH و OSHA لمدة 8 ساعات في جميع الآلات المستعملة، وكانت جميع الجرارات بدون مقصورات، كما توصلت الدراسة إلى أن مستعملي الجرار أكثر عرضة لفقدان السمع.

وتتفق نتائج دراستنا أيضًا مع دراسة (Depczynski et al, 2005) كان الهدف منها هو جمع أحدث المعلومات حول مستويات الضوضاء في المزرعة وتعزيز المعلومات المتاحة لمساعدة المزارعين في الحد من التعرض للضوضاء لما يتماشى مع لوائح الصحة والسلامة المهنية (OHS) فيما يتعلق بإدارة الضوضاء، حيث تعد الإصابة بالضوضاء في الزراعة مشكلة كبيرة، ولكنها في كثير من الأحيان غير معترف بها، حيث يتعرض العديد من المزارعين وعمال المزارع لمستويات ضوضاء أعلى من المستويات الموصى بها ويعانون من ضعف سمع أكبر من العمال الغير الزراعيين. تم إجراء زيارات للمزارع في 48 مؤسسة زراعية تنتج مجموعة من السلع. تم قياس مستويات الضوضاء لدى المشاركين في الأنشطة الزراعية، وقياس مستويات الضوضاء المتوسطة لـ 56 نوعًا من الآلات ومواقع النشاط الزراعي، بإجمالي 298 عنصرًا ونشاطًا، تضمنت مخاطر الضوضاء الشائعة التي تم تحديدها في الجرارات بدون كابينة وأدوات الورش والمحركات الصغيرة (مثل المناشير

والمثاقب والمضخات) والجرارات القديمة ذات الكابينة والآلات الثقيلة مثل الحصادات والجرافات، ومع ذلك فإن الأنشطة الزراعية التي تتطوي على استخدام الآلات لفترات طويلة تشكل أيضًا مخاطر كبيرة على صحة سمع المزارعين، تعتبر استراتيجيات إدارة الضوضاء في المزرعة ضرورية من أجل منع إصابات الضوضاء بين المزارعين، كما يذكر أن إصابات الضوضاء تعتبر مشكلة كبيرة في مجتمع الزراعة الأسترالي، حيث أظهرت دراسة لأكثر من 6000 مزارع تم فحصهم من خلال برنامج الوقاية من إصابات الضوضاء الريفية في نيو ساوث ويلز علامات على إصابات الضوضاء في المخططات السمعية، مع فقدان السمع الواضح حتى بين صغار المزارعين. تشير الدراسات الدولية أيضًا إلى ارتفاع معدل انتشار ضعف السمع بين المزارعين، كما وجدت دراسة عن التعرض للضوضاء في مزرعة جنوب أستراليا أن قدرة السمع لدى المزارعين في المتوسط معادلة للأشخاص الذين يبلغون من العمر 40 عامًا كانت مماثلة لحساسية السمع لشخص يبلغ من العمر 55 عامًا. تشير الدلائل المستمدة من برامج الكشف عن السمع لدى المزارعين في جميع أنحاء أستراليا، إلى أن تلف السمع يرجع إلى التعرض لفترات طويلة للضوضاء في المزرعة مثل الجرارات والمناشير والأسلحة النارية. كما ان التعرض للضوضاء في مستويات التي تزيد عن 85 ديسيبل لأكثر من 8 ساعات في اليوم (أو ما يعادلها من الطاقة الصوتية) بشكل منتظم تسبب أضرارًا دائمًا للسمع، أكدت بيانات مستوى الضوضاء من دراسات أخرى أن الجرارات والأدوات الزراعية تولد مستويات ضوضاء أعلى في الفترات اليومية الموصى بها، كما أن الضرر الذي يلحق بالسمع بسبب التأثيرات الطويلة والتراكمية على مدى سنوات عديدة، يؤدي إلى تلف في القوقعة، أو عن طريق الصدمة الصوتية المرتبطة بمستويات ذروة الضوضاء التي تزيد عن 140 ديسيبل، كما يؤدي إلى سوء العلاقات الاجتماعية، فيحتاج المتضررون من الضوضاء إلى رفع مستوى الصوت في التلفزيون، لا يسمعون الهاتف، ويطلبون كثيرًا تكرار الكلمات، لا يردون عند الاتصال بهم من مسافة بعيدة، ويواجهون صعوبة في سماع المحادثة مع الأفراد كما يجد الأشخاص المصابون بفقدان السمع أنفسهم غير قادرين على التفاعلات اللفظية بسبب سوء الفهم المتكرر والإحراج، ويؤدي الجهد المتزايد المطلوب لمتابعة المحادثة إلى الإرهاق والقلق والتوتر، وتزداد آثار ضعف السمع في المناطق الريفية حيث تكون الخدمات الصحية محدودًا في كثير من الأحيان، كما تبين أيضًا أن الأشخاص الذين يعانون من فقدان السمع المهني معرضون بشكل متزايد لخطر الإصابة بمزيد من

الإصابات المهنية نتيجة ضعفهم الحسي، وتجدر الإشارة إلى أن المزارعين نادراً ما يقصرون يوم عملهم على 8 ساعات، تم أخذ جميع قياسات الضوضاء في ظل ظروف جوية معتدلة، مع رياح قليلة، وكانت فترة القياس عادةً من 20 إلى 30 ثانية للضوضاء المستقرة، أو عدة دقائق لضوضاء أقل ثباتاً، كما توصلت الدراسة إلى أن للمنشار مستوى ضوضاء تصل إلى 106 ديسيبل، وهي أعلى من مستوى الضوضاء في الجرار عند 91 ديسيبل، ولكن لأن فترة استخدام الجرار أطول تجعله أكثر خطورة من المنشار، كما توصي الدراسة على ما يلي:

- شراء آلات أحدث وأكثر هدوءاً.
- تعديل تصميم مناطق العمل والآلات.
- استخدام الجرارات أو الآلات الأخرى ذات مقطورات، خاصة الجديدة منها، حيث إنها مصنفة على مستوى الضوضاء
- استخدام مواد عازلة حول المحركات والمعدات.
- تعديل ممارسات العمل لتجنب الضوضاء حيثما أمكن ذلك.
- إجراء الصيانة الدورية.
- التناوب على المهام الزراعية.

كما أكدت أيضاً دراسة (Humann et al, 2013) التي أجريت لحساب التعرض للضوضاء للمهام والمعدات المرتبطة بإنتاج الحبوب، كان الهدف الأساسي لهذه الدراسة هو تحديد المهام والمعدات التي يمكن استهدافها لاستراتيجيات التدخل كوسيلة نحو تقليل التعرض للمزارعين وعمال المزارع للضوضاء، من خلال استخدام قياس جرعات الضوضاء الشخصية والمراقبة المباشرة، تم جمع قياسات التعرض للضوضاء في 18 مزرعة يشتغل بها 35 مزارع، وحساب متوسط التعرض للضوضاء لـ 23 مهمة و18 قطعة من المعدات. تراوحت حالات التعرض للضوضاء للمهام والمعدات من 78.6 إلى 99.9 ديسيبل ومن 80.8 إلى 96.2 ديسيبل على التوالي، يُعزى معظم التباين في التعرض لضوضاء المهام والمعدات إلى الاختلافات داخل المزرعة كممارسات العمل، والبعد عن مصادر الضوضاء، وتم تحديد مهام ومعدات إنتاج الحبوب ذات التعرض العالي للضوضاء، فلقد تجاوز التعرض للضوضاء للعديد من المهام الزراعية التي تم فحصها في هذه الدراسات 85 ديسيبل، مما يشير إلى خطر الإصابة بفقدان السمع الناجم عن الضوضاء، وكانت عملية جمع بيانات الضوضاء في الأعمال والمعدات من المزارعين وعمال المزارع الموجودين في مقاطعتين في

منطقة وادي النهر الأحمر الجنوبية في مينيسوتا وداكوتا الشمالية، حيث أن خصائص المزارع في المقاطعتين متشابهة، وكانت مستويات الضوضاء لمهمة إنتاج الحبوب كالتالي:

الجدول رقم (66): مستويات الضوضاء لمهمة إنتاج الحبوب

مستوى الضوضاء	العمليات في إنتاج الحبوب
DB 99.9	مركز إفراغ الحبوب
DB 90.3	قيادة شاحنة نقل الحبوب
DB 87.9	حرث والحفر
DB90	قيادة جرار
DB 94.1	تشغيل معدات مختلفة
DB 96.2	مكائن كهربائية للحبوب

وتوصلت هذه الدراسة، أن متوسط التعرض للضوضاء في مهام إنتاج الحبوب أكبر من 85 ديسيبل، وهو أكبر من حد التعرض الموصى به من قبل منظمة الصحة والسلامة المهنية، كما أن عمل المزارعين كان أكثر من 08 ساعات في الكثير من الأحيان، إذا قام المزارع بتحميل صناديق الحبوب لمدة ثلاث ساعات، وجمع محاصيل الحبوب لمدة أربع ساعات، وقام بأعمال متنوعة حول المزرعة لمدة أكثر من ساعة، وبهذا يكون متوسط التعرض للضوضاء لهذه المهام DB 90.3، وأوصت الدراسة في الأخير إلى انه لا ينبغي تجاهل استخدام معدات حماية السمع في أي مهمة في المزارع، فهي الطريقة الوحيدة لضمان الحماية من مستويات الضوضاء الخطيرة.

كما كانت دراسة (Warwick et al, 2015) التي هدفت إلى فهم مدى تعرض المزارعين للضوضاء الخطرة، وتجربة واختبار قدرة الضوضاء في المزرعة على تحسين الوعي والإجراءات الوقائية تجاه مخاطر الضوضاء، تم إجراء زيارات للعمال في المزارع حيث تم قياس مستوى الضوضاء، وتمت الدراسة في مزارع غرب فيكتوريا وجنوب شرق كوينزلاند، وبلغ عدد المشاركين 14 أنثى و37 ذكر من عمال المزارع، وتوصلت الدراسة إلى أن لدى الرجال والنساء نفس مستوى التعرض لمخاطر الضوضاء، كان مستوى التعرض للضوضاء أكثر من 87 ديسيبل، هذا يعني أن 163000 عامل زراعي أسترالي معرضون لخطر الضوضاء، وتؤدي الضوضاء إلى فقدان السمع لدى المزارعين، كما تم الكشف عن العديد من مصادر الضوضاء في المزارع، مثل الجرارات وأدوات الورشات والآلات الثقيلة والأسلحة النارية، وتشكل الضوضاء خطراً على السلامة في العمل، وتجعل سمع التحذيرات أمراً

صعبًا، وينجم الضرر الذي يلحق بالسمع عن التأثير المطول والتراكمي للتعرض للضوضاء المفرطة على مدى سنوات عديدة، أو عن طريق الصدمة الصوتية المرتبطة بمستويات الضوضاء الشديدة مثل استخدام البنادق، كما أظهرت بيانات 1417 مزارعًا في فيكتوريا، أن أكثر من 40% من المشاركين (49.9% من الرجال و29.1% من النساء) أبلغوا عن صعوبات في السمع في أذن واحدة على الأقل، وأفاد 31% من المشاركين بمشاكل في السمع في كلتا الأذنين، كما يعاني 36.7% من المزارعين الذين نقل أعمارهم عن 60 عامًا شكلاً من أشكال فقدان السمع، بينما يعاني 53.7% الذين يبلغ عمرهم 60 عامًا أو أكثر من صعوبات في السمع، وتوصلت الدراسة إلى أن مستوى الضوضاء للجرار كان في حدود 99 ديسيبل، وآلة المنشار 102 ديسيبل، والطاحونة 102 ديسيبل، وخلصت الدراسة إلى أن المزارعين يتعرضون لضوضاء أعلى من المعايير الموصى بها حيث كانت 97 ديسيبل.

وأشارت أيضا دراسة (Ryan et al, 2019) التي كانت حول التعرض للضوضاء في مزارع الحبوب وتربية المواشي في غرب استراليا، أن الضجيج يمثل مشكلة تتعلق بالصحة والسلامة المهنية المستمرة، والتي على الرغم من الدراسات العديدة لا تزال تمثل خطراً كبيراً في الزراعة مع انتشار التعرض العالي، حيث قامت هذه الدراسة بقياس التعرض للضوضاء المرتبطة بالأنشطة الهامة في 42 مزرعة مختلطة من الحبوب والماشية في غرب أستراليا، حددت أن 32% من عمال المزرعة تعرضوا لمستويات ضوضاء خلال 08 ساعات أعلى من 85 ديسيبل، بالإضافة إلى ذلك وجدت أن 37% من العمال تعرضوا لضوضاء بلغت ذروة 140 ديسيبل أو أكثر، وتم ملاحظة أيضاً أن معدات حماية السمع لا تلبس عادةً طوال مدة النشاط وهي مخصصة فقط لعدد صغير من المهام، ومع ذلك فقد أشارت الدراسة إلى أن المزارعين كانوا مهتمين بممارسة إدارة الضوضاء، وعادةً ما يكون ذلك في شكل شراء معدات أكثر هدوءاً أو فصل المهام الصاخبة عن المهام الهادئة، تم وضع مقاييس الضوضاء على عمال المزارع أثناء قيامهم بمهام روتينية، معظمها أثناء الحصاد والبذر والرش، وتمت مراقبة كل فرد لمدة لا تقل عن 4 ساعات، ولقد توصلت النتائج إلى أن 97% أبلغوا عن تعرضهم للضوضاء المرتفعة عند استخدام المثاقب المحمولة، ونسبة 88% أثناء عملية الحصاد، و87% أثناء عمل الجرارات، كما توصي الدراسة بتحسين التعليم للمزارعين وعمال المزارع فيما يتعلق بالمخاطر التي تشكلها الضوضاء، وتحديد المهام الصاخبة، بالإضافة إلى برنامج لتشجيع الاستخدام الأفضل لمعدات حماية السمع.

كما أرجع العمال عدم ارتداء معدات الوقاية إلى أنها تعيق العمل وتبطئ سرعته وتقلل من الحركة أثناء تأديتهم للمهام وأنها غير مريحة وكذلك لعدم المبالاة برغم من توفير أرباب العمل لها.

تفسير ومناقشة التساؤل الثاني:

ينص التساؤل على مدى تطبيق مبادئ الهندسة البشرية على أدوات الإنتاج لخلق مواءمة مع الأبعاد الجسمية للعاملين في مجال الزراعة بولاية الوادي؟، من خلال النتائج المتحصل عليها نتأكد أنه يوجد عدم مواءمة القياسات الأنثروبومترية لخزان آلة رش المبيدات مع الأبعاد الجسمية لعمال في مجال الزراعة بولاية الوادي.

وعدم المواءمة للقياسات الانثروبومترية يشكل خطر كبير على الصحة الجسمية للعمال، بحيث يرغمهم على اتخاذ وضعيات غير سليمة بالانحناء إلى الأمام ولمدة زمنية طويلة، وهذا يسبب التواء العمود الفقري وهذا ما تم ملاحظته حيث يشتكي العمال من آلام على طول الظهر بعد استعمال آلة الرش، وهذا ما ذكره (Kumbhare et al, 2016) أن هناك أنواع عديدة من بخاخات المبيدات متوفرة في الهند، لكن البخاخ المستخدم في الغالب هو بخاخ من نوع حقيبة الظهر، والذي يستخدمه المزارعون لأنه أرخص وسهل الاستخدام والشيء الرئيسي فيه أقل تكلفة، بمساعدة هذه الآلة، يقوم المزارعون برش المبيدات في مزرعتهم، لكنه يتطلب الكثير من الوقت وبالتالي تكلفة تشغيلية عالية.

كما أن المزارع الذي يقوم برش المبيدات يتأثر به حيث أنه يضر بصحة الإنسان ويؤثر أيضاً على آلام أسفل الظهر بسبب وزن المعدات، واستخدام هذه الآلة لوقت طويل تؤثر بشكل سلبي على صحة الإنسان.

وفي دراسة أخرى لدعائم الظهر يذكره (Gary, 2008) أن آلة رش المبيدات اليدوية تعد أحد أكثر المعدات فعالية في مكافحة الأعشاب الضارة، خاصة في المناطق التي لا يمكن الوصول إليها بواسطة المركبات أو الجرارات، وغالباً ما تكون هذه الآلة سيئة التصميم، وقد تكون دعائم الظهر غير مريحة، فالأشرطة الضيقة ودعائم الظهر البلاستيكية الصلبة على آلة الرش ليست مريحة للموظفين الذين يحملون مثل ذلك الوزن من السائل في المرشات طوال اليوم، فقد توصل إلى تطوير حزام جديد به لوحة خلفية ذات الحجم السميك وحزام خصر.

كما يذكر (Sayali et al, 2014) في دراسته حول الاعتبارات التصميمية لجهاز الرش الزراعي الدائري في الهند، حيث يعتمد معظم السكان فيها على الزراعة، فالمعروف أن الظروف الاقتصادية للمزارعين الهنود متدنية جداً، وبالتالي لا يمكنهم تحمل مصاريف الميكنة الكبيرة لمزارعهم، وتعتبر عملية الرش خطوة مهمة للزراعة، حيث أنه من المهم رش المبيدات لتحسين كفاءة الغلة وتلبية الاحتياجات الغذائية المتزايدة في الهند، يستخدم المزارع الهندي العادي طرقاً تقليدية لرش المحاصيل، وتشمل هذه الطرق آلة الرش التقليدية التي يجب تثبيتها على الظهر، ويتطلب تشغيل الرافعة يدوياً من أجل الرش. يؤدي الوزن المستمر على ظهر المزارع إلى آلام الظهر، حيث يؤدي حمل هذا الوزن لمدة طويلة إلى تشويه المنحنيات الطبيعية في الظهر الأوسط والسفلي للعامل، مما يتسبب في إجهاد العضلات وتهيج مفاصل العمود الفقري والقفص الصدر، كما يؤدي الوزن الثقيل أيضاً إلى انحناء الشخص للأمام، مما يقلل من التوازن ويجعل السقوط أسهل.

ودراسة (Ghugare et al, 1991) التي كان الهدف الرئيسي منها هو إجراء تقييم بيئة العمل لجهاز الرش المحمول على الظهر الذي يعمل بالرافعة والذي يشيع استخدامه من قبل المزارعين الهنود. وأجريت الدراسة في المعهد المركزي للهندسة الزراعية في بوبال على آلة الرش اليدوية سعة 16 ل، يعتبر الرش من العمليات الهامة في إنتاج المحاصيل، المرشات المحمولة على الظهر التي تعمل بالرافعة هي معدات مكافحة الآفات التي يتم تشغيلها يدوياً والتي يستخدمها المزارعون الهنود على نطاق واسع، من إجمالي 15 مليون آلة رش في البلاد، حوالي 70% من هذا النوع يدوي وتكون صالحة لمدة من 5 إلى 7 سنوات.

تتكون آلة الرش اليدوية من خزان بلاستيكي أو معدني بسعة 10 إلى 20 ل، وخرطوم توصيل، ورافعة تشغيل، يحتوي الخزان على ضغط بداخله أو خارجه، يتم ربط حزامي كتف بالخزان لتثبيتها على ظهر العامل، يتضمن تشغيل البخاخ السير بسرعة 2-3 كم/ ساعة مع حمولة الآلة من 15 إلى 25 كغ، وتشغيل الرافعة بيد واحدة بتردد من 6 إلى 20 ضربة/ دقيقة، واليد الأخرى تحمل الرمح، وتضغط على الزناد وتوجه الرش إلى أي مكان.

ف عند التصميم السيئ، فسيكون أداء البشرية ضعيفاً، مما يؤدي إلى انخفاض إنتاج، لأن العامل قد يضطر إلى أخذ فترات راحة متكررة أو راحة طويلة، وهذا سيقبل من وقت العمل، جانب آخر هو صحة العامل، فنظراً لاعتماد وضعية غير مناسبة أثناء العمل، فقد يتسبب تشغيل الجهاز في حدوث اضطرابات تشريحية، وسيؤثر على صحة العامل على المدى

الطويل، فقد تم الإبلاغ عن آلام الظهر وكذلك تصلب الرقبة بسبب عملية الرش، وأشار الباحثون أن الوزن الكلي للآلة يجب أن لا يتجاوز 30 إلى 40 % من وزن الجسم كحد أقصى، وتوصلت النتائج إلى أن عرض الظهر 30 إلى 35 سم، ومن 20 إلى 25 سم عند مستوى الوسط من الخلف، والطول حتى مستوى الأرداف كان من 34 إلى 40 سم، كما أن العديد من أجزاء آلة الرش لم تكن مناسبة للمزارعين في الهند.

وكانت دراسة (Dewangan et al, 2010) التي تمحورت حول القياسات الأنثروبومترية للعمال المزارعين الذكور في شمال شرق الهند واستخدامها في تصميم الأدوات والمعدات الزراعية، حيث في السابق، كان مزارعو المنطقة الشمالية الشرقية في الهند يعتمدون على الأدوات اليدوية والمعدات المصنوعة محليًا لزراعة المحاصيل، لكن عولمة السوق وبرامج المساعدات التنموية الضخمة وخطط القروض أثرت على المزارعين في المنطقة، قام المجلس الهندي للبحوث الزراعية (ICAR)، بنيودلهي بتطوير حزمة من 3 مستويات للزراعة في التلال لتحديث الزراعة، نتيجة لذلك يتم تحديث الزراعة في المنطقة بسرعة كبيرة إلى جانب تطوير البنية التحتية، من أجل تنفيذ أفضل لاستراتيجيات التنمية، وتعد الأدوات والمعدات اليدوية ضرورة أساسية لتحقيق كفاءة أداء أفضل، والمزيد من الراحة عند استعمالها وتقليل إصابات العضلات والعظام، من الضروري تصميم الأدوات والمعدات اليدوية مع مراعاة قدرات العامل، ويعد تصميم المعدات بمثابة حل بين الاحتياجات الجسمية للعامل، والتي تحددها الهندسة البشرية، والمتطلبات المادية للمعدات، في هذا الصدد فإن المعلومات الأساسية المطلوبة هي أبعاد الجسم الأنثروبومترية لمستخدمي الأدوات والمعدات، لقد حددت هذه الدراسة حول بيئة العمل والسلامة في الزراعة في بوبال بالهند 76 بعد من أبعاد الجسم بما في ذلك العمر ووزن الجسم، من أجل تعديل و/ أو تصميم الأدوات اليدوية والآلات الزراعية ولكن هناك ندرة في البيانات الأنثروبومترية للسكان الذكور في هذه المنطقة، وتختلف بيانات القياسات البشرية للعرق المنغولي في الهند عن العرق المنغولي في الدول الآسيوية، وقد تناولت الدراسة مجموعة من الأدوات الزراعية من بينها آلة الرش اليدوية، وقد توصلت الدراسة إلى أن طول وعرض وارتفاع خزان آلة الرش يكون كالتالي:

الطول 29 سم والعرض 13 سم والارتفاع 38 سم، ويرجع اختلاف في النتائج مع دراستنا لاختلاف العرق والبيئة الاجتماعية، وكذلك لاختلاف خصائص العينة من حيث العمر حيث كانت العينة يتراوح عمرها من 18 سنة إلى 60 سنة، فيما كانت دراستنا الحالية

من 20 إلى 51 سنة، كما يذكر أيضا أن الذكور الهنود قصيرين في معظم أبعاد الجسم فالسكان الهنود أقصر في القامة من السكان الجزائريين والصينيين والفلبينيين والكوريين والسنغافوريين والتايوانيين والتايلانديين.

أما فيما يخص لمقبض المنجل، فمن خلال النتائج المتحصل عليها نتأكد انه يوجد عدم موثمة القياسات الانثروبومترية لمقبض المنجل مع الأبعاد الجسمية لعمال في مجال الزراعة بولاية الوادي، حيث نلاحظ أن عند مقارنة عرض اليد العامل وطول المقبض المنجل نجد انه هناك فارق 03.65 سم، وذلك بإضافة 0.5 سم في كلا الطرفين للقياسات عرض اليد 11.75 سم، هذا من اجل راحة أفضل لقبضة اليد، حيث تم ملاحظة أن طول قبضت اليد فعلا كبير، مما سببت لهم انزعاج، خاصة عند ثني اليد لعملية القص

كما أكدت دراسة (Dewangan et al, 2008) التي كانت حول القياسات الانثروبومترية لعمالات المزارع وتصميم الأدوات اليدوية في شمال شرق الهند بمنطقة التلال، التي تشير التقديرات فيها إلى أن 88 % من النساء الريفيات العاملات يعملن في القطاع الزراعي، هذا ما يقارب 50.2 % من إجمالي القوى العاملة الزراعية، حيث يستخدم المزارعون في منطقة التلال الأدوات اليدوية تقليديا بشكل أساسي وبعض الأدوات تعتمد على الحيوانات للعمليات الزراعية المختلفة، وتحظى الأدوات زراعية باهتمام متزايد إلى جانب تطويرها وتحديثها، وباعتبار وحدات التصنيع هذه عادة ما تكون في أماكن بعيدة، مما يؤدي إلى فجوة بين المستخدمين والمصممين، وهذا يسبب إهمال غير مقصود لمبادئ الهندسة البشرية في التصميم، مما يقلل من كفاءة التشغيل ويسبب مشاكل تتعلق بالسلامة وعدم الراحة للمشغل. تعتبر المطابقة المناسبة لمتطلبات الماكينة مع القدرات البشرية ضرورة بشكل أساسي لتحقيق الأداء الأمثل لنظام الإنسان والآلة، من أجل تحسين كفاءة تصميم للألات والمعدات، من الضروري إتباع إرشادات ومبادئ الهندسة البشرية أثناء التصميم، والتي توفر توجهاً نحو الاحتياجات الفسيولوجية والنفسية للعاملين، في هذا الصدد، فإن المعلومات الأساسية المطلوبة هي أبعاد الجسم الأنثروبومترية لمستخدمي الأدوات والمعدات، وتم إجراء مسح أنثروبومتري في اثنتين من ولايات شمال شرق الهند، كما تم اختيار من أربع إلى ست قرى من كل منطقة اعتماداً على حجم السكان، وتكونت عينة الدراسة من 400 عامل، كما كانت الدراسة في حدود عام كامل، وتشير الدراسة إلى أن ارتفاع العين، والقبضة العمودية، ومحيط الصدر، ومحيط الخصر أكبر من الأبعاد الأخرى، لذلك يجب اختيار تصميم المعدات التي

ستستخدم فيها هذه الأبعاد بعناية، وتعتمد معظم الأدوات/ الآلات الزراعية المستخدمة في الهند على أبعاد أجسام العمال الأجانب حيث أن التصميمات التي كانت تناسب البريطانيين هي متبعة في الهند، هذا يعني أن الأجهزة والأدوات المصممة يجب تعديلها بشكل مناسب قبل تقديمها لعمال المزارع الهنود، ويستخدم المزارعون على نطاق واسع أدوات يدوية متنوعة مثل السكين والمنجل، تتكون هذه الأدوات اليدوية من جزء وظيفي ومقبض، يعتمد تصميم المقبض على عوامل مثل طريقة القبض، وبيانات القياسات البشرية للأفراد لمستخدمين، ومواد المقبض وشكل المقبض لعملية الحصاد، يتم استخدام المنجل بشكل شائع حيث يمسك المشغل بمقبض المنجل بيد واليد الأخرى تمسك بمجموعة نباتات ويتم قطع المحاصيل عن طريق سحب المقبض مقابل مجموعة من السيقان على ارتفاع حوالي 10 سم فوق مستوى الأرض، يتم الإمساك بالمقبض بحيث ينتهي الإصبع والإبهام حول المقبض. يتراوح طول وقطر مقبض المنجل المستخدم في المنطقة في النطاق 9.0-15.0 سم و 2.5-3.2 سم على التوالي بناءً على اعتبارات القياسات البشرية، يجب أن يتلاءم طول المقبض مع أقصى أبعاد عرض اليد عند الإبهام. القيمة المئوية 95 للبعد أعلاه 9.8 سم، حيث يجب إضافة ما قيمته 0.5 سم على كل جانب من المقبض، يصل طول المقبض إلى 10.8 سم وهذه القيمة موصى بها لطول المقبض للحصول على قبضة أفضل، ويجب أن يكون قطر المقبض وفقاً لقطر المقبض الداخلي لاستيعاب المجموعة أكبر، أي لا يتجاوز قيمة 3.82 سم، بناءً على الدراسات التي أجريت على الرجال والنساء، فقد وجد أنه للسماح بإمساك جيد بالمقبض، يجب أن يكون قطر المقبض أقل قليلاً من قطر المقبض الداخلي، وبالتالي فإن قطر المقبض الموصى به هو 3.32 سم، وعند مقارنتهم بالعاملات الأمريكيات والبريطانيات والصينيات والكوريات، يُلاحظ أن الإناث من القبائل الهندية أقصر في القامة، وارتفاع العين، وارتفاع الجلوس، وطول الساعد، والركبة.

وكذلك توصلت دراسة (Nag et al, 1988) التي كانت حول تصميم ارغونومي للمنجل في الهند، حيث تكون عملية حصاد المحاصيل يدوية في الغالب، على الرغم من إدخال مكينات متطورة لعمليات الحصاد، إلا أن الاستخدام الواسع النطاق للطاقة الميكانيكية غير ممكن بسبب مستوى الدخل للمجتمع، من بين الأدوات اليدوية المستخدمة في الحصاد المنجل، وهي عبارة عن شفرة منحنية ذات حواف مسننة متصلة بمقبض خشبي واسع الانتشار، فالمنجل من الأدوات سهلة التوفر والتكلفة المنخفضة والبساطة في الاستعمال، يمكن تحسين قدرة

أداء للمنجل بشكل كبير من خلال تحسين تصميمه، فالعوامل المهمة التي تؤثر على الأداء هي تصميم هذه الأداة من حيث تسنن الشفرة والمواد وشكل المقبض وحجمه، فالمنجل ذات الأشكال الهندسية المختلفة للشفرة، حيث أن المنجل ذو السطح المسنن يعطي أداء أفضل من المنجل العادي مع قوة القص عند حافة القطع، ويعد الحصاد اليدوي مهمة ثقيلة إلى حد ما، ويؤدي الأشخاص مهامهم في ظروف مناخية متنوعة، ساعات العمل الطويلة، بالإضافة إلى ذلك يُطلب منهم اتخاذ العديد من الوضعيات المحرجة، والتي غالبًا ما تؤدي إلى مضاعفات طويلة المدى تتعلق بآلام الظهر ومفاصل الأطراف، ولقد تم إدراك أن الهندسة البشرية لديها إمكانية في تحقيق أداء أفضل في مهام المزرعة، ويتم قطع المحاصيل بالمنجل عن طريق سحب اليد في مسار منحنى، ويتم العمل به في أوضاع مختلفة هي:

• وضعية الجلوس مع ثني إحدى أو اثنتين من الأرجل عند الركبة.

• وضعية منحنية وتعني الوقوف مع كل من الركبتين وانحناء الجذع، كما أن الحصاد في وضع منحنى يكون أسرع بنسبة 16% تقريبًا من الجلوس مع ثني الساقين عند الركبة، وتسبب هذه الوضعية في تشنجات عضلية في الظهر، والتصميمات الحالية للمنجل مناسبة للأشخاص الذين يستخدمون اليد اليمنى فقط، وذلك اعتمادًا على موضع المقبض، وشملت الدراسة 06 عمال موزعين أربعة رجال وامرأتان، حيث تم تجربة العمل بـ9 أنواع من المناجل، وتوصلت الدراسة إلى أن نوع المقبض المستخدم لم يكن مناسبًا حيث أن الطول المثالي للمقبض لعينة الدراسة 11 سم.

مما سبق توصلت الدراسة الحالية إلى ما يلي:

عدم موائمة مستويات الحرارة والرطوبة في البيئة الفلاحية بولاية الوادي إلا في شهر الشتاء والتي تكون فيه درجة الحرارة منخفضة وهذا يكون من الساعة السادسة صباحًا إلى الساعة التاسعة صباحًا حيث درجة الحرارة تكون مناسبة لمثل هذه الأعمال، بعدها تعرف ارتفاعًا وذلك لطبيعة المنطقة الصحراوية، أما باقي الأشهر فهي مرتفعة وهذا ما يتفق مع ما توصلت إليه الدراسات السابقة، مما تنعكس سلبًا على العامل من الناحية النفسية مسببة بذلك غياب عن العمل وتعكر مزاجه والخوف ونقص التركيز مما يكون العمال معرضين بشكل كبير إلى الحوادث المهنية، بالإضافة إلى ما تسببه الحرارة في بيئة العمل خاصة البيئة العمل المفتوحة التي تكون معرضة للشمس أو البرودة منذ شروق الشمس إلى غيابها فقد كان العمال دائمًا ما يعانون من جفاف وكثرة شرب الماء والتعرق والتهاب الجلد، كما

نجدهم أكثر عرضة إلى ضربة الشمس المميتة، حتى ضربة الشمس الغير مميتة تسبب لهم دخول المستشفى لمدة طويلة ورعاية خاصة، وعلى رغم من اختلاف بيئة الدراسات السابقة ولكنها تتفق جميعها أنهم عرضة إلى مثل هذه الأمراض بشكل كبير، كما نجد العمل في الزراع كثيري الشكوى من العوامل المناخية الحرارة والبرودة، ويضطر الكثير من العمال إلى عمل أيام وغياب أيام خلال نفس الأسبوع، وخاصة بعد دخول شهر مارس، فنجد المسؤولين دائماً ما يشكون من عدم توفر اليد العاملة، وإن العمال دائم التغيب، حتى علاقات العمال في العمل تختلف عند تغير درجة الحرارة ففي الصباح نجدهم في حالة نشاط وعلاقتهم جيدة، أما عند ارتفاع درجة الحرارة فيكون تعكر المزاج بشكل كبير وكذلك المشاجرات فيما بينهم، كما تعرف وتيرة العمل انخفاض محسوس مع ارتفاع درجة الحرارة.

أما فيما يخص الضوضاء فقد وجدنا عدم موائمة مستوياتها للمستويات الموصى بها من طرف منظمة الصحة والسلامة المهنية، التي حددت مستوى الضوضاء في مثل هذه الأعمال أن لا يتجاوز 85 DB لمدة عمل لا تزيد عن ثمانية ساعات في اليوم، ولكن ما تم التوصل إليه في هذه الدراسة إلى أنها تتجاوز هذا المستوى بشكل كبير فالجرارات المستعملة في المزارع لها ما يفوق 10 سنوات من السير، حتى التي يتم كرائها تكون متشابهة في ذلك، فعندما يتم استعمالها وجرها للعربات الأخرى تصبح مستويات الضوضاء فيها مرتفع جداً، وهذا ما أكدته جميع الدراسات السابقة التي تم الاطلاع عليها من طرف الباحث، وذلك بالرغم من اختلاف بيئة الدراسة، حيث أنها كانت مسببة للقلق والتوتر كما تسبب أيضاً الاكتئاب للعمال وانخفاض مستوى العلاقات الاجتماعية وعدم القدرة على الاتصال في بيئة العمل، أما فيما يخص الاضطرابات الجسدية فهي تسبب نقص في السمع، كما قد تسبب فقدان السمع الجزئي أو الكلي، والصداع والطنين مما ينتج عنهما قلت النوم والأرق، فنجد العمال خاصة كبار في السن يعانون من ثقل في السمع، فدائماً نجد العمل في المزارع يشكون من قلت السمع لدى البعض، فانتشار الضوضاء في مراكز العمل صعبة من عملية توجيه سائقي الجرارات عند وقع خطأ ما، مما لاحظنا في بعض الأحيان يؤدي إلى تلف مجموعة من المحصول، بالإضافة إلى ذلك عدم احترام ساعات العمل فنجدها تتجاوز ثمانية ساعات، وهذا ما أكدته الدراسات السابقة.

أما في ما يخص موائمة القياسات الانثروبومترية لخزان آلة رش المبيدات مع الأبعاد الجسمية لعمال في مجال الزراعة بولاية الوادي، فقد أكدت هذه الدراسة والدراسات السابقة الأخرى التي تم الاطلاع عليها أنها غير مناسبة تماما فنجد أن العمال الذين يستعملون هذه الأداة دائما ما يشتكون من آلام على مستوى الظهر، وأيضا دائما نجدهم كثيري الراحة في العمل، كما عبر العمال عن أنهم عند نهاية العمل يتناولون أدوية لتقليل من آلام، وهذا ما يسبب الغياب عن العمل فالاستعمال الدائم لمثل هذه الأدوات تزيد من حدة الإصابة ومع مرور الوقت تسبب أمراض أخرى كانهاء العمود الفقري.

أما موائمة القياسات الانثروبومترية لمقبض المنجل مع الأبعاد الجسمية لعمال في مجال الزراعة بولاية الوادي، فقد توصلت الدراسة إلى عدم موائمته وهو ما توصلت إليه الدراسات السابقة حول نفس الأداة، فبرغم اختلاف البيئة الدراسة إلا انه تم توصل إلى نفس النتيجة، فسوء التصميم الأداة يجعل منها متسبب الرئيسي في الكثير من الأمراض منها ألم اليد وعدم القدرة على استعمالها بشكل مريح، حيث أن العمال كانوا يقومون باختيار المنجل المناسب لهم في عملية الحصاد أو غيرها، فبرغم من أن المناجل كانت من نفس النوع إلا انه كان عامل يشعر بالراحة عند استعمالها والآخر كانت تسبب له عدم القدرة على التحكم بها، فهذا راجع إلى اختلاف عرض اليد، فقد اثر هذا على مستوى عملية الإنتاج فكان من يناسبه المقبض يكون مستواه في الإنتاج سريع وبكمية كبيرة، أما من يعاني عدم الموائمة تجده إنتاجه متداني، وكثي الشكوى من الأداة.

إن من خلال ما سبق نستنتج أن واقع التطبيقات الهندسة البشرية في مجال الزراعة بولاية الوادي سيء جدا، وغير موائم لمعايير الهندسة البشرية، مما سبب تأثير على العمال والأرباب العمل وكذلك الإنتاج، فقد تسببت الحرارة والضوضاء المرتفعين تأثيرات جسدية ونفسية على العمال، فمن المعروف أن طبيعة المنطقة صحراوية ترتفع فيها درجة الحرارة طوال السنة فيشعر بها بشكل مباشر الذين يشتغلون في الهواء الطلق، فهم معرضون أكثر لها، وتعرف المنطقة انخفاض في درجة الحرارة في فصل الشتاء خاصة في الوقت الصباح الباكر مما يساعدهم على العمل ولكن هذا لا يبقى طويلا حتى تشرق الشمس ويصبح العاملون في المزارع مباشرة في مواجهة أشعة الشمس، فكل زيادة في درجة الحرارة ولو بدرجة واحدة يشعرون بها، كما انه من المعروف استعمال الآلات في المزارع، التي يكون العمال يشتغلون بالقرب منها مباشرة، وبهذا يتعرضون للضوضاء بشكل كبير التي تتجاوز

القيم المعتمدة دولياً، كما أن التصميم السيئ لبعض الأدوات كالحزان آلة الرش اليدوية الذي يتم حمله على ظهر العامل، ويكون مملوء بالمواد الكيميائية من أجل عملية معالجة النباتات الزراعية، وكذا أداة المنجل المعروفة بكثرة الاستعمال في المزارع، حيث أن مقبضها له هو الآخر تصميم سيء، فلم يكن مناسب لقبضة يد العمال، كل هذا يجعل من العمال يشعرون بالقلق ويعانون من الغياب المتكرر وتوتر في علاقات العمل فيما بينهم، فهم دائم التفكير في تغيير من هذا العمل، وكذا يعانون من الآلام والأمراض الجسدية كالآلام الظهر والصداع وانخفاض مستوى السمع، كما أن العمال دائماً الخوف من ضاربات الشمس.

كما عبر العمال على أن وسائل الوقاية تعرقل أدائهم وتسبب القلق لهم، فارتدائهم للواقيات السمعية بكل أنواعها لتخفيض مستوى الضجيج تجعل من عملية التواصل صعبة خاصة في بيئة مفتوحة وبعد المسافات بينهم في الكثير من الأحيان، فهم يرونها قد تسبب مثل هذه الأدوات الحوادث لعدم سماع زملاءهم، ولا يمكن أن يفرضوا ذلك على صاحب المزرعة لأنه سوف يتخلى عليهم ويجلب غيرهم، كما أن الأدوات الوقائية المتوفرة لا يهتم العمال بوضعها في مكانها بعد الانتهاء من العمل، وبهذا فهي معرضة إلى التلف السريع أو الضياع، كذلك نفس الشيء مع واقيات الحرارة، فطبيعة مكان العمل مفتوح أي معرض طوال اليوم إلى أشعة الشمس المباشرة، حتى أن توفير مياه الشرب باردة لا تكون لفترة طويلة وتصبح ساخنة وبذلك لا يحب العمال تناولها، كما أن المشرفين يحاولون دائماً توفير الماء البارد للعمال ولكن تواجههم صعوبة في توفير الكميات الكبيرة، وينصح عدم شرب الشاي غير أنهم لا يستطيعون الامتناع عنه أثناء العمل، فهم يرونه مشروب أساسي في مكان العمل، ولا يمكن ارتداء واقي السمع مع واقيات الشمس فهم لا يشعرون بالراحة إثناء العمل، ولا يمكنهم تخفيض مستوى الضوضاء من الجرارات لعدم السماح لهم بتغيير قطاع الغيار مادام الجرار يعمل فلا يهم مستوى الضوضاء عند أرباب العمل، ولا يمكن اخذ فترات راحة لأن ذلك يؤثر على الأجر، أما فيما يخص استعمال أدوات الإنتاج فلا يتم اخذ رأيهم فيها وعادة ما يتم شراء الأقل سعر ولا يهتمون هل تناسب العمال أو لا، ولا يتم إجراء أي فحوصات طبية في مكان العمل، حتى انه لا يوجد تأمين لهم .

وما تجدر الإشارة إليه حسب ما صرح به المشرفين أنهم يعانون من دوران العمل بشكل كبير، سواء بإرادتهم أو فصلهم، حيث يترك العامل عمله نتيجة إحساسه بأن ظروف العمل غير مناسبة.

الاقتراحات والتوصيات:

تعد الهندسة البشرية من الجوانب التي نالت اهتمام الإنسان، والتي تهدف إلى تكييف بيئة العمل مع العمال من أجل تعزيز والحفاظ على أعلى درجة من الرفاهية البدنية والعقلية والاجتماعية للعاملين في جميع المهن، وتأخذ مسألة الاهتمام بها عالمياً منعطفاً جديداً الآن، حيث أن العوامل الرئيسية المساهمة في هذه التطور ترجع إلى النمو السريع في الصناعة والزراعة التي تحدث في البلدان المختلفة سواء المتقدمة منها أو السائرة في طريق النمو، وظهور منتجات وعمليات إنتاج جديدة في هذه البلدان، ويعرف العديد من هذه البلدان تطور في طريقة العمل من العمل اليدوي إلى الاعتماد على الآلات في مختلف القطاعات، مثل التصنيع والتعدين والزراعة، وبالتالي ينبغي توقع تأثير هذا التطور على الإنتاج، كما أن الرغبة هذه البلدان في التقدم التقني أدت إلى استيراد الآلات المتطورة. وقد ارتبط هذا على الدوام بتغيير في هيكل القوة العاملة ككل بما في ذلك زيادة مستوى العمالة، ونظراً لظهور العديد من المشاكل الصحية، ستكون هناك حاجة إلى مزيد من التركيز على تطبيقات الهندسة البشرية، حيث أكدت الدراسات على أن الهندسة البشرية لها الأثر البالغ على بيئة العمل والعوامل النفسية والاجتماعية للعامل إن لم تتناسب والمعايير الدولية المتفق عليها.

ومن خلال النتائج المتحصل عليها في هذه الدراسة ارتأينا أن نقدم بعض الاقتراحات والتي نأمل أن تؤخذ بعين الاعتبار، ومن بين هذه الاقتراحات ما يلي:

- تخفيض مستوى الضوضاء من خلال تحسين كفاءة تشغيل معدات الإنتاج الحالية بتطبيق إجراءات الصيانة الشاملة أو تغيير الآلات بأخرى أقل إصدار للضوضاء.

- أثناء المقابلة مع العمال وأرباب العمل يتضح أنهم لا يغيرون أي اهتمام لمستويات الضوضاء والحرارة السائدة في مكان العمل، وعليه من الضروري توعية وتثقيف العمال والمزارعين بمختلف الوسائل على أهمية الظروف الفيزيائية ودورها في حمايتهم من الأمراض المختلفة.

- لتفادي المضاعفات المحتملة جراء الاستعمال المتكرر لأدوات الإنتاج خاصة آلة الرش اليدوية والمنجل يجب اخذ بعين الاعتبار أهمية المعيار الانثربيومتري في تصميم الأبعاد المتوصل إليها في دراستنا الحالية.

- اهتمام المزارعين بتوفير ظروف عمل آمنة للعاملين داخل المزارع من حيث العوامل الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية والعمل على توفير معدات الوقاية الشخصية اللازمة للحد من ارتفاع نسبة الأمراض.
- انطلاقاً من تصفح الباحث للدراسات التي تعنى بالهندسة البشرية في مجال الزراعة فقد لاحظ بان هناك شح في البيئة العربية على حد علم الباحث، رغم أهمية هذا الموضوع لهذا يجب تشجيع الباحثين والمهتمين على المزيد من الدراسة والبحث في هذا المجال.
- القيام بالفحوص الطبية بشكل دوري، وذلك من اجل الكشف المبكر على احتمال الإصابة بالأمراض المهنية، والأخذ بعين الاعتبار الفحوصات الخاصة بالآثار الناتجة عن كل عناصر الهندسة البشرية سواء الظروف الفيزيائية أو غيرها.
- إعادة برمجة ساعات العمل وتقليصها أو وضع فترات للراحة تسمح للعمال من تقادي ظروف العمل السيئة خاصة أوقات ارتفاع درجة الحرارة وعند استعمال المتواصل للآلات الإنتاج.
- إجراء قياسات على مستوى أدوات الإنتاج الأخرى.

قائمة المصادر والمراجع

المراجع:

- 1) أبو الفضل، طارق محمد. (2010). درجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية في جمهورية مصر العربية وآثارهما على راحة الإنسان.
- 2) أبو المجد، عبد العليم سليمان، وحافظ، فاطمة كمال محمد. (2005). أساسيات الكيمياء الفيزيائية. (ط1). دار النشر للجامعات.
- 3) أبو سخيلة، إسماعيل عبد الرحمان. (2015). أثر التقنيات الحديثة على تصميم العلاف الخارجي وتحسين البيئة الداخلية للمبنى حالة دراسة مستشفى الصداقة التركي الفلسطيني. رسالة ماجستير غير منشورة. الجامعة الإسلامية بغزة.
- 4) أثير، عبد الله محمد. (2011). أثر استخدام نظرية الحواجز لتقليل مستوى الضوضاء الداخلية للمصنع في رفع كفاءة الأداء دراسة حالة في شركة الفرات العامة للصناعات الكيماوية معمل الأكياس البلاستيكية. مجلة الإدارة والاقتصاد. 34(90) 242-280
- 5) الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج. (2004). إنتاج كيميائي الكيمياء العامة. المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني.
- 6) آرزروني وارتان، سونيا، ونجم، عبد الله ياسمين. (2013). التلوث الضوضائي في محافظة البصرة (مصادره - آثاره - معالجته). مجلة الغري للعلوم الاقتصادية والإدارية. 9(26) 736
- 7) إسعادي، فارس. (2015). أثر الظروف الفيزيائية على ظهور بعض الاضطرابات التنظيمية والنفسية لدى العاملين في المؤسسات الصناعية. رسالة دكتوراه غير منشورة. كلية العلوم الاجتماعية والإنسانية: سطيف.
- 8) أمحمد مسعود صلاح. 2017. التلوث الضوضائي/ مفهومه، أنواعه، مسبباته، آثاره، وكيفية التقليل والوقاية من خطره. مجلة كليات التربية. 07. 81- 106
- 9) البحراني، حسين شاكر محمود. (2009). دراسة حقلية عن أهم مصادر التلوث الضوضائي في الأحياء السكنية لمدينتي النجف والكوفة. مجلة القادسية للعلوم الهندسية. 2 (9). 774-759

http://adamelbarbary. com/ (السلامة والصحة المهنية) آدم (2005) " 10 البربري، 2021/04/03 30 .16

11) بركاد، بويبة فطيمة وناوي شريفي هناء. (2014). واقع الظروف الفيزيكية للعمل وعلاقتها بظهور القلق عند العمال دراسة ميدانية بالمؤسسة الوطنية للصناعات الكهرومنزلية. الملتقى الدولي الثاني حول تطبيق الارغونوميا بالدول السائرة في طريق النمو: الارغونوميا في خدمة التنمية. الجزائر. الفترة من 28-29 ماي 2014.

12) برو، ممدوح، والزحيلي، ميساء، والأحمد، محمد. (2013). توصيف نوعيات الأشعة المستخدمة في الأشعة السينية التشخيصية. تقرير عن دراسة علمية مخبرية قسم الوقاية والأمان دمشق

13) بكار، أمال. (2016). نجاعة الهندسة البشرية في تحقيق السلامة المهنية للأفراد العاملين دراسة حالة مؤسسة سونلغاز وحدة إنتاج الكهرباء ببشار. أطروحة دكتوراه علوم فرع: العلوم التجارية تخصص: تسيير الموارد البشرية. جامعة الدكتور يحي فارس المدية كلية العلوم الاقتصادية والعلوم التجارية وعلوم التسيير

14) بلاش، صليحة. (1999). الآثار السيكولوجية والفيزيولوجية للضوضاء الصناعية الشديدة. رسالة لنيل شهادة الماجستير في علم النفس العمل والتنظيم. جامعة الجزائر 2

15) بلاش، صليحة، وقايد، عادل. (2014). مخاطر البيئة الفيزيكية الصناعية على الصحة النفسية والجسمية للعمال. فعاليات الملتقى الدولي الثاني حول: تطبيق الأرغونوميا بالدول السائرة في طريق النمو: الأرغونوميا في خدمة التنمية. الجزء الثاني. 28 29 ماي 2014. الجزائر

16) بن علال، بلال. (2011). الوقاية من الأخطار المهنية في المؤسسات العمومية الجزائرية «1997-2008» دراسة حالة وحدة المسبك مؤسسة بوفالالبرواقية ولاية المدية. رسالة ماجستير غير منشورة. جامعة الجزائر 03.

17) بنور، معمر. (2014). دراسة علاقة الاختبارات البدنية بالقياسات الجسمية عند رياضي ألعاب القوى الشاب اختصاص جري المسافات دراسة حالة لأصناف "مبتدئين". أصاغر. أشبال ولاية الشلف. رسالة دكتوراه غير منشورة. جامعة الجزائر 03.

- 18) بوظريفة، حمو. (1996). احذر من الكرسي. (ط1). دار الأمة للطباعة والترجمة والنشر والتوزيع .
- 19) بوظريفة، حمو. (2002). الضوضاء خطر على صحتك. ط1. مخبر الوقاية والارغونوميا.
- 20) بوعافية، سمير، وزهواني، رضا. (2017). القطاع الزراعي كبديل تنموي للاقتصاد الجزائري خارج قطاع المحروقات دراسة تحليلية للقطاع الزراعي خلال الفترة 2006/2015. مجلة التنمية الاقتصادية. 04 292-306.
- 21) البياتي، نمير قاسم خلف. (2006). أهمية العزل الحراري في تصميم الفضاءات الداخلية للمباني السكنية. مجلة الفتح. 27. 108-114.
- 22) التكريتي، صلاح الدين. (2011). مصادر الإشعاع في الطبيعة ومخاطره. نشرة الذرة والتنمية. 23(02). 35-40
- 23) جابر، هاجر. (2018). تقييم القطاع الزراعي في الجزائر. مجلة الإدارة والتنمية للبحوث والدراسات. 14 57-68.
- 24) جري، مردان عبد الرحمان، وجمعة علي، طارق، وحميد مجيد، أسامة. (2008). مستويات التلوث الضوضائي في مدينة الزبير والآثار الناجمة عنه لعام 2007 دراسة جغرافية. مجلة ابحاث ميسان. 4 (08). 225-261
- 25) الجنابي، عبد المنعم احمد جاسم. (2019). أساسيات القياس والاختبار في التربية الرياضية. (ط1). مركز الكتاب للنشر
- 26) حاجم، محمد يوسف، وهادي رشيد، نسرین. (2013). الآثار البيئية الناجمة عن التلوث الضوضائي في مدينة بعقوبة للعام 2012 باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS. مجلة اداب البصرة. 67. 465-493
- 27) حجازي، عرفات إسماعيل شاهين. (2017). توظيف التهوية الطبيعية في عمارة المسكن الفلسطيني المعاصر الخليل كحالة دراسية. رسالة ماجستير غير منشورة. الجامعة النجاح الوطنية. فلسطين.
- 28) الحجازي، عرفات اسماعيل ياسين. (2017). توظيف التهوية الطبيعية في عمارة المسكن الفلسطيني المعاصر. أطروحة ماجستير غير منشورة. جامعة النجاح الوطنية فلسطين.

- 29) حسانين، محمد صبحي. (2000). القياس والتقويم في التربية البدنية والرياضية. ط4. دار الفكر العربي للطبع والنشر.
- 30) الحسن، شكري ابراهيم. (2011). التلوث البيئي في مدينة البصرة. رسالة دكتوراه غير منشورة. جامعة البصرة
- 31) حكمت، عبد الكريم المنخوري، ورع، جابر الشيخ. (2020). التغذية الصحية والجهاز الحركي للإنسان. دط. ضوء القمر للطباعة والنشر.
- 32) حلمي، محمد ابراهيم. (2000). هندسة بيئة الصوب الزراعية. ط1. مكتبة بستان المعرفة للطبع والنشر
- 33) حمادي، علاء مشت، وميعاد، ناصر رشيد، وإشراق، احمد شاکر. (2015). قياس شدة الإضاءة لمصادر الضوء للقاعات الدراسية في المعهد الطبي التقني - بغداد. مجلة جامعة كربلاء العلمية. 13 (3). 210-213
- 34) حمدادة، ليلي. (2017). دراسة أرغونومية للظروف الفيزيائية (الضوضاء. الحرارة. الإنارة) وعلاقتها بحوادث العمل بمؤسسة القلد لولاية تيبازة. أطروحة للحصول على شهادة دكتوراه في العلوم في علم النفس العمل والتنظيم
- 35) الحوراني، دعاء عبد الكريم. (2018). القياسات الجسمية والمتغيرات الكينماتيكية المساهمة في مسافة الوثب الأفقي والعمودي من الثبات لدى طلبة التربية الرياضية في جامعة اليرموك. رسالة ماجستير غير منشورة. جامعة اليرموك.
- 36) الخالد سمير، دت. الضجيج الصناعي وطرق مكافحته. مديرية الجودة والسلامة المهنية والبيئة. الجمهورية العربية السورية
- 37) داود، أنفال سيد، ومنخي. سعدية عاكول. (2016). التلوث الإشعاعي وآثاره البيئية بانتشار الأمراض السرطانية في محافظة بغداد مستشفى الأمل نموذجاً. مجلة الأدب. 119. 375-392
- 38) الدليل الإرشادي لبيئات العمل المكتبية الصحية والأمنة. (2021). هيئة الصحة العامة.
- 39) الدليل الإرشادي لتصميم المباني الموفرة للطاقة. (2004). شركة بيلسان. رام الله. فلسطين

- 40) رغيد، إبراهيم إسماعيل. (2011). عناصر الهندسة البشرية وأثرها في تحسين بيئة العمل الفيويواوية وتقليل الإصابات دراسة استطلاعية على مجموعة من الشركات الصناعية في محافظة نينوى. مجلة بحوث مستقبلية. 36، 11- 53
- 41) الرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة، دت. المقاييس البيئية مقاييس مستويات الضوضاء. المملكة العربية السعودية
- 42) الزبيدي، غزوة حاتم التكليف، والحسناوي، إيمان عبد الحسن. (2011). تقييم خطورة الأشعة السينية المنبعثة من التلفزيون على العين لمعدل تعرض عشر ساعات يوميا. مجلة جامعة بابل العلوم الصرفة والتطبيقية. 1 (19). 148- 167
- 43) زوين، نبيل مهدي، والنعماني، نارمان جميل. (2018). الحماية القانونية من التلوث الإشعاعي. مجلة الكوفة للعلوم القانونية والسياسية 11 (34)، 27- 44
- 44) سالم، احمد صالح. (2014). مبادئ فيزياء الحالة الصلبة. ط1. دار صفاء للنشر والتوزيع.
- 45) سراج، نادية محمود احمد. (2000). دراسة بيئية هندسية لوحدات العلاج والتشخيص بالإشعاع. رسالة ماجستير غير منشورة. جامعة عين شمس.
- 46) السريع، احمد بن محمد، ومحمد، حسن عثمان. (1998). التلوث الإشعاعي للبيئة. مطبعة جامعة الملك سعود
- 47) سكينه، أمال الصادق محمد حسين. (1980). تأثير برنامج النشاط الرياضي داخلي وخارجي للمدارس الثانوية للبنات بمنطقة حلوان على بعض القياسات الجسمية والسعة الحيوية. رسالة ماجستير غير منشورة. جامعة حلوان
- 48) شقير، عدنان. (2004). المواد الكيماوية التي تستخدم في مختبرات الكيمياء والأحياء ومن المحتمل أن تحدث تشويها للأجنة. مجلة جامعة بيت لحم. 23 110- 118.
- 49) شكري، إبراهيم الحسن. (2011). التلوث البيئي في مدينة البصرة. رسالة دكتوراه غير منشورة. جامعة البصرة
- 50) شهدى، نحمد محمد. (2016). تحديات تصميم الإضاءة في أماكن العمل التي تواجه المصمم المصري. International Design Journal. 6 (4). 287- 297
- 51) شيلان، فاضل محمود. (2013). دور بعض عوامل لهندسة البشرية في الاستغراق الوظيفي. رسالة ماجستير مقدمة إلى مجلس كلية الإدارة والاقتصاد جامعة السليمانية

52) صالح نهير الزاملي، وزينب مهدي محسن. (2018). الأرغونوميا: بين ضرورات التحديد ومجالات التطبيق. المؤتمر الدولي: الأرغونوميا التربوية | طرابلس - لبنان 2018 |03| 313.

53) صيفي، زهير. (2015). الاستثمار في صلاحيات الجماعات المحلية -الديناميكية الفلاحية في إقليم واد سوف. الجزائر. Revue semestrielle .9.

54) عاشور، علوطي. (2016). الظروف الفيزيكية كأحد عوامل المؤثرة في أداء والصحة العمال. مجلة أبحاث نفسية وتربوية. 1(8). 129 - 148

55) عبد الله، علي ناصر. (2015). التوزيع الجغرافي لمستويات التلوث الضوضائي في مدينة العمارة. مجلة أبحاث ميسان. 11 (22) 257 - 275

56) عبد الماجد احمد. عصام محمد (2002). التلوث مخاطر وحلول. المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم. تونس

57) عبد المطلب، محمد علي، وطارق جلال حبيب، وخالد يوسف محمد. (2009). تأثير تغير توجيه الفراغ علي سلوك الإضاءة الطبيعية داخله "دراسة حاله: المباني التعليمية بجامعة أسيوط. مجلة العلوم والتكنولوجيا. 14 (02) 17 - 34

58) عبدي، نضال. (2007). ضجيج المطارات وأثره على سكان المحيطات العمرانية المجاورة لها دراسة حالة المنطقة الحضرية عين الباي قسنطينة دراسة حالة المنطقة الحضرية عين الباي قسنطينة. رسالة ماجستير غير منشورة. جامعة العربي بن مهدي. ام البواقي.

59) عبدي، نضال. (2007). ضجيج المطارات وأثره على سكان المحيطات العمرانية المجاورة لها. دراسة حالة المنطقة الحضرية عين الباي قسنطينة. ماجستير. جامعة العربي بن مهدي ام البواقي.

60) عبيس، رعد شاكر، وصاحب شنون، زهراء، وحبيب، محمد صالح، وسامر، عبد الستار لقمان. (2017). البحث في نسبة التلوث الضوضائي في مناطق منتخبة من مدينة الديوانية ومقارنتها مع المعايير الدولية. مجلة القادسية للعلوم الصرفة 22 (01). 157-176

- 61) عقل، مجدي نايف اسماعيل. (2006). القياسات الجسمية والفسولوجية المساهمة بالمستوى الرقمي للسباحيين الناشئين بالأردن. رسالة ماجستير غير منشورة. كلية الدراسات العليا.
- 62) علام، محمد خضر. (2011). أمور كيميائية حالات المادة. ط1. مؤسسة الكويت للتقدم العلمي.
- 63) على موسى، حنان. (2006). الصحة والسلامة المهنية وأثرها على الكفاءة الإنتاجية في المؤسسة الصناعية دراسة حالة المؤسسة هنكل الجزائر مركب شلغوم العيد. رسالة ماجستير غير منشورة. جامعة منتوري قسنطينة
- 64) علي محمد، محمد عثمان. (2018). صحة البيئة دليل عملي. ج01. السودان. دار جامعة الخرطوم للطباعة والنشر.
- 65) عمران، وعد، والرفاعي، محي الدين. (2013). تقييم الضجيج الناتج عن الآلات لصناعات غذائية محددة. مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية. 19 (01). 257-265.
- 66) العمري، عبد الحفيظ احمد. (2013). التلوث الضوضائي(الضجيج) <http://knoweyes.blogspot.com>
- 67) الغرباوي، فيصل خليل إبراهيم. (2019). دور الإضاءة الصناعية في إبراز القيم الوظيفية والجمالية للفراغ الداخلي حالة الدراسة المركز التجاري في مدينة غزة. رسالة ماجستير غير منشورة. الجامعة الإسلامية بغزة.
- 68) الفراء، شوقية يوسف. (2019). دراسة واقع التهوية الطبيعية في المباني السكنية في مدينة غزة. رسالة ماجستير غير منشورة. الجامعة الإسلامية بغزة.
- 69) فرج. عبد القادر طه. (2001). علم النفس الصناعي والتنظيمي. ط9. دار قباء للطباعة والنشر.
- 70) فهمي، دينا عبد العزيز. (2018). افريل (2324). الحماية الجنائية من التلوث الضوضائي. (بحث مقدم). مؤتمر كلية الحقوق جامعة طنطا "القانون والبيئة". المغرب.
- 71) كحلوش، كهينة. (2015). ظروف العمل الفيزيائية وأثرها على صحة العامل دراسة ميدانية في المؤسسة الوطنية المتزعمة لصناعة الأثاث تابوكرت تيزي وزو. أطروحة ماجستير غير منشورة. جامعة مولود معمري تيزي وزو.

- 72) كمونة، غادة محمد اسماعيل عبد الرزاق. (2016). استراتيجيات التصميمية المنفصلة لتعزيز التهوية الطبيعية في الأبنية "انتخاب استراتيجيات التصميمية المنفصلة لتحقيق التهوية الطبيعية في البيئة العمرانية العراقية ذات المناخ الحار الجاف. Journal of Engineering. 22 (6). 1638
- 73) كنعان، أحمد. (1996). الحرارة في الطبيعة والإنسان فوائدها -أمراضها علاجها. (ط1). دار النفائس
- 74) اللامي، غسان قاسم داود. (2015). تأثير تطبيقات الهندسة البشرية في تخفيض تكاليف العمليات الصناعية دراسة في الشربة العامة للصناعات الجلدية. مجلة جامعة التنمية البشرية. 1(1). 204 - 227
- 75) لطروش، امينة. (2019). دور طبيب العمل في الحماية من المخاطر الكيميائية داخل المؤسسة. مجلة قانون العمل والتشغيل. 04 (02) 278 - 294.
- 76) لونيس، علي، وصحراوي، عبد الله. (2010). علاقة حوادث العمل بالظروف الفيزيائية في البيئة المهنية دراسة تشخيصية - مجلة الباحث في العلوم الانسانية والاجتماعية. 3(03). 452 - 466
- 77) مبارك، محمد مصطفى، والسحار، أحمد. (2007). المكنة الزراعية. ط1. مصر: مركز التعليم المفتوح
- 78) مباركي، بوحفص. (2004). العمل البشري. ط2. دار الغرب للنشر والتوزيع
- 79) متوالي، صالح محمد. (2015). الاشعة السينية الفوائد والمخاطر. مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر.
- 80) مجاجي، منصور. (2020). المعالجة التشريعية لمشكل التلوث السمعي في الجزائر. مجلة الاجتهاد للدراسات القانونية والاقتصادية. 09(01). 417 - 435
- 81) المجالي، مصطفى محمد عبد الهادي. (د ت). الوقاية الإشعاعية المبادئ والتطبيقات.
- 82) المحافظة، أمل عواد. (2016). نموذج مقترح لتطبيق أبعاد الهندسة البشرية في بيئات التعلم المدرسي لدى المدارس التابعة لوزارة التربية والتعليم في مديرية التربية والتعليم لواء الأغوار الجنوبية. رملة مقدمة إلى كلية الدراسات العليا استكمالاً لمتطلبات الحصول على درجة الماجستير في الإدارة التربوية قسم الأصول والإدارة التربوية جامعة مؤتة.

- (83) مدثر، حفصه محمد. (2018). تأثير الإضاءة على العمارة دراسة تحليلية لنماذج عالمية ومحلية. رسالة ماجستير غير منشورة. جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا.
- (84) المركز الإقليمي لأنشطة الصحة البيئية، (2005). المواد الكيميائية الخطرة على صحة الإنسان. منظمة الصحة العالمية.
- (85) المركز الوطني للمعلومات، (2009). الصحة المهنية.
- (86) المعاينة، رقية عدنان. (2007). الارغونوميا أفاق جديدة في عالم الإدارة. ط1. دار الشروق عمان.
- (87) المعهد العربي للصحة والسلامة المهنية. (2010). الصحة والسلامة المهنية في قطاع المناجم. منظمة العمل العربية
- (88) المغني، أميمة صقر. (2006). واقع إجراءات الأمن والسلامة المهنية المستخدمة في منشآت قطاع الصناعات التحويلية في قطاع غزة. رسالة دكتوراه غير منشورة. الجامعة الإسلامية غزة.
- (89) مقداد، محمد (2012). الأرغونوميا في البلدان النامية صناعاتها الحاجة إليها ومعوقات تطبيقها قسم علم النفس. كلية الآداب. جامعة البحرين. مملكة البحرين
- (90) مقداد، محمد. (1992). التغير الجيلي في قامة الجزائريين دراسة حالة أولاد جلال ولاية بسكرة. مجلة جامعة قسنطينة للعلوم الإنسانية. 3. 05-08
- (91) مقداد، محمد. (2008). علم النفس الصناعي. ط1. دار قانة للنشر والتوزيع
- (92) مقداد، محمد. (2010). مواجهة الحوادث المهنية بين مقاربتَي الأرغونوميا والأمن الصناعي. مجلة العلوم الإنسانية والاجتماعية. عدد خاص بالملتقى الدولي حول المعاناة في العمل. 3 (3) ص 7.
- (93) ممدوح، سلامه مرسى. (2012). الضوضاء مرض العصر. مجلة أسبوط للدراسات البيئية. 36، 119-133.
- (94) منظمة العمل الدولية. (2008). موسوعة الصحة والسلامة المهنية -الاهتزاز. (منظمة العمل العربية. ترجمة. ط 4). المعهد العربي للصحة والسلامة المهنية بدمشق.
- (95) منظمة العمل الدولية. (2017). الدليل الفني لتدريب مفتشي الصحة والسلامة المهنية. ط1.
- (96) وزارة البيئة جمهورية العراق. دت. مصادر الضوضاء.

97) وزارة الصحة. (2001). السلامة والصحة في العمل الزراعي. دط. دمشق: مكتبة الأسد.

98) الياسري، كفاية حسن ميثم. (2018). التلوث الضوضائي في مدينة الحلة واثره على السكان من الناحية الصحية والنفسية والعقلية. مجلة كلية التربية الأساسية للعلوم التربوية والإنسانية. 41. 1231 - 1239

99) Adams, Chris.(2018) "Human Error Definition: Glossary of Ergonomics Terms."

100) Adarsh, Kumar & Mathur, N.N & Mathew, Varghese& Dinesh, Mohan& Singh, J.K.& Punnet, Mahajan, (2005), Effect of Tractor Driving on Hearing Loss in Farmers in India, AMERICAN JOURNAL OF INDUSTRIAL MEDICINE 47:341–348

101) Albert ,T.P.So & Leung, L.M.(1998) Indoor Lighting Design Incorporating Human Psychology, Architectural Science Review, 41(3), 113- 124

102) ARS ,(2013), TRAITEMENT DES PLAINTES DE BRUIT DE VOISINAGE

103) Ashraf A.Shikdar&, Naseem M.Sawaqed , (2003), Worker productivity, and occupational health and safety issues in selected industries, Computers & Industrial Engineering 45, 563–572

104) Atmaca E *, I.Peker , A.Altin , (2005), Industrial Noise and Its Effects on Humans , Polish Journal of Environmental Studies.14, (6), 721726.

105) Benos, L & Tsaopoulos, D & Bochtis, D.(2020).A Review on Ergonomics in Agriculture.Part I: Manual Operations.Applied Sciences, 10(6), 05- 19

106) Best Practices Vibration at the Worksite, (2010), General Safety.

107) BHARC, (1994), The Impact of Environmental Conditions on Human Performance, U.S.Nuclear Regulatory Commission

108) Birgitta Berglund & Lindvall Thomas.(1995), Community Noise , Jannes Snabbtryck, Stockholm, Sweden.

109) Bistrup ,Marie Louise,(2001), Health effects of noise on children and perception of the risk of noise , National Institute of Public Health

110) Bovenzi, Massimo ,(2005) , Health effects of mechanical vibration , G Ital Med Lav Ergon, 27(1): 58- 64

111) Brager, Gail& Alspach, Peter& Nall, Daniel H, (2011), Natural vs.mechanical ventilation and cooling, California Digital Library.

112) Brems, Raymond Depue,, Christian Heyrman, Carl, le Paige Véronique, Moonens Arlette, Schmitz Christelle, Streuve Emmy, Urbain Isabelle, Van Leeuwen Nicolaas, (2006) ,bruit et vibration , fascicul n 112, CNACNAV

- 113)** Bridger, Robert ,(2003),Introduction to Ergonomics, 2nd ed, Taylor & Francis
- 114)** Bridger,(2003) ,Introduction to Ergonomics, Third Edition 3rd Edition
- 115)** Broch, Jens Trampe, (1984) , Mechanical Vibration and Shock Measurements ,(2nd ed) , K.LARSEN & SON.
- 116)** BROLIN ,ERIK, (2016) , Anthropometric diversity and consideration of human capabilities – Methods for virtual product and production development, Unpublished doctoral dissertation, CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY.
- 117)** C.G.D rury et al.(1999).A corporatewide ergonomics programme: Implementation and evaluation.ERGONOMICS, 42(1) , 208.228
- 118)** Canadian Nuclear Safety Commission, (2012) , Introduction to Radiation , Minister of Public Works and Government Services Canada
- 119)** CCHST, (2020), Mesure du bruit sur les lieux de travail, https://www.cchst.ca/oshanswers/phys_agents/noise_measurement.html
- 120)** Chao, Chen & Genserik, Reniers & Nima Khakzad, (2021), A dynamic multiagent approach for modeling the evolution of multihazard accident scenarios in chemical plants, Reliability Engineering and System Safety,207 01-14
- 121)** Christopher, D.Wickens & Sallie, E.Gordon& Yili, Liu,(1997) , An introduction to human factors engineering , Library of Congress Catalogingin Publication
- 122)** CIDR ,(2014) , L’Etat de L’Environnement Sonore un marqueur de notre qualité de vie, Echo Bruit n° Hors série ,
- 123)** Clark William W & Bohne Barbara A,(1999) , Effects of Noise on Hearing.JAMA.;281(17):1658–1659.
- 124)** CNAC,(2006) , Bruit et vibrations, Bibliothèque Royale
- 125)** Coal Services Pty Limited,(2016), Protecting against airborne dust exposure in coal mines,
- 126)** Cohen Sheldon & Weinstein Neil.(1981), Nonauditory Effects of Noise on Behavior and Health , JOURNAL OF SOCIAL ISSUES ,VOLUME 37 (1) , 3670.
- 127)** Comité de radioprotection, (2019), Manuel de radioprotection, Université Laval
- 128)** Commission canadienne de sûreté nucléaire, (2012) , Introduction au rayonnement, Ministre de Travaux publics et Services gouvernementaux Canada
- 129)** CSST ,(2004) , Confort thermique à l’intérieur d’un établissement , Bibliothèque nationale du Québec.

- 130)** Darses, F., de Montmollin, M.(2006).L'ergonomie.Paris: La Découverte. Collection Repères.4° édition.121 p.
- 131)** Davy et al., The BRICS plus Network: A Historical Overview and Future Perspectives of the Network's Role in Human Factors and Ergonomics , Proceedings of the 20th Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2018) (pp.647656)
- 132)** Depczynski ,J & Franklin, R.C &Challinor, K &Williams, W &Fragar, L.J, (2005), Farm Noise Emissions During Common Agricultural Activities, Journal of Agricultural Safety and Health 11(3): 325–334
- 133)** Dewangan, K.N & Owary, C & Datta, R.K, (2008), Anthropometric data of female farm workers from north eastern India and design of hand tools of the hilly region, International Journal of Industrial Ergonomics 38.90–100
- 134)** Dewangan, K.N & Owary, C & Datta, R.K, (2010), Anthropometry of male agricultural workers of northeastern India and its use in design of agricultural tools and equipment, International Journal of Industrial Ergonomics, 40, 560-573.
- 135)** Diana ,Gómez Marrugo & Deisy LeónMéndez & Jorge Puello Silva & Clemente GranadosConde & Glicerio LeónMéndez, (2019), Metal fumes: exposure to heavy metals, their relationship with oxidative stress and their effect on health, REVISTA PRODUCCIÓN LIMPIA, 14 (02) 08- 20
- 136)** Dias, Kelly Bossardi.Ergonomics in Brazil: comparison between the Anglo Saxon and French.Multidisciplinary Core scientific journal of knowledge.03 year, Ed.07, vol.01, pp.93101, July 2018.
- 137)** Dieter Schmitter, 2014, L'ergonomie.Un facteur de succès pour toutes les entreprises , 6nd éd , Suva Pro
- 138)** Echeverria, D & Barnes, V& Bittner, A & Durbin, N & FawcettLong, J & Moore, C & Slavich, A & Terrill, B & Westra, C & Wieringa, D & Wilson, R & Draper, D & Morisseau ,D & Persensky, J, (1994) , The Impact of Environmental Conditions on Human Performance, Battelle Human Affairs Research Centers.
- 139)** Edwards, L.& Torcellini ,P,(2002) , A Literature Review of the Effects of Natural Light on Building Occupants, National Renewable Energy Laboratory
- 140)** EHESP ,(2011) , LE BRUIT NUITIL GRAVEMENT A LA SANTE ? Étude des effets du bruit sur la santé en milieu urbain , Groupe n°6
- 141)** Environmental Noise Pollution and its Control, Proceedings of Specialist Course, Institution of Engineers, Roorkee , India 1992,p.13
- 142)** EPA ,(1981), NOISE EFFECTS HANDBOOK A Desk Reference to Health and Welfare Effects of Noise, Office of Noise Abatement and Control

U.S.Environmental Protection Agency, <https://www.nonoise.org/library/handbook/handbook.htm>

143) Ergonomics Plus,(1989), A Stepby Step Guide to Job Rotation , www.ergoplus.com

144) European Agency for Safety and Health at Work, (2008) , Workplace exposure to vibration in Europe: an expert review , Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

145) FALZON, Pierre.(2004), Ergonomie, Presses Universitaires de France

146) Fan Xinyao & Xinwei Lu & Bo Yu& Ling Zuo& Peng Fan& Yufan Yang &Sukai Zhuang& Huimin Liu& Qing Qin,(2021) , Risk and sources of heavy metals and metalloids in dust from university campuses: A case study of Xi'an, China, Environmental Research, 202, 0111

147) Gary Kees, (2008), Harness Makes Backpack Sprayers Easier to Pack and Less Likely to Leak, Department of Agriculture Forest Service, Missoula Technology and Development Center

148) Gauer Robert & Meyers , Bryce K,(2019) , HEATRELATED ILLNESSES , American Family Physician,99 (08) 482- 489

149) Ghugare, BD & Adhaoo, SH & Gite, LP & Pandya, AC & Patel, SL, (1991), Ergonomics evaluation of a leveroperated knapsack sprayer, Applied Ergonomics, 22(4),241- 250

150) GlanderDolo S.M.(2016) Organizational Ergonomics.In: Farazmand A. (eds) Global Encyclopedia of Public Administration, Public Policy, and Governance.Springer, Cham.https://doi.org/10.1007/9783319318165_30301

151) Gorguner, Metin & Akgun, Metin, (2010), Acute Inhalation Injury, Eurasian J Med,42 (1) 28- 35

152) GRESSER , Virginie HUBER, (2004) , PATHOLOGIE PROFESSIONNELLE LIEE AUX RAYONNEMENTS IONISANTS: A propos de 7 observations, Unpublished doctoral dissertation, UNIVERSITE HENRI POINCARÉ NANCY 1

153) Guidance for Health and Safety Representatives, (2011), Dust in the Workplace.

154) Gyusung ,Lee. I & Lee, M. R & Clanton, T& Sutton, E& Park, A. E & Marohn, M. R. (2013). Comparative assessment of physical and cognitive ergonomics associated with robotic and traditional laparoscopic surgeries. Surgical Endoscopy, 28(2), 456–465

- 155)** Hanvold ‘Therese N.& Pete, Kines & Mikko‘ Nykänen & Thomée ‘ Sara & Kari A.Holte & Jukka‘ Vuori & Morten‘ Wærsted & Kaj , B.Veiersted ,(2019), Occupational Safety and Health Among Young Workers in the Nordic Countries: A Systematic Literature Review , Safety and Health at Work 10 (1) 320
- 156)** Hargreaves ,Tara & Moridi ,Reza ,(2010), Guide sur les rayons X et la radioprotection , Administration canadienne de la sûreté du transport aérien Ottawa, Canada
- 157)** Harry L.Field ,John M.Long.(2018) Sound and Noise.In: Introduction to Agricultural Engineering Technology.Springer, Cham.https://doi.org/10.1007/9783319696799_11 21/00.02/04/2021
- 158)** Hatherell & Heidi Mason & Cate MercerGrant & Anthony Hogan, (2015) , Farmers’ workday noise exposure, Aust.J.Rural Health 23, 67–73
- 159)** Helander, Martin, (2006) , A GUIDE TO HUMAN FACTORS AND ERGONOMICS , CRC Press Taylor & Francis ,
- 160)** Helen Colman, (2021) , Refresher Training: Keep Your Staff Fresh, <https://www.ispringsolutions.com/blog/refreshertraining>, 18.25, 18/03/2021
- 161)** Hong OiSaeng, FAAN, Madeleine J.Kerr, Gayla L.Poling, Sumitrajit Dhar, (2013), Understanding and preventing noise induced hearing loss , Diseasea Month 59(4) 110–118
- 162)** <https://www.thoughtco.com/whatishumanerror1206375>
- 163)** Humann, M J & Sanderson, W T & Donham, K J & Kelly K M, (2013), TaskBased Noise Exposures for Farmers Involved in Grain Production, Journal of Agricultural Safety and Health 19(2): 101- 113
- 164)** IAEA, (2008) , Radiation Safety in Industrial Radiography ,
- 165)** INRS ,(2009) , évaluation et mesurer l’exposition professionnelle au bruit, ED 6035.
- 166)** INRS ,(2009), Rayonnements ionisants,
- 167)** Institut national de recherche et de sécurité,(2016) , Détection fixe de gaz et de vapeurs pour l’industrie
- 168)** Jackson, Larry L & Rosenberg , Howard R, (2010) ,Preventing Heat Related Illness Among Agricultural Workers, Journal of Agromedicine, 15(3), 200- 215
- 169)** James ,D.Miller,(1974), Effectsof noiseon people, Journal Acoustical Society of Americ ,56 (3).
- 170)** JAMMET, H & DOUSSET, M, (1982), La protection de l’homme contre les rayonnements ionisants et contre les autres agents nocifs, Radioprotection 17(01), 13- 23

- 171)** Jianjun, XIANG & Peng, BI & Dino, PISANIELLO & Alana, HANSEN, (2014), Health Impacts of Workplace Heat Exposure: An Epidemiological Review, *Industrial Health*, 52, 91- 101
- 172)** Jinwoo Choi , Hyuna Kang , Taehoon Hong, Hoyoung Baek , DongEun Lee,(2021) , Automated noise exposure assessment model for the health of construction workers, *Automation in Construction*, 126, June 2021, 103657 0120
- 173)** JOY RIVERA & BENTZION KARSH,2008, HUMAN FACTORS AND SYSTEMS ENGINEERING APPROACH TO PATIENT SAFETY FOR RADIOTHERAPY , *Int.J.Radiation Oncology Biol.Phys.*, Vol.71, No.1, pp. S174–S177
- 174)** Judith, A McInnes& Muhammad, Akram& Ewan, M MacFarlane& Tessa, Keegel& Malcolm, R Sim& Peter, Smith,(2017), Association between high ambient temperature and acute workrelated injury: a casecrossover analysis using workers’ compensation claims data, *Scand J Work Environ Health*, 43(1):86- 94
- 175)** JULIUS ,PANERO & ZELNIK, MARTIN, (1997) , HUMAN DIMENSION & INTERIOR SPACE , WHITNEY LIBRARY OF DESIGN
- 176)** Kalakoski V.Cognitive ergonomics.OSH Wiki; 2016.Available from: https://oshwiki.eu/wiki/Cognitive_ergonomics
- 177)** Kameswari, S & Gunavathi, Y & Gopi ,Krishna P,(2019), DUST POLLUTION AND ITS INFLUENCE ON VEGETATION – A CRITICAL ANALYSIS, *Feb RJLBPCS* ,5(1) 341- 363
- 178)** Kenneth Gulp & Shalom Tonelli& Sandra L.Ramey& Kelley Donham & Laurence Fuortes,(2011), Preventing HeatRelated Illness Among Hispanic Farmworkers, *AAOHN JOURNAL*.59(01).23- 32
- 179)** Khan , Raihan K & Strand, Mark A, (2018), Road dust and its effect on human health: a literature review, *Epidemiology and Health*, 40.01- 11.
- 180)** Khan Khadem ,Mohammad Miftaur Rahman & Al Farsi, Dawud & Islam, Md Anisul ,(2014), Anthropometric data of Omani male population of age group 18–60 , *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 16(4):523 – 536
- 181)** Kim IJ (2016) Cognitive Ergonomics and Its Role for Industry Safety Enhancements.*J Ergonomics* 6: e158.doi:
- 182)** Kjellstrom ,Tord, &Sari ,Kovats, & Simon Lloyd, &Tom, Holt, &Richard, Tol,(2009) , The Direct Impact of Climate Change on Regional Labor Productivity, *Archives of Environmental & Occupational Health*,64 (4) 227 -217
- 183)** Kjellstrom Tord, &Ingvar, Holmer & Bruno ,Lemke (2009) Workplace heat stress, health and productivity – an increasing challenge for low and

- middleincome countries during climate change, *Global Health Action*, 2(1), 17)
- b)
- 184)** Kumbhare, Dhiraj N & Vishal, Singh & Prashik, Waghmare & Altaf, Ansari & Vikas, Tiwari & Gorle, R D, (2016), Fabrication of Automatic Pesticides Spraying Machine, *International Research Journal of Engineering and Technology*, 03(04) 912- 916
- 185)** Kwasi, Frimpong & Eddie, Van Etten E J & Jacques, Oosthuizen & Victor, Fannam Nunfam & MPHIL Development Studies (2017), Heat exposure on farmers in northeast Ghana, *International Journal of Biometeorology* 61, 397–406
- 186)** Kyle, Casadei & John, Kiel, (2021) , Anthropometric Measurement , Stat Pearls Publishing LLC.
- 187)** Laborers AGC, (2000), HEARING PROTECTION, LIUNA INNOVATION AT WORK.
- 188)** Laila Bouargane, Abdelghani Cherkaoui.2015.Towards an explicative model of human cognitive process in a hidden hazardous situation and a cognitive ergonomics intervention in railway environment.6th IESM Conference, October 2015, Seville, Spain
- 189)** LAVILLE, Antoine.Repères pour une histoire de l’ergonomie francophone. Comptes rendus du congrès
- 190)** Leszek Solecki, (2000), DURATION OF EXPOSURE TO NOISE AMONG FARMERS AS AN IMPORTANT FACTOR OF OCCUPATIONAL RISK, *Ann Agric Environ Med*.7(2): 89–93
- 191)** Li Li & Hughes, Lauren & Arnot, Jon A, (2021), Addressing uncertainty in mouth-mediated ingestion of chemicals on indoor surfaces, objects, and dust, *Environment International* ,146 ,01- 12
- 192)** Limonciel, A, (2014), The Past, Present, and Future of Chemical Risk Assessment. *In Vitro Toxicology Systems*, 3–23.
- 193)** Lisa Goines, RN, and Louis Hagler, M,(2007) Noise Pollution: A Modern Plague, *Southern Medical Journal* • 100, (3).
- 194)** Lundqvist, PETER.(2001).Occupational Health and Safety of Workers in Agriculture and Horticulture.*NEW SOLUTIONS: A Journal of Environmental and Occupational Health Policy*, 10(4), 351–365.
- 195)** M.G.Yisa (2002) , Ergonomics of Tractors Assembled in Nigeria, *Biosystems Engineering* (2002) 81 (2), 169}177.
- 196)** MABBETT, ARTHUR N & ASSOCIATES INC & BEDFORD, MASS, (2007), INDUSTRIAL VENTILATION AND AIR POLLUTION CONTROL , Metal Finishing,150 (10) ,678- 698.

- 197)** Macquoy, Bart,(2014).Natural Ventilation Based Bioclimatic Redevelopment, Building Transformation and Improvement into an Integrated Energy Efficient Multifunctional Design, Delft University of Technology, Department of Architecture, Netherlands
- 198)** Mandal, Bibhuti B& Srivastava, Anup K, (2006), Risk from vibration in Indian mines, Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine 10 (2) 53- 57
- 199)** Marcelo M.Souares, 2006 , Ergonomics in Latin America: Background, trends and challenges, Applied Ergonomics 37 (2006) 555–561
- 200)** Marghoob, Yaas H & Mohammed, Khalifa F,(2012), Evaluation of National Standards for Exposure to Chemical Materials and Dusts in the State Company for Drugs Industry in Samarra, Iraqi National Journal of Nursing Specialties, 25 (2) ,9- 16
- 201)** marref souad ,2020 ,: Histoire de l'évolution de l'ergonomie_ Définition, Typologie et Champ d'Intervention _MH2ST81 , <http://staff.univbatna2.dz/marrefsouad/classes/m1hhst> 13/03//2021 22/30
- 202)** Matin ,Amir Hossein & Rahmati , Ali Reza (2019).Industrial Air Pollution Control , Air Pollution Monitoring, Quantification and Removal of Gases and Particles, Jorge Del Real Olvera, Intech Open.
- 203)** Mohd Yusof ,Mohd Ali, (2000) , NONIONIZING RADIATION: AN OCCUPATIONAL APATHY, Malaysian Institute for Nuclear Technology Research (MINT)
- 204)** Mohd Yusof ,MohdAli, (2000) , NONIONIZING RADIATION: AN OCCUPATIONAL APATHY, Malaysian Institute for Nuclear Technology Research.
- 205)** Mokdad, M, (2002), Anthropometric study of Algerian farmers, International Journal of Industrial Ergonomics 29.331–341.
- 206)** Montalvo, Rivera, (2016), Diagnostic radiology dosimetry: Status and trends , Applied Radiation and Isotopes 117.874
- 207)** Naeini, Hassan Sadeghi & Karmegam, Karuppiah &Shamsul, Bahri Tamrin & Koustuv, Dalal, (2014), Journal of Agriculture and Environmental Sciences, 3(2), 33- 51
- 208)** Nag, P.K & Goswami, A & Ashtekar S.P & Pradhan, C.K, (1988), Ergonomics in sickle operation, Applied Ergonomics, 19 (3), 233- 239
- 209)** Nazari ,Shahram & Majid ,Kermani & Mehdi, Fazlzadeh& Soodabeh ,AlizadehMatboo & Ahmad, Reza Yari, (2016), THE ORIGINS AND SOURCES OF DUST PARTICLES, THEIR EFFECTS ON ENVIRONMENT

AND HEALTH, AND CONTROL STRATEGIES: A REVIEW, *Journal of Air Pollution and Health* , 1(2):137- 152

210) Nemery, b, (2006), *Encyclopedia of Respiratory Medicine, OCCUPATIONAL DISEASES | Inhalation Injury Chemical*, Elsevier Ltd.

211) NIOSH, (1998), *Occupational Noise Exposure Revised Criteria*, U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES.

212) Occupational and Environmental Health Team.(1999) , *Hazard prevention and control in the work environment: airborne dust*. World Health Organization

213) Office des transports du Canada,(2011), *Méthodologie de mesure et de présentation d'un rapport sur le bruit ferroviaire* , www.otc.gc.ca

214) OHS Body of Knowledge, (2012) , *Physical Hazards: Noise & Vibration*, the Safety Institute of Australia Ltd.

215) OIT ,(2019) , *Travailler sur une planète plus chaude L'impact du stress thermique sur la productivité du travail et le travail décent* , Genève

216) Oprya, M & Kiro ,S & Worobiec, A& Horemans, B& Darchuk, L & Novakovic V& Ennan, A & Grieken ,R Van, (2012), *Size distribution and chemical properties of welding fumes of inhalable particles*, *Journal of Aerosol Science*,45.50- 57.

217) Organisation internationale du Travail, (1993) , *Sécurité dans l'utilisation des produits chimiques au travail*,

218) –OSHA ,(2017, September 15), *Heat Stress* , Directorate of Technical Support and Emergency Management ,

<https://www.osha.gov/otm/section3healthhazards/chapter4>

219) OSHC, (2003), *Lighting in Offices, A Simple Guide to Health Risk Assessment Office Environment Series*.

220) OSHC, 2004 , *Ventilation , A Simple Guide to Health Risk Assessment ,Office Environment Series*

221) Pamela McCauley Bush,(2011) , *ERGONOMICS Foundational Principles, Applications, and Technologies*, Taylor & Francis Group.

222) Parsons,ken, (2003), *Human Thermal Environments*, (2nd ed), Taylor & Francis.

223) Peter Hurst, (2007), *Agricultural Workers and their Contribution to Sustainable Agriculture and Rural Development*, International Labour Organization (ILO), Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), International Union of Food, Agricultural, Hotel, Restaurant, Catering, Tobacco and Allied Workers' Associations (IUF)

224) PIÑOSO VÁ, Miriama & Miriam, ANDREJIOVÁ& Pavol, LIPTA, (2013, 20 – 22 November), *RISK ASSESSMENT OF EXPOSURE TO VIBRATION*

IN THE WORKING ENVIRONMENT, International Joint Conference on Environmental and Light Industry Technologies, Óbuda University Hungary.

225) Preto, Sandra & Gomes, Cristina Caramelo, (2019), Lighting in the Workplace: Recommended Illuminance (lux) at Workplace Environments, *Advances in Design for Inclusion* (pp.180 - 191), Springer International Publishing.

226) Rayburn, S.R, (1990), *Chemical Hazards. In: The Foundations of Laboratory Safety*, Brock/Springer Series in Contemporary Bioscience. Springer, New York, NY.

227) Rosmery, Nariño Lescay & Alicia, Alonso Becerra & Anaisa, Hernández González, (2016). Anthropometry Comparative Analysis of Technologies for the Capture of Anthropometric Dimensions. *Revista EIA*, 13(26).47- 59.

228) Ryan, Mead Hunter & Selvey, Linda A & Krassi, Rumchev B & Kevin, Netto J & Benjamin, Mullins J, (2019), Noise Exposure on Mixed Grain and Livestock Farms in Western Australia, *Annals of Work Exposures and Health*, 63(3), 305–315

229) Safety Institute of Australia Ltd, (2012), *Chemical Hazards*, OHS Body of Knowledge

230) saif, (2018), *Industrial Hygiene Lighting for office and industry*, Oregon OSHA library.

231) Sarode, Anil P & Shirsath, Manisha, (2014), The Factors Affecting Employee Work Environment & Its Relation with Employee Productivity, *International Journal of Science and Research*, 3(11), 2735- 2737 .

232) Sayali, Salkade & Varun, Salian & Gaurav, Sakalgaonkar & Aashna, Pawar, (2014), Design Considerations of a Cycle Mounted Agricultural Sprayer, *International Journal of Engineering Research & Technology*, 3(11) 544- 546.

233) Schulte, A., A. Bhattacharya, C.R. Butler, H.K. Chun, B. Jacklitsch, T. Jacobs, M. Kiefer, J. Lincoln, S. Pendergrass, J. Shire, J. Watson & G.R. Wagner (2016) Advancing the framework for considering the effects of climate change on worker safety and health, *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 13(11), 847- 865

234) SELFACE: les transformations du travail, enjeux pour l'ergonomie .2001. P.3

235) Seminara, J.L, (1983), A survey of ergonomics in Yugoslavia, *Applied Ergonomics*, 14(3), 193-203

236) Semple, S, (2004), DERMAL EXPOSURE TO CHEMICALS IN THE WORKPLACE: JUST HOW IMPORTANT IS SKIN ABSORPTION?, *Occup Environ Med*, 61: 376–382

237) Subhashis, SAHU & Moumita, SETT & Tord, KJELLSTROM, (2013), Heat Exposure, Cardiovascular Stress and Work Productivity in Rice Harvesters

in India: Implications for a Climate Change Future, *Industrial Health*, 51, 424-431

238) Suess, Michael J & Benwell Morison, Deirdre.(1991).La protection contre les rayonnements non ionisants ,(2nd ed).Organisation mondiale de la Santé.Bureau régional de l'Europe.

239) Surabhi, Singh & Santosh, Ahlawat & Sarita, Sanwal, (2018), Effect of Heat Stress on Farm Workers – A Review, *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(10), 2397- 2401

240) Susanna Järvelin Pasanen (&) and Kimmo Räsänen (2018) , *Ergonomics Integrated into Degree Program in Health Promotion in the University of Eastern Finland* , *Advances in Intelligent Systems and Computing* Volume 821, Faculty of Health Sciences, Institute of Public Health and Clinical Nutrition, University of Eastern Finland, P.O.Box 1627, 70211 Kuopio, Finland

241) *The Lighting Handbook*, (2018), Zumtobel Lighting GmbH

242) ThoughtCo, Aug.26, 2020, [thoughtco.com /whatishumanerror 1206375. 10/03/2021/ 20.37](https://www.thoughtco.com/what-is-human-error-1206375/10/03/2021/20.37)

243) Ting Lin ,Ro & Chuan Chan, Chang,(2009), Effects of heat on workers' health and productivity in Taiwan, *Global Health Action*, 2 (1) ,17

244) Triolet, J& Guimon, M ,(2017), Prévention technique des risques chimiques.

245) Triolet, J& Guimon, M,(2017), Prévention technique des risques chimiques, *Pathologie professionnelle et de l'environnement*, 36 (2), 1- 8

246) United Nations Environment Programme , (2016) , *RADIATION EFFECTS and SOURCES*

247) VINCENT Bruno,(2016) , Les effets du bruit sur la santé, *Observatoire de l'environnement sonore du Grand Lyon*.

248) Warwick Williams & Susan Brumby & Adrian Calvano & Tracey

249) WHO ,(2009) , Occupational exposure to vibration from handheld tools: a teaching guide on health , WHO Library

250) WILLIAM, M.RIVERA, (1995), Human resource development in the agriculture sector: three levels of need, *INTERNATIONAL JOURNAL OF LIFELONG EDUCATION*, 4(1).65- 73

251) Xiaodong, Li & Kwan, Hang Chow & Yimin, Zhu & Ying, Lin, (2016), Evaluating the impacts of hightemperature outdoor working environments on construction labor productivity in China: A case study of rebar workers, *Building and Environment*, 95: 42- 52