جامعة دمشق

كلية الهندسة الكهربائية والميكانيكية

قسم الهندسة الطبية

دراسة تلوث غاز الأكسجين والهواء الطبي المضغوط في مشافي دمشق

رسالة أعدت لنيل درجة الماجستير في الهندسة الطبية

إعداد

م. أسماء عبد الجبار أبو شكر

المشرف الرئيسي

د.م. مصطفى الموالدي

المشرف المشارك

د.حبيب عبود

العام الدراسي

2012 –2013

جامعة دمشق
كلية الهندسة الكهربائية والميكانيكية
قسم الهندسة الطبية

دراسة تلوث غاز الأكسجين والهواء الطبي المضغوط في مشافي دمشق

رسالة أعدت لنيل درجة الماجستير في الهندسة الطبية

إعداد
م. أسماء عبد الجبار أبو شكر

المشرف الرئيسي
د.م. مصطفى الموالدي

المشرف المشارك
د.حبيب عبود

لجنة الحكم:

د.م مصطفى الموالدي
الأستاذ المساعد في
قسم الهندسة الطبية
كلية الهندسة الكهربائية والميكانيكية
جامعة دمشق

أ.د. عبد الوهاب علاف
مدير بحوث
هيئة الطاقة الذرية

أ.د.م محمد فراس حناوي
الأستاذ في
قسم الهندسة الطبية
رئيس قسم الهندسة الطبية
كلية الهندسة الكهربائية والميكانيكية
جامعة دمشق

العام الدراسي:
2013 – 2012

Damascus University
Faculty of Mechanical & Electrical Engineering
Biomedical Engineering Department

THE CONTAMINATION OF MEDICAL OXYGEN AND COMPRESSED AIR IN DAMASCUS HOSPITALS

**Thesis submitted for the degree of Master of science MSc.,
in the Biomedical Engineering**

By

Asmaa Abd aljabbar Abu Shukor

Supervised by

Dr. Moustafa Al-Mawaldi

Co-Supervised by

Dr. HabibAbboud

Acadimic Year

2012 – 2013

كلمة شكر

الحمد لله حمداً كثيراً طيباً مباركاً كما يليق بجلال وجهه وعظيم سلطانه على ما أنعم وتفضل بإنجاز هذا العمل والصلاة والسلام على سيدنا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين .

إلى كل من أضاء بعلمه عقل غيره، أو هدى بالجواب الصحيح حيرة سائليه، فأظهر بسماحته تواضع العلماء وبرحابته سماحة العارفين، إلى **الدكتور المهندس مصطفى الموالدي** الذي تفضل بالإشراف على البحث ومد لي يد العون والمساعدة والإرشاد لأمضي بخطى ثابتة لإنجاز هذا البحث، فكان لإرشاده واقتراحاته الأثر الكبير في إنجاز هذا البحث وتصويبه، فله مني فائق التقدير والاحترام .

كما أتوجه بخالص الشكر للدكتور حبيب عبود والدكتورة ريم نعمة الذين ما بخلوا علينا من علمهم ووقتهم وأخص بجزيل الشكر والامتنان المهندس مازن أفندي والمهندسة دانية موصللي والسيد عدنان عودة ولكل الذين قدموا لنا المساعدة لإنجاز هذا البحث فلهم مني كل الشكر والتقدير .

الإهداء

إلى من تابعني عن بعد . . . . ودعا لي بصمت لأصل لهذا الحد

لبسمة عينه وطيبة قلبه . . . . إلى من كلله الله بالهيبة والوقار . . . . إلى سيدي وسندي وأعز ما لدي

والدي

إلى ملاكي في الحياة . . . . . إلى معنى الحب . . ومعنى الحنان والتفاني

إلى بسمة الأمل وسر الوجود . . . . إلى من كان في دعائها سر نجاحي وحنانها بلسم لجراحي

والدتي

إلى من حبهم يجري في عروقي . . . . . ويلهج بذكراهم فؤادي

إلى من كنت معهم غصناً في نبعة المحبة والإخاء . . . . أدامهم الله لي

إخوتي وأخواتي

إلى من به أكبر وعليه أعتمد . . . . إلى من بوجوده أكتسب قوة ومحبة لا حدود لها

إلى من كان لي خير معين وصديق . . . إلى من هو أقرب إلي من روحي

زوجي

إلى من تحلّوا بالإخاء وتميزوا بالوفاء والعطاء

إلى من معهم سعدت . . . . وبرفقتهم الحلوة في دروب الحياة سرت

إلى من عرفت كيف أجدهم وعلموني ألا أضيعهم

صديقاتي

إلى من أرى التفاؤل بعينهم . . . . والسعادة في ضحكتهم

إلى الوجوه البريئة والقلوب الطاهرة الرقيقة . . . . . إلى رياحين حياتي

أولادي

الفهرس

الملخص

المقدمة

الفصل الأول

1-1 مقدمة 2

2-1 معايير ضبط جودة الغازات الطبية 2

3-1 الأكسجين الطبي 4

4-1 الهواء الطبي المضغوط 10

5-1 غاز أكسيد النتروز 14

6-1 غاز ثاني أكسيد الكربون 16

7-1 غاز النتروجين 16

8-1 غاز أكسيد النتروجين (أكسيد النتريك) 17

9-1 غاز الهيليوم 17

10-1 الملوثات الغازية 18

1-10-1 مقدمة 18

2-10-1 أقسام الملوثات الغازية 18

1-2-10-1 الملوثات الأساسية للغازات الطبية 18

2-2-10-1 الملوثات الثانوية للغازات الطبية 22

3-10-1 تشريعات التلوث الغازي 23

الفصل الثاني

1-2 مقدمة 27

2-2 الأقسام الرئيسية لشبكة الغازات الطبية 27

3-2 المحطات المركزية للغازات الطبية الأساسية 28

1-3-2 مقدمة 28

2-3-2 المحطة المركزية لغاز الأكسجين الطبي 28

1-2-3-2 الأجزاء الرئيسية للمحطة المركزية ذات مجمع الأسطوانات 28

2-2-3-2 الأجزاء الرئيسية لمحطة خزان الأكسجين السائل 31

3-2-3-2 الأجزاء الرئيسية لمحطة مجمع إسطوانات الأكسجين السائل 33

2-3-2-4 ضغط شبكة غاز الأكسجين الطبي 34
2-3-2-5 الإجراءات العامة المتبعة عند بناء المحطة المركزية الخاصة بغاز الأكسجين الطبي 35
2-3-3 المحطة المركزية للهواء الطبي المضغوط 36
2-3-3-1 الهواء الطبي المضغوط المزودة بالضاغط 36
2-3-3-2 محطة الهواء الطبي المضغوط المزودة بالمازج 40
2-3-3-3 ضغط شبكة الهواء الطبي المضغوط 42
2-3-3-4 الإجراءات العامة المتبعة عند بناء المحطة المركزية الخاصة بالهواء الطبي المضغوط 43
2-3-4 المحطة المركزية لشبكة التخلية الطبية 44
2-3-5 نظام طرد غازات التخدير (AGSS) 47
2-4 أنظمة الإنذار والتنبيه 48
2-4-1- الأجزاء الرئيسية لأنظمة الإنذار والتنبيه 48
2-4-2 الإجراءات المتبعة الخاصة بأنظمة الإنذار والتنبيه 50
2-5 شبكة الأنابيب 50
2-5-1 مقدمة 50
2-5-2 المواد المستخدمة في الأنابيب 51
2-5-3 الإجراءات المعيارية للتعامل مع شبكة الأنابيب 52
2-5-4 عنونة الأنابيب 53
2-5-5 الأجزاء الرئيسية لشبكة الأنابيب 54
2-5-6 الإجراءات الخاصة المتبعة لتركيب شبكة أنابيب الغازات الطبية 56
2-5-6-1 الإجراءات اللازمة عند تركيب شبكة الأنابيب 56
2-5-6-2 الإجراءات اللازمة قبل وضع أنابيب الغازات الطبية للشبكة في مرحلة الاستخدام 57
2-5-7 مخارج شبكة الغازات الطبية أو المآخذ الجدارية 60
2-5-7-1 الإجراءات الأساسية المتبعة لتنفيذ مخارج شبكة الغازات الطبية 60
2-5-8 صيانة شبكة الغازات الطبية 64
2-5-8-1 مقدمة 64
2-5-8-2 الصيانة الوقائية 65
2-5-8-3 الصيانة الدورية 65

الفصل الثالث

3-1 مقدمة 70
3-2 الدراسات المرجعيةالمتعلقة بالملوثات الغازية السامة 70

3-3 الدراسات المرجعية المتعلقة بالملوثات البكتيرية 77
4-3 الدراسات المرجعية المتعلقة بأنظمة شبكة الغازات الطبية 82
5-3 الدراسات المرجعية المتعلقة بصيانة شبكة الغازات الطبية 91
6-3 الدراسات المرجعية المتعلقة بالبرامج التي تهدف لرفع جودة الغازات الطبية المقدمة في المشافي 103

الفصل الرابع

4-1 مقدمة 110
4-2 الميزات الأساسية لجهاز GC 111
4-3 الأقسام الرئيسية لجهاز الكروماتوغرافيا الغازية GC 111
4-3-1 القسم الذي يزود الجهاز بالغازات 111
4-3-2 المكونات الوظيفية 112
4-3-2-1 أنظمة الحقن 113
4-3-2-2 الأعمدة 113
4-3-2-3 الكواشف 115
4-3-2-4 تصنيف الكواشف 119
4-3-3 القسم المسؤول عن قراءة النتائج وتسجيلها 120
4-4 طريقة عمل الجهاز الكروماتوغرافيا الغازية GC 121
4-5 ميزات تحليل جهاز الكروماتوغرافيا الغازية 121
4-5-1 التحليل النوعي 122
4-5-2 التحليل الكمي للـــ GC 122
4-6 طريقة حساب المخطط البياني (الكروماتوغرام) 122

الفصل الخامس

5-1 مقدمة 126
5-2 جهاز (GC) 126
5-3 الاختبارات والإجراءات اللازمة لتشغيل جهاز GC 126
5-4 المحددات الأساسية لمخطط التحليل 128
5-5 إجراء التسوية وتكميم المقادير لجهاز الـــ (GC) 133
5-6 معايرة جهاز الكروماتوغرافيا الغازية (GC) 134
5-7 جهاز الكروماتوغرافيا الغازية المستخدم في تحليل العينات 135

الفصل السادس

6-1 مقدمة 138
6-2 المواصفة القياسية السورية 138
6-2-1 الهواء الطبي المضغوط 138
6-2-2 الأكسجين الطبي 139
6-3 طريقة الاعتيان وسحب العينات الخاصة بالبحث 139
6-4 نتائج تحليل العينات في المشفى الأول 141
6-4-1 مقدمة 141
6-4-2 نتائج تحليل الأكسجين الطبي في المشفى الأول 142
6-4-3 نتائج تحليل الهواء الطبي المضغوط في المشفى الأول 146
6-5 نتائج تحليل العينات في المشفى الثاني 149
6-5-1 مقدمة 149
6-5-2 نتائج تحليل غاز الأكسجين الطبي في المشفى الثاني 149
6-5-3 نتائج تحليل غاز الأكسجين الطبي جديدة في المشفى الثاني 152
6-5-4 نتائج تحليل الهواء الطبي المضغوط في المشفى الثاني 156
6-6 نتائج الدراسة 159
6-6-1 تحديد مصادر التلوث 159
6-6-2 تقييم الغازات الطبية في مشافي دمشق 163
6-7 خلاصة الدراسة 165
6-8 الآفاق المستقبلية 166
المراجع
الملاحق

فهرس الجداول

اسم الجدول	الصفحة
الجدول (1-1) مقارنة عمليات إنتاج الغازات الطبية من حيث درجة النقاوة	3
جدول (1-2) بيانات تخص الغاز النقي	4
الجدول (1-3) الخواص الفيزيائية لغاز الأكسجين	5
الجدول (1-4) المواصفات القياسية الأوروبية لغاز الأكسجين الطبي	6
جدول (1-5) درجات النقاوة الخاصة بغاز الأكسجين	9
الجدول (1-6) الخواص الفيزيائية للهواء	10
الجدول (1-7) المواصفات القياسية الأوروبية للهواء الطبي المضغوط	11
الجدول (1-8) المواصفات القياسية الأوربية للهواء الاصطناعي	11
جدول (1-9) درجات النقاوة الخاصة بالهواء الطبي	13
الجدول (1-10) الخواص الفيزيائية لغاز أكسيد النيتروز	14
الجدول (1-11) المواصفات القياسية الأوربية لغاز أكسيد النيتروز	15
الجدول (1-12) المواصفات القياسية الأوروبية لغاز ثاني أكسيد الكربون	16
الجدول (1-13) المواصفات القياسية الأوربية لغاز النتروجين	17
الجدول (1-14) المواصفات القياسية الأوربية لغاز أكسيد النتروجين	17
الجدول (1-15) المواصفات القياسية الأوربية لغاز الهيليوم	18
جدول (2-1) دلالات ومؤشرات نظام الإنذار والبنية المركزية ذات المجمع	29
الجدول (2-2) الألوان القياسية لأسطوانات المجمع	30
الجدول (2-3) قدرة الاستيعاب لأسطوانات الغاز الطبي ذات المجمع	30
الجدول (2-4) دلالات ومؤشرات حالة عمل محطة VIE	33
جدول (2-5) دلالات ومؤشرات نظام الإنذار والتنبيه في المحطة المركزية للهواء الطبي ذات الضاغط	39
جدول (2-6) دلالات ومؤشرات المحطة المركزية للهواء الطبي المزودة بالمازج	41
جدول (2-7) دلالات ومؤشرات المحطة المركزية لمحطة التخلية الطبية	45
الجدول (2-8) دلالات ومؤشرات نظام طرد غازات التخدير	48

جدول (2–9) الأقطار الداخلية والخارجية للأنابيب	51
الجدول (2–10) المسافات الفاصلة بين داعمات أنابيب الشبكة	54
الجدول (2–11) اختبارات جودة الغازات الطبية حسب المعيار الإنكليزي	58
جدول (2–12) قيم تراكيز الغاز لتحديد هوية الغاز	59
جدول (2–13) قيم الضغط والتدفق للغازات الطبية أثناء فترة اختبار الشبكة	59
جدول (2–14) البارامترات الأساسية عند مخارج شبكة الغازات الطبية	61
الجدول (2–15) توزع مخارج شبكة الغازات الطبية في أقسام المشفى	62
جدول (3–1) المتوسط الحسابي لملوثات الغازات الطبية في غرف المرضى	72
الجدول (3–2) تركيز ملوثات الهواء الطبي	75
جدول (3–3) تصنيف أنواع البكتيريا والفطريات في مواقع سحب العينات	77
جدول (3–4) الخواص الفيزيائية والكيميائية للهواء المضغوط	80
جدول (3–5) أهداف برنامج إدارة الخطورة وخطوات العمل به	104
جدول (4–1) الغازات المستخدمة بالكرومانوغرافيا الغازية والمواصفات الخاصة بها	112
الجدول (4–2) أنواع الكواشف المستخدمة ومجالات تطبيقها	119
جدول (6–1) المواصفة القياسية السورية لملوثات الهواء الطبي المضغوط	138
جدول (6–2) المواصفة القياسية السورية لملوثات الأكسجين الطبي	139
جدول (6–3) نتائج تحليل عينات غاز الأكسجين الطبي من المشفى الأول	143
جدول (6–4) نتائج تحليل غيات الهواء الطي المضغوط من المشفى الأول	147
جدول (6–5) نتائج تحليل عينات الأكسجين الطبي من المشفى الأول	150
جدول (6–6) نتائج تحليل الأكسجين الطبي الجديدة في المشفى الثاني	154
جدول (6–7) نتائج تحليل عينات الهواء الطبي المضغوط من المشفى الثاني	158

فهرس الأشكال

الشكل	الصفحة
الشكل (1-1) محطة توليد غاز أكسجين طبي	7
الشكل (2-1) مخطط توضيحي لمحطة تزويد VIE مع وحدة تزويد ثانوية	31
الشكل (2-2) مخطط توضحي لمحطة VIE مع مجمع اسطوانات غاز	32
الشكل (2-3) مخطط توضيحي لمحطة مركزية ذات مجمع اسطوانات أكسجين سائل	34
الشكل (2-4) آلية تنظيم الضغط لشبكة الأكسجين والهواء الطبي	35
الشكل (2-5) مخطط توضيحي لمحطة مركزية للهواء الطبي ذات الضاغط	38
الشكل (2-6) مخطط توضيحي لمحطة مركزية للهواء الطبي والجراحي	40
الشكل (2-7) مخطط توضيحي لمحطة مركزية للهواء الطبي المزود بالمازج	41
الشكل (2-8) بارامترات الضغط لأنظمة الهواء الطبي الـــ(7bar)	42
الشكل (2-9) آلية التخفيض المضاعف لشبكة الـــ(7 bar)	43
الشكل (2-10) مخطط توضيحي للأجزاء الرئيسية لمحطة التخلية الطبية	45
الشكل (2-11) بارمترات الضغط لأنظمة التخلية الطبية	46
الشكل (2-12) مخطط توضيحي لنظام طرد غازات التخدير	47
الشكل (2-13) مخطط نظام الإنذار والتنبيه	49
الشكل (2-14) الألوان المستخدمة لتعريف أنابيب شبكة الغازات الطبية	53
الشكل (2-15) الأنواع المستخدمة لمخارج شبكة الغازات الطبية	61
الشكل (3-1) تغيرات تركيز المتوسط الحسابي للملوثات خلال اليوم عند ساعة الصفر	76
الشكل (3-2) النتائج الموجودة في المشفى الأول (A) والمشفى الرابع (B)	78
الشكل (3-3) آلية وصل اسطوانات الغاز مع الـــGC	93
الشكل (3-4) تنصيب المنظمات	94
شكل (3-5) وصلات معدات التصنيع بموافقة Sigma-Aldrichco	95
شكل (3-6) نظام التبديل الآلي	97
الشكل (4-1) توضع العامود الشعري داخل الفرن	115
الشكل (4-2) كاشف الناقلية الحرارية	116

الشكل (4-3) كاشف تشرد اللهب	117
الشكل (4-4) كاشف لاقط الالكترونات	118
الشكل (4-5) كروماتوغرام غاز نموذجي	120
الشكل (4-6) المخطط الصندوقي لأجزاء الجهاز الرئيسية	121
الشكل (4-7) كروماتوغرام لعينة وشاهد	124
الشكل (5-1) مخطط تحليل لفصل مادتين	128
الشكل (5-2) نسبة القمة للوادي لمادتين	129
الشكل (5-3) تحليل طيف نموذجي	130
الشكل (5-4) قمة تحليل الكروماتوغرام	132
الشكل (5-5) نسبة الضجيج لقمة تحليل	133
الشكل (6-1) صورة توضيحية لكيس التحليل المعتمد	140
الشكل (6-2) مخطط توزع العينات المجمعة لغاز الأكسجين في المشفى الأول	142
الشكل (6-3) مخطط توزع العينات المجمعة للهواء الطبي المضغوط في المشفى الأول	146
الشكل (6-4) مخطط توزع العينات المجمعة لغاز الأكسجين في المشفى الثاني	153
الشكل (6-4) مخطط توزع العينات المجمعة للهواء الطبي المضغوط في المشفى الثاني	157

قائمة المصطلحات

الاختصار	المصطلح باللغة الانكليزية	المصطلح باللغة العربية
ICU	Intensive Care Unit	**وحدة العناية المشددة**
OR	Operating Room	**غرف العمليات**
AGSS	Anesthetic Gas Scavenging System	**نظام طرد فائض غازات التخدير**
VIE	Vacuum Insulated Evaporators	**مبخرات التخلية المعزولة**
NIST	Non-Interchangeable Screw Thread	**رابط ذو برغي لولبي غير قابل للتبادل**
AVSU	Area Valves Service Unit	**مجموعة خدمة صمام المنطقة**
PPM	Particle Per Mole	**جزيئة في المول**
BHU	Bed Head Unit	**وحدات طرفية أعلى السرير**
LVA	Line Valve Assemblies	**مجموعة صمام الخط**
MGPS	Medical Gas Pipeline Systems	**نظام شبكة أنابيب الغاز الطبي**
HTM	Health Technical Memorandom	**مذكرة تقنية صحية**
GMS	Center of Medical Service	**مركز خدمة الغازات**
CHX	Compliant Healthcare Technology	**تقنيات الرعاية الصحية**

الملخص

إن موضوع تلوث الغازات الطبية من المواضيع الهامة دولياً و يعتبر الاهتمام به مؤشراً إيجابياً يدل على مدى تطور الدول المتقدمة في أي مجتمع يسعى نحو الرقي في التعامل مع المرضى وتشييد بينية تحتية سليمة للمرافق الصحية من مشافي أوعيادات مختصة أو مراكز صحية .

ونظراً لتداخل موضوع سلامة شبكة الغازات الطبية مع عقامة الغازات الطبية المتدفقة خلالها من جهة ومع صحة المريض ومعافاته من جهة أخرى، فكان لابد لنا من إجراء دراسة تخص الغازات الطبية المقدمة للمرضى للتأكد من درجة نقاوة تلك الغازات الطبية ومطابقتها للمواصفات القياسية المحلية والدولية والتي وُضعت من أجل رفع سوية جودة تلك الغازات بدءاً من مرحلة تصنيعها في أماكن التصنيع مروراً بأماكن التزويد الرئيسية الخاصة بها إلى نقطة استخدام هذه الغازات من قبل المرضى عبر شبكة الغازات الطبية الموجودة في كل مشفى.

لذلك هناك حاجة ماسة لإجراء دراسة عن شبكة الغازات الطبية في مشافي دمشق لمعرفة مدى الأخطار المحتملة عن مصدر الغازات والأخطار الحاصلة عن تلوث الغازات الطبية ضمن شبكة الغازات الطبية في المشافي ومعالجتها لحماية المرضى والعاملين في البيئة المحيطة.

تم في هذه الدراسة تجميع 20 عينة من غاز الأكسجين الطبي و 20 عينة من الهواء الطبي المضغوط المحددين للدراسة في مشفيين من مشافي دمشق بواسطة أكياس خاصة واعتماد طرق اعتيان موثوقة ومعتمدة لسحب هذه العينات من قبل هيئة الطاقة الذرية حيث تم اجراء تحاليل لهذه العينات عن طريق جهاز الكروماتوغرافيا الغازية GC.

وأظهرت النتائج إلى أن غاز الأكسجين الطبي المقدم في كلا المشفيين غير مطابق للمواصفات القياسية السورية حيث كان أقل بحوالي 10% من القيمة الموصى بها في المواصفات القياسية السورية، بينما أظهرت نتائج الهواء الطبي المضغوط بأنه متوافق مع المواصفات القياسية السورية عدا بعض العينات التي أظهرت وجود نسب من ثاني أوكسيد الكربون تراوحت بين (530-570) PPM وهي أعلى من القيمة المسموح بها في المواصفات القياسية السورية للهواء الطبي المضغوط والتي قيمتها (500) PPM.

وتم استنتاج ان مصادر تلوث الغازات الطبية تنحصر في كل من مصادر التزويد الرئيسية وخطوط انابيب شبكة الغازات والمعدات المترافقة مع شبكة الغازات وعمليات تنظيف الشبكة واعمال الصيانة وأجهزة دعم الحياة الموصولة مباشرة مع مأخذ الشبكة إضافة إلى موقع المشفى. واقترحت الدراسة على ضرورة وجود هيئة مختصة لمراقبة الغازات الطبية بدءاً من المصنع إلى لحظة وصولها إلى المريض.

Abstract

Gas contamination is one of the most international important fields in medical gas systems. Taking it into consideration is an indication for the progress of developed countries in any community aims towards promotion in dealing with patients and constructs good infrastructure for health utility like hospitals or clinics or health centers.

Because of the interfering of the safety of medical gases network with the sterilization of the gases from one side and the health and recovery of the patient on the other side, a study on medical gases supplied to patients were undertaken to be sure about the purity of these gases and its goodness for humans according to the local and international specifications which have been put to raise the goodness of these gases starting from manufacturing and providing them into the use points by the patients through the medical gases network in every hospital.

There is an important need to do a study in Damascus hospitals to know the possible risks on the gases source and the happened ones from medical gases contamination through medical gases network in hospitals and treating them to protect patients and workers in the surrounding environment.

In this study we obtained 20 samples from medical oxygen gas and 20 samples of compressed medical air , which are cleared up for this study in tow hospitals in Damascus by special bags through reliable ways to take these samples by Syrian Atomic Energy Commission as these samples are analyzed through using GC device.

The results shown that the medical oxygen gas in both hospitals is not identical for Syrian standard specifications as it is less by 10% . While the results of compressed medical air have shown that it is identical to Syrian standard specifications except few samples which showed that there are percentages of CO2 between (570-530 PPM) and knowing that the highest value which is allowed according to Syrian standard specification for compressed medical gas which is (500 PPM).

It is concluded that the sources of medical gas contamination are in the main supplying sources, the pipelines, the equipments connected to gases network, the operations of cleaning of the network, the maintenance works, and the life support devices which are connected directly to the network input in addition to the location of the hospital. This study suggests on the importance of being a special authority for monitoring the medical gases starting from the factory till arriving to the patients.

المقدمة

تعتبر شبكة الغازات الطبية في المشافي بمثابة جهاز الدوران لجسم الإنسان حيث يمثل عمل المحطات المركزية بالقلب الذي يضخ الغازات عبر شبكة الأنابيب الممثلة للأوعية الدموية لنقل الغازات الطبية إلى كافة أنحاء المشفى وطرح المواد والغازات غيرالمرغوب بها إلى خارج المشفى غير المرغوب بها إلى خارج المشفى .

فلا بد من الاهتمام بموضوع الغازات الطبية وما يمكن أن تحويه من ملوثات ضارة يجهلها كلاً من المريض المتلقي لهذه الغازات الطبية والأطباء الذين يسعون لإنقاذ حياة المرضى وتحسين حالتهم الصحية وكذلك القائمين والمسؤولين عن شبكة الغازات الطبية والمقدمة للمرضى ظناً منهم ان الغازات الطبية المقدمة للمرضى هي غازات سلمية وآمنة وعقيمة تساعد المرضى على استمرار حياتهم لان أن تؤذيهم ،ومن هنا فإن الكثير من المنظمات العالمية تعاملت مع الغازات الطبية أنها عقاقير طبية يجب أن تخضع للمعايير والمواصفات العالمية مثل :

- منظمة الغذاء والدواء الأمريكية[1]FDA (Food And Drug Adminstration)

حيث تلقت المنظمة تقارير لملوثات حاصلة للغازات الطبية أدت إلى وفاة ثمانية مرضى وإصابة أكثر من ثمانية عشر أخرين بإصابات خطيرة نتيجة اختلاط للغازات الطبية ناجم عن تعبئة غازات طبية في اسطوانات غازات اصطناعية بدلاً من طبية مما أدى إلى تلوث الغاز الطبي ببقايا المواد الصناعية إضافة إلى عملية الوصل غير المناسبة لأنظمة تزويد الاكسجين الطبي ضمن المشفى مما استوجب إدخال معلومات جديدة مثل زمن التخزين وعنونة المعدات الملحقة بشبكة الغازات الطبية وضرورة إعادة أي اسطوانة او حاوية للغاز الطبي عند حدوث التباس من قبل المسؤولين عن شبكة الغازات والذي يتم تدريبهم بشكل متواصل على كل ماهو جديد في موضوع الغازات الطبية.

- منظمة الرعاية الصحية للاعتماد الموحد [2]JCAHo

(Join Commission On Accreditation Of Health Care Organization)

سجل لدى الوكالة تقارير تبين وفاة أربع مرضى وإصابة خمس آخرون بعد أن تم تزويدهم بغازات طبية ذات نوعية رديئة مما استدعى تنبيه المجتمع الأمريكي لمثل هذه الحوادث الناتجة عن تلوث في الغازات الطبية وذلك بهدف رفع سوية الوعي لدى

المرضى المتلقين للغازات الطبية ولتشديد الرقابة على الهيئات المسؤولة عن تصنيع وتخزين الغازات الطبية بحيث تؤكد مطابقتها للمواصفات القياسية العالمية والمحلية.

- دستور الأدوية الأمريكية (United States Pharmacopoeia) USP [3]

وصلت تقارير للهيئة تفيد بحدوث أخطاء جسيمة أثناء تزويد أحد المشافي بالهواء الطبي المضغوط، منها خطأ في تسمية الخزانات وإدخال صمامات غير مطابقة لها ولولا أنه تم الكشف عن الأخطاء قبل وصل الخزانات لمصادر التزويد لنجم عنه كارثة إنسانية ، مما استدعى عقد اجتماع بين المنظمات الثلاثة وتشكيل فريق عمل لوضع معايير جديدة ومتطورة بهدف وضع حد للتلوث الحاصل للغازات الطبية من المصادر المختلفة بغض النظر عن التكلفة الاقتصادية المبررة بإنقاذ أرواح العديد من المرضى وإصابة آخرين منهم.

تأتي أهمية البحث نتيجة لهذا الاهتمام العالمي وحيث أنه لا يوجد لدينا اهتمام كاف بخصوص تلوث الغازات الطبية لما يشكله موضوع الغازات الطبية من خطر كبير على المرضى من جهة وعلى شبكة الغازات الطبية من جهة أخرى وبالتالي فإن إجراء دراسة عن تلوث الغازات الطبية في مشافي دمشق له أهمية كبرى لتحديد مدى صلاحية الغازات الطبية المقدمة لمرضانا في المشافي لمواكبة التطور العالمي في الدول المتقدمة في هذا المجال الحيوي والذي يسهم بإنقاذ الكثير من المرضى ممن لايعرف أحد سبب موتهم او تدهور حالتهم الصحية.

وعليه هدف البحث بشكل أساسي إلى الوصول إلى معرفة حقيقة عن أسباب التلوث التي قد تحدث أثناء تزويد الغازات الطبية من مصادرها الرئيسية للمرضى وذلك بتحديد مصادر التلوث المتعددة للغازات الطبية باختلاف المراحل التي تمر بها تلك الغازات لتصل إلى المرضى وإيجاد الحلول اللازمة لحل هذه المشاكل وتقدير الخطر الناتج عن التلوث الحاصل للغازات الطبية إضافة إلى اقتراح طرق لإزالة هذا الخطر.

ويرتكز البحث على دراسة تلوث غاز الأكسجين الطبي والهواء الطبي المضغوط بدءاً من عمليات التصنيع إلى طرق التزويد للمحطات المركزية وصولاً إلى نقاط تلقي المرضى للغازين المعنين بالدراسة.

تتألف الأطروحة من ستة فصول تحدث الفصل الأول عن الغازات الطبية المختلفة المتواجدة في المشافي بشكل عام من حيث المواصفات العامة للخصائص الفيزيائية لكل غاز على حدى

وطرق التصنيع والمعايير المتبعة لتخزين ومعالجة هذه الغازات إضافة إلى المواصفات العالمية المحددة لدرجة نقاوة الغازات الطبية، وتم وضع معايير عالمية تخص جودة الغـــازات الطبيـــة لضمان درجات عالية النقاوة لتلك الغازات وتم تخصيص غازي الاكسجين الطبي والهواء الطبي المضغوط بتلك المعايير .

يتضمن الفصل الثاني دراسة تفصيلية لشبكة الغـــازات الطبيـــة حســـب المعيـــار الإنكليـــزي HTM 02-01 حيث تم شرح الأجزاء الرئيسية للمحطات المركزية للغازات الطبيـــة بـــاختلاف تنوعها من مصادر رئيسية وثانوية والأسس المتبعة عند بناء هذه المحطات لما يضمن الحفـــاظ على الغازات الطبية إضافة إلى المحددات الاساسية لتشغيل تلك الشبكات وكذلك أنظمة الإنـــذار والتنبيه الأساسية.

وتم دراسة شبكة الأنابيب من حيث المواد المستخدمة في تصنيعها والإجراءات المتبعـــة قبـــل تركيبها وبعد التركيب وتم شرح الأجزاء الرئيسية لشبكة الأنابيب بالإضافة إلى مخارج شـــبكة الغازات الطبية وتوزعها ضمن المشفى والبارمترات اللازمة لتشغيلها والإجـــراءات الأساســـية المتبعة عند تركيبها وأخيراً الصيانة اللازمة لشبكة الغازات الطبية حيث تمت دراسة هذه الفصل باعتبارات تفرض شبكة غازات أمنة لضمان توفير غاز طبي أمن وسليم.

تناول الفصل الثالث الدراسات المرجعية التي تخص موضوع تلوث الغازات الطبية حيـــث تـــم تحديد المجالات المختلفة لأنواع التلوثات الحاصلة للغازات الطبية من غـــازات ســـامة وهـــي موضوع بحثنا فيما يخص الأخطاء المحتملة في شبكة الغازات الطبية من طـــرق التنظيـــف أو التطهير أو التركيب أو ملوثات بكتيرية تضر بتلك الغازات وبالتالي تؤثر على شبكة الغـــازات الطبية أولاً وعلى المرضى حين وصولها إليهم حيث تم وضع دراسات تقدم رؤية جديـــدة فـــي التعامل مع الغازات الطبية بهدف حل تلك المشاكل الناتجة عن الملوثـــات الحاصـــلة للغـــازات الطبية.

قدمنا في الفصل الرابع دراسة لجهاز الكروماتوغرافيا الغازية حيث تم تحليل العينات المحصلة من المشافي المعنية بالدراسة عليه فقد وضع الميزات الأساسية للجهاز والأجزاء الرئيسية له من مزودات الغاز الحامل والغاز المراد تحليله إلى أنظمة الحقن وأنماط الأعمدة وأنواع الكواشـــف المختلفة وتم شرح مبدأ عمل الجهاز للتمكن من معرفة آلية سير العمل وطريقة حساب منحنـــي

الكروماتوغرام الناتج والذي يحدد من خلاله نسبة تركيز الغاز الطبي ومافيه من مركبات أخرى تكون هي الشوائب الملوثة للغاز الطبي، كما تم وضع المواصفات الفنية للجهاز المتواجد في هيئة الطاقة الذرية والذي تم إجراء تحاليل العينات من خلاله وإلحاقها مع تفصيل ازرار التشغيل في الملحق (1).

أفردنا الفصل الخامس لشرح الأسس النظرية للبحث العلمي المتركزة على جهاز الكروماتوغرافيا الغازية لكونه أحد التقنيات الحديثة في مجال التفريق اللوني الغازي في مجال الاستشراب الغازي حيث تم وضع المحددات الأساسية لمخطط التحليل وكيفية إجراء التسوية وتكميم البيانات الداخلية إضافة إلى شرح طرق المعايرة اللازمة للجهاز لتحديد المحددات الأساسية من زمن البقاء ومساحة تحت القمم أو ارتفاع القمم الظاهرة وزمن التحليل الكلي.

في الفصل السادس تم شرح كيفية تجميع العينات من مشفيين من مشافي دمشق وتوضيح كيس التحليل المعتمد من قبل هيئة الطاقة الذرية وطريقة الاعتيان المعتمدة والموثقة من قبل الهيئة وإدراج المواصفة القياسية السورية والتي حصلنا عليها من هيئة المواصفات السورية للتمكن من مقارنة نتائج التحليل للغازات المعنية بالدراسة ومدى مطابقتها للمواصفة القياسية السورية لتحقيق هدف البحث في معرفة مدى صلاحية الغازات الطبية المقدمة للمرضى في مشافينا ومن ثم قمنا بتحليل النتائج ومناقشتها على ضوء الدراسات السابقة وبذلك تم تحقيق الهدف المرجو في تحديد مصادر التلوث الحاصل للغازات الطبية وتقدير الخطر الكامن جراء تلوث هذه الغازات واقتراح الحلول اللازمة للحد من حصول مثل هذه الملوثات في مشافي الجمهورية العربية السورية.

وأخيراً تم ذكر نتائج البحث وإيرادها ضمن شهادات التحليل الموثقة من هيئة الطاقة الذرية في الملحق (2) والتي كانت ثمرة عمل واجهته الكثير من الصعوبات لكونه موضوع حساس جداً يضع الكثيرين في إطار المسؤولية المتوجبة عليهم تجاه الأرواح التي تزهق دونما معرفة للسبب الحقيقي، كما تم وضع التوصيات والأراء المستقبلية فيما يخص موضوع الدراسة.

الفصل الأول

الغازات الطبية في المشافي

1-1 مقدمة:

يتم الاعتماد بشكل رئيسي على الغازات الطبية في كافة المشافي صغيرة كانت أم كبيـــرة، بهـــدف تشغيل الأجهزة الطبية واعتماد المرضى على بعض منها بشكل مباشر وخصوصاً الذين يحتـــاجون إلى مراقبة دقيقة والموجودين في وحدات العناية المشددة (ICU) Intensive Care Unit وإضافة إلى عمليات الإنعاش التي يخضع لها المريضعند خروجه من غرف العمليات (OR) Operating Room، لذلك فلا بد لأي مشفى أن يكون لديه غازات أساسية مثل غاز الأكسجين الطبي،أحادي أكسيد ثنائي النتروجين، الهواء الطبي المضغوط إضافة إلى غاز ثاني أكسيد الكربون والنتـــروجين والهيليـــوم وثاني أكسيد النتروجين والتي تعتبر كغازات طبية ثانوية توجد في المشافي كبيرة الحجم والتي هي ذات احتياجات أكبر للمرضى واختصاصات أكثر تستدعي استخدامها في بعض الأوقـــات وكـــذلك يمكن اعتماد نظام التخلية ضمن الغازات الطبية في المشافي.

سنتحدث في هذا الفصل عن الغازات الطبية بشكل عام ونخص بالدارسة الغازات المعنية بالدراسة وهي الأكسجين الطبي والهواء الطبي المضغوط، إضافة إلى ضرورة ذكر الملوثات الغازية التـــي تؤثر على الغازات الطبية.

1-2 معايير ضبط جودة الغازات الطبية:

يوجد معايير عالمية لتطبيق إجراءات من قبل شركات تصنيع الغازات الطبية للحصول على غازات عالية النقاوة بهدف الحد من ظاهرة التلوث الحاصل لهذه الغازات بدءاً من عملية الإنتاج، كما هـــو مبين في الجدول (1-1) حيث يبين عملية مقارنة في عملية الإنتاج من حيث درجة النقاوة للوصول إلى غاز عالي النقاوة، ويتم ذلك بعد تطبيق إجراءات ضمان الجودة المتخذة في عدة بلدان ومنها:

- فحص مركز للسطح الداخلي والخارجي للاسطوانة.
- تفتيش عن إصابات الاسطوانة بواسطة فحص فوق صوتي.
- تخلية الاسطوانة بواسطة الحرارة لإزالة الملوثات.
- ضرورة وضع الاسطوانة بظروف مناسبة للحصول على غاز عالي النقاوة.
- إجراء اختبارات للغاز المعبأ في الاسطوانات للحصول على معلومات محددة بدقة.

- توثيق أي خطأ يحصل أثناء التعبئة أو التخزين بهدف دراسته وعدم الوقوع فيه مرة أخرى. [4]

الجدول (1–1) مقارنة عمليات إنتاج الغازات الطبية من حيث درجة النقاوة [4]

الدرجة	تجهيز الاسطوانة	ملأ الاسطوانة	ضمان الجـــودة	المواصفات النموذجيـــة
نقاوة عالية جداً UHP	نضخ الاسطوانات المرجعة وتخلية بالحرارة لإزالة الشوائب من أسطح الاسطوانة	تعبئة الاسطوانة بمطهرات وسلسلة لعمليات غسيل لغاز عالي النقاوة جداً	تحليل كل اسطوانة بشكل مفرد وفقاً لمواصفات النقاوة العالية جداً	99.99 – 99.999% تحليل الشوائب لكل أسطوانة بمفردها 1 – 10 ppm O_2 , H_2O , THC Co , CO_2 , H_2 في الهيليوم والآرغونUHP
High Purity HP	يتم فتح الاسطوانة المرجعة وتخلى	تملء بالمطهر قبل التعبئة	اسطوانة واحدة تختبر وفقاً لمواصفات العالية النقاوة	99.99% 100 ppm> شوائب O_2 , H_2O , THC هيدروجين عالي النقاوة 99.98%
الدرجة صفر Zero Grade	الاسطوانات المرجعية متساوية	ملء المطهر قبل التعبئة بشكل كامل	كل اسطوانة تفحص بالمختبر لدرجة الـــ Zero	99.995 – 99.999% الشوائب الاحتمالية نموذجياً < 50 ppm H_2O , O_2 CO_2 , CO , CH_4 C_2H_6 , Ar , N_2
درجة الأداء	الاسطوانات المرجعية متساوية Equalized	نملء الاسطوانات بالمطهر قبل التعبئة بشكل كامل	تختبر اسطوانة واحدة من أربعة وفقاً لمواصفات الأداء	99.99% إجمالي الشوائب < 100 ppm H_2O O_2 , CO_2 , CO , CH_4 C_2H_6 , Ar , N_2 , He N_2 في الهواء
درجة الصناعية(*)	الاسطوانات المرجعية متساوية	تملء كامل	تختبر وفقاً للمواصفات الصناعية	99.5% شوائب 1000-5000 ppm O_2 , H_2O

كما تم وضع تصنيفات للغازات الطبية حسب شركة الأكسجين البريطانيةBOC (British Oxygen Company) للحصول على غازات طبية عقيمة بدرجات مختلفة كماهومبين فـــي الجـــدول **(1–2)**

*) فقط للمقارنة لا ينصح باستخدامها طبياً.

حيث يبين بيانات تخص الغاز النقي من حيث درجة النقاوة والحدود الـدنيا لهـا وفـق الشـركة المصنعة.

جدول (1–2) بيانات تخص الغاز النقي[4]

تصنيف BOC	الحد الأدنى للنقاوة (%)	إجمالي الشوائب
درجة 6	99.9999	1 ppm
درجة 5.5	99.9995	5 ppm
درجة 5	99.999	10 ppm
درجة 4.5	99.995	50 ppm
درجة 4	99.99	100 ppm
درجة 3.5	99.95	500 ppm
درجة 3	99.9	1000 ppm
درجة 2.7	≥ 99.7	> 3000 ppm

تؤكد شركات إنتاج الغازات الطبية المزودة بفريق جيد بوثوقية على ضرورة تطبيـق إجـراءات ضمان الجودة لتقليل احتمالية وجود ملوثات مثل (هيدروكربونات، أكسجين، رطوبة، ثاني أكسـيد الكربون) والتي تؤثر على خدمة وصيانة معدات شبكة الغازات الطبية ليتم التحقق من كل مرحلـة من مراحل الإنتاج من أجل التحكم بنوعية الغازات الطبية المنتجة.

1–3 الأكسجين الطبي:

يستخدم الأكسجين الطبي في العلاج وبشكل رئيسي من خلال أجهزة التنفس الاصطناعي وجهـاز التخدير والحواضن وبعد العمليات الجراحية، وهو غاز لا لون له ولا رائحة ولا طعم له وغير قابل للاشتعال بحد ذاته ولكنه يعتبر عامل مساعد على الاحتراق فعند اختلاطـه مـع المـواد القابلـة للاحتراق تتم عملية الاحتراق بشكل أسرع [5].

يتواجد الأكسجين بشكل عام بكثرة على سطح الأرض حيث أنه يشـكل 46% مـن وزن قشـرة الأرض و89% من وزن ماء الأرض على شكل جزئيات و62% من وزن الجسم البشري و21% من وزن الهواء الجوي. [6]

1-3-1 الخواص الفيزيائية لغاز الأكسجين:

يتواجد غاز الأكسجين بحالتيه الغازية والسائلة، حيث يكون غاز عند درجة الحرارة والضغط النظاميين ويتحول إلى سائل عند درجة حرارة (-184°C) بهيئة شفافة وأثقل من الماء ولون أزرق شاحب.

ويبين الجدول (1-3) الخواص الفيزيائية لغاز الأكسجين، علماً أن الأكسجين ذو نشاط كيميائي جيد بإمكانية ارتباطه واتحاده مباشرة مع أغلب العناصر الكيميائية الأخرى ليشكل ما يسمى بالأكاسيد.

الجدول (1-3) الخواص الفيزيائية لغاز الأكسجين [6]

غـــاز	O_2
الحالة الفيزيائية عند 20^o C	غاز
الوزن الجزيئي	3.99 g/mol
درجة الانصهارعند (atm1)	- 219^oC
درجة الغليان عند(atm1)	- 183^oC
الضغط الحرج	5043kpas
درجة الحرارة الحرجة	- 118.6^oC
انحلال في الماء	394 mg/L
الحجم النوعي	0.7541 m^3/kg
الوزن النوعي	1.1049
كثافة الغاز	1.326 kg/m^3
نسبة السائل/الغاز	1/860.6

كما يتواجد الأكسجين بنوعيه الأكسجين الطبي المستخدم في المشافي لأغراض طبية وعلاجية والأكسجين الاصطناعي المستخدم في التطبيقات الصناعية مثل عمليات اللحام والقطع والتجفيف.

1-3-2 الاستخدامات الطبية لغاز الأكسجين:

تحدد المعايير الدولية والمحلية مواصفات غاز الأكسجين المخصص للاستخدام الطبي قبل استخدامه لضمان وثوقية استخدامه لما له من تأثيرات إيجابية عند استخدامه بالطريقة الصحيحة وبالضغط المحدد في حالات توقف القلب أو حالات النزيف الحاد والرضوض الجراحية الناجمة عن حوادث السير وحالات الإنعاش المتعددة للكبار والخدج، وتأثيرات سلبية ومميتة أحياناً عند استخدامه بضغوط عالية التركيز حيث يحذر من استخدامه لمدة تزيد عن (5 ساعات) متواصلة دون انقطاع لما يحدث من تشنجات واضطرابات عديدة. [5]

ويبين الجدول (1-4) مواصفات غاز الأكسيجن الطبي حسب المعايير الأوربية القياسية والحدود الدنيا المسموح بها للعناصر المحتواة داخل تركيبه.

الجدول (1-4)المواصفات القياسية الأوروبية لغاز الأكسجين الطبي[9]

الغاز	درجة النقاوة	شوائب	الحدود العليا للشوائب
أكسجين طبي	≥99.5%	CO CO_2 رائحة H_2O	≤ 5 ppm ≤ 300 ppm none ≤ 67 ppm

1-3-3 طريقة إنتاج الأكسجين الطبي:

يتم إنتاج الأكسجين بطريقتين أساسيتين إما بتجميع الهواء الجوي أو بإجراء عملية التحليل الكهربائي للماء، وتعتبر الطريقة الأولى هي الأكثر شيوعاً حيث يتم تمييع أو إسالة الهواء الجوي لإزالة جزئيات الأكسجين منه بواسطة التجزئة في محطات فصل الهواء وتستخدم هذه الطريقة لفصل الأكسجين والنتروجين والأرغون.

حيث تتألف من ضاغط الهواء الذي يتم عن طريقه سحب الهواء الخارجي ثم يمر إلى مبرد لفصل رطوبة الهواء وذلك بفصل الماء الزائد عن الزيت من خلال فاصل الفلاتر، ولتجفيف الهواء المضغوط يستخدم المجفف لمعالجة الهواءوتنقيتهعبر الضاغط الأول ثم يمر إلى عمود تقطير ومسيل حيث يتم تحويل الأكسجين الغازي إلى سائل وضخه إلى خزانات الإنتاج ثم يمر على عمود فصل طبقاً لظروف التشغيل ومن ثم يبرد إلى درجة حرارة تحت الصفر ليمر من خلال ضاغط آخر يقوم بضغط الأكسجين الغازي وتوجيهه إلى التوربين ليدخل إلى ضاغط ثالث مثبت مع

التوربين ويصل إلى خزانات الإنتاج المختلفة الحجم حسب الكمية المنتجة يومياً ويلزم أبراج تبريد لتبريد المياه اللازمةللمعدات كالزيت والهواء وبعض الملحقات كالمواسير التي يمر من خلالها الغاز كما هو مبين في الشكل (1-1) وفلاتر تنقية هواء إضافة إلى صمامات تحكم بكميات الغازات تركب في مناطق معينة طبقاً لتصميم الحامل ويوجد عدّادات لقياس درجة الحرارة والضغط ومعدل جريان الغازات وضرورة وجود مقاييس نقاوة الغاز مزودة بنظام إطفاء أوتوماتيكي تُطفأ عند انخفاض نسبة نقاوة الأكسجين عند الحد المطلوب. [5]



الشكل (1-1) محطة توليد غاز أكسجين طبي [5]

وتؤكد بعض شركات الإنتاج وخصوصاً المزود منها بفريق عمل جيد على ضرورة إجراء عمليات إنتاج أفضل لضمان جودة المنتجات الغازية الطبية بوثوقية أفضل في كل مرحلة من مراحل الإنتاج حيث تقوم بمطابقة إجراءات التحكم النوعية بهدف الوصول إلى نقاوة عالية جداً Ultra High Purity (UHP). [4]

1-3-4 أسس اختياراموقع محطة الأكسجين الطبي وتجهيزات التخزين:

- يتم تخزين الأكسجين الغازي في اسطوانات مصنوعة من الفولاذ الصلب أو الحديد وتصمم لتحمل الضغط الداخلي بأمان وتُغطى وتؤمن بحيث توضع بشكل عامودي على شكل سلسلة لتنقل مع الأنبوب الرئيسي بواسطة المجمع.

- يتم فحص حالة الاسطوانات للتأكد من جودتها قبل التعبئة كأن تكون مثقوبة أو متضررة بسقوطها أثناء نقلها أو أن معالجتها لم تتم بالطريقة الصحيحة مما يؤدي إلى ضرر في المعدات وتسريب محتمل للأكسجين يشبع الجو المحيط بأكسجين وهذا يؤدي بسهولة إلى الاشتعال أو احتراق لمكان تخزين الاسطوانات في غرف التخزين.
- يجب أن تكون هذه الغرف مصصمة بشكل تحافظ على الاسطوانات جافة بعيدة عن الرطوبة وغير معرضة للحرارة أو البرودة وبعيدة قدر الإمكان عن المواد القابلة للاحتراق ومنعاً لحدوث خطأ بوصل اسطوانات صناعية غير معدة للاستخدامات الطبية فيجب أن توضع في مكان مختلف عن وضع هذه الاسطوانات معها.
- كما يجب تخزين الاسطوانات الفارغة المنفصلة عن معدات التزويد في مكان آخر ومعزول.
- تبنى أرضية الاسطوانات من الإسمنت القادر على دعم وزن الاسطوانات المملوءة ويجب أن تكون الأرضية مستوية وتصمم بحيث تمنع أي تجمع للمياه بجوار الاسطوانات.
- يجب أن تكون غرف التزويد الخاصة بالأكسجين ذو فتحات تهوية أرضية لأن الوزن النوعي للأكسجين أخف من الهواء وبذلك خروج الأكسجين المتسرب من الغرفة لخارجها كما يفضل أن تكون مستطيلة الشكل ويفضل عدم وجود مروحة شفط داخل الغرف في المشفى والمحطة إلا إذا كان لديها مواصفات خاصة بحيث تكون معزولة لضمان عدم إعطاء شرارة كهربائية تؤدي لحرائق.
- يجب تزويد القواطع الكهربائية داخل غرف تزويد الأكسجين بزيت خاص مخمد للشرارة الناتجة عن عملية التشغيل والإطفاء.
- يمنع التدخين في غرف أنظمة تزويد الغازات باعتباره مصدر من مصادر الاشتعال الواردة وعدم استخدام زيوت التشحيم عند فتح صمامات الاسطوانات لاعتبارات تتعلق بنقاوة الأكسجين المحصّل.
- أما فيما يخص الأكسجين السائل فيتم وضعه في حاويات مصنعة من الفولاذ المقاوم للصدأ أو النحاس للحفاظ عليه عند درجات الحرارة المنخفضة ويتم وضع الحاويات في مكان

قريب من المبنى وموقع الاستخدام ويجب أخذ كل أساليب الحيطة والحذر والتي ذكرناهـــا سابقاً.[8,7]

ويبين الجدول (1–5) درجة النقاوة الخاصة بغاز الأكسجين الطبي وفقاً لشركة **BOC** في اســـتراليا من حيث الحدود الدنيا للنقاوة وحجم الاسطوانة المعتمد وفق الضغط المحدد للوصول إلـــى غـــاز أكسجين طبي عالي النقاوة وخالي من الشوائب قدر الإمكان.**[4]**

جدول (1–5) درجات النقاوة الخاصة بغاز الأكسجين.[4]

الدرجة	الحد الأدني للنقاوة (%)	حجم الاسطوانة	المحتويات	الضغط (Kpa)	BAR	صمام	توصيات منظمات
استراليا Medical Ep (اعتماداً على دســـتور الأدوية الأوربي) درجة 2.5 رمز غاز 400	99.5 شوائب (ppm) Co_2 (EP) < 300 ppm Co (EP) < 5 ppm رطوبة /بخار مـــاء < 7 ppm (EP)	C	0.49 m^3	16300	163	Pin index	منظمـــــات لـــــ AS_{2472} نموذج Pinindex
		D	1.6 m^3	16300	163	Type 10	منظمـــــات لـــــ AS_{2473} نموذج 10
		E	4.1 m^3				
		G	8.3 m^3				
نقاوة عالية درجة 3.0 رمز غاز024	99,9 شوائب (ppm) نتروجين <500ppm رطوبة/ بخار ماء <25ppm	E	3.3 m^3	13700	137	Type10	منظمات لـــ Type 10
		G	6.8 m^3				
نقاوة فوق عالية درجة 4.7 رمز غاز 224	99.997 هذه أعلى شوائب: 10ppm شوائب (ppm) نتروجين <10ppm آرغون<2ppm 2ppm > Co $2ppm > Co_2$ كامـــل الهيـــدروكربونات < 0.1ppm رطوبة/ بخار ماء <4ppm	E	3.3 m^3	13700	137	Type 10	منظمات لـــ Type 10
		G_2	10.6 m^3	20000	200		
درجة Diving درجة 2.5 رمز غاز 027	99.5 شوائب (ppm) نتروجين <1000ppm آرغون<5000ppm ميثان <50ppm 5ppm>Co $10ppm>Co_2$ هيـــــدروكربونات أخـــــرى <3ppm رطوبة/ بخار ماء <50ppm	G	8.9 m^3	17500	175	Type 10	منظمات لـــ Type 10

1-4 الهواء الطبي المضغوط:

يستخدم الهواء الطبي في المشافي لتشغيل بعض المعدات مثل مراوح التهوية والأدوات الجراحية مثل المثاقب ومناشير العظام وفي أجهزة التخدير يعتبر غاز حامل لما يسمى عوامل التخدير التي يتم إيصالها للمرضى والاستخدام الشائع للهواء الطبي في أنظمة التخلية لتشغيل الماصات بتوليد ضغط ناقص عن طريق إطلاق الهواء المضغوط في أنبوب فانتوري.

يتم الحصول على الهواء الطبي من مزيج طبيعي أو اصطناعي من الغازات التالية حيث يتألف من النتروجين والأكسجين ويحتوي على الأقل من19.5% و 23.5% على الأكثر حسب دستور الأدوية الأمريكية وعلى 20.4% إلى 21.4% من O_2 حسب دستور الأدوية الأوربية. [9]

كما يتم استخدامه كهواء تنفسي للمرضى ذو الاحتياجات الخاصة وفي الحاضنات للصغار. [5]

1-4-1 الخواص الفيزيائية للهواء:

يتوفر الهواء الطبي والهواء الاصطناعي من هواء الغلاف الجوي لذلك فهو غاز بدون لون ورائحة وغير قابل للاحتراق حيث يحتوي الهواء الجوي على 79% أزوت و 21% أكسجين، ويبين الجدول (1-6) الخواص الفيزيائية للهواء.

الجدول (1-6) الخواص الفيزيائية للهواء [5]

غاز	هواء
الوزن الجزئي	28.975 g/ml
درجة الغليان	-194.3°C
درجة التجمد	-216.2°C
درجة الحرارة الحرجة	-140.7°C
الانحلال في الماء	0.0292
الحجم النوعي	0.833 m^3/kg
الوزن النوعي	1
كثافة الغاز	1.2 kg/m^3
نسبة سائل / غاز	1/725.1

ملاحظة: أخذ الثوابت عند ضغط latm ودرجة حرارة 21.1°C

1-4-2 طريقة إنتاج الهواء الطبي:

يتم ضغط الهواء المستخلص من الهواء الجوي مباشرة ومن ثم تنقيته كيميائياً وميكانيكياً للحصـــول على هواء طبي ذو تركيب ودرجة نقاوة ضمن المواصفات العالمية المحددة أما الهواء الاصطناعي فيتم إنتاجه للحصول على مزيج غازي من النتروجين والأكسجين ويبين الجدول (1 -7) مواصفات الهواء الطبي حسب دستور الأدوية الأوربية.

الجدول (1-7) المواصفات القياسية الأوروبية للهواء الطبي المضغوط [9]

الغاز	درجة النقاوة	شوائب	الحدود العليا للشوائب
هواء طبي	$20.4\% \leq O_2 \leq 21.4\%$	CO CO_2 SO_2 NO/NO_2 زيت H_2O	≤ 5 ppm ≤ 500 ppm ≤ 1 ppm ≤ 2 ppm ≤ 0.1 mg/m^3 ≤ 67 ppm

حيث يتم سحب الهواء من الجو الخارجي عن طريق مروحة السحب عبر فلتر (عبارة عن شـــبك لإزالة العوالق الكبيرة) ثم يتم ضغط هذا الهواء إلى خزانات الضغط بعد تبريده فتقل قدرة الهـــواء المضغوط على حمل بخار الماء ويتكاثف جزء من بخار الماء، وعادة يثبت صـــمام أمـــان علـــى الخزان لحماية الخزان من زيادة الضغط عن الحد المسموح به عند حدوث عطل في نظام الـــتحكم للضاغط، وأيضاً يوجد عداد ضغط لمتابعة ضغط الهواء داخل الخزان، كذلك يثبت أسفل الخـــزان صمام تصريف أوتوماتيكي يقوم بتصريف الماء المتجمع أسفل الخزان ثم تأتي مرحلـــة التجفيـــف لضمان خلو الهواء من بخار الماء بشكل كامل ثم يمر عبر فلاتر بكتيرية لتنقيته من الجراثيم إلـــى مخفضات الضغط التي تقوم بتوزيع الهواء المضغوط إلى المشفى على مخرجين أحدهما يذهب إلى غرفة العمليات بضغط (8bar) والآخر يذهب إلى باقي الغرف بضغط (5bar).أما الجـــدول (1-8) يبين مواصفات الهواء الاصطناعي. [6]

الجدول (1-8) المواصفات القياسية الأوربية للهواء الاصطناعي [9]

الغاز	درجة النقاوة	شوائب	الحدود العليا للشوائب
هواء اصطناعي	$21.0\% \leq O_2 \leq 23.5\%$	H_2o	$\leq$ 67 ppm v/v

1-4-3 أسس اختيار مواقع محطة الهواء الطبي المضغوط وتجهيزات التخزين:

- يجب وضع الهواء الطبي في حاويات مصنوعة من الفولاذ أو النحـــاس أو الألمنيـــوم ولا تعامل الحاويات المستخدمة للهواء الطبي بأي من المركبات السامة الخاصة المسببة للنوم أو المخدرة.
- يتم حفظ الهواء الطبي في إسطوانات ضغط منخفض،ويتم قياس حجم الغاز المتـــدفق كمـــا يفتح الصمام ببطء وحرص.
- يجب القيام بصيانة الاسطوانات والانتباه إلى عدم توجيه الغاز المتدفق مباشرة إلى الوجـــه ولكن قليلاً باتجاه الأنف لفحص إذا كان هناك أي رائحة مميزة دلالة على وجود تلوث في الهواء.
- كما يتم عنونة الأسطوانات والتجهيزات الخاصة بالهواء الطبي بعناوين خاصـــة مناســـبة ويجب اتخاذ إجراءات الأمن المتحدة بشكل عام في التعامل مع الاسطوانات.[6]
- يتم وضع غرفة الهواء الطبي المضغوط ضمن أو خارج المبنى وغالباً ما توضع في القبو حتى تكون بعيدة عن الحرارة .
- يجب أن يكون مدخل الهواء في الغرفة مفتوحاً للهواء الخارجي بارتفاع لا يقل عـــن (4m) بحيث يمتص الهواء نقياً قدر الإمكان ويتجنب الغازات الضارة.
- كما يجب أن تكون الغرفة بتهوية جيدة ونظيفة، وضرورة تأمين نقطة مصرف للماء ضمن أرض الغرفة ويتم كتم للوصل الكهربائي وعزل القواعد ديناميكياً وعزل صوتي للجـــدران والباب ضد الضجيج أما درجة الحرارة فتتراوح من ($2 - 40^oC$). [5]

ونظراً لتطبيق إجراءات ضمان جودة الغاز في بلدان عدةفإننا سنعرض في الجدول (1-9) درجات النقاوة الخاصة بالهواء الطبي. [4]

جدول (1–9) درجات النقاوة الخاصة بالهواء الطبي [4]

الدرجة (استراليا)	الحد الأدنى للنقاوة (%)	حجم الاسطوانة	محتوى	ضغط Kpas	Bar	صمام	توصيات المعدات
درجة الآلة رمز الغاز 054	N_2 = 78.1 O_2 = 20.9 Ar = 0.9 الشوائب (ppm) رطوبة/ بخار ماء <25ppm عند ضغط اسطوانة ممتلئة	D	1.4 m^3	15000	150	Type 60	منظمات Type لنموذج 60
		E	3.5 m^3				
		G	7.1 m^3				
درجة صفر رمز الغاز 055	O_2 = 21.0 N_2 =Balance شوائب (ppm) هيدروكربونات مثل ميتان < 1 ppm رطوبة/ بخار ماء <25 ppm عند ضغط اسطوانة ممتلئة	D G	1.3 m^3 6.4 m^3	13700	137	Type 60	منظمات عند Type 60
(نيوزيلاند)							
	O_2 = 21.0±1.5% N_2 = Balance شوائب (ppm) هيدروكربونات مثل ميتان <10ppm رطوبة/ بخار ماء <20ppm عند ضغط اسطوانة ممتلئة	D G	1.9 m^3 9.0 m^3	2000	200	Type 60	منظمات عند Type60
درجة فوق Zero رمز الغاز 026	O_2 = 21.0±0.5% N_2 = Balance شوائب (ppm) هيدروكربونات مثل ميتان <0.5 ppm هيدروكربونات مثل إيتان <0.5 ppm رطوبة/ بخار ماء <10ppm عند ضغط اسطوانة ممتلئة 1ppm > Co_2	D GS	1.33 m^3 6.10 m^3	13700	137	Type60	منظمات لـType60

1-5 غاز أكسيد النيتروز:

يعتبر غاز أكسيد النيتروز كعامل أساسي من عوامل التخدير حيث يتم إعطائه للمريض مع غـــاز الأكسجين في العمليات الجراحية عبر جهاز التخدير ومسكن للآلام في حالات الألم الشديد الناتجـــة عن الحوادث وفي حالات الجروح والحروق حيث أنه يساعد على فقدان الشعور بـــالألم وكعامـــل مبرد في العمليات الجراحية التي تجري على البارد. [6]

1-5-1 الخواص الفيزيائية لغاز أكسيد النيتروز:

يتواجد غاز أكسيد النيتروز بشكله الغازي عند درجات الحرارة والضغط النظاميين وهو غاز غير سام وغير قابل للاحتراق وعند ضغط (5100 Kpa) ودرجة حرارة (21.1^oC) إلى سائل، وهو غاز لا لون له ولا طعم ولا رائحة ويتشابه مع غاز الأكسجين بكونه مساعد على اشتعال المواد القابلـــة للاحتراق بنسبة أقل.

ويبين الجدول (1-10) الخواص الفيزيائية لغاز أكسيد النيتروز، ونلاحظ أنه غاز مســـتقر وخامـــل عند الشروط الطبيعية وعنده قابلية للانحلال في الماء والكحول والزيوت.[6]

الجدول (1-10) الخواص الفيزيائية لغاز أكسيد النيتروز[5]

المواصفات	غاز أكسيد النيتروز N_2O
الوزن الجزئي	44 g/mol
درجة الغليان عند 1atm	-88.5^oC
درجة التجمد عند 1atm	-93.83^oC
درجة الحرارة الحرجة	$36.5\ ^oC$
اللزوجة التحريكية	13.6×10^{-6} pa. s
الحجم النوعي (20^oC,latm)	$0.5447\ m^3/kg$
الوزن النوعي (0^oC, latm)	1.529
كثافة الغاز (20^oC, latm)	$1.843\ kg/m^3$

1-5-2 طريقة الإنتاج:

ينتج غاز أكسيد النيتروز بطريقة التحليل الحراري لنترات الأمونيا، وذلك بتسخين بلورات الأمونيوم إلى الدرجة (240^oC) عندها تنحل نترات الأمونيوم، بعدها يتم غسل الغازات كيميائياً ويتم ضغطها لعدة مراحل ومن ثم يتم استخراج الغازات بسهولة أقل مثل N_2,O_2 وأخيراً يتم ضغطها وتخزينها في الاسطوانات.[5]

ويبين الجدول (1-11) المواصفات القياسية الأوربية لغاز أكسيد النيتروز الطبي والحدود العليا المسموح للشوائب التي يمكن أن تحتويه.

الجدول (1-11)المواصفات القياسية الأوربية لغاز أكسيد النيتروز[9]

الغاز	درجة النقاوة	شوائب	الحدود العليا للشوائب
أكسيدالنيتروز N_2O	$\geq$ 98.0 % v/v	CO CO_2 $NO + NO_2$ H_2O	$\leq$ 5 ppm v/v $\leq$ 300 ppm v/v $\leq$ 2 ppm v/v $\leq$ 67 ppm v/v

1-5-3 أسس اختيار مواقع محطة أكسيد النيتروز وتجهيزات التخزين:

يخزن غاز أكسيد النيتروز في إسطوانات ضغط عالي أو في حاويات ذات ضغط منخفض بحيث يكون في حالته السائلة عند درجات حرارة منخفضة بمعدل ($-18^oC$to -3.9^o C).

عادة وبشكل خاطئ لا يتوافق مع الاجراءات المعيارية للتخزين الأمثل للغازات الطبية حيث يتم تخزين أكسيد النيتروز في نفس المكان المخزن به الأكسجين الطبي وضمن نفس غرفة التوزيع حيث تتألف من مجموعتين من الاسطوانات بينهما وحدة تبديل آلية تقوم بالتبديل بين الاسطوانات اثناء عملية السحب من الاسطوانات وعندما يكون الضغط واحد على كلا الجانبين لصمام التبديل الآلي سيزود الغاز من جانب واحد وذلك لمنع ملء الاسطوانات الفارغة من الممتلئة.

وبما أن غاز أكسيد النيتروز يمتلك خاص مؤكسدة و بقدرته على عدم التآكل لذلك يجب التأكد من عدم استخدام زيوت أو شحوم أو أي مواد قابلة للاشتعال عند معالجة الغاز، كما يجب اعتماد شبكة نحاسية أو فولاذية غير قابلة للصدأ خاصة به. [5,6]

1-6 غاز ثاني أكسيد الكربون:

يشكل غاز ثاني أكسيد الكربون 0.039% من الغلاف الجوي والذي تعد نسبته ضئيلة، ويتم استخدامه في المصانع خلال عمليات عديدة مثل صناعة السكر وينتج من احتراق الفحم أو الهيدروكربونات ومن تنفس الإنسان والحيوان. ويستخدم في المجال الطبي بعدة تطبيقات أهمها في جهاز التخدير لزيادة عمق التخدير بسرعة والمساعدة على استعادة التنفس الآلي والتغلب على صعوبات التنفس، وله دور هام في تخفيض درجة حرارة جسم الإنسان لما له من تأثير على الأوعية الدموية بزيادته تدفق الدم الدماغي وهو غاز عديم اللون والرائحة وغير قابل للاحتراق ولا تتم الحياة بدونه.[6]

ويبين الجدول (1-12) المواصفات الأوربية العالمية والحدود العليا المسموح بها للشوائب المسموحة.[10]

الجدول (1-12)المواصفات القياسية الأوروبية لغاز ثاني أكسيد الكربون [9]

الغاز	درجة النقاوة	الشوائب	الحدود العليا للشوائب
ثاني أكسيدالكربون	$\geq$ 99.5 % v/v	CO $NO + NO_2$ H_2O S	$\leq$ 5 ppm v/v $\leq$ 2 ppm v/v $\leq$ 67 ppm v/v $\leq$ 1 ppm v/v

يتم تخزين غاز ثاني أكسيد الكربون في اسطوانات ضغط عالي بحالته السائلة لذلك من الضروري أخذ إجراءات الأمن التي ذكرناها سابقاً وخصوصاً أن ثاني أكسيد الكربون يؤدي إلى حروق باردة عند ملامسته للجلد.

1-7 غاز النتروجين:

وهو غاز عديم اللون والرائحة عند الشروط النظامية و يتجمد عند الدرجة (-210^oC) وهو من أكثر الغازات الموجودة في الهواء الجوي بنسبة 76% ويتم إنتاجه بوساطة تقطير الهواء السائل وبما أن درجة غليان النتروجين أقل من درجة غليان الأكسجين فإنه يغلي أولاً في عملية التقطير وعندما يتبخر يجمع ويحفظ في اسطوانات صلبة.

يدخل النتروجين في تركيب جميع الأنسجة الحية ويشكل العديد من المركبات المهمة كالأمونيا وحمض النتريك وصناعياً يدخل في صناعة الأسمدة ومنتجات كيميائة أخرى ويستخدم طبياً لتشغيل الأدوات الجراحية. [6]

ويبين الجدول (1–13) المواصفات القياسية الأوربية والحدود العليا المسموح بها للشوائب.[9]

الجدول (1–13) المواصفات القياسية الأوربية لغاز النتروجين [9]

الغاز	درجة النقاوة	الشوائب	الحدود العليا للشوائب
النتروجين N_2	≥ 99.5 % v/v	CO CO_2 O_2 H_2O	$\leq$ 5 ppm v/v ≤ 300 ppm v/v ≤ 50 ppm v/v ≤ 67 ppm v/v

1–8 غاز أكسيد النتروجين (أكسيد النتريك):

هو غاز عديم اللون وغير قابل للاحتراق ولكنه يعتبر عامل مساعد له، له تأثيرات سمية وعند استخدامه بتراكيز عالية فإنه يسبب حروق شديدة لجهاز التنفس والجلد والعيون.

يستخدم طبياً بمجال ضيق وذلك لعلاج حالات ارتفاع ضغط الدم الشرياني الرئوي بعد مزجه مع النتروجين.[6]

ويبين الجدول (1–14) المواصفات القياسية الأوربية لغاز أكسيد النتروجين.[9]

الجدول (1–14) المواصفات القياسية الأوربية لغاز أكسيد النتروجين[9]

الغاز	درجة النقاوة	الشوائب	الحدود العليا للشوائب
أكسيد النتروجين NO	≥ 99.5 % v/v	CO_2 N_2 NO_2 H_2O N_2O	$\leq$ 3000 ppm v/v ≤ 3000 ppm v/v ≤ 400 ppm v/v ≤ 100 ppm v/v ≤ 3000 ppm v/v

1–9 غاز الهيليوم:

غاز عديم اللون والرائحة والطعم وهو من الغازات النادرة بسبب خموله الكيميائي، لا يوجد إلا في الحالة الغازية ويوجد بنسبة كبيرة في الهواء الجوي وليس له تأثير بيولوجي على الكائنات الحية يستخدم الهيليوم في تطبيقات العلوم بدرجات حرارة منخفضة وفي أنظمة تنفس الغواصين ولنفخ البالونات، أما طبياً يستخدم بعد الحصول عليه من عملية التجزئة من الغاز الطبيعي ومزجه مع

الأكسجين لمساعدة المرضى ذوي الاحتياجات التنفسية الضعيفة ولمنع حدوث انخماصات وفي اختبارات وظيفة نقل الرئة للغاز. [6]

ويبين الجدول (1-15) المواصفات القياسية الأوربية لغاز الهيليوم والحدود المسموح بها للشوائب.[9]

الجدول (1-15) المواصفات القياسية الأوربية لغاز الهيليوم [9]

الغاز	درجة النقاوة	الشوائب	الحدود العليا للشوائب
الهيليوم He	≥ 99.5 % v/v	CH_4 O_2 H_2O	$\leq$ 50 ppm v/v $\leq$ 50 ppm v/v $\leq$ 67 ppm v/v

1-10 الملوثات الغازية:

1-10-1 مقدمة:

أثارت برامج حماية وإدارة أمن الغازات ضرورة التحكم والسيطرة على الملوثات الغازية في سبيل حماية البيئة والمرضى ضمن المشافي وخصوصاً في الولايات المتحدة الأمريكية بهدف استعادة المواد الأولية النافعة والمنتجات المنبعثة في التيارات الهوائية، ونظراً لأن معظم الغازات الطبية يتم استخلاصها من الهواء الخارجي فيجب التنبيه إلى الملوثات الغازية في الهواء الذي هو مصدر الغازات الطبية وبالتالي فهناك ضرورة لتحديد تلك الملوثات الغازية للحد من التأثيرات الصحية المحتملة و الأذى الظاهر على الخضراوات والمحاصيل بالإضافة إلى التاثير على المباني والمنشأت الأخرى.

2-10-1 أقسام الملوثات الغازية:

تقسم الملوثات الغازية إلى قسمين رئيسين ملوثات أساسية وملوثات ثانوية.

1-2-10-1 الملوثات الأساسية للغازات الطبية:

الملوثات الأساسية هي مركبات يتم إطلاقها مباشرة من أدوات معالجة مصدر الغازات وتصنف الملوثات الأساسية حسب معيار(NAAQS) جمعية المعايير الوطنية لجودة الهواء المحيط،وتقسم إلى ما يلي:

1- انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت وبخار أكسيد الكبريت.

2- أول أكسيد النتروجين وثاني أكسيد النتروجين.

3- أول أكسيد الكربون والمركبات العضوية المؤكسدة جزئياً.

4- انبعاثات المركبات العضوية من منشآت التغليف السطحية.

5- كبريتيد الهيدروجين والمركبات الكبيريتية المنخفضة الأخرى.

6- كلوريدالهيدروجين وفلوريد الهيدروجين.

7- الأمونيا.

أ- ثاني أكسيد الكبريت وبخار حمض الكبريت:

إن ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) هو غاز لا لون له ويتشكل من خلال احتراق الكبريت المحتوى على الوقود مثل الفحم والنفط أو من احتراق الكبريت المحتوى على فضلات غازية صناعية، ويمكن أن ينحل ثاني أكسيد الكبريت في الماء ويعتبر مخرش قوي ويعود ذلك إلى قابلية انحلاله السريعة والميل لتكوين الحمض الكبريتي ويعتبر (SO_2) أحد الملوثات حسب (NAAQS) (National Ambient Air Quality Standards)المعايير الوطنية لجودة الهواء المحيط.

يتفاعل ثاني أكسيد الكبريت ببطء بسبب التفاعلات الضوئية الكيمائية وتحصل هذه التفاعلات بمعدل بين (0.1% -0.3%) في الساعة ويتحول حوالي (95%) من الكبريت المحتوى في الوقود أثناء الاحتراق إلى ثاني أكسيد الكبريت في حين يتحول (2% -5%) من وقود الكبريت إلى ثالث أكسيد الكبريت (SO_3) حيث يبقى على شكل بخار عند انخفاض درجات الحرارة عندها يتفاعل مع الماء ليشكل حمض الكبريت حسب:

$$SO_3 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4$$

لذلك من المهم إبقاء تيارات الغازات ضمن درجة حرارة أعلى من درجة تشكل حمض الكبريت وتحوله إلى قطرات ندى بسبب تأكل المعدات التي يمر بها الغاز، مما يؤدي إلى حدوث ضرر كبير في شبكات الغازات ومجرى تدفق الغازات إذا انخفضت درجة حرارة الغاز إلى ما دون ندى حمض الكبريت في المناطق المغلقة.

ب- أول أكسيد النتروجين وثاني أكسيد النتروجين:

يُشار إلى هذين المركبين (NO_x)، إن أول أكسيد النتروجين NO هو غاز لا رائحة له ولايمكن أن ينحل بالماء، أما ثاني أكسيد النتروجين NO_2 فهو قابل للانحلال بالماء وله لون مميز حيث يأخذ اللون البني المحمر وعند درجات حرارة منخفضة يمكن أن ينطلق من ثاني أكسيد النتروجين مركب أخف هو (N_2SO_4) ويؤثر كلا المركبين على المجاري التنفسية، كما أن (NO_2) مسؤول عن امتصاص الأشعة فوق البنفسجية مما يؤدي إلى تفاعلات كيميائية ضوئية.

تنبعث مركبات (NO_x)من معامل تصنيع غاز النتروجين الطبي والعمليات الصناعية لأدوات ومعدات الميكانيكية التي تدخل في تركيب شبكة الغازات الطبية في المشافي أو من استخدام حمض النتروجين أثناء تطبيق هذه المعدات وهناك ثلاث آليات كيميائية معقدة مسؤولة عن شكل (NO_x).

1- الثبات الحراري لـ(N_2) النتروجين في الهواء المحيط.

2-أكسدة مركبات النتروجين العضوي في الوقود الناجم عن السيارات.

3- التفاعلات مع المركبات المؤكسدة جزئياً عند اشتعال أي منالمواد المستخدمة في نظام الشبكات.

ج- أول أكسيد الكربون ومركبات أخرى مؤكسدة جزئياً:

إن أول أكسيد الكربون هو مركب مؤكسد جزئياً وبدون لون أو رائحة ولا يمكن أن ينحل في الماء وعند استنشاقه بتراكيز عالية يؤدي إلى ضرر كبير في جهاز التنفس إضافة إلى تأثيرات صحية عديدة، ينتج هذا المركب عند الانخفاض الكبير لدرجة حرارة الغاز أو عند عدم كفاية تركيز الأكسجين لتحريض الأكسدة التامة لتكوين ثاني أكسيد الكربون وينبعث هذا المركب من السيارات والشاحنات والمراجل والأفران الصناعية المستخدمة لتوليد الغازات الطبية.

يُشار إلى المركبات المؤكسدة جزئياً بـ (POC_s) خلال الاحتراق بما فيها المركبات غير المشبعة مثل الألدهيات والحموض العضوية حيث تتكثف بعض هذه المركبات على سطح بعض المواد القابلة للاحتراق والتي سنورد ذكرها في فصل قادم في حين يبقى حزء من هذه المركبات في الهواء المحيط.

من شروط الاحتراق المستخدمة لتقليل تكون NO_x إلى الحد الأدنى تقليل تركيز O_2 الذي بدوره يحرض على تكوين (CO) و(POCS).

د- المركبات العضوية الطيارة:

يُرمز للمركبات العضوية الطيارة (VOCS) حيث تساهم في التفاعلات الكيمايئة الضوئية حال إطلاقها إلى الهواء المحيط، وتصنف هذه الانبعاثات علىأنها معبأة أو هاربة وتكون المعبأة منها في أدوات التحكم بتلوث الهواء أما الهاربة منها فتحتوي على تلك الانبعاثات التي تخرج من عبوات عمليات المعالجة وكذلك التسريب البسيط من المضخات والصمامات وأدوات أخرى من شبكة الغازات الطبية.

وقد عُرف حوالي (200) مركب عضوي محدد ومجموعات من المواد المركبة التي لها تأثيرات عكسية على الصحة والتي يتم تصنيفها كملوثات غازية خطيرة.

إن المصدر الأساسي لانبعاثات VOC هو تبخير المركبات العضوية المستخدمة في العمليات الصناعية وعمليات تنظيف سطوح الأنابيب والدهان وتوزيع المازوت.

ه- كبريتيد الهيدروجين ومركبات كبريتية أخرى:

يتم انبعاث (H_2S) من عدد من المواد المركبة المعدنية والنفطية والمعالجات البتروكيميائية، وتحدث الانبعاثات الهاربة لـ H_2S من آبار الغاز الطبيعية الحامضة وبعض العمليات البتروكيمايئة ويعد غاز سام وخانق وذو رائحة تشبه رائحة البيض المعفن لذلك فإنه عند تراكيز مرتفعة بسبب الإعياء السريع، ويعد (H_2S) غاز قابل للانحلال في الماء ويمكن أن تتأكسد بسهولة لتكوين ثاني أكسيد الكبريت ذو الرائحة القوية وغير المستحبة وهذا ما يستدعي فرض قوانين للسيطرة على مثل هذه الملوثات لتحديد مصدرها.

و- كلوريد الهيدروجين وفلوريدالهيدروجين:

تعبتر كلوريد الهيدروجين (HCl) وفلوريد الهيدروجين(HF) غازات ضارة وتطلق من الحراقات وفضلات الوقود الإحفوريوالمراجل والمفاعلات الكيميائية ومن أنظمة التحكم بتلوث الهواء حيث يتم أكسدة غاز الكلور وغاز الفلور المحتواة على مركبات عضوية لتصبح مواد مخرشة بنسبة كبيرة ولهما تأثيرات جانبية صحية سيئة لذلك فهما غازات ملوثان خطيران.

ز-الأمونيا:

تستخدم الأمونيا (NH_3) في عمليات تصنيع المركبات العضوية التركيبية وهي مادة كيميائية معروفة، وهي غير سامة عند المستويات التي يطلقها الإنسان أو الانبعاثات الطبيعية ولا تعتبر على أنها ملوثات خطير.

1-10-2-2 الملوثات الثانوية للغازات الطبية:

أما الملوثات الثانوية فهي تتضمن المركبات في الطور الغازي وتتشكل نتيجة تفاعلات بين الملوثات الأساسية في الغلاف الجوي مع المركبات التي تتشكل طبيعياً في الغلاف الجوي، وتقسم إلى ما يلي:

1-الأوزون والمؤكسدات الكيمائية العضوية الأخرى.

2- ميتيل الزئبق.

3- أكسيد الكبريت وثاني أكسيد النتروجين.

ونلاحظ أنه لا يوجد فاصل واضح بين الملوثات الغازية الأساسية والثانوية، فعلى سبيل المثال فإن ثاني أكسيد النتروجين وحمض الكبريت موجودان في نفس المجموعة وذلك لأن العديد من الملوثات الغازية الأساسية تنقل بتفاعلات مع الغلاف الجوي لتشكل تفاعلات تنتج منتجات ثانوية للملوثات الغازية.

أ- الأوزون والمؤكسدات الضوئية الكيميائية:

يعتبر الأوزون (O_3) مؤكسد قوي يتشكل جراء التفاعلات الكيميائية لأكاسيد النتروجين والمركبات العضوية الطيارة وأحادي أكسيد الكربون تكون الحدود العليا لهذا الملوث خلال الفترة من شهر آيار إلى أيلول حيث تحفز درجات الحرارة المرتفعة التفاعلات الحرارية المرتبطة بالتفاعلات الكيميائية الضوئية ويمكن أن تنبعث هذا المركبات من الخضار والنشاطات الطبية البيولوجية ويتم التحكم بالأوزون عن طريق التحكم بمركبات الإزاحة مثل NOx ، Vocs ، CO.

وتختلف نسبته مع مرور ساعات النهار حيث ترتفع نسبة NOX في ساعات النهار حيث تزدحم السيارات وتزيد نسبة CO الناتج من محركات السيارات وهذا ما يحرض تكوين NOx لتفاعلات

كيميائية ضوئية مكونة دخان بسبب توفر ثاني أكسيد النتروجين وعند تناقص نسبة NO_X تزداد نسبة الأوزون.

ب- ميتيل الزئبق:

يعتبر ميتيل الزئبق (CH_3Hg) مركب سام للبشر ويتواجد بأشكال مختلفة حسب النشاط الميكروبي في الرواسب والتربة ويتواجد بسبب احتراق الفحم والوقود الإحفوري الذي يحتوي آثار الزئبق من البطاريات وموازين الحرارة.

لذلك ركزت معظم الجهود لتخفيض الزئبق ومصادر الانبعاثات الناتجة وخصوصاً التي لها علاقة بمصادر الاحتراق في مصانع الطاقة والمراجل الصناعية والفضلات الخطيرة والحراقات الطبية.

وجرت هناك انخفاضات ملحوظة لانبعاثات الزئبق وقد قدرت مجموع انبعاثات الهواء عام 1999 بنصف تلك الانبعاثات لعام 1990 وكان الانخفاض الأكبر للانبعاثات جرى من فضلات المدن وفضلات الحراقات الطبية ولكنه كانت هناك تقدم بسيط في تخفيض انبعاثات معامل الطاقة والمراجل الصناعية، وقد شرعت عام 2005 قاعدة الهواء الخال من الزئبق بهدف تخفيضه إلى نسبة (70%) من احتراق الفحم المشتعل في مصانع الطاقة بحلول عام 2018.

1-10-3 تشريعات التلوث الغازي:

تم وضع تشريعات للسيطرة على الملوثات الغازية في الولايات المتحدة الأمريكية كسلطة حاكمة والوكالات المحلية للملوثات مثل HF, Vocs, SO_2 والتي تهدف للتخفيف من التأثيرات الصحية المتعلقة بانبعاث هذه الملوثات، حيث بدأ ازدياد الوعي خلال الستينات من القرن الماضي ووصل إلى ذورته في الثمانينات عبر وضع قانون تشريع ضمن المحاكم باسم CAA (قانون الهواء النظيف) وعزز هذا القانون المشاركة في تحمل المسؤولية الناجمة عن تلوث الغازات بشكل عام لما له من ضرر على البيئة بشكل خاص وعلى الغازات الطبية لما لها من ضرر على الصحة العامة.

وأهم النقاط التي وردت في هذا القانون:

1- استندت المعايير الوطنية لجودة الهواء (NAAQS) الملوثات مثل ثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النتروجين والمؤكسدات الكيميائية الضوئية وأحادي أكسيد الكربون على المعلومات المقدمة نتيجة مراقبة الهواء المحيط وكيفية استخلاص الغازات الطبية منه بهدف التقليل من هذه الملوثات من

مصدر الغاز الطبي والذي يبدأ من الهواء المحيط وتم تقسيم الولايات المتحدة الأمريكية إلى مناطق سميت بمناطق التحكم في جودة الهواء وكانت الغاية هي بعكس كل منطقة ما فيها من مشاكل تلوث الغازات العامة، وسميت المناطق التي تجاوزت فيها التراكيز المسموح بها حسب معايير (NAAQS) بالمناطق غير المحققة لأحد الملوثات الغازية وطُلب من هذه المناطق بوضع مجموعة من قوانين الانبعاث والإجراءات الأخرى ذات الصلة بتحقيق تركيز ملوثات معينة في الهواء المحيط للوصل إلى أقل مستويات لهذه الملوثات في الغازات الطبية.

2-صدرت المعايير الأساسية السابقة موضوع حماية صحة الإنسان بالدرجة الأولى أما المعايير الفرعية فوضعت للتخفيف من التأثيرات المادية المعاكسة مثل أضرار المحاصيل وأتربة المباني، لذلك تم وضع استراتيجات السيطرة للتمكن من تحقيق معايير (NAAQS) كجزء من تطبيق خطة الولاية لقانون الهواء النظيف.

تم تحديد محددات الانبعاثات لأشكال مختلفة في مناطق مختلفة فعلى سبيل المثال تم تحديد انبعاثات SO_2 بتحديد حد أعلى لما يحتويه الوقود من الكبريت $(\frac{\text{الوزن} \times \text{الكبريت}}{16}\%)$

وكذلك تم تحديد ملوثات مثل NOX على أساس الكتلة المسموح بها على أساس التركيز مثل (500ppm) أما ملوثات VOCS فتم تحديدها على أساس الكتلة لوحدة الزمن (باوند بالساعة) وهي كمية VOC لوحدة التغليف.

3-تم تبني تشريعات للسيطرة على الانبعاثات الهاربة المرتبطة بعمليات المعالجة وقد اتخذت هذه التشريعات أشكالاً مختلفة نتيجة تنوع المصادر الصعوبة في قياس هذه الانبعاثات، ومن هذه التشريعات:

- ممارسات العمل المطلوب.
- متابعة التسريب وبرامج الإصلاح.
- متطلبات فعالية الأوعية المستقبلية للهواء الخارجي والذي ينتج عنه الغازات الطبية بأنواعها.

4–نص قانون الهواء النظيف على معايير أداء المصدر الجديد لتطبيق التشريعات السابقة على كل المصادر الجديدة وكان الهدف هو التأكيد على استمرار التطوير لجودة الهواء كمصادر جديدة بدلاً من المصادر القديمة على أساس مصدر كل صنف من أصناف الغازات الطبية الناتجة وتتطلب هذه المصادر تركيب أنظمة التحكم بتلوث الهواء والتي تمثل بدورها أفضل تكنولوجيا ممكنة لتصـــنيف الغازات الطبية والحد من تلوثها.

الفصل الثاني

دراسة شبكة الغازات الطبية

2-1 مقدمة:

إن استعمال الاسطوانات والأجهزة النقالة ضمن المشافي لها مساوئ ومضار عديدة، لذلك يتم الاعتماد على الشبكات المركزية للغازات الطبية بهدف تأمين إيصال هذه الغازات إلى كافة الأقسام الجراحية والطبية بشكل آمن وسليم، حيث تؤمن ما تحتاجه التجهيزات الطبية وبعض الاستخدامات الأخرى.

تعتبر شبكات الغازات الطبية بمثابة القلب الذي يُحي عمل المشفى فبدونها لا يمكن لأي مشفى إتمام العمل المخصص له باعتبارها تقوم بضخ الغازات الطبية الضرورية وتخليصها من الشوائب والمواد غير المرغوب بها، ويتم ذلك ضمن ما يسمى بالنظام المركزي لتوزيع الغازات الطبية التي تستخدم في المشافي لتخزين وإنقاص ضغط الغازات الطبية للمستويات المناسبة للاستخدام من قبل المرضى عند نقاط الاستهلاك في أقسام المشفى المختلفة.

ونظراً لضرورة المعرفة بأنظمة شبكات الغازات الطبية سنقوم بهذا الفصل بدراسة المحطات المركزية للغازات الأساسية كالأكسجين الطبي والهواء الطبي المضغوط وأكسيد النيتروز،نظام طرد غازات التخدير Anesthetic Gas Scavenging System (AGSS) وشبكة التخلية الطبيةوأنظمة الإنذار والتخلية العامة من حيث التصميم والتركيب إضافة إلى باقي الأجزاء الرئيسية لشبكة الغازات الطبية من شبكة أنابيب ومخارج الشبكة الموزعة ضمن الغرف والأقسام والأجزاء الأخرى.

سيتم الاعتماد على المعيار الإنكليزي في تصمم شبكات الغازات الطبيةHTM02-01 نظراً لكونه المعيار الأكثر شيوعاً في تطبيق الإجراءات والاختبارات اللازمة لشبكة الغازات الطبية بهدف الحصول على غازات عقيمة وخالية من أي تلوثات تتداخل مع الغازات الطبية ضمن شبكة الغازات الطبية في المشافي.

2-2 الأقسام الرئيسية لشبكة الغازات الطبية:

1- المحطات المركزية للغازات الطبية الأساسية.

2- نظام الإنذار والتنبيه الأساسي.

3- شبكة الأنابيب.

4- مخارج الشبكة أو ما يسمى المآخذ الجدارية.

2-3المحطات المركزية للغازات الطبية الأساسية:

2-3-1مقدمة:

تتكون المحطات المركزية للغازات الطبية بشكل عام من مصدر تزويد رئيسي مع نظام إنذار وتنبيه ومصدر تزويد ثانوي يتواجد مع المصدر الرئيسي في غرفة المجمع نفسها بالإضافة إلى مصدر تزويد احتياط، ويتم تحديد حجم المحطات المركزية حسب حجم المشفى ففي المشافي صغيرة الحجم يكون استهلاك حجم الغاز أقل من تلك المشافي ذات الحجم الكبيروالتي يكون فيها حاجة استهلاك أكبر وهذه الأمور تؤخذ بعين الاعتبار عند تصميم هذه المحطات،وسنقوم بدراسة المحطات المركزية للأكسجين الطبي بحالتيه الغازية والسائلة بكافة أنواعها، والمحطات المركزية للهواء الطبي المضغوط (4bar) والهواء الجراحي (7bar) ونظام طرد غازات التخدير (AGSS) والمحطة المركزية لشبكة التخلية الطبي.

2-3-2 المحطة المركزية لغاز الأكسجين الطبي:

تصنف أنواع المحطة المركزية للأكسجين الطبي حسب حالة الأكسجين الغازية أو السائلة ويتم تحديد نوع المحطة حسب نوع وحجم المشفى وتدفق الغاز اليومي الاعلى في أوقات الذروة في المشفى والتوسع الممكن للمشفى.

2-3-2-1 الأجزاء الرئيسية للمحطة المركزية ذات مجمع الاسطوانات:

تتألف المحطة المركزية لغاز الأكسجين الطبي منمجمع آلي يربط مجموعتين من الاسطوانات متساوية العدد على كل جهة من جهات المجمع بينهما وحدة تبديل آلية تعمل على تبديل عملية السحب من الاسطوانات عند ضغط يضمن الاستهلاك بحدوده العليا لمحتوى الاسطوانة من الغاز وتستخدم هذه المحطة فيالمشافي صغيرة بحجم استهلاك ($3000m^3/year$).

إذا كانت المجموعتين ممتلئين بشكل كامل سيكون نفس الضغط على كلا جانبين صمام التبديل الآلي وسوف يزود الغاز من جانب واحد إما من جانب الاسطوانات اليميني أو اليساري ويبقى الجانب الآخر احتياطي [11,12].

كما يجب أن يركب صمام أمان ذاتي الإغلاق على مخفضات الضغط الموصولة بالاسطوانات يقوم بتخفيض الضغط في حال حصول زيادة للضغط وذلك بطرح الغاز خارجاً منها، فعندما ينخفض ضغط الجانب العامل إلى ما دون (10 bar) فإن الحساسات تتفعل وتعطي إشارة إلى لوحة الإنذار يتبين منها أن اسطوانات هذا الجانب تكاد أن تفرغ من الغاز وهذا ما يسمى (خدمة – انتظار) ويعبر عن هذه الإشارة بإنذار صوتي وضوئي لمعرفة حالة المجمع والمحطة المركزية بشكل عام ويبين الجدول (2–1) مؤثرات ودلالات نظام التنبيه والإنذار الموصول ضمن المحطةالمركزية لوحدة التزويد الرئيسية لنظام عمل (خدمة – انتظار) الخاص بالاسطوانات.

جدول (2–1) دلالات ومؤشرات نظام الإنذار والبنية المركزية ذات المجمع [11]

الحالة / مؤشر	تغذية رئيسية	عمل	فارغ	ضغط منخفض	ضغط شبكة منخفض	ضغط شبكة مرتفع	مؤشر وحدة الاحتياط
لون المؤشر	أخضر	أخضر	أصفر	أصفر	أحمر	أحمر	أصفر
دلالة المؤشر	–	تحديد الوحدة العاملة	فراغ وحدة الخدمة لحدوث التبديل	انخفاض ضغط وحدة الانتظار إلى الحدود الدنيا	انخفاض ضغط الأنابيب بنسبة 20% عن الضغط الإسمي	ارتفاع ضغط الأنابيب بنسبة 20% عن الضغط الإسمي	انخفاض ضغط وحدة الاحتياط دون (14bar) بالنسبة لـ N_2O (68bar)لباقي الغازات الأخرى

إذا استمر الضغط بالهبوط إلى ضغط وسطي دون (7bar) يقوم صمام التبديل الآلي بالتبديل بين الجانب الفارغ إلى الجانب الممتلئ مما يسمح بتبديل اسطوانات الغاز الفارغة وهنا يجب تركيب صمامات عدم رجوع لمنع تفريغ الاسطوانات عند حدوث عطل ما أو أي خلل في وصلات ربط الاسطوانات مع المجمع مع التأكد من قدرة المجمع على تزويد الشبكة بالتدفق المطلوب لمدة أسبوع كامل، حيث يتم تحديد عدد اسطوانات كل جانب من جوانب المجمع بحيث تستطيع القدرة على تزويد الشبكة بالغاز لمدة يومين ويتم تخزين اسطوانات أخرى مليئة لتزويد الشبكة لمدة ثلاثة أيام في مخزن خاص وقريب.[11,14]

ويتم التمييز بين الاسطوانات الخاصة بكل غاز من خلال الألوان الخارجية للأسطوانة، أما الألوان المتعارف عليها فهي مبينة في الجدول (2–2) حيث يبين الألوان القياسية لأسطوانات المجمع. [15]

الجدول (2–2) الألوان القياسية لأسطوانات المجمع [15]

الغاز	الأكسجين	الهواء الطبي المضغوط	أكسيد النيتروز
الجزء العلوي	أبيض	أسود وأبيض	أزرق
الجسم	أسود	رمادي	أزرق

ويكون لهذه الأسطوانات قدرة استيعاب معينة عند ضغط (230bar) حسب نوع الأسطوانة ونوع الغاز المخزن ضمنها حسب المعيار الإنكليزي ويبين الجدول (2–3) قدرة استيعاب اسطوانات الغاز الطبية ذات المجمع [11,14]

الجدول (2–3) قدرة الاستيعاب لأسطوانات الغاز الطبي ذات المجمع [11]

نوع الغاز المخزن في الأسطوانة	السعة الاسمية (L) عند ضغط (137bar)	السعة المستعملة (L)
أكسجين/ نوعJ	6800	6.540
أكسيد نايتروس/ نوعJ	18000	-
أكسيد نايتروس/نوعG	9000	8900
خليط (أكسيد نايتروس/أكسجين)/ نوعG	5000	4740
هواء طبي /نوعJ	6400	6220 5550

وبعد التحقق من نوع الأسطوانة والترميز اللوني الصحيح في المحطة ذات المجمع يجب التأكد من ضبط الضغوط باستخدام منظم ضغط عالي للوصول إلى الضغط المطلوب لتشغيل الشبكة (4bar) ويتم تركيب صمامات تنظيم للضغط على كل جانب من جانبي المجمع، ويصمم المجمع بحيث يعمل حتى عند انقطاع الطاقة الكهربائية لضمان استمرارية تزويد الشبكة بالغاز أما عند القيام بأعمال الصيانة وعند حدوث حالات طارئة يتم الاعتماد على مصدر التزويد الثانوي والذي يتألف من مجموعتي اسطوانات على كل جانب بمعدل (6) اسطوانات تكون قادرة على تزويد الشبكة بالغاز لمدة (5) ساعات، ويوضع مصدر التزويد الثانوي في نفس غرفة المصدر الرئيسي لسهولة التعامل معه وعدم إضاعة الوقت وإهدار الغاز حيث يتم تزويد الغاز للشبكة آلياً وبشكل مباشر.

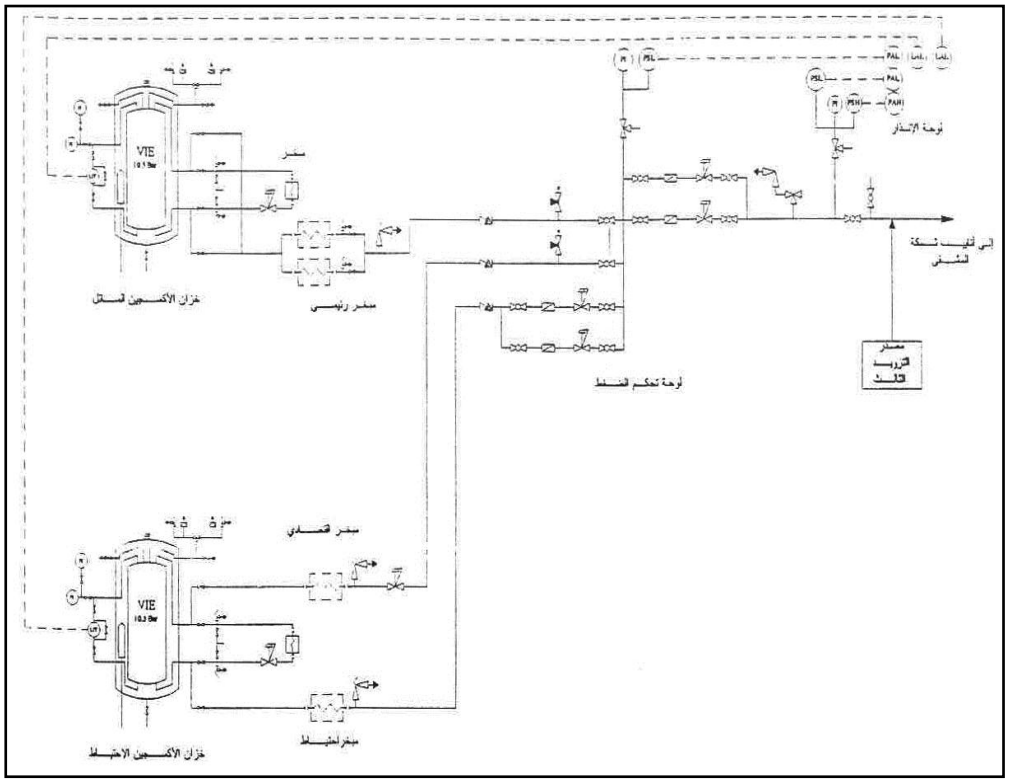
ولا بد من وجود مصدر تزويد احتياطي يعتبر بمثابة مصدر ثالث لتزويد الغاز للشبكة يكون عبارة عن مجمع أسطوانات يتم وصله إلى الشبكة عبر وصلة خاصة بالغاز Non-Interchangeable(NIST)

Screw Thread لكل نوع من الاسطوانات لا يتم تبديله مع اسطوانات أخرى أو اسطوانات محلية مربوطة بمقاييس تدفق ومخفضات ضغط[11].

2-3-2-2 الأجزاء الرئيسية لمحطة خزان الأكسجين السائل:

يتم حديثاً استخدام الأكسجين السائل لتغذية الشبكة في المشافي كبيرة الحجم حيث يكون حجم الاستهلاك (2800-4000m^3/year)،حيث يوجد خزانين كبيرينلضمان قدرتهما على تزويد المشفى بالغازات لمدة (14) يوم، يعتبر أحدهما مصدر تزويد رئيسي والآخر مصدر تزويد ثانوي يعمل عند حدوث عطل في المحطة أثناء تزويد الغاز كما هو مبين في الشكل (2-1)، يوضع بين الخزانين مادة عازلة شديدة العازلية ويحتوي الأكسجين عند درجة حرارة

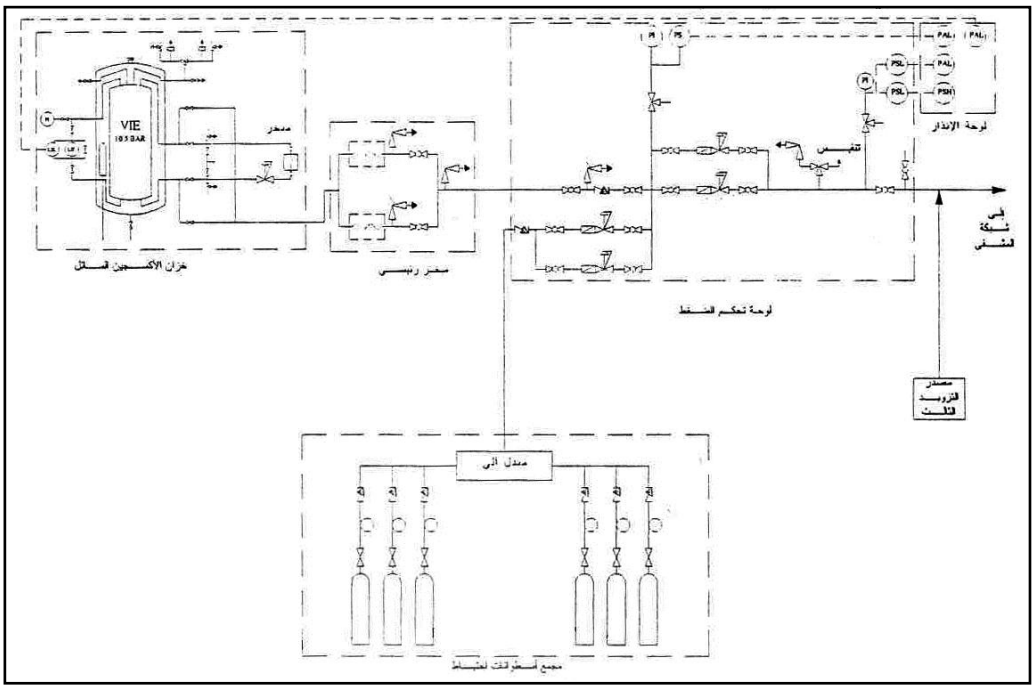
(-183◦c) حيث يتحول الأكسجين إلى سائل، ويكون الخزان ذو الضغط عالي التبريد والمرمز بـ Vacum Insulated Evaporators(VIE) مصنوع خصيصاً لتخزين الغازات المبردة من الحديد المقاوم للصدأ أو الستانلس ستيل المعزول ويتم تدعيمه بوعاء آخر نظراً لوجود الأكسجين بداخله عند درجات حرارة منخفضة جداً وهي الدرجة المطلوبة لتحويل الأكسجين الغاز إلى سائل.



الشكل (2-1) مخطط توضيحي لمحطة تزويد VIE مع وحدة تزويد ثانوية [11]

ثم يمرر الغاز على نظام رفع ضغط لضبط تدفق السائل إلى المبخر حسب الحاجة حيث يحوي هذا الخزان على مبخرين على شكل شرائح يؤمنان تحول كامل السائل إلى غاز ويعملان عند درجة حرارة الجو المحيط وبعدها يخرج الغاز إلى شبكة الغاز عبر لوحة التحكم والتي تحوي على مخفضات ضغط الغاز قبل تدفقه إلى شبكة الأنابيب بضغط (5bar)، كما يجب تزويد خزان VIE بصمامات تعمل عند ارتفاع الضغط فوق المستوى الطبيعي أي فوق (8bar) لحماية الخزان حيث تخرج مادة الأكسجين إلى الجو الخارجي.

أما النمط الآخر المتوفر لمحطة الـ VIE فهي المزودة لمجمع اسطوانات غاز مضغوط ويبين الشكل (2-2) مخطط يوضح فيه الأجزاء الرئيسية لمحطة VIE مع مجمع اسطوانات غاز احتياطية يربط إلى المحطة بشكل دائم عبر صمام عدم رجوع [12].



الشكل (2-2) مخطط توضحي لمحطة VIE مع مجمع اسطوانات غاز[11]

يتم ربط المحطة بنظام قياس عن بعد لمراقبة وتسجيل ضغط ومحتوى الخزان باستمرار وذلك لضرورة معرفة مستويات السائل ونسبة الاستهلاك لتقدير إذا كان هناك حاجة لاستخدام المصدر الاحتياطي الذي يعمل آلياً عند فراغ المصدر الرئيسي والثانوي أو انخفاض الضغط إلى (3.8bar) حيث يوصل مع المحطة عبر بوابة دخول الطوارئ [11] .

ونظراً لأن الأكسجين سريع الاشتعال وحارق عند تلامسه مع الزيت أو الشحوم لذلك لا بد من وجود نظام تنبيه لمراقبة عمل محطة الـ VIE ويبين الجدول (2-4) دلالات ومؤشرات حالة عمل محطة VIE.[11]

الجدول (2-4) دلالات ومؤشرات حالة عمل محطة VIE[11]

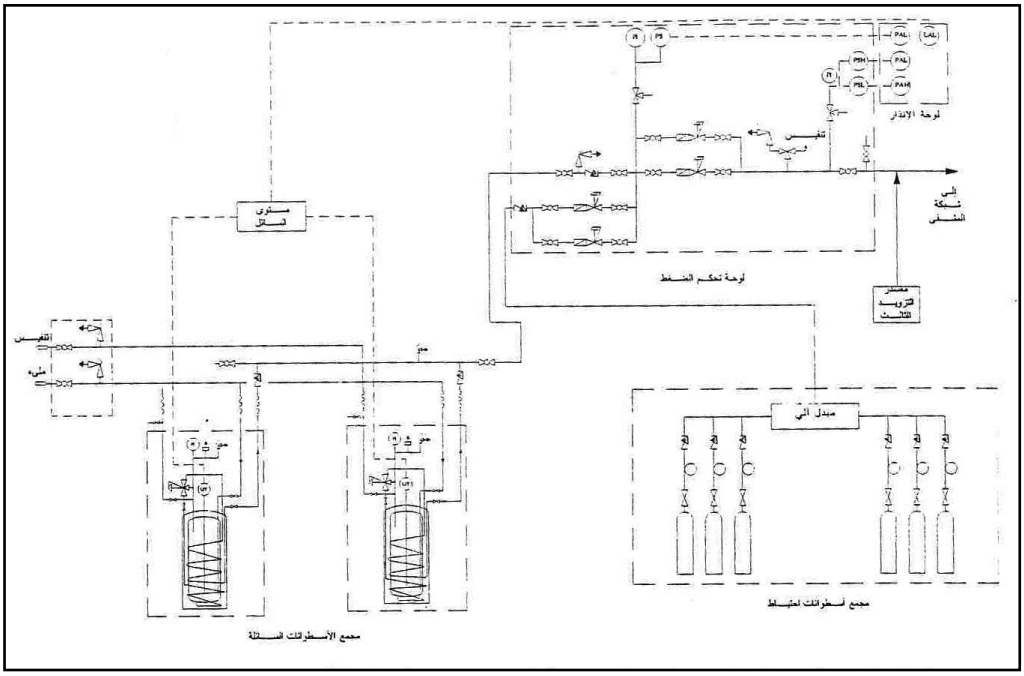
مؤشر / حالة	طبيعية	مخزون رئيسي فارغ	مخزون احتياطي فارغ	مصدر ثانوي فارغ	ضغط عالي أو منخفض
لون المؤشر	أخضر	أصفر	أصفر	أصفر	أحمر
دلالة المؤشر	تشغيل طبيعي	إعادة تعبئة السائل	إعادة تعبئة فورية واستخدام مصدر ثانوي	استخدام مصدر احتياطي	خطأ في الضغط

كما يلاحظ في كل المشافي أن خزان الأكسجين السائل يكون خارج بناء المشفى وفي موقع قريب من المشفى لإمكانية الوصول له بشكل سريع عن طريق عريض يتسع لعربات إعادة تعبئة الخزان، حيث تحدد هذه المسافات حسب سعة خزان الأكسجين السائل بما يتناسب مع الأبنية والمحطة فعندما تكون سعة المحطة (20) طن فمسافة الأمان الواجبة (5m) وإذا كانت أكثر من ذلك تكون أقل، ويتم تثبيته فوق قاعدة إسمنتية عالية ومسورة بسور خارجي والا يدخل إلى المحطة إلا الفنيين أو عمال الصيانة للحفاظ على جسم الخزان بحالة جيدة ولضمان عدم حدوث أي أعطال خارجية تؤثر على عمل المحطة [11].

2-3-2-3 الأجزاء الرئيسية لمحطة مجمع إسطوانات الأكسجين السائل:

يتم استخدام هذا النوع من المحطات في المشافي صغيرة الحجم حيث يكون استهلاك الغاز أقل من (3000-4000 m^3/year)، وتتألف من مجمع اسطوانات لتخزين الغازات الطبية ضمنها بدرجات حرارة منخفضة، لذلك يتم تصنيعها بشكل خاص لتحمل درجات الحرارة المنخفضة بأن تكون ذات جدران مضاعفة وتحوي مبخر لتحويل السائل إلى غاز ويتم تنظيم ضغط وتدفق الغاز بما يتوافق مع شبكة الغازات في المشفى وتركب بشكل ثابت بحيث لا يتم تحريك هذه الأسطوانات حتى عند إعادة تعبئتها في نفس المكان باستخدام وصلة معينة، تتراوح سعة هذه الأسطوانات بين (1000-2000) ليتر ماء ويبين الشكل (2-3) مخطط توضيحي لمحطة مركزية ذات مجمع

اسطوانات أكسجين سائل، حيث نلاحظ وجود كما في باقي المحطات المركزية مصدر تزويد الرئيسي هو الاسطوانات ومصدر تزويد ثانوي يعمل عند حدوث فشل لمصدر التزويد الرئيسي وكذلك مصدر تزويد احتياط يستخدم في حالات الطوارئ فقط. [12]



الشكل (2-3) مخطط توضيحي لمحطة مركزية ذات مجمع اسطوانات أكسجين سائل [12]

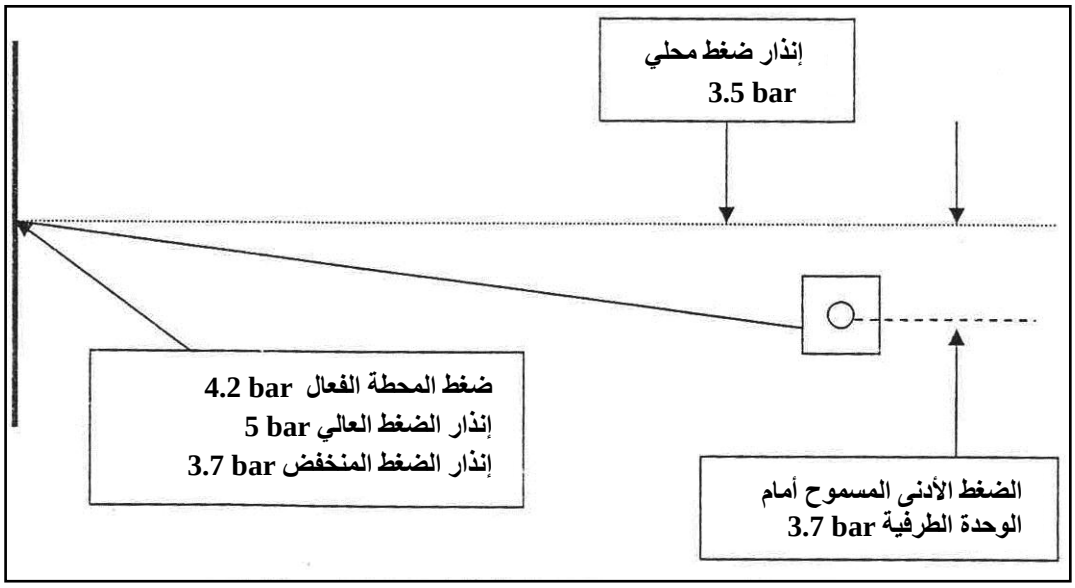
كما يجب الانتباه إلى مكان وجود الاسطوانات السائلة بحيث توضع على ارتفاع (3m) من المصارف المفتوحة أو الحفر أو الخنادق أو فتحات الغرف الموجودة تحت الأرض وعن المواد القابلة للاشتعال، ويجب أن تخضع جميع الاسطوانات لفحص روتيني للتأكد من صلاحية كل أسطوانة إضافة إلى الصيانة الدورية [17].

2-3-2-4 ضغط شبكة غاز الأكسجين الطبي:

عند تصميم شبكة الغازات الطبية لغاز الأكسجين الطبي والهواء الطبي المضغوط لا بد من أن يكون الضغط المطبق في الأنابيب (4bar) ويتم ذلك وفق ما يلي:

يتم تخفيض الضغط ضمن المحطة المركزية للوصول إلى ضغط فعال يقارب ضغط التشغيل بحدود (4.2bar) ليتدفق الغاز خلال أنابيب الشبكة عند هذه القيمة والمفروض أن يصل إلى أبعد مخرج للشبكة عند نقطة استلام بحد أدنى (3.7 bar) ويتم التنبيه في نظام التنبيه والإنذار إذا انخفض الضغط إلى (3.6 bar)، فلذلك فإن قيمة الخسارة المسموح بها من مصدر التزويد إلى مخرج الشبكة

ونقطة الاستلام هي (5%) من الضغط الأسمي، كما هو مبين في الشكل (2–4) فإذا انخفض ضغط المحطة عن قيمة (3.7 bar) أو ارتفع إلى القيمة (5 bar) فإن المؤشرات الصوتية والضوئية في لوحة الإنذار والتنبيه ستعمل فوراً لتفادي حدوث أي انفجار في الشبكة. [11].



الشكل (2–4) آلية تنظيم الضغط لشبكة الأكسجين والهواء الطبي [11]

2–3–2–5 الإجراءات العامة المتبعة عند بناء المحطة المركزية الخاصة بغاز الأكسجين الطبي:

• يجب وضع المحطة المركزية لغاز الأكسجين الطبي بعيدة عن التجهيزات الخطرة مثل محولات ومجموعات توليد الكهرباء ومراجل البخار وضواغط التبريد، ويجب وجود جدار عازل من البيتون المسلح للفصل الآمن بين محطتي الأكسجين وأكسيد النيتروز ويفضل أن تكون المحطة على منسوب الأرض لتأمين سهولة وصول السيارات الشاحنة الناقلة للاسطوانات.

تبنى الجدران من البلوك المصمت عيار إسمنت عالي لتثبيت منظمات الضغط العالي بشكل جيد ويفضل أن تكون المحطة ملاصقة لمبنى المشفى وليس ضمنه ويفضل عدم وجود أي بناء فوق غرفة المحطة، ويجب الحفاظ على درجة حرارة داخلية (22±2°C).

• يجب أن يكون لغرف التزويد بالأكسجين فتحات تهوية أرضية لأن الوزن النوعي للأكسجين أثقل من الهواء وبذلك يتم خروج الأكسجين المتسرب من الأبواب والنوافذ المعدنية بالإضافة إلى وجود فتحات سقفية أو سطحية المستوى لتسمح بجريان كافي للهواء.

• أما أرضية المحطة فيجب أن تكون من الإسمنت المسلح بدون وجود أي مادة أخـــرى عضـــوية وذلك لمنع تسرب وتجمع الغازات ضمنها.

• عدم إدخال أية مواد أو غازات مشتعلة لداخل غرفة المحطة ويمنع التدخين على بعد (5m) مـــن اسطوانات الأكسجين.

• ضرورة تأمين الأدوات الكهربائية من الحريق بوضع قواطع كهربائية مـــزودة بزيـــت مخمـــد للشرارة الناتجة عن التشغيل والإطفاء.

• تثبيت لوحات بالغرفة تشمل طريقة التعامل مع الاسطوانات والتعريف بها.

• يفضل عدم وجود مروحة شفط داخل غرفة المحطة إلا إذا كانت بمواصفات خاصة لمنع حدوث شرارة أو حرائق أو دخول أجسام غريبة من جراء الشفط إلى داخل المحطة .

• يحدد حجم غرفة المجمعات بحيث تتسع جميع الأجهزة الملحقة ومساحة كافية لعمـــال الصـــيانة لإجراء أعمالهم، وتكون بأبعاد بطول 4.5 m وعرض 3m وارتفاع 3m ومـــزودة ببـــابين يفتحـــان للخارج أحدهما يتم التزويد من خلاله والآخر للحالات الطارئة.

• تأمين إنارة مناسبة للمحطة المركزية بمستوى [17,18](150 Lux).

2-3-3 المحطة المركزية للهواء الطبي المضغوط

تتواجد المحطة المركزية للهواء الطبي المضغوط بشكلين أساسيين فإما أن تكون مزودة بضاغط أو مزودة بمازج.

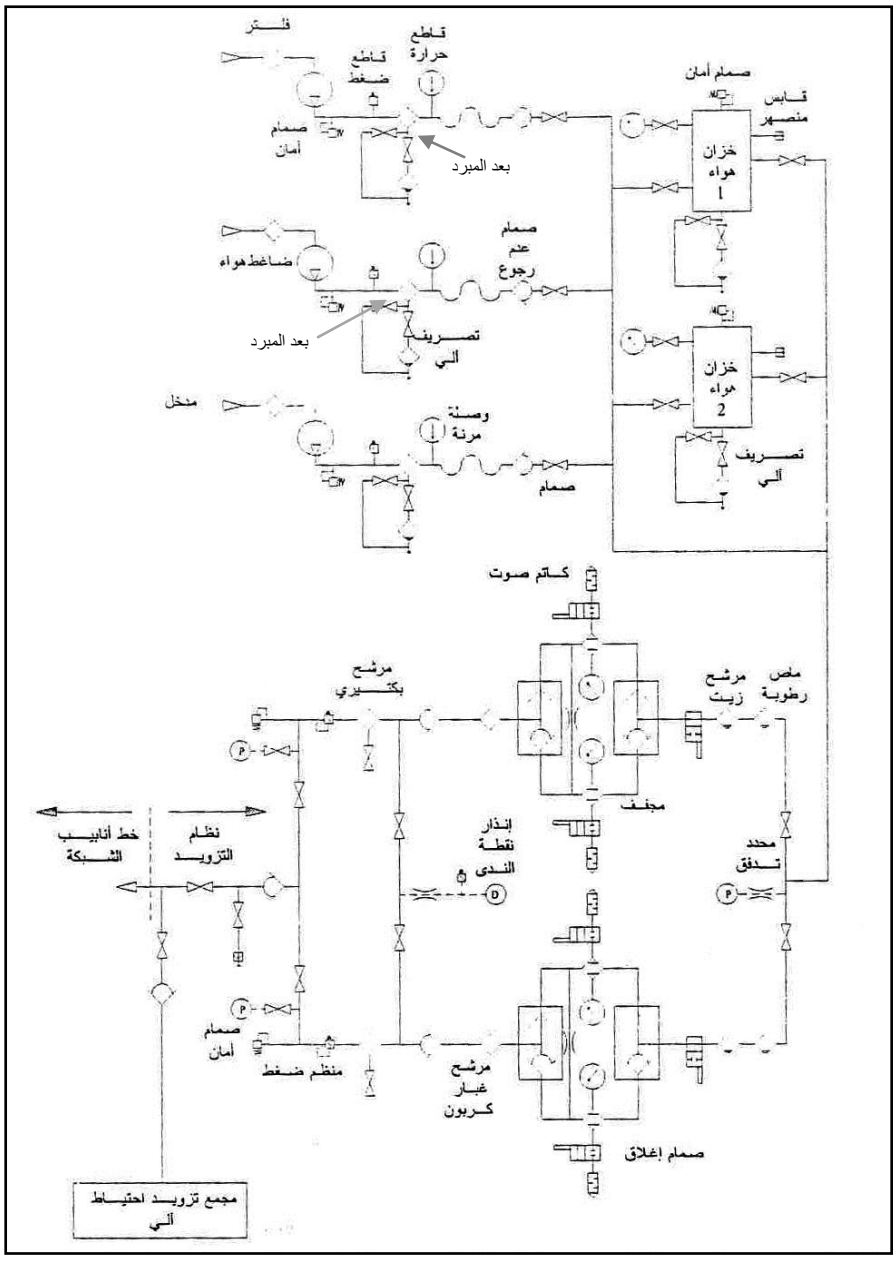
2-3-3-1 الهواء الطبي المضغوط المزودة بالضاغط:

نظراً لاختلاف الحاجة في المشافي للهواء الطبي عند ضغوط مختلفة سندرس المحطـــة المركزيـــة للهواء الطبي عند (4bar) والمحطة المركزية للهواء الطبي (7bar).

تستخدم هذه المحطات من أجل إنتاج الهواء الطبي المضغوط بضغط (4bar) حيث يتم سحب الهواء الخارجي بواسطة ضاغطين على الأقل ويمكن أن تكون الضواغط بأنماط مختلفة فمنها ضـــواغط مكبسية تبادلية أو ضواغط مروحية دوارة أو ضواغط لولبية دوارة ولكل ضاغط مهما كان نمطـــه قناة لتأمين تدفق دخول الهواء إلى داخله ومن الضروري تواجد أقنية تزويد الهواء على ارتفـــاع لا يقل عن (5m) عن سطح الأرض لتفادي حصول أي تلوث للهواء الداخل.

ويبين الشكل (2−5) مخطط توضيحي لمحطة مركزية ذات ضاغط تقوم بإنتاج الهواء الطبي بضغط (4bar).[11]

وبعد ضغط الهواء المحصل من الهواء الخارجي يمر عبر مبردات تقوم بتبريده بعد ضغطه ويتدفق الهواء المبرد إلى خزانات متوضعة عند خروج الضاغط لتخزين الهواء الخارج من الضاغط ويمكن أن نستخدم خزانين أو أكثر ويتبع ذلك التدفق التصميمي للهواء فعند تدفق أكبر من (500l/min) يجب تركيب خزانين أما إذا كان أكثر فيجب تركيب ثلاثة خزانات، وللحصول على هواء طبي بدرجة نقاوة جيدة لا بد من مرور الهواء عبر ما يسمى بوحدة معالجة الهواء والفلترة حيث يوجد مجموعة من الفلاتر البكتيرية لإزالة الجزيئات الصغيرة بحدود ($1\%mg/m^3$) والفلاتر الكربونية للتخلص من الرائحة وتتوزع هذه الفلاتر ضمن المحطة في مواضع مختلفة بهدف التخلص من الملوثات الغازية الموجودة في الهواء الخارجي من جهة والملوثات الناجمة عن الضاغط وأجزاءه من جهة أخرى ويعتبر بخار الماء من الملوثات الموجودة في الهواء لذلك يتم تركيب المجففات لهذا الغرض.



الشكل (2-5) مخطط توضيحي لمحطة مركزية للهواء الطبي ذات الضاغط [11]

ومن الأمور الأساسية في هذه المحطات وجود مرشحات زيت لإزالة جزيئات الزيت عن طريق تكثيفه وتصريفه، ولا بد من وجود وحدات تصريف آلي للتخلص من النواتج الصادرة من الفلاتر والمبردات.

ونلاحظ وجود منظمات ضغط تقوم بتخفيض الضغط على مرحلتين للمحافظة على الضغوط المحددة للشبكة وكما في حال كل المحطات المركزية لا بد من وجود مجموعة صمامات تقوم

بوظائف معينة مثل صمامات الأمان وعدم الرجوع وصمامات العزل لتسهيل أعمـــال الصـــيانة أو استبدال وتغيير أجزاء من المحطة.

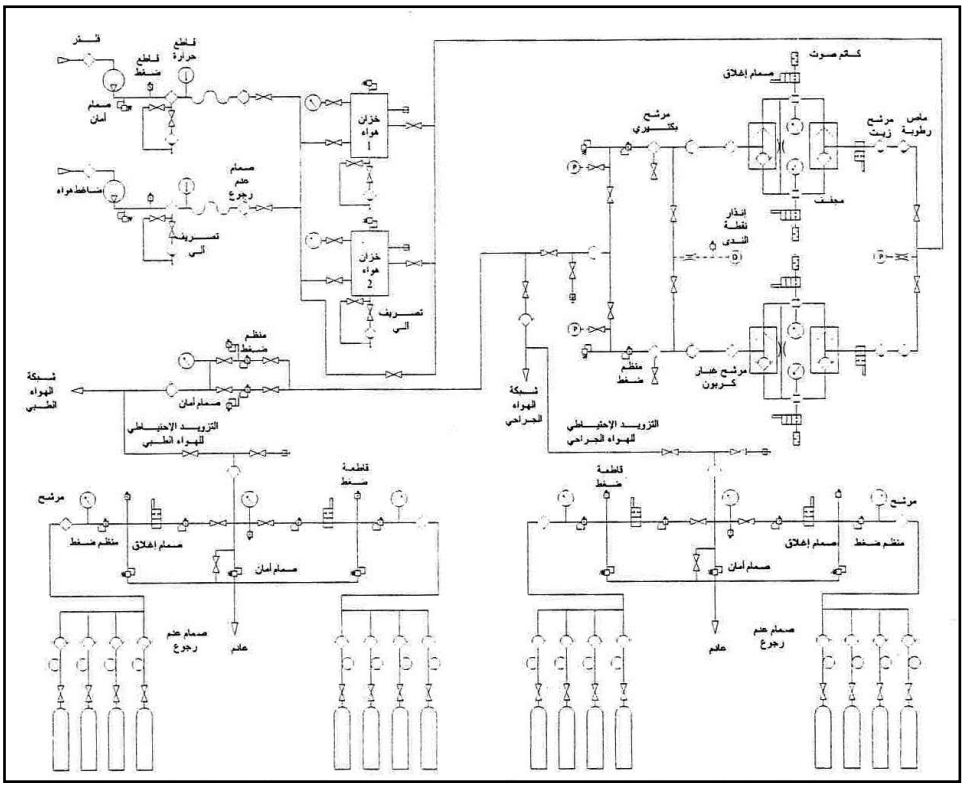
يتم التحكم بعمل المحطة بكافة أجزاءها عن طريق نظام التشغيل ولوحة تحكم كهربائية لتنظيم عمل الضواغط بشكل متناوب ودوري عند أي ساعة العمل لكل ضاغط المزود بنظام التنبيـــه والإنـــذار ويبين الجدول (2–5) دلالات ومؤشرات حالة عمل المحطة المركزية للهواء الطبي ذات الضـــاغط [11].

الجدول (2–5) دلالات ومؤشرات نظام الإنذار والتنبيه في المحطة المركزية للهواء الطبي ذات الضاغط[11].

حالة المؤشر	تزويد رئيسي	درجة حراة مبرد عالية	درجة حرارة ضاغط مرتفعة	فشل ضاغط	عطل في دارة تحكم	حمل زائد
لون المؤشر	أخضر	أصفر	أصفر	أصفر	أصفر	أصفر

نحتاج محطات الهواء الطبي المضغوط ذات الضغط الأعلى (7bar) من أجل إنتاج الهواء الطبـــي المضغوط عند ضغط (7bar) لاستخدامه عند الحاجة إلى الأدوات الجراحية في بعـــض العمليـــات الجراحية حيث يساعد على تشغيل هذه الأدوات نظراً للتدفق العالي للهواء ضمن الشـــبكة والـــذي يصل إلى (350L/min).

يبين الشكل (2–6) مخطط توضيحي للمحطة المركزية للهواء الطبي والهواء الجراحي حيث يوجد مجمعي اسطوانات أحدهما خاص بالهواء الطبي والآخر خاص بالهواء الجراحي وهـــذه المحطـــة تعتبر بأنها نظام ضاغط مزدوج للحصول على الهواء الطبي والجراحي معاً.

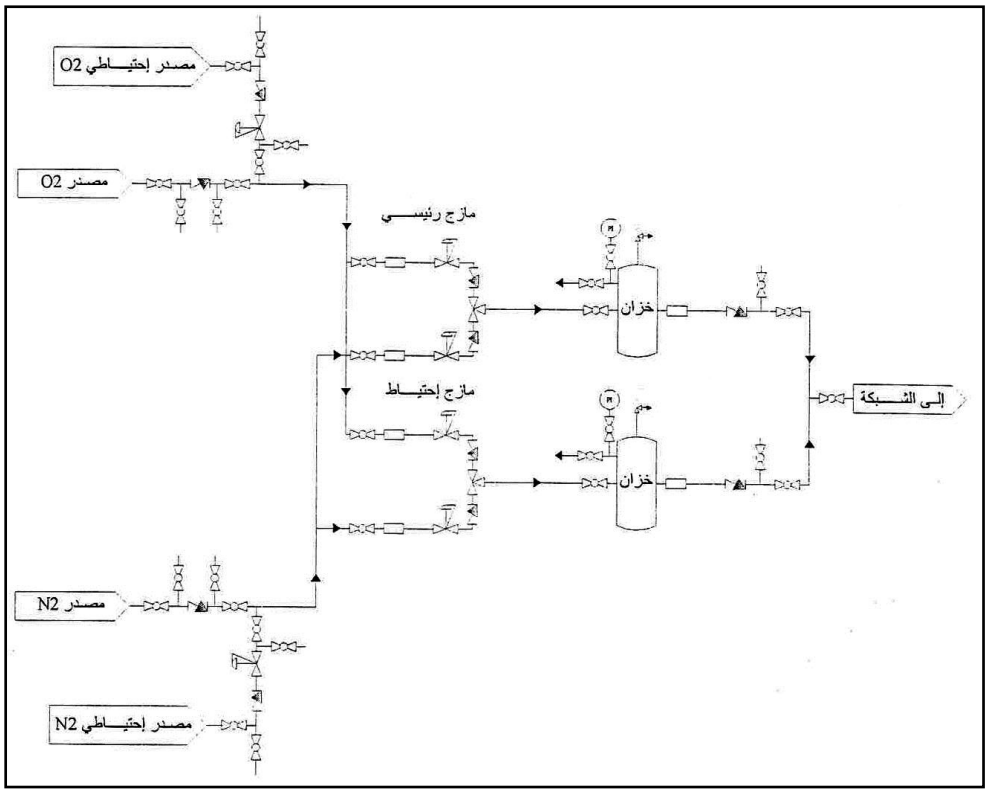


الشكل (2-6) مخطط توضيحي لمحطة مركزية للهواء الطبي والجراجي[11]

وتتشابه جميع المحطات لإنتاج الهواء الطبي باختلاف الضغط المطلوب من حيث ضرورة وجود مصدر رئيسي والذي هو عبارة عن الضاغط والمصدر الثانوي مجمع اسطوانات واسطوانات محلية كمصدر احتياط. [11]

2-3-3-2 محطة الهواء الطبي المضغوط المزودة بالمازج:

وتستخدم هذه المحطات لإنتاج الهواء الاصطناعي والذي يتم استخدامه في المشافي ضمن بعض الأقسام الجراحية بدلاً من الهواء الجراحي، وتتميز المحطة بوجود مازج الهواء لكل من المصدر الرئيسي المكون من خزانات VIE للأكسجين والنتروجين السائلين والمصدر الثانوي المكون من خزانات مشابهة للمصدر الرئيسي ولكن بحجم أقل كما هو مبين في الشكل (2-7)، فبعد أن يتم تبخير كلاً من الأكسجين السائل والنتروجين السائل ضمن المبخرات بتدفق مطلوب لمدة (24) ساعة يتم مزج الأكسجين والنتروجين بعد مراقبة تركيز كلاً منها ومطابقتها للحدود المعيارية ومن ثم يخزن الهواء الناتج من المازج في خزان هواء، ويربط خزان هواء مع كل مازج . [11]



الشكل (2-7) مخطط توضيحي لمحطة مركزية للهواء الطبي المزود بالمازج [11]

وكما الحال في كل المحطات المركزية لا بد من وجود نظام تشغيل ضمن لوحة التحكم الأساســية للتحكم بمحددات التشغيل المطلوبة لضبط ضغط كلاً من الغازين ضمن المشفى، وكــذلك فوجــود لوحة إنذار مزودة بمؤشرات ودلالات ضوئية وصوتية لتوضيح حالة المحطة والانتباه فيما لو كان هناك عطل أو خلل ما ويبين الجدول (2-6) دلالات ومؤشرات في المحطة المركزيــة المــزودة المازج [11].

الجدول (2-6) دلالات ومؤشرات المحطة المركزية للهواء الطبي المزودة بالمازج[11]

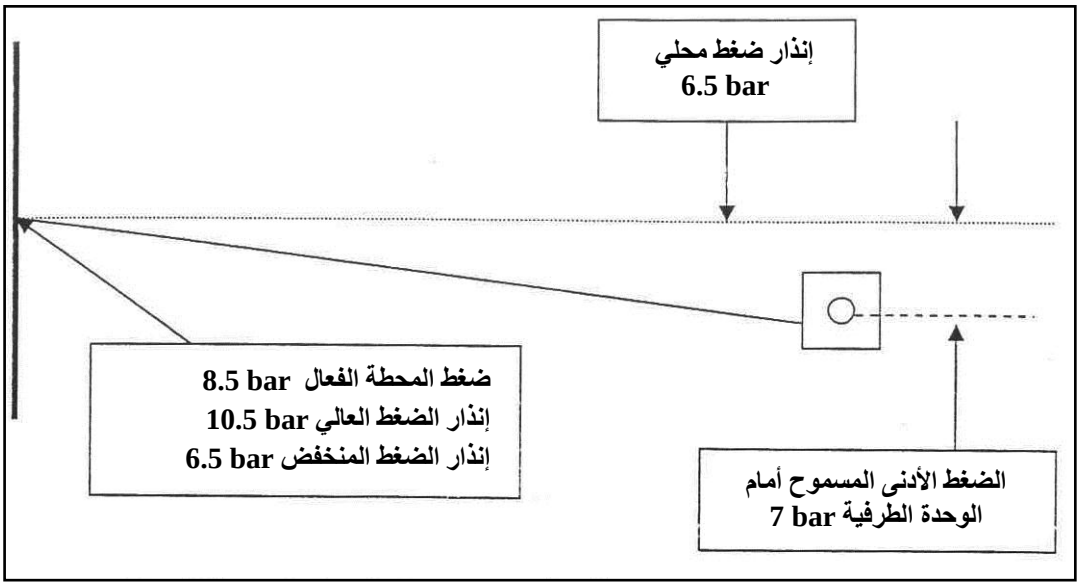
مؤشر / الحالة	عطل في المحطة	عطل في الضغط	طبيعي	طارئة في المحطة	عطل المصدر الاحتياطي
لون المؤشر	أصفر	أحمر	أخضر	أصفر	أصفر
دلالة المؤشر	ضغط غاز منخفض ضمن المازج	-	-	تحاليل المازج خارج الحدود المعيارية	تشغيل المازج الآخر

2-3-3-3 ضغط شبكة الهواء الطبي المضغوط:

يتم تشغيل محطة الهواء الطبي المضغوط بتصميم الضغط مماثل لضغط شبكة الأكسجين الطبي لأنظمة الـ(4bar) أما أنظمة الـ(7bar) فيتم تخفيض الضغط للوصول إلى الضغط المطلوب بآليتين مختلفتين.

أولاً: تخفيض الضغط المفرد:

يبين الشكل (2-8) بارامترات الضغط لأنظمة (7bar) ذات التخفيض المفرد حيث يتم تحصيل الضغط من المحطة المركزية للهواء الطبي بمقدار (8.5 bar) ليكون الضغط المسموح به بالحدود الدنيا عند أبعد نقطة خرج هي (7bar) وتقوم لوحات الإنذار المحلية بإطلاق إنذارات عند وصول الضغط (6.5 bar).

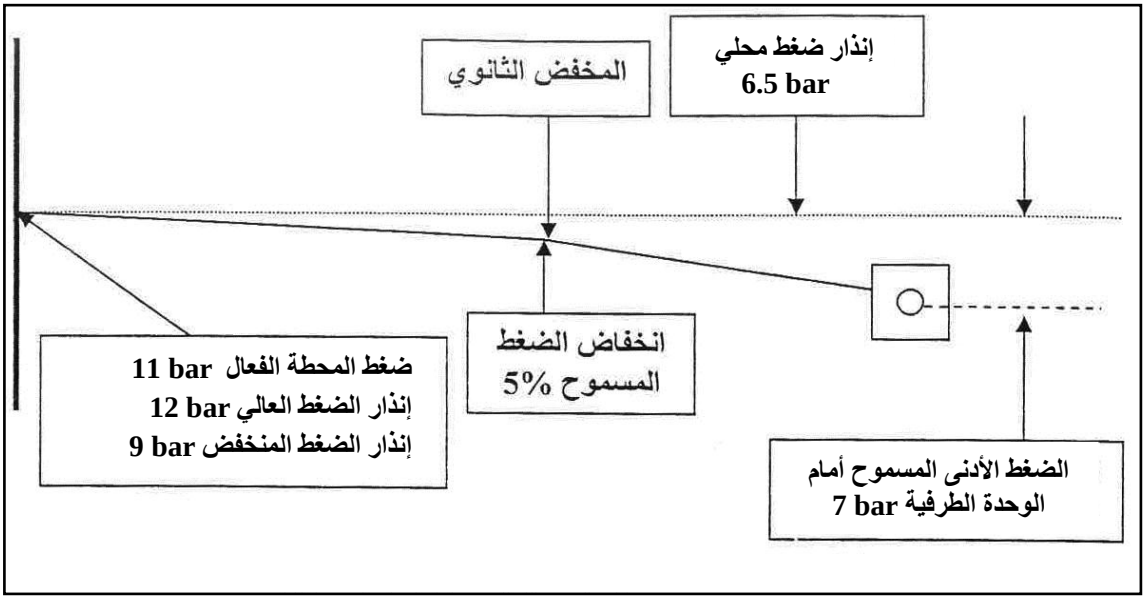


الشكل (2-8) بارامترات الضغط لأنظمة الهواء الطبي الـ(7bar)[11]

ثانياً – تخفيض ضغط مضاعف:

ويتم باستخدام مخفض للضغط الأول يقوم بتخفيض الضغط الرئيسي في المحطة المركزية والثاني يقوم بتخفيض ثانوي للضغط ويركب على الشبكة، ويبين الشكل (2-9) آلية التخفيض وفق مرحلتين منذ وصول ضغط المحطة المركزية إلى القيمة (11bar) يتم تعيير صمام الأمان عند القيمة (13 bar) وفي حال حدوث خطأ ما أدى إلى ارتفاع أو انخفاض الضغط بمقدار (1 bar) لكلا الحالتين يتم إطلاق صفارات الإنذار والتنبيه من خلال لوحة الإنذار ويتم السماح بانخفاض الضغط

عبر مرحلة التخفيض الثانوية بمقدار (5%) أما الضغط بحدود الدنيا عند نقطة خرج الشبكة هو (7 bar) وبشكل متشابه يتم إطلاق صفارات الإنذار عند وصول الضغط إلى (6.5 bar) [11].



الشكل (2-9) آلية التخفيض المضاعف لشبكة الـ(7 bar)[11]

2-3-3-4 الإجراءات العامة المتبعة عند بناء المحطة المركزية الخاصة بالهواء الطبي المضغوط:

• يتم وضع غرفة محطة الهواء الطبي المضغوط ضمن أو خارج المبنى كي لا تؤذي العاملين ورواد المشفى بصوت ضجيج الضواغط، وغالباً ما توضع في القبو والمهم أن تكون في مكان سهل الوصول إليه من قبل الفنيين وأعمال الصيانة.

• يجب أن يوجد في الغرفة مدخل للهواء بحيث يتم دخول الهواء الخارجي عبر المدخل بارتفاع لا يقل عن (4m) بحيث يمتص الهواء نقياً قدر الإمكان لتجنب الغازات الضارة ولتخفيض نسبة الملوثات الموجودة في الهواء الخارجي قدر الإمكان لضمان تحصيل هواء طبي مضغوط بدرجات نقاوة عالية ومطابقة للمواصفات القياسية العالمية التي ذكرناها في فصل الغازات الطبية.

• الاهتمام بنظافة المحيط والتهوية الجيدة.

• تطبيق قوانين عزل القواعد ديناميكياً لتأمين نقطة مصرف للماء ضمن أرض الغرفة.

• ضرورة العزل الصوتي للجدران والباب ضد الضجيج.

• الوصل الكهربائي الكتيم والحفاظ على درجة حرارة بين (2-40◦C).

• يفضل وضع مجمع اسطوانات هواء جراحي ضمن قسم العمليات مع الحفاظ على عدد الاسطوانات الكلي.

• ضرورة وضع صمامات أمان بعد كل مرحلة تخفيض للضغط لتكون أمان للشبكة من جهة حماية الأنابيب من الانفجار في حالة الضغوط العالية أو لحماية الجهاز من الضغط العالي كي لا ينفجر صدر المريض الموصول بالجهاز.

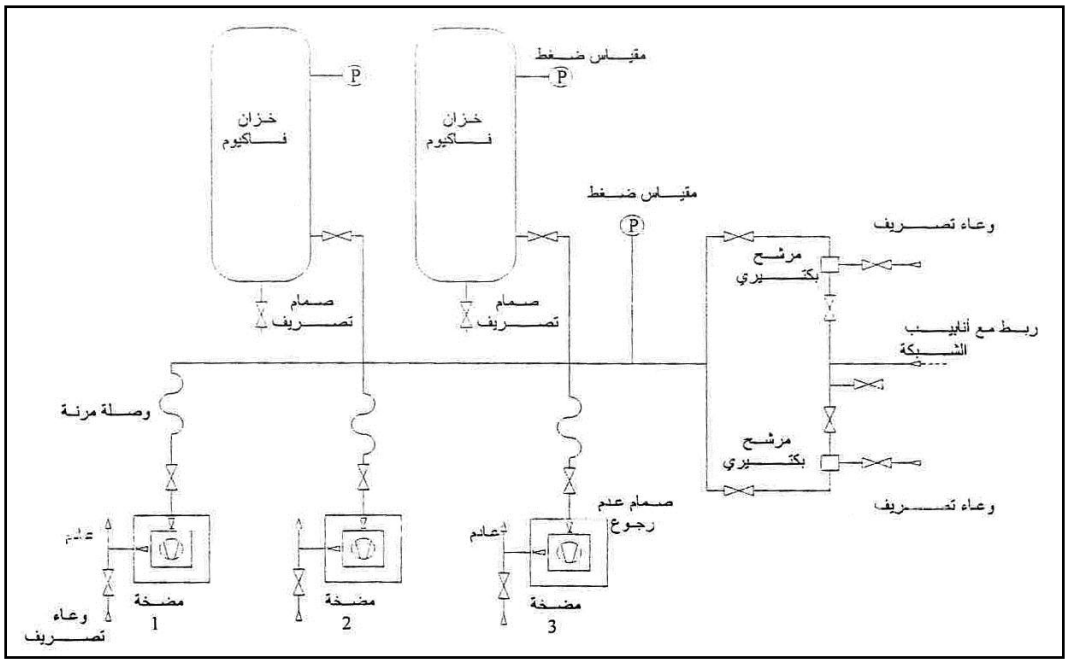
• تأمين إنارة مناسبة للمحطة المركزية (200Lux).[17,16]

2-3-4 المحطة المركزية لشبكة التخلية الطبية:

2-3-4-1 الأجزاء الرئيسية لمحطة التخلية الطبية:

تتألف المحطة المركزية لنظام التخلية الطبية من مضخات تخلية دوارة مانعة لتسرب الماء وينصح النظام الحديث بوجود ثلاث مضخات حيث تستخدم مضختان كمصدر رئيسي والثالثة كمصدر ثانوي أما المصدر الاحتياطي فتكون نقالة تحوي أداة ماصة للمفرزات سهلة التنقل في أرجاء المشفى.

يتم تركيب صمامات عدم رجوع وصمامات عزل يدوية بين المضخة والخزان الموصول به كما يبين الشكل (2-10) مخطط توضيحي لآلية وصل المضخات مع الخزان حيث لا بد من وجود خزانات تخليه عمودية ضمن المحطة المركزية وفق المعايير الدولية وبسعة مساوية للتدفق التصميمي للمحطة المركزية من الهواء الخارجي المسحوب عند ضغط ($70x10^{-2}$bar) ويوصل مع كل خزان مصرف لتأمين التصريف المطلوب ولا بد من وجود صمامات ضغط سلبي ضمن وحدة ضبط الضغط لتأمين ضغط التشغيل للمحطة عند ($67x10^{-2}$bar)، تحتوي المحطة المركزية على مجموعة فلاتر بكتيرية تؤمن تعقيم الهواء المطرود للجو الخارجي الناتج عن عملية التخلية ويتصل مع مصيدة تصريف الوعاء القابل للتعقيم لجمع السائل ويجب أن لا يزيد انخفاض الضغط عبر الفلتر النظيف عن ($3x10^{-2}$bar) عند تخلية ($63x10^{-2}$bar).



الشكل (2–10) مخطط توضيحي للأجزاء الرئيسية لمحطة التخلية الطبية [11]

وطالما أن الضغط المطلوب عند مخارج الشبكة بمقدار ($40x10^{-2}$bar) لا بد من نظام تخفيض الضغط لنظام التخلية عند حد أدنى ($60x10^{-2}$bar).

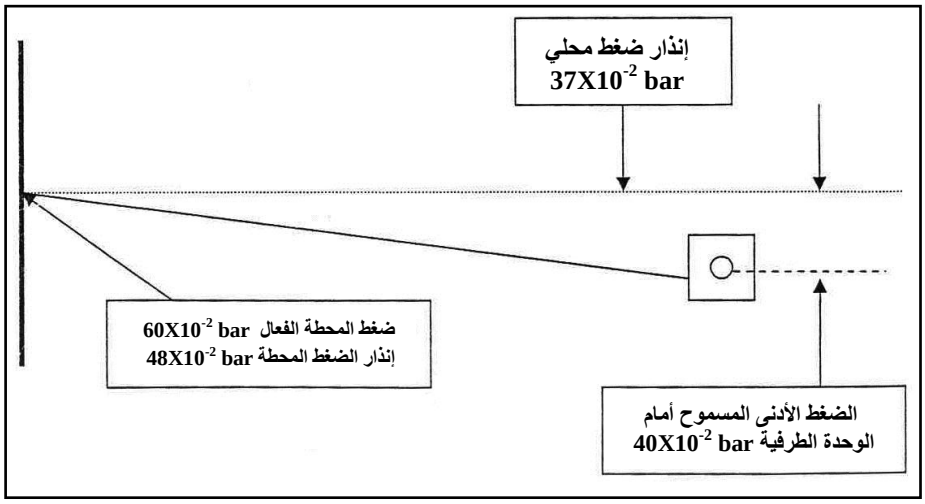
كما يوجد لوحة تحكم كهربائية لتنظيم عمل المضخات بشكل متناوب أو التحكم بإقلاع المضخات ولوحة التنبيه والإنذار التي تعطي دلالات ومؤشرات لحالة عمل المحطة كما هو مبين في الجدول (2–7). [11]

جدول (2–7) دلالات ومؤشرات المحطة المركزية لمحطة التخلية الطبية [11]

مؤشر / حالة	طبيعي	عطل محطة	عطل ضغط أثاث شبكة
لون المؤشر	أخضر	أصفر	أحمر
دلالة المؤشر	–	عطل في المضخة	الضغط في الشبكة أقل من bar(24×10^{-2})

2-3-4-2 ضغط شبكة التخلية الطبية:

يتم تنظيم ضغط المحطة المركزية عند قيمة (60×10^{-2}bar) بضغط جـــوي (450 mmHg) ليكـــون الضغط عند مخرج الشبكة بحدود الدنيا هو (40×10^{-2}bar) بضغط جوي (300 mmHg) ويتم إطلاق الصفارات والإنذارات إذا انخفض الضغط عن (37×10^{-2}bar) بضغط جوي (275mmHg) ويبـــين الشكل (2-11) بارامترات الضغط لأنظمة التخلية الطبية. [11]



الشكل (2-11) بارمترات الضغط لأنظمة التخلية الطبية [11]

2-3-4-3 الإجراءات العامة المتبعة عند بناء المحطة المركزية لشبكة التخلية:

• تتواجد المحطة ضمن بناء المشفى ويفضل أن تتوسط البناء لتأمين مواقع المآخذ الخاصة بالمحطة لتكون بكافة الاتجاهات الأفقية وبالأخص في المشافي الكبيرة المتعددة الوظائف، وذلك للتخفيف من المقاومات وتأمين التوازن في كافة مآخذ التخلية التي تقوم بامتصاص مباشر للمفرزات الجراحيـــة في قسم العمليات عند مستوى تخليه لا يقل عن (0.4bar).

• تجنب وضع مجمعات اسطوانات الغاز في نفس غرفة مضخات التخلية الطبية والتـــي يجـــب أن تكون ذات تهوية جيدة للسماح بدوران الهواء من خلال فتحات واسعة بنسبة (1.5%) من مســـاحة الغرفة ودرجة حرارة من (2-4◦C).

• ضرورة وجود نظام تكتيم لخفض الضجيج الناتج عن مضخة التخلية الطبيـــة نظـــراً لمســـتوى الضجيج العالي الصادر عنها بمقدار (5db)، إضافة إلى مانعات اهتزاز لتقليـــل انتقـــال الضـــجيج والاهتزاز إلى بناء المشفى.

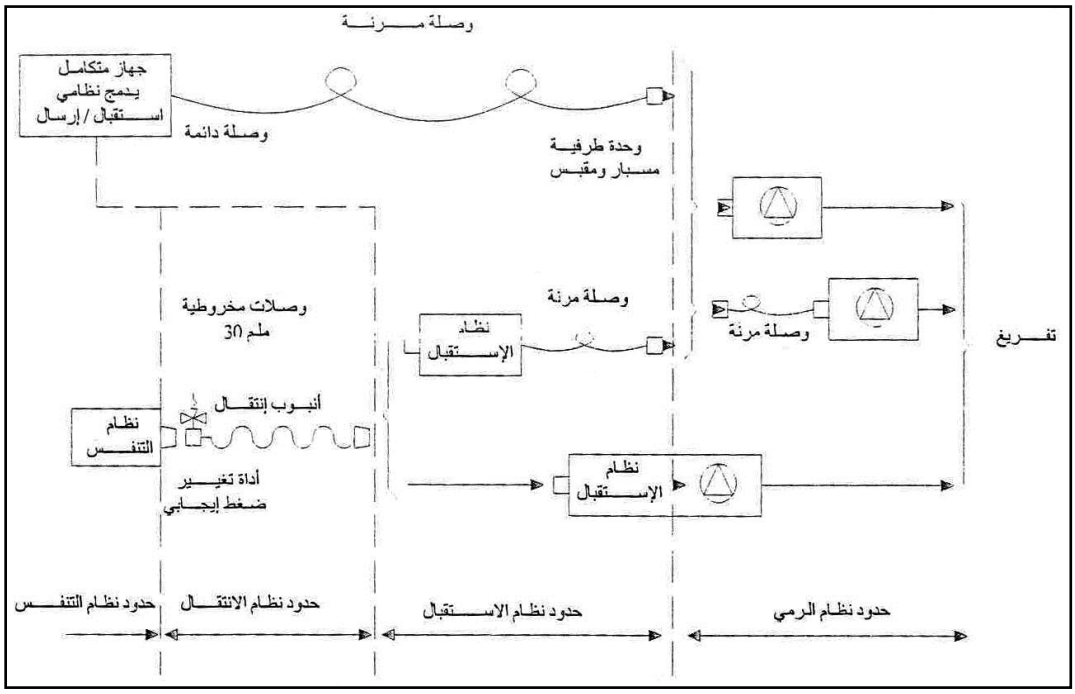
• بعد تشغيل المحطة المركزية للتخلية الطبية والوصول إلى ضغط المحطة الأدنىعند قيمة(0.6bar) يتم إيقاف المحطة أو عزلها، لمدة ساعة على الأقل لمنع ازدياد الضغط ضمنها.

• التأكد من ضغط المآخذ الجدارية أو مخارج الشبكة بمقدار[11](0.4bar)

2-3-5 نظام طرد غازات التخدير (AGSS):

2-3-5-1 الأجزاء الرئيسية لنظام طرد غازات التخدير (AGSS)

هناك عدة أنواع لأنظمة طرد التخدير ولكن الأنظمة الفعالة منها والتي تستخدم تدفق هواء عالي منتج بواسطة مضخة كهربائية من أجل تفريغ الهواء من شبكة الأنابيب ثابتة هي الأكثر شيوعاً وتسمى (AGS) ويبين الشكل (2-12) مخطط توضيحي لنظام طرد غاز التخدير (AGS) ويعتمد النظام على آلية النقل والاستقبال ويتصل من جهة مع جهاز التنفس أو التخدير الموصول بالمريض ونظام الطرح لتأمين حماية المريض من الضغوط السلبية الناتجة[18]



الشكل (2-12) مخطط توضيحي لنظام طرد غازات التخدير [11]

ويبين الجدول (2-8) دلالات ومؤشرات لوحة الإنذار والتنبيه الخاص بنظام طرد غازات التخدير ولا بد من وجود لوحة إشارات في غرفة العمليات لتبيان حال عمل النظام.

الجدول (2-8) دلالات ومؤشرات نظام طرد غازات التخدير[11]

حالة / مؤشر	تزويد رئيس	تدفق الهواء الطبي	خطأ في عمل المضخة	فشل نظام
لون المؤشر	أخضر	أخضر	أصفر	أحمر

2-3-5-2 الإجراءات العامة المتبعة في نظام (AGSS):

• نظراً لاستخدام غازات التخدير التي تصل إلى المريض عن طريق جهاز التخـــدير الموصـــول بشبكة الغازات الطبية في غرف العمليات وغرف الإنعاش فلا بد من وجود نظام يقوم بالتخلص من الغازات المتسربة من دارة تنفس المريض والغازات الفائضة عن طريق سحب وطرد هذه الغازات لئلا يتعرض الكادر الطبي الموجود في الغرف إلى أدنى حد من عوامل التخدير بواسطة إزالة هذه الغازات عن طريق نظام طرد غازات بإحداث ضغط سلبي (0.2bar) لسحب فائض الغازات مـــن جهاز التخدير أوالمنفسة[14]

• يجب أن تكون شبكة الأنابيب مصنوعة من النحاس أو الـــ PVC بقطر (38mm) ومعلقة بأغماد معدنية.

• تحديد مصرف النظام بحيث يكون في السقف العلوي وبعيداً عن مأخذ التهوية وغرف مجمعـــات الهواء لمنع عودة الملوثات إلى المشفى.

• يجب الاهتمام بنظام طرد الغازات من حيث التعقيم والتنظيف نظراً لكونه على تماس مباشر مع المريض ولأن جهاز التخدير الموصول به يعتبر أحد مصادر ملوثات الغـــازات الطبيـــة والقيـــام بالصيانة المناسبة بشكل جيد واختيار مـــواد غيـــر قابلـــة للتأكســـد فـــي نظـــام طـــرد غـــازات التخدير[16](AGS)

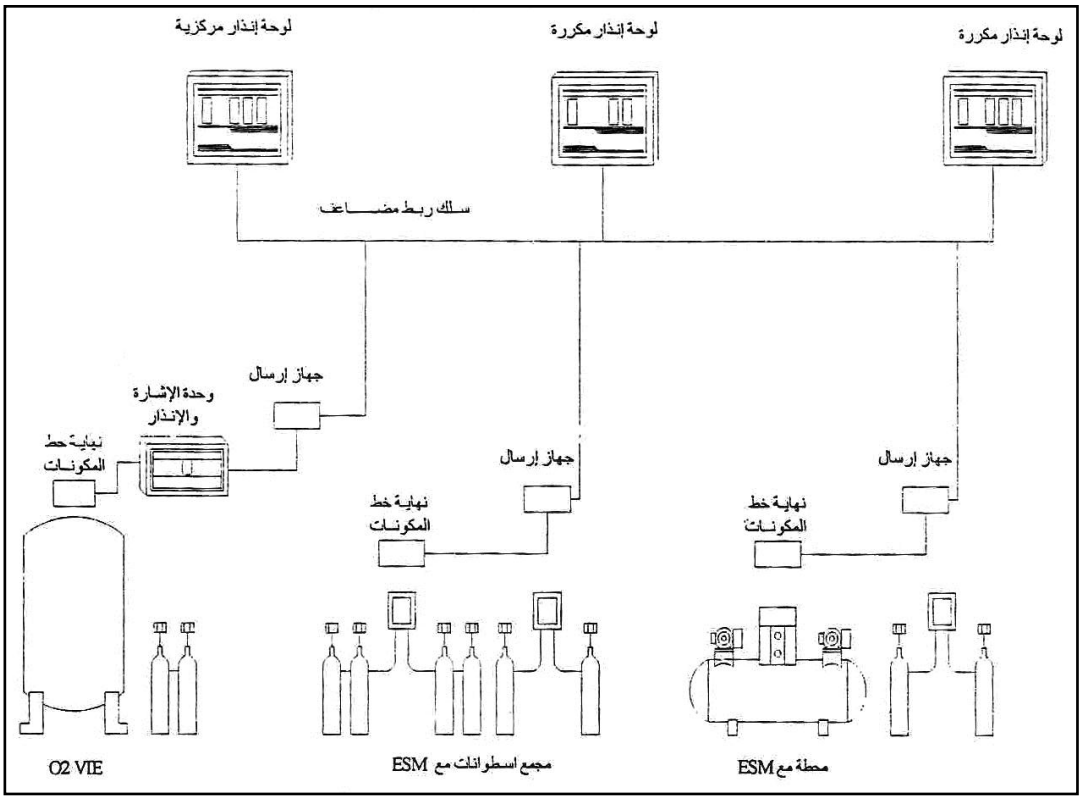
2-4 أنظمة الإنذار والتنبيه:

2-4-1الأجزاء الرئيسية لأنظمة الإنذار والتنبيه:

تتألف أنظمة الإنذار والتنبيه من لوحات إنذار متعددة الوظائف تبعاً لموقعها ضمن شبكة الغـــازات الطبية فمنها ما يكون لوحة إنذار مركزية تبين عمل الأنظمة وقد تم توضيح كل نظام تنبيه وإنذار خاص بالمحطات المركزية حيث تحتوي على مؤشرات ضوئية وصوتية تعطي لون ثابـــت عنـــد

الحالة الطبيعية لعمل الشبكة خلال اليوم ويعبر عنه بلون أخضر وعند حدوث خطأ يصبح وامضة بلون أصفر ومترافقة بإشارات صوتية وعند حدوث حالات طارئة تصبح ذات لون أحمر، وطالما أن شبكة الغازات الطبية مزودة بمحطات مركزية متعددة حسب نوع الغاز الطبي فلابد من وجود لوحات إشارة متكررة ولوحات إنذار منطقة للدلالة على ضغط الغازات في الشبكة.

ويبين الشكل (2-13) مخطط لنظام الإنذار والتنبيه حيث يتم ربط أجهزة إرسال لتحويل الإشارات القادمة من المحطة المركزية أو المجمعات لنقل هذه الإشارات عبر أسلاك مضاعفة ويتم إظهارها بشكل مؤشرات من خلال لوحات المؤشرات التي تقدم معلومات عن الوظائف المراقبة لعمل الشبكة للتأكد من تنفيذ الأعمال ضرورية كتبديل اسطوانات وغيرها من أعمال الصيانة. [11]



الشكل (2-13) مخطط نظام الإنذار والتنبيه[11]

ويتم حديثاً استخدام أنظمة إنذار وتنبيه محوسبة تقوم بإظهار رسائل على الحاسوب المرتبط مع أنظمة التنبيه والإنذار يتبين من خلالها مواقع حدوث الأخطاء ضمن شبكة الغازات وبالتالي يخفف على طاقم العمل في شبكة الغازات العناء ويوفر الوقت لأداء الأعمال الواجبة.

2-4-2 الإجراءات المتبعة الخاصة بأنظمة الإنذار والتنبيه:

• يعتبر نظام الإنذار والتنبيه من الأنظمة الهامة في شبكة الغازات الطبية لأنه يبين حالة عمل الشبكة الطبيعية بكافة أجزائها والدلالة على حالاتها بمؤشرات ضوئية وصوتية عند الحالات الطارئة أو عند فراغ اسطوانات أو لعطل أحد الصمامات.

• يجب أن تضم كافة المحطات المركزية في شبكة الغازات الطبية وأنظمة التخلية الطبية أنظمة إنذار وتنبيه بحيث تحوي على مؤشرات ضوئية مفصولة لكل وضع مراقبة باستثناء التي تعرض في لوحة التحكم وتعمل على شكل وميض متقطع ومؤشرات صوتية لكل وضع إنذار ويعطي صوت (80db) وبعدها يعود النظام إلى عمله الطبيعي ليعاد بدء إشارة مسموعة جديدة عند حدوث حالة إنذار أخرى.

• ضرورة عنونة كل مؤشر يدل على مراقبة الوضع وتمييزه بألوان (أحمر، أخضر، أصفر) فعند إطلاق إنذار يدل على خطأ في النظام ينطلق مؤشر أحمر وامض وإشارة صوتية.

• يتحول المؤشر الضوئي الوامض إلى ثابت في اللوحة المركزية فترة الاسكات لمدة (15min) تنفذ من قبل المستخدم لتعاود التنبيه في حال استمرار حدوث العطل.

• فصل دارة الإنذار والتنبيه بواسطة قاطعة داخلية أثناء إجراء عمليات إصلاح لمنع إعادة الإنذار الصوتي بعد فترة الإسكات [11,12]

2-5 شبكة الأنابيب:

2-5-1 مقدمة:

بما أن الغازات الطبية الموجودة في المشافي لها عدة مخاطر لذلك فكما وجدنا في محطات التزويد متطلبات معينة للتخزين منعاً للتسرب أو حدوث أي تلوث يضر بسلامة هذه الغازات فلذلك هناك أيضاً معايير ومتطلبات أخرى تخص الغازات الطبية بعد خروجها من المحطات المركزية لتمر بما يسمى شبكة الأنابيب المتواجدة والمتفرعة في كل أنحاء المشفى وغرفه لتصل إلى المرضى سليمة وعقيمة.

كما يجب أن تكون مواد الشبكة مطابقة للمعايير العالمية لمنع حدوث أي تأكسدات بين الغازات الطبية والأنابيب المارة فيها من حيث نوعية المواد المستخدمة في صنع الأنابيب وأبعادها المتوافقة

مع التدفق التصميمي للشبكة للحفاظ على ضغط تشغيل الشبكة (4bar) ومواضع مرور هذه الأنابيب والأجزاء الأخرى الملحقة والمكونة لشبكة الغازات ذلك وبغرض الحفاظ على شبكة أنابيب مطابقة للمعايير والمواصفات العالمية والتعامل مع الشبكة من جهة أعمال الصيانة والفحص الدوري لها لتصل هذه الغازات الطبية في النهاية إلى المريض بقدر الإمكان على درجة عالية من النقاوة والعقامة. [15]

2-5-2 المواد المستخدمة في الأنابيب:

يجب أن تخضع عملية تصنيع الأنابيب لمعايير دولية مثل BSEN ISO 9001:2000 وإن كان تصنيعها يتم في دول ويتم استيراده من دولة أخرى.

تصنع مواد الأنابيب من مادة النحاس الصافي الخالي من الأكسجين والزرنيخ وتغلف من كلا الجهتين، ويمكن استخدام مادة الستانلس ستيل والفولاذ غير قابل للصدأ (لم يتم اعتمادهما في الاستخدام حتى الآن) وبالنسبة لتجهيزات ربط الأنابيب مثل الصمامات وتجهيزات لوحة التحكم فتصنع من البرونز أو خليط النحاس أو الزنك. ويمكن استخدام أنابيب الـ PVC فقط في شبكة التخلية الطبية ونظام طرد غازات التخدير (AGSS) ويتم صناعة الأنابيب بأقطار داخلية وخارجية مختلفة حسب الحاجة أو الغرض المراد له وموقعه ضمن شبكة الغاز ويبين الجدول (2-9) الأقطار المختلفة لأنابيب شبكة الغازات.

جدول (2-9) الأقطار الداخلية والخارجية للأنابيب [18]

القطر الخارجي mm	القطر الداخلي mm
10	8.8
12	10.8
15	13.4
22	20.8
28	26.2
35	32.6
42	39.6
54	51.6
76	73.6

أما بالنسبة لآلية ربط أنابيب الشبكة بعضها ببعض فيجب أولاً أن تقص الأنابيب فقط بقواطع دولابية ويمنع استخدام منشار لكي لا يدخل أجزاء من النحاس المتناثر إلى داخل الأنابيب مسبباً

بذلك تلوث يظهر على الغازات الطبية عند مرورها ضمن الشبكة فيما بعد، ويسمح فقط بوصـــلات نحاسية متوافقة مع النحاس المستخدم في صناعة الأنابيب، بحيث تتحمل درجات حرارة عالية دون حدوث أي تغيير فيها.

ويتم تسخين هذه الوصلات لإتمام عملية اللحام بواسطة الأكسجين أو الأستيلين أو مشعل يعمل على سائل الترووليوم، وعندما يتم وصل الصمامات والمآخذ الجدارية ووحدات التحكم بالشـــبكة فيجـــب الانتباه إلى إتمام العملية لتفادي حدوث أي خطأ وتصحيحه قبل استخدام الشبكة.

2-5-3 الإجراءات المعيارية للتعامل مع شبكة الأنابيب:

هناك إجراءات محددة يجب تنفيذها حسب المعايير الدولية فيما يخص أنابيب الشبكة منها:

• يجب تنظيف الأنابيب والتجهيزات بعد تصنيعها من الزيوت والشحوم والأوساخ الناتجة عن مواد سامة وتغليفها ووضعها في صناديق محكمة الإغلاق للمحافظة على نظافتها عند النقل إلى المشفى.

• كما يتم ضخ غاز النتروجين الواقي الخالي من الأكسجين أثناء عملية اللحام وقبل تركيب مداخل ومخارج الشبكة عبر منظما ضغط وأجهزة تحكم بالتدفق لضمان منع حـــدوث تأكســـدات داخـــل الأسطح الداخلية للأنابيب والمعدات مما يجعل داخل الأنبوب لامع ونظيف بشكل جيد.

• يجب تنظيف الأنابيب بعد الوصل من هذا الغاز الواقي ومن بعض الجسيمات الدقيقة الناتجة عن عملية اللحام لضمان نظافة الغازات الطبية التي ستمر من خلاله بعـــد التركيـــب النهـــائي وقبـــل الاستخدام.

• تُغلف نهاية الأنابيب في حال أردنا توجيه تدفق النتروجين إلى أجزاء من الأنابيـــب وخصوصـــاً الوصلات المتقاطعة لضمان حدوث التلميع المطلوب والتخلص من الجزيئات العالقة.

• ضرورة وجود وصلة تنفيس بين الأنابيب التي يتدفق من خلالها الغاز الـــواقي ومـــزود غـــاز النتروجين الواقي.

• يوصى بتنظيف شبكة الغازات لإزالة الهواء ويتم ذلك أثناء التلميع لتصبح صفراء وذلك بـــإمرار تدفق مستمراً ومتقطع حسب الضرورة.

• يجب التحقق من وصلات الأنابيب بشكل دوري من قبل المهندس بإجراء فحص نوعية هذه الوصلات وخصوصاً الميكانيكية منها وتحديد عدد التجهيزات وإجراء فحص متكرر لكشف شوائب المعدات. [11]

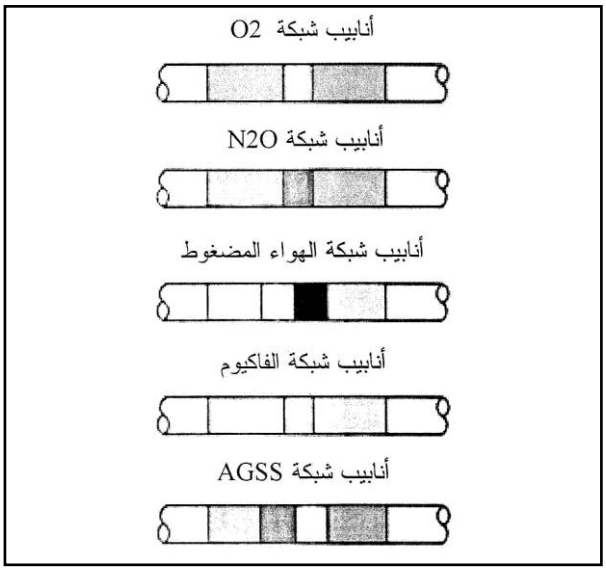
2-5-4 عنونة الأنابيب:

يُحدد محتوى الغاز في أنبوب الشبكة ضمن أنظمة شبكة الغازات الطبية من خلال اسمه والضغط المحتوى ضمنه ويتم وضع إشارات معدنية موضوعة على الأنابيب أو بوضع إشارات واضحة مع ضمان عدم إزالتها أو تخريبها بسرعة، توضح من خلالها اسم الغاز المار بأحرف ذات حجم (6mm) وتوضع أشرطة تعريف ملونة بعرض (150mm) مسافة فاصلة بحدود (3m)وتتوضع على جانبي الجدار المخترق من قبل الأنابيب وبالقرب من الصمامات ونقاط الوصلويتم التحديد للتدفق بوضع سهم يدل على اتجاهه.

وتختلف هذه التعريفات من معيار لآخر والألوان المتعارف عليها:

الأكسجين: أبيض، النيتروز: أزرق، الهواء الطبي، أبيض وأسود، التخلية: أصفر.

فبالنسبة للمعيار الإنكليزي HTM 02-01الذي اعتمدناه في دراستنا لشبكة الغازات الطبية يتم عنونة الأنابيب بالألوان الموضحة في الشكل (2-14) ولا يجب دهن الأنابيب بألوان بغرض تعريفها بل توضع عليها لصاقات باعتبار أن الدهان مادة عضوية يمكن أن تساهم بحدوث تلوث للغازات الطبية المارة ضمن الأنابيب.



الشكل (2-14) الألوان المستخدمة لتعريف أنابيب شبكة الغازات الطبية [11]

أما الجدول (2–10) يبين المسافات الواجب تركها بين مدعمات أنابيب الشبكة لمنـــع حـــدوث أي ارتخاء أو ميلان ويتم اختيار هذه الدعامات من مواد خاصة معالجة بهدف التقليل من التآكل بينهـــا وبين الأنابيب.

الجدول (2–10) المسافات الفاصلة بين داعمات أنابيب الشبكة [11]

القطر الخارجي (mm)	المسافة الفاصلة (m)
حتى 15	1.5
22-28	2.0
35-54	2.5
> 54	3.0

2–5–5 الأجزاء الرئيسية لشبكة الأنابيب:

تتألف شبكة الأنابيب من وحدات وحساسات خاصة بالضغط وصمامات عزل وصـــمامات خدمـــة المنطقة ووحدات التزويد الطبية إضافة إلى وحدة السرير المتواجدة في الغرف وبوابـــات دخـــول للحالات الطارئة.

2–5–5–1 وحدات ضبط الضغط:

تتألف من صمامي تنظيم للضغط وصمامات عزل وصمامات أمان وروابط بنوع (NIST) وذلـــك بهدف ضبط ضغط الغاز المار والموزع في أنابيب الشبكة لضمان وصوله إلى المريض بالضـــغط الاسمي المطلوب.

ويجب أن تعنون هذه الصمامات ويحدد موقع مخارج ومداخل الشبكة بالإسم والرمز الكيميائي للغاز المار في الأنبوب والموجود عليه وحدات ضبط ضغط محلية خاصة بكل نوع من أنواع الغـــازات الطبية، ويجب الانتباه إلى تأمين تهوية جيدة لهذه الوحدات لضمان إجراء فتح وإغلاق الصمام دون حدوث أي تأثير يضر بشبكة الغازات الطبية.

كما تُركب حساسات ضغط في مكان يسهل الوصول إليه من أجل الانتباه وإجراء أعمال الصيانة تقوم بتحسس الضغط الخاص بشبكة الأنابيب وإعطاء إنذار يدل على حدوث خلـــل أو خطـــأ فـــي الشبكة أدى إلى ارتفاع أو انخفاض الضغط عند القيمة المحددة. [11,19]

2-5-5-2 صمامات عزل (LVA):

يحدد موقع هذه الصمامات عند مدخل ومخرج خط أنابيب الشبكة من البناء وعند تفرعات خط الشبكة عن الخط الرئيسي بهدف ربط مصدر الغاز مع شبكة الأنابيب ومن خلالها لتقوم بعملية العزل المطلوبة في أي جزء من أجزاء المحطة المركزية الرئيسية وتكون كروية الشكل تنتقل بمقدار (90◦C) ويجب التحذير للصمامات غير المفتوحة أو المغلقة ما عدا غرف الطوارئ والتأكيد على تعريف الغاز المار واتجاه تدفق الغاز لكل صمام. [11,19]

2-5-5-3 وحدة خدمة صمام المنطقة (AVSU):

يُستخدم هذا النوع من وحدات الخدمة لأغراض الطوارئ مثل أعمال الصيانة ولعدم إيقاف تدفق الغاز ضمن الشبكة يتم ربط وصلة مرنة إلى فتحات وصل موجودة في الشبكة عبر وصلة (NIST) محددة لكل غاز حسب نوعه وتحتوي على صمام إغلاق كروي قابل للفتح والإغلاق وقواطع ومقاييس للضغط.

يجب وضع عنونة مناسبة للغازات الداخلة والمارة عبر هذه الوحدة وتحديد اتجاه ومجرى التدفق وتهوية هذه الوحدات بشكل جيد لمنع تراكم الغاز داخلها في حال حدوث تسريب ما.

وتتواجد في أقسام المشفى المختلفة مثل قسم العناية المركزية وقسم العمليات وأقسام الجراحة اليومية المختلفة وتوضع بمعدل وحدة لكل قسم من الأقسام. [11]

2-5-5-4 وحدات التزويد الطبية:

تتألف من تجهيزات صلبة من أنابيب نحاسية أو مرنة من مواد غير عضوية نقوم بربط شبكة الأنابيب بالمآخذ الجدارية مزودة بفتحة تهوية ويجب وضعها على ارتفاع (2m) عن الأرض لضمان منع أي عبث أو تخريب في الوحدة. [11]

2-5-5-5 وحدة السريرBHU:

تتواجد في كل غرفة من غرف المرضى وفوق كل سرير ضمن الغرفة فوق رأسه ويجب أن تحتوى على مآخذ كهربائية ومآخذ تزويد بالغازات الطبية ويتم الربط بين خط أنابيب الشبكة والوحدة عبر وصلات مرنة بواسطة (NIST) مناسب. [11]

2-5-5-6 بوابة دخول الحالات الطارئة:

تتألف من صمام قابل للفتح والإغلاق ويوضع بعد مصدر التزويد الرئيسي للتمكن من ربطه بمحطة تزويد مؤقتة عند حالات خاصة مثل إعادة تعبئة المحطات المركزية أو حدوت تلوث معين ضمنها أو تسريب يؤثر على ضغط الغاز المار وهي مخصصة لغازي الأكسجين الطبي والهواء الطبي المضغوط.[11]

2-5-6 الإجراءات الخاصة المتبعة لتركيب شبكة أنابيب الغازات الطبية:

2-5-6-1 الإجراءات اللازمة عند تركيب شبكة الأنابيب:

• يجب أن تكون الأنابيب محمية من التجمد والتآكل والضرر المباشر للأنبوب لذلك يتم اختبار أماكن تركيب شبكة الأنابيب وخصوصاً الأنابيب الموجودة في الممرات بحيث لا تتعرض لأي أذى ميكانيكي ممكن من عربات النقل أو التجهيزات الأخرى أو تأثيرات الحرارة الزائدة أو أي اتصال مع الزيوت والشحوم والصواعق.

• يجب أن تمر الأنابيب الممددة تحت الأرض وأغطية قابلة للرفع أو في الجدران الاسمنتية داخل أقنية مستمرة ذات تهوية جيدةأو أبعاد لا تقل عن (450 x 450mm) لمنع تجمع الغاز في حال حدوث تسريب ما.

• لا تركب أنابيب شبكة الغازات الطبية في المطابخ أو المصاعد أو الأماكن ذات درجات الحرارة المرتفعة مثل غرف تشغيل المصاعد أو غرف تشغيل الكهرباء الأكثر من (6000v) باستثناء غرف أنظمة تزويد الهواء الطبي وأنظمة تزويد مضخات التخلية الطبية وغرف قواطع دارات التوزيع الثانوية للكهرباء التي لا يتجاوز فيها الفولتات أكثر من (6000v).

• تحديد محتوى الغاز لشبكة الأنابيب بعنونة متناسبة مع اسم الغاز المحتوى وخصوصاً الأنابيب المطمورة منها يتم توضيحها ضمن مخططات الموقع لتوضيح طريق الأنبوب المار عبر الجدران أو الأرضيات وعلى الأقل مرة واحدة عند كل طابق.

• لا تتجاوز درجة الحرارة المحيطة بأنابيب الغاز الطبية عن (54°C) وعند مرور الأنابيب بالقرب من شبكة الماء الساخن أو التدفئة فيجب مراقبتها باستمرار وأبعادها بمسافة لا تقل عن (150mm) خوفاً من حدوث تآكل لهيكل الأنبوب.

• يجب حماية الأنابيب التابعة لشبكة الغازات المتوضعة خارجاً بمادة من الفولاذ المطلي بالزنك ومراقبة بشكل دائم لمنع التأثيرات الخارجية من إحداث ضرر للأنبوب أو دخول ملوثات من الهواء الخارجي إلى داخله.

• التأكد من تركيب الأنابيب بشكل أفقي مستمر وعدم ميلانه لأن ذلك سيؤدي إلى انخفاض الضغط في شبكة التخلية الطبية لحدود أقل من الضغط الجوي وعلى ارتفاع (2m) عن سطح الأرض.

• ضرورة تثبيت الأنابيب إلى الجدران والأسقف بأعماد نحاسية والتأكد من ثباتها لمنع انهيارها أو تحطمها وعند تثبيت الأنابيب إلى خشب فيجب أن يكون معالجاً ضد الحرائق ويستخدم عازل PVC لمنع تآكل الآنابيب نتيجة الاحتكاك.

•إبعاد السلك الذي سيمر من خلال أنبوب شبكة الغازات الطبية عبر الأسلاك الكهربائية للحد من تولد شرارة تؤدي إلى حريق نظراً لأن الغازات الطبية سريعة الاشتعال. [11,19]

2-5-6-2 الإجراءات اللازمة قبل وضع أنابيب الغازات الطبية للشبكة في مرحلة الاستخدام:

• يتم تنظيف الأنابيب قبل تركيبها بواسطة مادة كيميائية خاصة من محلول مائي يحتوي كربونات الصوديوم وفوسفات التروثيدم (450 غرام في الليتر) لإزالة أثر المواد القابلة للاشتعال إن وجدت كالشحوم والزيوت حتى لا تؤدي إلى تلوث أو انفجار ومن ثم يتم تمرير الغازات الطبية من خلال الشبكة ويجب إجراء اختبارات خاصة بهذه الغازات الطبية والمتعلقةبالتلوثات الميكروبية الجزئية والرائحة الحاصلة وذلك باستخدام الهواء الطبي قبل استخدام الشبكة وبعد ملء نظام شبكة الغاز بالغاز وتقديمه قبل وضع الشبكة في وضعية التشغيل الفعلي وذلك للتأكيد من تنظيف وتطهير الشبكة.

• اختبار يخص جودة الغاز الموجود ضمن المحطات المركزية وشبكة أنابيب الغاز للتأكد من مطابقة مواصفات الغازات الطبية المارة في الشبكة للمواصفات القياسية المحددة ويحدد الجدول (2-11) اختبارات جودة الغازات الطبية حسب المعيار الإنكليزي.

الجدول (2–11) اختبارات جودة الغازات الطبية حسب المعيار الإنكليزي [11]

الاختبار	الغاز	المواصفات	أداة الاختبار
جسيمات دقيقة	الكل	عينة (75 L) خالية من الجسيمات المرئية	فلتر
رائحة	أكسجين هواء (طبي ، جراحي)	لا يوجد	–
ماء	الكل	≤ 0.05 mg / L	أنبوب كشف ماء
زيت	هواء (طبي ، جراحي) أكسجين من الـــPSA	≤ 0.1 mg / m^3	أنبوب كشف زيت
CO	هواء (طبي ، جراحي) أكسجين من الـــPSA	≤ 5 mg / m^3	أنبوب كشف غاز
CO_2	هواء (طبي ، جراحي) أكسجين من الـــPSA	≤ 500 ppm v/v ≤ 300 ppm v/v	أنبوب كشف غاز
$NO+NO_2$	هواء (طبي ، جراحي) أكسجين من الـــPSA	≤ 2 ppm v/v	
SO2	هواء (طبي ، جراحي) أكسجين من الـــPSA	≤ 1 ppm v/v	

• يتم تنظيف الشبكة بعد التركيب على ثلاثة مراحل:

1– نفخ الشبكة بالكامل بالهواء المضغوط لإخراج أي ترسبات محتمل وجودها نتيجة عمليات اللحام للأنابيب.

2– ضغط الشبكة كاملة بغاز النتروجين لمدة 48 ساعة لقتل كافة أنواع البكتريا إن وجدت.

3– ضغط الشبكة كاملة بغاز الأكسيد لطرد بقايا النتروجين.

يتم إجراء اختبار للتأكد من هوية الغاز وتركيز الغازات عند المآخذ الجدارية بأخذ عينات لفحص الشوائب الموجودة فيها للتأكد من سلامة هذه الغازات قبل وصولها إلى المريض ويتم استخدام أنابيب فحص خاصة بكل غاز لفحص الشوائب المتواجدة فيه أو تحليل هذه العينات لتحديد نسبة الشوائب، ويبين الجدول (2–12) قيم تراكيز الغاز عند إجراء الاختبارات السابقة [11]

جدول (2–12) قيم تراكيز الغاز لتحديد هوية الغاز [11]

الغاز الطبي	تركيز الأكسجين	تركيز أكسيد النيتروز	أداة الاختبار
غاز O_2	حد أدنى 99.5%	–	جهاز تحليل أكسجين
غاز O_2 من PSA	حد أدنى 94.0%		
هواء (طبي، جراحي)	20.9% ± 0.5%	–	جهاز تحليل أكسجين
هواء صناعي	(21.0-22.5) %	–	جهاز تحليل أكسجين
غاز N_2O	-0.2%	حد أدنى 98.0%	مقياس الأشعة تحت الحمراء أو مقياس الناقلية الحرارية
مزيج N_2O / O_2	50.0% ± 2.0%	50.0% ± 2.0%	جهاز تحليل أكسجين

• وجوب إجراء اختبارات للصمامات للتأكد من آلية الفتح والإغلاق لمنع حدوث أي تسريب ويتم إجراء اختبار تسريب باستخدام أجهزة قياس ضغط الكترونية تتحسس بانخفاض الضغط بمقدار (10bar) للغازات الطبية المضغوطة و(5bar) لشبكة التخلية الطبية بمدة لا تزيد عن (2) ساعة أثناء عملية الاختبار ثم تفصل الشبكة عن نظام تزويد الغاز عند نقاط الضعف والتي يتم تحديدها.

وهذا ما يستدعي التأكد أن التدفق وهبوط الضغط عند كل مآخذ جداري هو مطابق للمواصفات القياسية المحددة حيث يبين الجدول (2–13) قيم الضغط والتدفق للغازات الطبية في فترة الاختبار المحددة وذلك بفتح صمامات الأنظمة كاملة وفتح صمام عزل لنوع واحد من الغازات وإغلاق الباقي للتأكد من تدفق الغاز عند ضغط التشغيل عند المآخذ الجدارية الخاصة بهذا النوع من الغاز وعدم تدفقه عبر المآخذ الجدارية لأنواع أخرى من الغازات الطبية ويتم إعادة العملية لباقي الغازات بنفس الطريقة.

الجدول (2–13) قيم الضغط والتدفق للغازات الطبية أثناء فترة اختبار الشبكة [11]

الشبكة	ضغط التوزيع الاسمي kPa	تدفق الاختبار للوحدات الطرفية L/min	الضغط الأدنى عند التدفق التصميمي kPa	ضغط المحطة kPa
O_2	400	10-100	380	430-490
N_2O	400	15	380	430-490
الهواء الطبي	400	20-80	380	430-490
الهواء الجراحي	700	350	700	
الفاكيوم	53.3	40	40	73-86

• يجب التأكد من أنظمة الإنذار والتنبيه وأن كافة لوحات التحكم الخاصة بها فعالة مع الحالات الطبيعية والطارئة لنظام الغازات الطبية بمؤشراتها الضوئية والصوتية بشكل صحيح مع تأكد إمكانية الرجوع إلى الوضع الطبيعي بعد التأكد من عمل مفتاح الإسكات المؤقت بالشكل المطلوب.

• يجب إجراء اختبارات أخرى تخص وظيفة كل جزء من أجزاء الشبكة بما فيها اختبار نظام طرح غازات التخدير وصمامات الأمان وعدم الرجوع ووصلات NIST للتأكد من تدفق الغاز عند إدخال مسبار NIST الصحيح فقط في المكان المخصص له والتأكد من عنونة جميع الصمامات بشكل يطابق المواصفات القياسية المحددة.

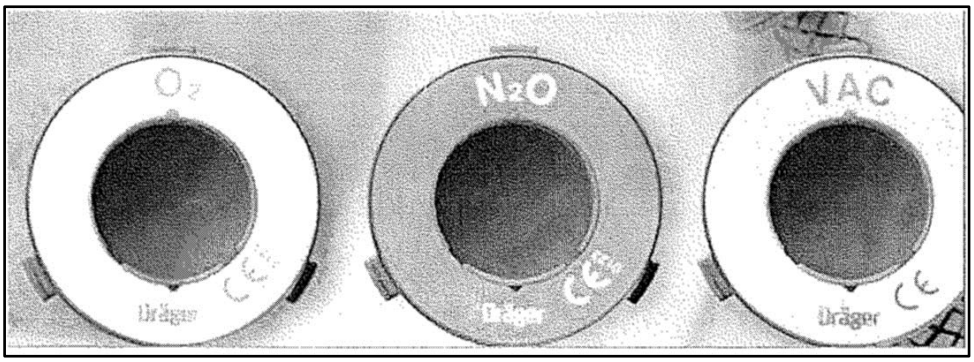
2-5-7 مخارج شبكة الغازات الطبية أو المآخذ الجدارية:

2-5-7-1 الإجراءات الأساسية المتبعة لتنفيذ مخارج شبكة الغازات الطبية:

تتألف المخارج من قاعدة نحاسية تتحمل درجات حرارة عالية ويجب أن تخضع كل المخارج إلى المعايير القياسية المحددة في النظام الإنكليزي تخضع المآخذ الجدارية للمعيار EN 737-1 والذي يوصيبما يلي:

• تتوضع المخارج على ارتفاع (1.5m) عن سطح الأرض ويتم تثبتها بشكل مستوى على الجدران أو على الأسقف أو على وحدة السرير الخاصة بكل مريض ليتم تزويده بالغازات الطبية أو التخلية الطبية ويكون البعد بين كل مخرج وآخر (2.5mm ± 135mm) ويجب التحقق عند تثبيتها بحيث تكون المسافة الفاصلة بين المخرج الآخير والحائط بحدود (200mm).

• ضرورة تزويد المآخذ الجدارية بصمام المآخذ بكافة أنظمة الحماية المطلوبة من صمام إغلاق ذاتي ومانعة أمان خاصة بكل غاز لمنع الخطأ بين الغازات حيث بكل مآخذ غاز خاص له يرمز اسم الغاز برمزه الكيمائي على مادة بلاستيكية سميكة بأبعاد (30 × 10 × mm4) ومثبتة ببرغي على المخرج كما هو واضح في الشكل (2-15) ويكون المخرج بتربيعة محددة (مربع أو مسدس أو دائرة) مع فلتر ذو كفاءة عالية وصمام عدم رجوع وتكون الصمامات المستخدمة ضمن المخارج مصنعة من مواد مقاومة للتأين الكهربائي لمنع حدوث أي شرارة كهربائية وبالتالي الحفاظ على سلامة الغازات من أي اشتعال أو انفجار محتمل.



الشكل (2–15) الأنواع المستخدمة لمخارج شبكة الغازات الطبية [11]

• يجب أن تحتوي المآخذ الجدارية على أداة تسمى بالبروب مصنوع من الفولاذ يكون بأبعاد وألوان محددة تتطابق مع مآخذ بكل نوع من أنواع الغازات الطبية حيث لا يتوافق بروب الأكسيد نايتروس مع مآخذ الأكسجين بينما يجب أن يتوافق لون البروب مع لون سطح غطاء المآخذ.

• عند تركيب مجموعة المآخذ المتجاورة يكون اتجاه الترتيب الأفقي لها من اليسار إلى اليمين كالتالي: AGS، فاكيوم، هواء جراحي، هواء طبي، أكسيد نايتروس، أكسجين.

• في بعض الحالات المريض يستخدم مقياس للتدفق وخصوصاً يوصل مع نظام الأكسجين لمعرفة تدفق الأكسجين الواصل إلى المريض لذلك يجب وجود أداة دوارة تسمح بوصل مقاييس التدفق إلى المخارج ويجب قياس الضغط عند نقطة الخرج ويعين الجدول (2–14) الضغط الأسمي والتدفق وانخفاض الضغط الأعظمي عند نقاط الخرج.

جدول (2–14) البارامترات الأساسية عند مخارج شبكة الغازات الطبية [11]

الضغط الأسمي(bar)	مقدار انخفاض الضغط محدود العليا (bar)	التدفق L/min
4-5	15×10^{-2}	60
8-10	70×10^{-2}	300
Vac	15×10^{-2}	40

• يجب أن تبدل المآخذ الجدارية الموزعة في كل أنحاء المشفى بشكل مستمر، كما تجري أعمال الصيانة الدورية على المآخذ ويفضل استخدام صمام الفحص عند أي نقطة خرج اختيار لفحص درجة نقاوة الغازات الطبية الواصلة إلى المرضى والتأكد من مطابقتها للمواصفات والمعايير القياسية وفي حال حدوث نسبة تلوث يتم فك المآخذ الجداري واستبداله والتأكد من عمل الفلتر

بداخله لأنه في بعض حالات تلوث الغازات الطبية تكون هذه المآخذ هي المصدر الأول من مصادر التلوث نتيجة توضعها ضمن الجدران.

• يجب التحقق من فعالية أداء المآخذ الجدراية وجميع أجزاء شبكة الغازات الطبية والتحقق من كافة عوامل الأمان المطلوبة عند تصميمها وتركيبها من قبل المختصين والقائمين على أعمال الشبكة ويجب أن تخضع لبرنامج فحص وإجراءات واختبارات لضمان صحة استثمارها باعتبار اتصالها مع المريض بشكل مباشر. [11,20].

• يبين الجدول (2–15) توزع مخارج شبكة الغازات الطبية في كل قسم من أقسام المشفى وعددها.

الجدول (2–15) توزع مخارج شبكة الغازات الطبية في أقسام المشفى [11].

القسم	O_2	N_2O	MA4	SA7	VAC	AGS
قسم الطوارئ والإسعاف						
غرفة الإنعاش والتنشيط	2	2	2		2	2
غرفة المعالجة / التجبير الأساسية	1	1	1	1*	1	1
غرفة التحسن ما بعد التخدير	2		2		2	
غرفة المعالجة	1				1	
قسم العمليات						
غرفة التخدير (الكل)	1	1	1		1	1
غرفة العمليات (جراحة عظمية)	2	1	2		2	1
مخدر					2	
جراح				4	2	
قسم العمليات						
غرفة العمليات (جراحة أعصاب)						
مخدر	2	1	2		2	1
جراح				2	2	
غرفة العمليات (جراحة عامة)						
مخدر / جراح	2	2	2	2*	2	2
غرفة التحسن ما بعد التخدير (الإنعاش)	2		2		2	

غرفة خدمة أجهزة	1	1	1	1	1	1
قسم الأمومة						
غرفة الولادة (الطبيعية / الصعبة)						
الأم	1			2		
الطفل	1		1	1		
جناح العمليات						
المخدر	1	1	1	1		1
أخصائي الولادة				2		
طبيب الأطفال	1		1	1		
(الإنعاش)	1		1	1		
الوحدة التوليدية (الحاضنة)	2		2	2		
غرفة خدمة أجهزة	1	1	1	1		1
جناح إقامة داخلي						
غرفة نوم مفردة	1			1		
غرفة نوم متعددة الأسرة / سرير	1			1		
غرفة أطفال	1			1		
أقسام التشخيص						
غرفة إجراءات خاصة	1	1	1	1		1
أقسام التشخيص						
غرفة أغراض عامة	1			1		
غرفة الإنعاش	1		1*	1		
أشعة فوق صوتية (إيكو)	1			1		
تنظير ومضاني (فلوري)	1			1		
تصوير الجهاز البولي	1			1		
تصوير شعاعي طبقي	1			1		
تصوير بالرنين المغناطيسي	1	1	1	1		1
تصوير مقطعي محوري	1	1	1	1		1
تصوير أوعية	1	1	1	1		1

تنظير داخلي	1	1	1		1	1
جناح إقامة المرضى الداخلي						
غرفة نوم مفردة	1		1		1	
غرفة نوم متعددة الأسرة / سرير	1		1		1	
غرفة معالجة	1		1		1	
قسم أمراض الكلية						
وحدة غسيل الكلية	1		1		1	
وحدة العناية المركزة	4	2*	4		4	2*
غرفة خدمة أجهزة	1	1*	1		1	1*
وحدة العناية التاجية (CCU)	4		4*		4	
وحدة الحروق	2	2*	2		2	2*
قسم الجراحة الفموية، تقويم الأسنان						
غرفة معالجة	1	1*	1		1	1*
غرفة إنعاش	1			1	1	
مخبر تطبيقي	1	1*	1	1	1	1*
قسم المرضى الخارجيين						
غرفة المعالجة / عيادة	1	1*	1*		1	1*
عيادة الكسور						
غرفة التجبير	1	1	1*	1*	1	1
قسم خدمات التعقيم						
غرفة الغسيل			1	1		
غرفة التجميع والتغليف	1		1	1		

حيث: *تعني أن تركيب هذه المآخذ يعود إلى رأي الفريق الطبي.

2-5-8 صيانة شبكة الغازات الطبية:

2-5-8-1 مقدمة:

تعتبر شبكة الغازات الطبية من الدعامات الأساسية في بناء أي مشفى ومهما طبقت الإجراءات والاختبارات التي وردناها سابقاً عند تركيب الشبكة وقبل استخدامها وبعد تشغيل الشبكة فإننا لن

نصل إلى المستويات العليا للرعاية الصحية المرجوّة بهدف التركيز الأولي على سلامة المـــريض عند تلقيه الغازات الطبية، لذلك لا بد من اختيار فريق عمل مختص ومدرب بشـــكل جيـــد يقـــوم بمراقبة عمل الشبكات ويزود هذا الفريق بخطة لإدارة السلامة تقوم بالصـــيانة والإشـــراف علـــى الطوابق والمعدات والأراضي ومن ثم إجراء تقييم المخاطر التي تضع الشبكة في الوضـــع غيـــر العادي وتصنيف المخاطر الشائعة التي تواجه بيئة الرعاية الصحية من ثم وتقوم بالتسجيل والتحري والتوثيق في استمارات خاصة لتحديد الضرر المتعلق بالمرضى والعاملين في المشفى بهدف وضع إحصائيات تتضمن الاستجابة لإجراءات السلامة والصيانة.

وبما أن شبكة الغازات تحتوي على معدات مختلفة منتشرة في كل أقسام المشـــفى فـــإن أعمـــال الصيانة التالية لها تختلف حسب تنوع المعدات واحتياجاتها فلا بد من إجراء صيانة وقائية وصيانة دورية يتم من خلالها تقسيم الأعمال بين صيانة يومية أو أسبوعية أو شهرية أو نصف ســـنوية أو سنوية [15].

2-5-8-2 الصيانة الوقائية:

تنفذ الصيانة الوقائية من أجل تقليل أوقات التوقف الإجباري وتمنع حدوث تسربات هوائية والتـــي تهدر الكثير من الأموال، لذلك فإن هذا النوع من الصيانة يدخل في إجراءات السلامة التي أشـــرنا إليها.

يفضل تخصيص أشخاص مدربين على صيانة الأجهزة الهوائية لهذا الغرض ويجب تحميل هؤلاء الأشخاص مسؤولية الصيانة وإلا سيؤدي ذلك إلى انهيار النظام بأكمله وهناك قائمة اختبارات زمنية متبعة لعمل الصيانة الوقائية ويستعان عادة بتعليمات الشركة المنتجة لإجراء الصيانة اللازمة.

2-5-8-3 الصيانة الدورية:

يتم تقسيم الأعمال المتبعة في الصيانة الدورية إلى:

2-5-8-3-1 الصيانة اليومية:

ويتم من خلالها القيام بما يلي:

1- اختبار مستوى الزيت في المزيتة فيجب أن يكون مســـتوى الزيـــت بـــين المســـتوى الأدنـــى والمستوى الأعلى مع استخدام نفس الزيت عند إعادة الملئ.

2- تسجيل قيم الضغط في الخزانات الرئيسية لمحطات التزويد المركزية VIE وضمن شبكة الأنابيب وفحص ضغط اسطوانات المصدر الثانوي للمحطات المركزية.

3- تفقد حالة لوحات الإنذار والتنبيه التابعة للنظام الرئيسي ولكل محطة على حدا وتسجيل درجات حرارة الغرف وقيم مقاييس الضغط في غرف المجمعات والمحطات المركزية.

4- القيام بأعمال أخرى منصوص عليها في تعليمات الشركة الصانعة مثل الانتباه إلى نقاط الوصل والأجهزة المستخدمة التي بحاجة إلى تزييت مستخدمين نفس الزيت المنصوص عليه في تعليمات الشركة الصانعة. [11,21].

2-5-8-3-2 الصيانة الأسبوعية:

ويندرج ضمنها ما يلي:

1- نظافة وفحص عناصر تشغيل الصمامات مثل البكرات وأذرع التشغيل واستبدال التالف منها وتخزن الاسطوانات.

2- فحص جميع الخطوط الهوائية وعوادم وأنابيب تقيس الغاز وإصلاح التالف منها.

3- فحص كافة الأدوات المستخدمة ضمن خزانات المحطات المركزية وكافة الوصلات وإحكام رباط الأدوات المفكوكة لمنع حدوث أي تسريب.

4- اختبار أجهزة قياس الضغط في الخزانات ومجمع الاسطوانات وشبكة الأنابيب.

5- اختيار وظيفة المزيتات في محرك الضاغط لمحطة الهواء الطبي المضغوط والتأكد من عدم وجود تسريب للزيت بالتأكد من سقوط (5) نقاط زيت في الدقيقة مع ضبط هذه القيمة بمسبار الضبط وفحص وحدات التصريف فيما إذا كان كمية السائل أكثر من (0.5L) فهذا يدل على خلل في وحدة المعالجة والمبردات والخزانات.

6- القيام بأعمال أخرى منصوص عليها في تعليمات الشركة الصانعة فمثلاً بما يخص محرك مضخات التخلية الطبية وفحص الفلاتر الجرثومية. [11].

2-5-8-3-3 الصيانة الشهرية:

وتشمل ما يلي:

1. فحص التسربات في الصمامات في وضعها الابتدائي.

2. تنظيف مرشحات وغسل قلب هذه المرشحات بالكيروسين ونفخه بالهواء المضـــغوط فـــي اتجاه تدفق الهواء فيه.
3. فحص وصلات الاسطوانات مع إحكام ربطها وتغيير وسائل منع التسريب إذا لزم الأمر.
4. فحص الصمامات ذات العوامة للوصول إلى الأداء الطبي بدون تسريب للهواء الطبي.

2-5-8-3-4 الصيانة نصف سنوية:

تشمل أعمال الصيانة النصف سنوية إجراءات لكافةأجزاء نظام شبكة الغازات من محطات مركزية ومجمعات وشبكة أنابيب التوزيع وأنظمة الإنذار والتنبه ونظام طرد الغازات التخـــدير (AGSS) ومن أهم الأعمال ما يلي:

1. تفقد الاسطوانات والتأكد من سلامتها من أي ضرر ظاهر يؤدي إلى التسريب.
2. فحص صمامات الأمان وصمامات العزل ومنظمات ومقاييس الضغط وكافـــة الوصـــلات الكهربائية المتصلة مع أجهزة الإنذار في لوحة التحكم والتأكد من عمل الإنذارات الصوتية.
3. فحص ضواغط المحطة المركزية للهواء الطبي وخزانات التخليـــة والوصـــلات المرنـــة ومراوح التبريد.
4. تفقد خزانات الهواء ووحدات التصريف ومحفظات ومقاييس الضغط بأنها تعمل بشكل جيد.
5. فحص فلاتر المحطات المركزية من وجود زيت أو بكتيريا أو رائحـــة واســـتبدالها عنـــد الضرورة.
6. التحقق من عمل المفاتيح الكهربائية وسلامة لوحات التحكم والوصلات الكهربائية.
7. فحص مخارج الشبكة والتأكد من تثبيتها بشكل جيد لضمان سهولة حركتها بشكل صحيح.
8. تسجيل قيم الضغط والتدفق والتأكد من قيمته بأنها ضمن الحدود المطلوبة.
9. إجراء التحاليل اللازمة للتأكد من أن جودة الهواء الناتج عن الشـــبكة وفـــق المواصـــفات المحددة.[21].

2-5-8-3-5 الصيانة السنوية:

وتشمل أعمال تتعلق بما يلي:

- فحص توصيلات المآخذ الجدارية والتأكد من سلامتها.
- تغيير المراوح والمجففات عند الحاجة وفحص ملفات وداعمات الضواغط.

- تغيير زيد الضاغط والفلاتر ومصافي الزيت.
- تنظيف مواسير الهواء والمبردات وإجراء اختبارات مقاومة الدارات الكهربائية [12].

وعند انتهاء أعمال الصيانة يخضع الضاغط لمراقبة كل 24 ساعة من قبل الفنيين والمناوبين ومن الأعطال الشائعة والتي تظهر أثناء أعمال الصيانة هي المصافي والفلاتر ومواسير الهواء وانخفاض مستوى الزيت وأعطال ساعات تنظيم سحب الهواء.

الفصل الثالث

الدراسات المرجعية

3-1 مقدمة:

تقدم الدراسات المرجعية التي سنتحدث عنها في هذا الفصل والمتعلقة بدراسة تلوث الغازات الطبية في المشافي مواضيع هامة، فيما يخص التلوث بالغازات السامة وارتفاع نسبة ملوثات الغازات الطبية بهذه الغازات إلى حدود تتجاوز المعايير العالمية المحددة، وكذلك التلوث الميكروبي الحاصل للغازات الطبية والناتج عن خلل أو عيب ما في شبكة الغازات الطبية وهذا ما استدعى أيضاً الكثير من الباحثين لتقديم أبحاث تهتم بالبحث عن مصادر التلوث إضافة إلى طرق تنظيف وتطهير شبكة أنابيب الغازات الطبية في المشافي للحد من ظاهرة تلوث الغازات الطبية في المشافي والتي تؤثر بشكل كبير ومباشر على حياة المرضى. وبشكل غير مباشر على كافة الأجهزة الطبية الداعمة للحياة مثل أجهزة التنفس وأجهزة التخدير والتي تعمل بتماس مباشر مع المرضى وتؤثر بحياتهم نظراً لأنها توصل إليهم الغازات الطبية من شبكة الغازات. وكذلك سنورد في هذا الفصل الدراسات المتعلقة بتصميم وصيانة شبكة الغازات الطبية لأهمية الدور الذي تقوم به شبكة الغازات الطبية في عملية إيصال الغازات الطبية ذات الجودة العالية للمرضى وهذا يستدعي أولاً بأن تكون شبكة الغازات الطبية ذات جودة عالية وفي حالة مراقبة دائمة ومستمرة.

3-2 الدراسات المرجعيةالمتعلقة بالملوثات الغازية السامة:

تخصصت العديد من الدراسات بموضوع دراسة تلوث الغازات الطبية في المشافي بشوائب غير عضوية وقاموا بتحديد هذه الشوائب مثل CO,CO_2,SO_2,NO في الغازات الطبية المقدمة للمرضى والتأكيد على ضرورة إدراك خطورة هذه الملوثات على أنظمة الغازات الطبية من قبل المصممين والمهندسين لغرف العمليات وشبكات الغاز وأنظمة استلام الغازات والتجهيزات الأخرى.

- **في دراسة قام بها John Eichhorn ومجموعته [22] لدراسة التلوث في مشفى حديث،** حيث كان الهدف من الدراسة هو تحديد ملوثات الغازات الطبية بنوعيها العضوي (الميكروبي) وغير العضوي (غازات سامة).

قاموا بتحصيل عينات من الغازات الطبية وفحص نقاوتها من مشفى عام يحتوي 176 سرير، فوجدوا تلوث في الأكسجين المستلم من المزود والهواء الطبي المضغوط وأكسيد النايتروس، وتم

تحديد أنواع التلوث الحاصل للغازات الطبية والتي تشكل خطراً كبيراً على سلامة المرضى كالتالي:

1- هيدروكربونات سائل بنسبة (10 ppm) .

2- تلوث بكتيري في (400,000) كائن حيوي لكل (100ml).

كما وجدوا من خلال الفحص الدوري لنقاوة الأكسجين في الطابق الأول لغرف المرضى الـ11 الموجودة في مشفى يوجد فيه 176 سرير لاحظوا تلوثات مرئية على مخارج شبكة الغازات الطبية في الغرف منها:

1- تدفق رائحة مع الأكسجين من مخارج شبكة الغازات الطبية ولم يتم تحديد نوعية هذه الرائحة التي أدت إلى صداع للمرضى ومرافقيهم.

2- تدفق غبار رمادي اللون من المخارج الجدارية لشبكة الغازات الطبية في غرف المرضى مع تدفق الغاز. وكانت طريقة العمل المعتمدة في الدراسة كالتالي:

تم أخذ عينات من الأكسجين والهواء الطبي المضغوط من عدة غرف للمرضى من خلال مخارج شبكة الغازات الطبية من طابق جديد تم إنشاؤه حديثاً وكان محتوى كل عينة على 180 L من الغاز، وتم الكشف عن الملوثات بتحليلها باستخدام جهاز الكروماتوغرافيا الغازية GC ذو كاشف الهيدروجين ذو اللهب وأثبتت نتائج التحليل الواردة على وجود ملوث هيدروكربون تم حساب كميته بعلاقة مساحة القمة لمنحني الكروماتوغرام مع مساحة القمة والتركيز المعروف للعينة المرجعيةمع وجود جزيئين عضويين يشكلان 2% من الملوث الكلي في عينة واحدة من مجموع العينات دون الأخرى.

كما تم جمع عينات من غبار مخارج الغازات على مرشح ورقي ميكروبي خاص، وكشف الفحص الميكروسكوبي جميع الأجزاء الموجودة وهي تقريباً μm(100-500) وكانت الأجزاء متجانسة الحجم والشكل ولا تمتلك مواصفات مواد مماثلة، ومن ثم تم عرض الغبار المحصل من المخارج على جهاز X-RAY للتحليل الميكروبي لتحديد العناصر الأولية للجزيئات، كما تم أخذ عينات من ماء الصنابير بمعدل 100 mL في أقصى تدفق للصنبور لمدة خمس دقائق.

وظهرت النتائج لتوضح أن عينات الأكسجين والهواء الطبي المضغوط تحوي بمعدل وسطي

ppm(5-10) هيدروكربونات غير النقية، فكان لا بد من وضع آلية لحل هذه المشكلة وذلك بوضع نظام تطهير شبكة الغاز وذلك بفتح مخارج الأكسجين الـ 88 ومخارج الهواء الطبي المضغوط الـ 44 بتدفق مقداره 6L/ min لفترات زمنية من (3-5) أيام حسب ما هو مبين في الجدول (3–1) وقد لوحظ أن الطوابق العليا للمشفى أخذت وقت أطول من غيرها وهذا التطهير أدى إلى تقليل نسبة الملوثات بكميات محددة بالنسبة للأكسجين (أقل من 0,1 ppm) و(0,2-0,5 ppm) للهواء المضغوط، باعتبار أن التنظيف المستمر العادي لا يزيل الملوثات من شبكة الغازات الطبية ولكن تطهيرها بمعدلات تدفق قصوى لفترات قصيرة قلل من التلوث الحاصل.

جدول (3–1) المتوسط الحسابي لملوثات الغازات الطبية في غرف المرضى [22]

هيدروكربونات (ppm)		
هواء طبي مضغوط	أكسجين طبي	أيام تطهير شبكة الأنابيب
10	10	0
1.3	1.2	1
0.9	0.6	3
0.4	0.1	4

وتم معالجة التلوث البكتيري الحاصل بفتح صنابير المياه لجريان المياه طيلة الليل أو على الأقل (15 ساعة) بهدف التقليل من التلوث البكتيري.

تم تحديد مصادر التلوث الرئيسية بوضع النقاط التالية:

• يعتبر ملوث الهيدروكربون ذو خطر كامن وخطير فهناك مشفى جديد احترق بسبب التلوث الهيدروكربوني للأنابيب بسبب وجود هذا الملوث بنسبة عالية وعند وجود مستوى منخفض من الهيدروكربون في شبكة الهواء المضغوط أدى ذلك إلى استمرارية تلوث مداخل وحدات الضغط للمشافي وهذا ما استدعى إلى اللجوء إلى تطهير شبكة الغازات بالطريقة التي شرحناها سابقاً للتخفيض من نسبة التلوث وأظهرت هذه الطريقة فعالية جيدة للتخلص من الملوثات من جهة ولكن من جهة أخرى فإن عملية التطهير هذه لشبكة الأنابيب مكلفة ومعقدة لأنه خلال عملية التطهير يتم

استخدام الأكسجين في المشافي أربع مرات ضعف الاستخدام العادي مما أدى إلى فشل هذه العملية لأنها تؤدي إلى تلوثات بنسبة عالية للأنابيب نظراً لأن الاستخدام الكثير للأكسجين يؤدي إلى نقص في خزانات الأكسجين إلى حد يستدعي تزويد الخزانات بكمية جديدة من المستلم للاستخدام العادي والذي بدوره يمكن أن يكون حاوي للملوثات الأخرى، كما أن التدفق المستمر الكبير للأكسجين أدى إلى تعطيل منظمات الضغط وصمامات الأمان وتم تصليحها باستبدالها كلياً إضافة إلى تضرر اثنين من أجهزة التخدير عند تزويدها بضغط عالي من الغازات ولكن من الجيد عدم تضرر أي مريض لأذى خلال عملية التطهير بالتدفقات العالية المستمرة.

• وجود ملوثات كثيرة في خزانات الغاز الضخمة وأنظمة الغازات الطبية هو دليل قاطع على عدم تطبيق القانون الخاص بمعايير تركيب واختبار شبكة الأنابيب نظراً لعدم وجود سلطة عليا لأنظمة الغازات الطبية في الولايات المتحدة الأمريكية وبريطانية وكندة حيث تتضمن هذه المعايير، والتي يجب أن تصدق عليها منظمة (JCAH)(Joint Commission on Accreditation of Hospital) مواصفات الغازات الطبية واختيار نقاوة الغاز المستلم وطرق تنظيف أنابيب الشبكة من قبل المصنع حيث أن جمعية حماية الحرائق الدولية للولايات المتحدة (NFPA) (National Fire Protection Association) تشير بأن أنابيب النحاس المستخدمة لبناء أي مشفى جديد يتم تخزينه قبل سنتين على الأقل من استخدامه لذلك من الضروري سد هذه الأنابيب من كلا الطرفين بسدادات مطاطية وبلاستيكية محكمة وعند استخدام الأنابيب المسدودة فإن تكسر هذه السدادات أثناء معالجة الأنابيب يؤدي إلى تعرض داخل الأنابيب للهواء المحيطي مما يؤدي إلى تلوث السطح الداخلي للأنابيب، وهذا ما يؤكده تحليل الـ GC حيث تطابق ملوثات لعينات جمعت من الهواء الخارجي المحيط مع العينات المأخوذة من خارج شبكة الغازات وهذا ما يعني أن الغلاف الجوي المحيط هو مصدر أخر من مصادر التلوث.

• تعتبر عملية التنظيف لأنابيب شبكة الغازات هي مصدر آخر من مصادر التلوث لأنها تتم بواسطة أداة صلبة تحث فتحات صغيرة داخل الأنبوب مما يؤدي إلى تخزين أجزاء صلبة وملوثات على السطح الداخلي للأنبوب.

• إن ضغط الشبكة العالي غير الملائم ووجود تسريبات وتقطعات في الشبكات ووجود منظمات في تصميم شبكة الغازات الطبية تعتبر من مصادر التلوث الحاصل لنظام شبكة الغازات الطبية.

• تم تحديد الورق المغلف للأنابيب بأنه مصدر من مصادر التلوث الحاصل بالغبار الذي تم تحصيله من الأنابيب وتم الكشف عنه بواسطة جهاز التحليل الميكروبي بالأشعة السينية تم تحليل الأوراق المغلفة للأنابيب وقد تبين احتوائها على نسبة عالية من الألمنيوم والسيليكون.

• يعتبر ترميز الأنابيب برموز اللون بواسطة بخاخ الألوان spray paint يؤدي في كثير من الأحيان إلى كشط هذه الرموز ودخول جزيئات الدهان إلى داخل الأنابيب حيث تم اختبار مواد من الأرض ومن العزل الجداري والإسمنت داخل الأنبوب النحاسي لمعرفة مصدر التيتانيوم الموجود في الفحص الميكروبي فكان سببه هو الدهان الموجود على الأنابيب والحاوي على جزيئات التيتانيوم والمستخدم لترميزها وعنونتها.

• يجب الانتباه لأي مشفى جديد وذو بناء حديث لأن شبكة المياه ضمنه تكون ذو نسبة تلوث ميكروبي عالي وهذا يؤدي إلى ازدياد نسبة التلوث البكتيري لشبكة أنابيب الغازات، بالإضافة إلى أن هذه النسبة تزداد بازدياد الأبنية المجاورة للمشفى في المنطقة نفسها باعتبار أن المعدات الثقيلة تؤثر في الأرض وخزانات المياه مما يزيد من ازدياد نسبة الرطوبة المؤثرة على شبكة الغازات الطبية.

* كانت الدراسة واضحة الهدف ومحددة من حيث مناقشتها لمصادر التلوث الحاصل لشبكة الغازات الطبية كما ذكرت طريقة التحليل للعينات إلا أنها تفتقر للأشكال والمنحنيات البيانية، علماً أن عدد العينات المأخوذة للتحليل كان كبيراً.

- **في دراسة قام بها Nakata[23] للكشف عن نوعية الهواء الطبي المستخدم في مشافي اليابان** وذلك نظراً لوجود عدة مرضى لديهم أنظمة تنفس يعتمدون على تزويدهم من المفترض أن يكون هواء طبي نظيف وآمن، وباعتبار أن طوكيو تعتبر من المدن المشهورة عالمياً بتلوث الهواء بسبب ازدحام السيارات، فقد ركز في دراسته على أحد مشافي مدينة طوكيو نظراً لشك المهتمين في هذا الموضوع بنوعية الهواء الطبي المقدم في هذا المشفى.

حيث قام بتجميع عينات من الهواء الطبي في المشفى من داخل غرف العمليات (OR) وغرف العناية المشددة لمدة 15 يوم (من 19 تشرين الثاني إلى 3 كانون الأول) وتم سحب العينات كل 30 دقيقة، وذلك بهدف قياس تراكيز ملوثات الهواء الطبي وهي: النتريك No، أكسيد النتروجين NO_2، ثاني أكسيد الكبريت SO_2، أحادي أكسيد الكربون CO.

كما قام بدراسة كيفية الحصول على الهواء الطبي في اليابان لمعرفة أسباب التلوث الحاصلة للهواء المضغوط، حيث يتم الحصول على الهواء الطبي بسحب الهواء الخارجي إلى ضاغط هواء طبي متصل مع نظام شبكة الأنابيب ويعتبر نظام التحصيل للهواء الطبي بمثابة نظام معياري مستخدم بشكل شائع في كل مشافي اليابان ويتألف من فلتر أولي عند دخول الهواء وضواغط الهواء والمبرد والمجفف وأخيراً فلاتر المرحلة النهائية وصُمم هذا النظام لمنع وجود الماء والزيت والجزيئات الصلبة مثل الرمل والمعلقات وذلك للحد من ظاهرة تلوث الهواء الطبي المقدم للمرضى في المشافي.

وضح Nakata بدراسته نسبة تركيز الملوثات السابقة الذكر في الجدول (2-3) والذي يوضح تركيز هذه الملوثات من 2880 نقطة تحصيل لعينات من الهواء الطبي والتي تم تحليلها باستخدام عداد قياس للغاز تم وصله مع مخرج الهواء الطبي باستخدام وصلة أنبوب، حيث تم استخدام عداد (GLN-32,dkkInc) لكل من NO, NO_2 وعداد أشعة تحت الحمراء (GFS-32,d Inc) لـ SO_2 وعداد أشعة تحت حمراء (ZRF,Fuji Denki Inc) لـ CO.

ومن ثم تم تسجيل البيانات الناتجة بواسطة مسجل بياني أوتوماتيكي فكانت النتائج كالتالي:

المتوسط الحسابي لتركيز No(34,47 35,0 ppb) بمعدل من (0 إلى 200) ppb وكانت الذروة يوم الأربعاء (26) تشرين الثاني ونسبة التركيز لـ No أقل في أيام العطل.

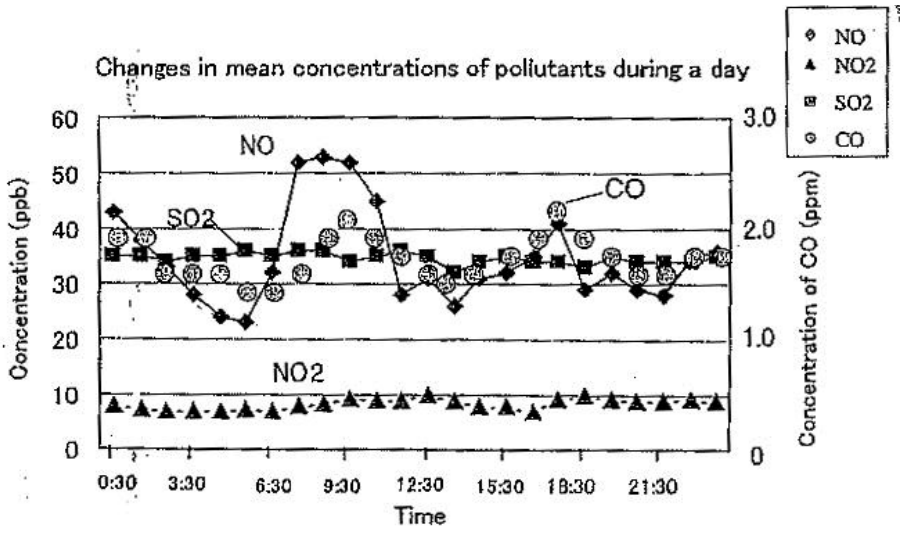
الجدول (3–2) تركيز ملوثات الهواء الطبي [23]

ملوثات	SO(ppb)	NO_2(ppb)	SO_2(ppb)	CO(ppm)
المتوسط الحسابي	34.4	7.7	33.6	1.65
الانحراف المعياري	35.0	5.5	29	0.87
المجال	0-200	0-29	21-45	0.5-75
الحدود القياسية	لا يوجد	<40	< 40	<100

أما متوسط تركيز NO_2 فكان (5,5 -7,7)ppb كما هو واضح في الجدول (3–2) وكانت ذروة التركيز NO_2 يوم الأربعاء (26) تشرين الثاني نفس اليوم لذروة الـ NO، وصل كل منNO_2,NO إلى الذروة عند الساعة 9,30 صباحاً و 5,30 مساءً خلال اليوم حسب الشكل (3–1) وكان يوم

الذروة لهذا الملوث في يوم الثلاثاء (2 كانون الأول) ووصل تركيز SO_2 إلـــى 45ppb فـــي يـــوم الأربعاء (26 تشرين الثاني) عندما وصل NO_2,NO إلى ذروة التلوث.

وتم وصول تركيز SO_2 إلى الذروة حوالي الساعة 9,30 صباحاً خلال اليوم كما هو موضح فـــي الشكل (3–1)، وكان متوسط تركيزCO(1,65 ± 0,87)ppb وصل إلى ذروة التلوث يـــوم الأربعـــاء (26 تشرين الثاني) بقيمة (7,5ppm) عند الساعة 9,30 صباحاً و5,30 مساءً خلال اليوم.



الشكل (3–1) تغيرات تركيز المتوسط الحسابي للملوثات خلال اليوم عند ساعة الصفر[23]

ناقش Nakata النتائج السابقة بالنقاط الأساسية التالية:

• يتم تزويد المرضى بهواء طبي ملوث بغازات سامة ولا توافق المعايير الجودة المحددة في وكالة البيئة في الحكومة اليابانية، حيث توصي بأن يكون نسبة تركيزNO_2(40-60ppb) ضمن أو أقل من المجال وتشير النتائج الواردة أن تركيز NO_2 توافق المعيار، أما تركيز SO_2 الموضح في معيـــار الجودة البيئي الموضوع من قبل وكالة البيئة (40ppb) في حين نسبته في المشافي حســـب النتـــائج الواردة (35ppb) ويتجاوز المعيار من حين لآخر، أما بالنسبة لـــ CO فبالكاد يطابق معيار الجـــودة البيئي المحدد (<10ppm).

• تحديد المصدر الرئيسي لهذه الملوثات CO, NOx, SO_2 باعتبارها غازات سامة تُولد من غـــازات عوادم السيارات ومنشؤها الرئيسي مصادر طيارة مثل تلك الناتجة عن السيارات نتيجـــة احتـــراق وقودها، حيث جاءت النتائج مؤكدة للتوقعات بسبب أن تركيز الغازات السامة وصل ذروتـــه فـــي ساعة الصفر (rush hours).

• اعتبار ضاغط الهواء الطبي المضغوط الموجود في غرفة الآلات في المشفى مصدر آخر ومحتمل من مصادر تلوث الهواء الطبي المضغوط.

• كانت هذه الدراسة هي الخطوة الأولى في إدراك الملوثات الموجودة في الهواء الطبي وهذا ما لفت الانتباه المحلي في اليابان لإجراء الخطوات اللازمة بناء نظام طبي يستطيع اقتصادياً بتوصيل هواء طبي نظيف وذو جودة عالية للمرضى.

2- اقتراح أخذ موافقة المرضى قبل إجراء عملياتهم الجراحية في وقت الذروة باعتبار أن المرضى لا يعلمون بنوعية الهواء الطبي المقدم لهم.

3- ضرورة فرض قيود وقوانين حازمة تكون مراقبة من السلطات العليا للحد من المشكلة الأخلاقية بتزويد المرضى بغازات طبية ذات جودة ضعيفة.

* كانت الدراسة واضحة ومخصصة من حيث تناول الهواء الطبي فقط والتركيز على العمل عيله وأخذ كم هائل من العينات مما مكنهم من وضع خطوط بيانية وجداول موضحة.

3-3 الدراسات المرجعية المتعلقة بالملوثات البكتيرية:

• **في دراسة قام بها كلاً من Brown و Andrade [24] لدراسة التلوث الأحياء الدقيقة لأنظمة التزويد المركزية للهواء** حيث تم سحب عينات من مشافي ريو دي جانيرو في البرازيل وتم تخصيص أربع مشافي متنوعة لهذا الهدف:

المشفى الأول هو مشفى عام ويحتوي (100) سرير.

المشفى الثاني يحتوي (50) سرير.

المشفى الثالث يحتوي (أقل من 50)سرير.

المشفى الرابع وهو مشفى خاص يحتوي (تقريباً 100) سرير.

ومن ثم وضع العينات على أطباق هلامية لتحديد المحتويات البكتيرية والفطرية الموجودة، بضخ (15-84L) من الغاز بواسطة بطارية محمولة لتشغيل عينات الغاز المضغوط .وضخه على الأطباق الموضوعة، وتم اختيار من كل عينة نوعين من الطبقة الوسطى النامية هما:

SDA (Sabour and DexTrose Agar)

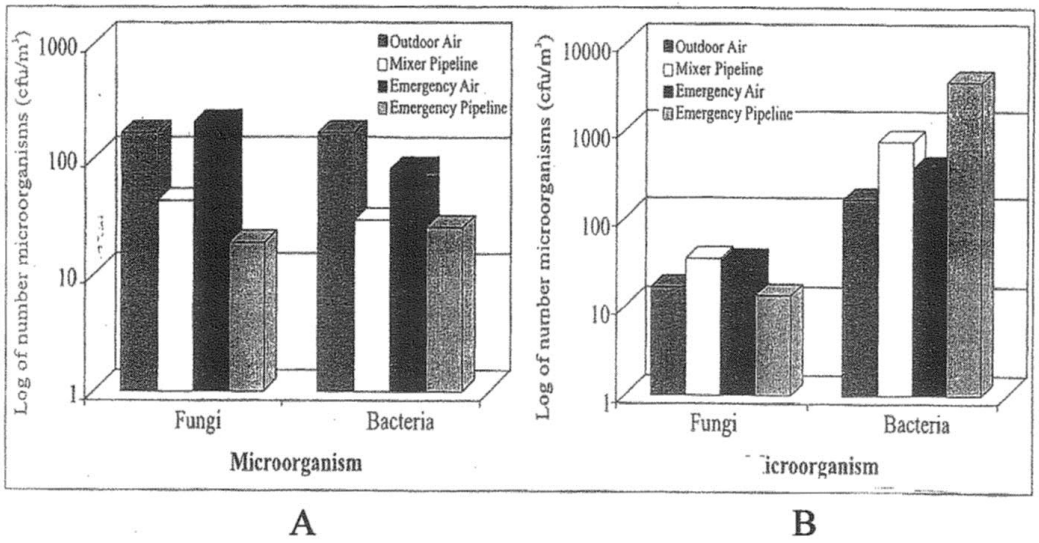
TSA (Try ticaseDexTrose Agar)

وذلك لأن الـــ (SDA) تكشف المدى الأوسع والعدد الأعلى للأنواع الفطرية المنقولة جواً، أما TSA فهي تستخدم لزرع البكتيريا المعايشة للإنسان والتي يمكن أن تنمو عليها، ومن ثم حضنت الأطباق البكتيرية بدرجة (30-35°C) لـــ (TSA) و(20-25°C) لـــ (SDA) للسماح بنمو البكتيرية.

وتم تحديد أنواع الملوثات بنوعيها الفطري والبكتيري بهدف:

1- تقصي وجود التلوث البيولوجي والكيميائي والفيزيائي في الهواء الطبي.

2- تحديد كمية التلوث الميكروبي ومستويات التلوث في أنظمة أنابيب شبكة الغازات الطبية. ويبين الشكل (3-2) النتائج الموجودة في المشفى الأول HPI(A) والمشفى الرابع HPIV(B) حيث أخـــذت العينات بالطريقة الواردة من أربع مواقع أساسية هي: الهواء الخارجي، خط أنابيب المخارج، هواء غرفة الإسعاف، خط أنابيب غرفة الإسعاف.



الشكل (3-2) النتائج الموجودة في المشفى الأول (A) والمشفى الرابع(B) [24]

وقد أشارت النتائج لعينة هواء من خط أنابيب المازج بأن المتوسط الحسابي للبكتريا في كل مـــن المشفى الأول والثاني متشابهة عند مخارج الشبكة في الغـــرف بمقـــدار ($32cfu/m^3$)، والمتوســـط الحسابي الكلي للفطريات كان ($1,4x10^2cfu/m$) (لم تظهر في الشكل) وتم تحديد نسبة لحدود الثقـــة (95%) لمستوى التلوث لمعدل المتوسط الحسابي الكلي لغرف الإسعاف من مخارج شبكة الأنابيـــب ومخارج الشبكة.

كما أوضحت النتائج أنه في المشفى الأول كان المعدل الوسطي الأعلى للفطريات قدتتواجـــد فـــي غرف الإسعاف ($1,7x102cfu/m^3$) والمعدل الوسطي الأعلى للبكتيريا كان في الهواء الخارجي كما

هو واضح في الشكل (3–2) أيضاً تظهر المعدل الوسطي للبكتيريا الأعلى عند مخـــارج غـــرف الإسعاف وذلك نظراً لوجود نقاط تضخيم لهذه الميكروبات العضوية داخل الأنابيب، بينما المعـــدل الوسطي الأعلى للفطريات في هواء غرفة الإسعاف بمعدل ($17\ cfu/m^3$).

صنفت الدراسة الطفيليات المجهرية الموجودة في المازجات وضواغط الهـــواء ومخـــارج الهـــواء الطبي ويبين الجدول (3–3) تصنيف للتلوث البكتيري والفطري الموجود في الهواء الطبي لأنواع الفطرية والبكتيريا التي ظهرت في العينات المسحوبة من المواقع المبينة.

جدول (3–3) تصنيف أنواع البكتيريا والفطريات في مواقع سحب العينات[24]

العينة	الموقع	أنواع البكرتريا البارزة	أنواع فطور بارزة
خط أنابيب المشفى الأول	المازج	المكورات العنقودية المكورات الدقيقة البكتريا المسببة للخثرات سلبية الغرام العصوية	الرشاشيات
خط أنابيب المشفى الثاني	المازج	المكورات العنقودية المكورات الدقيقة البكتريا المسببة للخثرات سلبية الغرام العصوية	غير متوفر
	غرفة الطوارئ	المكورات الدقيقة سلبية الغرام المكورات العنقودية SCURI	
خط أنابيب المشفى الثالث	الضاغط	المكورات العنقودية المكورات العنقوديةSCURI المكورات الدقيقةLUTEUS البكتيريا المسببة للخثرات البكتيريا الفطرية سلبية الغرام العصوية	الرشاشيات
	تحضير المادة	البكتيريا الفطرية المكورات الدقيقيةLUTUES	غير متوفر

بينما يظهر الجدول (3–4) الخواص الفيزيائية والكيميائية للهواء المضغوط في المشافي الأربعـــة التي خضعت للدراسة لتحديد المركبات الكيميائية الظاهرة لعينات أُخذت من الضـــاغط والمـــازج، باعتبار الهواء الطبي حسب الـــ (FDA) منتج غير عقيم من الملوثات.

جدول (3-4) الخواص الفيزيائية والكيميائية للهواء المضغوط[24]

Substance	Mixer		Compressor	
	HPI	HPII	HPIII	HPIV
O_2	21.50%	21.30%	21.30%	20.90%
Total Hydrocarbon Content	2.6 ppm	2.4 ppm	2.7 ppm	2.1 ppm
CO	< 0.3 ppm	< 0.3 ppm	< 0.3 ppm	< 0.3 ppm
CO_2	< 0.2 ppm	< 0.2 ppm	256 ppm	388 ppm
No_x	0.1 ppm	< 0.1 ppm	< 0.1 ppm	0.1 ppm
Odor	None	None	None	None
Dewpoint	<-40 C	< -40 C	ND	-25 C (~900 ppm of water) *

* out of specification.

وأخيراً تم تحديد مصادر التلوث المتوقعة للغازات الطبية كما ورد:

• توضح الدراسة أن خطوط الأنابيب هي مصدر رئيسي من مصادر التلوث البكتيري للهواء المضغوط والهواء الاصطناعي اللازم لبعض الاستخدامات الطبية، والانتباه لشبكة الأنابيب ليس فقط من جهة تحديد الغاز المار فيه ولكن من أجل التلوث الحاصل داخله ويتم بذلك اختيار أنابيب ذات جودة عالية ووضعها في مواقع مناسبة لمنع البكتيريا من التكاثر وحجز الرطوبة الواردة إليها.

• اعتبار مراوح التهوية من مصادر التلوث الميكروبي وكذلك المجففات والمبردات والتي من الممكن أن تزود هواء جاف أقل من الخارج مما يؤدي إلى تشكل قطرات ندى بشكل متعاقب وبالتالي تشكل الرطوبة على طول خط أنابيب شبكة الغازات.

• احتمال وجود مصدر التلوث للهواء الطبي المضغوط من ثلاثة مصادر هي: الغلاف الجوي، الضاغط، معدات التوزيع.

• ضرورة تطوير شبكة المياه في المشافي والحاجة الماسة لتطوير نظام المياه للحد من الرطوبة.

• التأكيد على وجود تلوث خلف الجدران وأنظمة الأنابيب بغض النظر عن رضا المسؤولين والإداريين وإقرارهم لهذا الأمر بسبب قضايا المسؤولية القانونية المترتبة والإلحاح لاحتياج تنظيف دائم لأنظمة الغازات الطبية.

* كانت الدراسة غنية من حيث تعريفنا بمشاكل التلوث الميكروبي للغازات الطبية لتعلم الكثير حول هذا النوع من الملوثات ومنعه ومعالجته لإدراك المشاكل في التصميم والتركيب لشبكة الأنابيب.

- **في دراسة نظرية لمنظمة الغازات الأوربية EIGA [25] تتعلق بنوعية الأحياء الدقيقة الموجودة في الغازات الطبية والمنتجات الصيدلانية**، تم التشديد على ضرورة التحكم بالملوثات الحاصلة للغازات الطبية الواصلة من شبكة الغازات الطبية إلى المرضى من جهة والواصلة إلى الأجهزة الطبية المستخدمة في المشافي من جهة أخرى، حيث تم وضع بعض النقاط الهامة كان الهدف منها التحكم بدرجة الملوثات منها:

• القيام بإنتاج غازات طبية في أنظمة مغلقة لضمان عدم وجود تماس بين معدات إنتاج الغازات والغازات المنتجة مع الهواء الخارجي.

• ضرورة استخدام مياه صالحة وذات نوعية جديدة في عملية صناعة الغازات الطبية باعتبار أن الماء يكون بتماس مباشر مع الغاز أثناء عملية الصناعة، لذلك فإن تم التشديد على ضرورة التحكم بالملوثات الحاصلة للغازات ، كما أن تجفيف الغاز قبل إنهاء خطوات العمل في عملية المعالجة النهائية يساعد على السيطرة على أي تلوث ميكروبي يمكن ظهوره.

• وجوب تطهير فتحة النقل الخاصة بالغازات السائلة والتي تمكن وصول هذه الغازات إلى شبكة الغازات ويتم ذلك قبل تسليم الغازات لضمان إزالة أي تلوث في هذه الفتحة قبل عملية تحويل إنتاج الخزان في المشفى.

• وجوب تغطية مخارج الصمامات الخاصة بالغازات المزودة من الاسطوانات أو الحاويات فوراً بعد عملية التعبئة لضمان عدم دخول أي من الملوثات لهذه المخارج.

• يجب إجراء عملية تقييم للمخاطر من قبل المستخدم النهائي لنظام شبكة الغاز للتأكد من وجود مخاطر متعلقة بتوزيع شبكة الأنابيب والتي بدورها تكون مصدر من مصادر تلوث الغازات الطبية.

• القيام بعمليات صيانة الأنظمة لشبكة الغازات الطبية بمستويات منخفضة الرطوبة قدر الإمكان، وذلك لعدم إتاحة الفرصة للميكروبات بالانتشار.

• وجوب استخدام فلاتر ميكروبية عند نقاط الاستخدام من أجل التحكم بالملوثات الميكروبية ولضمان أن الغاز خالي من أي ملوثات أخرى موجودة، كما يجب تغيير الفلاتر بشكل منتظم وفقاً لأنظمة الصيانة كما هو محدد من قبل منتج الفلاتر والمستخدم.

وأشارت الدراسة إلى طرق فحص مقترحة وتوصيات خاصة بالغازات وعملية صناعتها مع التنبيه ولفت النظر إلى أنه لا يوجد طلب على فحص ميكروبي متكرر للغازات قبل تزويدها، مما استدعى

ضرورة وجوب إجراء فحص للغازات الطبية من قبل هيئة مدربة مناسبة تقوم بسحب عينات محددة من الغازات عند وجود ضغط عالي لشبكة الغاز مع ملاحظة أن طرق الفحص المتاحة تسمح فقط بإجراء اختبارات على عينات غازية أما الغازات السائلة فلا يتم اختبارها بشكل اعتيادي.

وطلبت الدراسة في اقتراحاتها لطرق الفحص التحضير الصحيح لمعدات العينات المستخدمة على الرغم من أنها عملية معقدة وصعبة لكنها ضرورية لأنها تتطلب خفض الضغط وتحضير المعدات من مادة الستانلس ستيل لضمان عقامتها بشكل جيد قبل الاستخدام وتجهيز هذه المعدات الخاصة بسحب العينات المطلوبة بشكل صحيح ودقيق لضمان أن لا تكون عينة الغاز ملوثة.

وبالنسبة لمنظمات الضغط فقد تم الطلب والتشديد على الاهتمام بها وتعقيمها قبل الاستخدام لضمان عدم وجود مخاطر لتلوث عابر منها، لذلك يجب أن تنتقى طرق الفحص الميكروبي بعناية وتُطلب من قبل المشفى وإدارته من أجل رفع معدلات شفاء أفضل للمرضى باعتبار أن هذه الطرق تعتمد على نظام محدد ومعين لمعدات الفحص والفلاتر.

*كانت الدراسة حديثة تبين مدى اهتمام ومتابعة المنظمات الأوربية بموضوع تلوث الغازات الطبية ودراسة الطرق اللازمة للحد من التلوث البكتيري كما أنها وضحت لنا مصادر جديدة محتملة من مصادر التلوث وتم اقتراح طرق فحص التلوث الميكروبي بمعدات خاصة وجديدة ولكنها لم تورد لنا آلية وطرق الفحص بالتفصيل أو إيضاحها بشكل عملي أكثر.

3-4 الدراسات المرجعية المتعلقة بأنظمة شبكة الغازات الطبية:

هناك العديد من الدراسات المختصة بأنظمة شبكة الغازات الطبية MGPS وأنظمة التخلية للغازات الطبية MGVS للتأكيد على أهمية التوعية والانتباه للاستخدام الصحيح للغازات الطبية في كل قسم من أقسام المشفى التي تحتوي على أجهزة دعم الحياة والتركيز على نوعية المواد المستخدمة في تنظيف الأنابيب والصمامات نظراً لوجود ملوثات في الغازات الطبية تهدد حياة المرضى أو تؤذيهم وارتباط وجود هذه الملوثات بمواد البناء المستخدمة في بناء المشافي وخاصة تلك الموجودة خلف جدران غرف المرضى أو غرف العمليات أو غرف العناية المشددة مما يستدعي وجوب الاهتمام بأنظمة الغازات الطبية من حيث التصميم والتركيب وموقع توضع شبكة أنابيب الغازات وتوضيح توضع الوصلات المتقاطعة.

- **في دراسة قام بها Moss [26] عن تلوث الغاز الطبي وخطره المغفل على المريض،**

حيث قام Moss بدراسته بناءاً على تقارير وصلت إليه تفيد بأنه في خلال العشر سنوات الأخيرة سُجلت في كنساس وحدها حوالي 205 حالات تسمم لمرضى توفي منهم 81 حالة نتيجة لوصول غازات طبية منخفضة النقاوة للمرضى في الولايات المتحدة الأمريكية وهذا الحدث يحظى حالياً بانتباه دولي ويُتابع من قبل أغلب المنظمات والهيئات التي تُعنى بالرعاية الصحية للحد من هذه الظاهرة الخطيرة ومن أبرز هذه المنظمات OSHA, CGA, AIA, ANST, NFFA, JCAHO حيث قامت هذه المنظمات بوضع نشرات خاصة بأنظمة الغازات الطبية وأكدت على وجود نشرات توعية للالتزام بمعايير NFPA فيما يخص MGVS, MGPS أثناء تنفيذ شبكات الغازات الطبية في المشافي من خلال القيام بزيارات لمواقع بناء المشافي والمراكز الصحية وإجراء اختبارات محددة وتوثيق هذه الاختبارات في وثائق خاصة بالرعاية الصحية نظراً لعدم وجود وكالة عالمية معروفة في الولايات المتحدة الأمريكية تقوم بالتصديق على عمل مفتشي ومنفذي أنظمة الغازات الطبية وذلك لأن الحكومة تعتمد على مفتشين ومحققين فيما يخص الدعاوى المقدمة لها عن شبكات الغازات الطبية ومشاكلها من حيث التزويد بالغازات وتنفيذ الشبكات وفحص نقاوة الغازات في أغلب الأحيان لا تكون لدى هؤلاء المفتشين والمحققين معلومات كافية بأنظمة شبكة الغازات ولا بالمعايير الخاصة بها NFPA-99 وهذا يؤدي إلى وجود نقص في السلطات المسؤولة عن التنسيق والتنفيذ للمعايير والكودات الخاصة.

فقد أكد Moss في دراسته على ضرورة اعتماد مقاولين ومفتشين مصدق عليهم من قبل وكالات معروفة تقوم بإعطائهم شهادات مصدقة ومعتمدة للقيام بأعمال البناء وتركيب أنظمة الغازات الطبية وذلك لضمان الالتزام بالمعايير المحددة أثناء بناء أي مشفى أو مركز صحي لتفهم وضع الغازات الطبية وضرورة الحفاظ على إيصالها نقية ونظيفة للمرضى، وأوصى على ضرورة وجود مخطط تنظيمي مسؤول عن وضع هيكلية خاصة باعتماد أشخاص معينين لهم معرفة واسعة بدءاً من المهندسين القائمين على العمل باختلاف اختصاصاتهم إلى المنفذين للعمل والسباكينحيث تقوم بتدريبهم على برامج مختصة بالخدمات الحيوية في مؤسسات خاصة مثل مؤسسة ثقافة وتطوير صناعة الأنابيب PIPE في لوس أنجلوس ومنظمة إدارة الغاز الطبي والمعهد الأمريكي للغاز الطبي في ميتري في لوس أنجلوس حيث توصي تلك المؤسسات بضرورة تصحيح الأخطاء في أبنية المشافي والمراكز الصحية واعتماد معايير NFPA إضافة إلى تطبيق فحص الأنظمة الـ MGPS

وMGvS خلال فترة بناء المشفى من قبل المفتشين المعتمدين من قبل طرف حيادي فلا يمكـــن أن يكون المقاول المسؤول عن البناء هو نفسه المفتش المعتمد على العمل نفسه للقيام بفحص الجدران أثناء عملية البناء لتفادي وجود أي أخطاء مخفية في التصميم تكون خلف الجدران وتخص نظـــام شبكات الغازات الطبية وتكون مثل:

1. وصل أنابيب الشبكة بشكل خاطئ.
2. وضع مواد غير مناسبة في مخارج الشبكة المتوضعة في الغرف.
3. عدم تدعيم للأنابيب بشكل كافٍ.
4. تركيب أنابيب غير نظيفة أو مطهرة بشكل جيد.
5. عدم معرفة هوية الغاز المتدفق من كل مخرج.
6. عدم القيام بتحليل فحص نقاوة للغازات قبل تشغيل الشبكة وعند تسليم المبنى للكشف عـــن تلوثات للغازات الطبية بكتيرية كانت أو جرثومية أو كيمياوية.

ركز Moss في دراسته على ضرورة وأهمية فهم القائمين على العمل في المشافي على مدى تعقيد أنظمة دعم الحياة، وحدد بعض مصادر تلوث الغازات الطبية كما وضع بعض الحلول لها:

1- اعتبار أن أجهزة التخدير هي مصدر رئيسي للتلوث البكتيري وهذا الاعتبار يفرض نقاء قليـــل للغازات الطبية نتيجة نمو البكتيريا في الفراغات المتروكة في أنابيب الوصل غير المناســـب أو أن يكون مصدر التلوث خلف الجدران وهذا يستدعي فرض اعتمادات الوثوقية من قبـــل المصـــممين والمنفذين بحيث يكون صانعي الأنابيب معتمدين من قبل خبراء مختصين ومعتمدين.

2- احتمال وجود خطأ في موقع التصنيع بملء خزانات الغازات الطبية الخاصة وهذه الإمكانيـــة المحتملة تفرض استخدام محلل أكسجين بشكل دائم إضافة إلى وجود شاشة مراقبة للأكسجين تزود بمعلومات عن وجود اسطوانة مملوءة بالنتروجين بدلاً من الأكسجين على سبيل المثال، ونظراً لعدم استخدام مثل هذه الشاشات بشكل واسع في كل قسم من أقسام المشفى لذلك فإنه من الضروري تقيد مصنع الغازات الطبية ومزودها إلى المشافي بقوانين وإجراءات تخص كمية ونوعية الغاز المورد وجودته لضمان توثيق وتركيز الأكسجين أولاً وباقي الغازات الطبية ثانياً وبذلك تكون قد وُضع حد لحدوث أي خطأ من هذا النوع.

3- حصول التلوث البكتيري لنظام الهواء الطبي نتيجة الرطوبة الناجمة عن قصور عمل المجففات مما يؤدي إلى توليد رطوبة على طول خط أنابيب الهواء الطبي وهذا يستدعي ضـــرورة وضـــع شاشات مراقبة لدرجة الرطوبة وشاشات إنذار كجزء من تصميم شبكة الغازات الطبية نظـــراً لأن الهواء الطبي هو نتيجة تحصيل8 قدم مكعب من الهواء الجوي في قدم مكعب واحـــد مـــن الغـــاز المضغوط لذلك فإن كل ملوثات الهواء الجوي بما فيها الماء وأحادي أكسيد الكربون تكون مركـــزة بثمان مرات في الهواء المضغوط.

4- حدوث تأكسد لأنابيب شبكة الغازات الطبية أثناء تصنيعها وخصوصاً في مرحلة التلميع حيـــث يجري التلميع في أغلب الأحيان في الهواء الخارجي مما يؤدي إلى دخول الأكسجين الموجود فـــي تركيب الهواء الخارجي داخل الأنبوب مما يسبب تأكسد الأنبوب عند درجات الحـــرارة المطلوبـــة للتلميع وبالتالي نجد ملوثات مثل الكربون وأكسيد النحاس وأكسيد الكربون داخل الأنبوب وبعد فترة تتشكل كربونات النحاس المميزة بلونها الأخضر، كل هذه الملوثات من الممكن أن تكون قشرة على السطح الداخلي للأنبوب وتزال مع تيار الغاز الطبي المتدفق لتؤدي إلى تعطل عمل المعدات مثـــل مقاييس التدفق ومراوح التهوية والمخارج.

علماً أن عملية التلميع يجب أن تُجرى في درجة حرارة F 1000 باستخدام جهاز لحام خاص موثق منقبل معيار NFPA-99 ويجري التطهير للأنبوب بالنتروجين باستمرار حتى يبرد الأنبوب ويصبح من السهل لمسه وإلا إذا لم يتم التقيد بهذه الإجراءات الموصى بها في معيار الـــــ NFPA ومنهـــا ضرورة التعامل مع سباك معتمد وموثوق للقيام بعملية التلميع ولأنه في أغلب الأحيان يتم التعامـــل مع سباك عادي وغير معتمد فتكون نتيجة عملية التلميع حدوث ملوثات في أنبـــوب الشـــبكة قبـــل تركيبه في نظام شبكة الغازات، وعندها لا تقع المسؤولية عليه لأنه غير معتمد أمـــا عنـــدما يـــتم التعامل مع سباك معتمد من قبل الهيئات ومُعطى لشهادة وثوقية يتم محاسبته ومراقبـــة عملـــه وإلا تُسحب الشهادة منه.

5- وجود حديد أو أكسيد حديد (الصدأ) في أنابيب شبكة الغازات الطبية أو أجزاء متفرقة منها مما يدل على أن أنابيب شبكة الغازات غير مطابقة لـــ NFPA أو استخدام أنابيب أو أجزاء أنابيب منها في موقع ما من شبكة الغاز الطبية فيجب إزالة هذه الأنابيب واستبدالها بالنحـــاس المطـــابق لـــــ NFPA، وهذا يستوجب ضرورة إجراء تفتيش وفحص شبكة الغازات الطبية بشـــكل دوري وذلـــك

بوضع قطعة قماش بيضاء على مخارج شبكة الغازات الطبية والسماح للغازات بالتدفق عبر القماش وبذلك تعمل قطعة القماش عمل المصفاة وبالتالي فإن لون وحجم وكمية الملوثات تحدد درجة التلوث وذلك بعد إخضاع قطعة القماش لفحص مجهري مباشر.

6- وجود جسيمات غريبة Particulate ضمن نظام شبكة الغازات نتيجة عدم تغليف أنابيب شبكة الغازات الطبية بشكل جيد في المعمل أو عدم وضعها في مستوعبات للحفاظ على نظافتها وحمايتها من وصول أي ملوث من هذا النوع حيث تم العثور على جسيم لطائر قد امتص بنظام غاز طبي في أحد المشافي كان نتيجة وصول الأنابيب إلى مكان البناء دون إشراف مزود الغاز المعتمد حيث هو بدوره يقوم بفحص الأنابيب وتقييم حالة المستوعبات الخاصة بالأنابيب خلال عملية البناء وعدم إشرافه على عملية إنزال الأنابيب إلى موقع البناء، لذلك كان من الضروري التشديد والتحذير وفرض قوانين صارمة فيما يخص بوثوقية عمل أي شخص يتعامل مع نظام شبكة الغازات الطبية لمحاسبته في حال حدوث أي خطأ.

كما أكد على ضرورة وضع شاشة مراقبة أكسيد الكربون في نظام الغازات الطبية لتحديد نسبة أول أكسيد الكربون بحيث لا تتجاوز (5ppm) حسب معيار الـ NFPA-99.

7- هناك مستوى مقبول من الرائحة في نظام شبكات الغازات الطبية وأي رائحة صادرة عن النظام يجب تتبع مصدرها.

8- ضرورة استخدام مذيبات ومحاليل ضمن المعيار NFPA-99 لتنظيف أنابيب شبكة الغازات الطبية باعتبارها مصدر من مصادر التلوث الكيميائي الحاصل لشبكة الأنابيب، حيث يوصي المعيار NFPA- 99 باستخدام التطهير بالآزوت لإزالة مؤقتة لأي قشرة موجودة داخل الأنابيب بينما الغسيل بمحلول حمضي يقوم بإزالة الملوثات بشكل دائم ولكنها غالية الثمن وعملية التطهير معقدة حيث يجري التطهير منطقة تلو الأخرى، ويتم إيقاف العمل في بقية المناطق خلال العملية أو وقف عمل النظام بشكل كامل.

9- تتضمن الملوثات الموثقة لأنابيب الغاز مثل الأوساخ، الرمل، الحصى، الاسمنت، الصدأ، أعقاب السجائر، الخشب، وتنتج هذه الملوثات عن وضع الأنابيب ومستوعبات الغاز مفتوحة وتعرضها لحطام البناء وللجو المحيط، لذلك يجب التأكيد على معيار NFPA الخاص بتغليف الأنابيب بعد تنظيفها ونقلها وإنزالها من قبل مزود الغاز المعتمد.

ومع هذه الإجراءات الموضوعة والقيود المفروضة من قبل المعايير المحددة والهيئات والمنظمات المعنية بالأمر لا يزال هناك وجود ملوثات للغازات الطبية غير موثقة مما استدعى بعض الولايات في الولايات المتحدة الأمريكية مثل ولاية كاليفورنيا وخصوصاً بعد زلزال سيلما عام 1971 والذي أحدث انهيار لأنظمة الغازات الطبية في بعض المشافي نتيجة عدم تدعيم كافي لشبكة أنابيب الغازات الطبية مما أدى إلى وفاة العديد من المرضى نتيجة عدم وصول الغازات الطبية الكافية واللازمة لهم.

قامت ولاية كاليفورنيا بوضع نظام قضائي خاص بالـــ MGVS و MGPS في عام 1993 واعتمادها مقاولين مصدق عليهم و 318 مفتش معتمد لأنظمة الغازات الطبية للقيام بالإشراف على الأنظمة وتفحصها والتدقيق على عمل منفذي الشبكة في كل مرحلة من مراحل بناءها، كما أنها عينت مهندساً خاصاً لتقييم خطط MGVS و MGPS يشترط به الإلمام بعلوم الخدمة الحيوية إضافة إلى العلوم الهندسية اللازمة لإتمام العمل بما يضمن تزويد المرضى بغازات طبية ذات جودة عالية، والتشديد على عدم الاعتماد على المهندس المعين على المقاول أو متعهد البناء فيما يخص شبكة الأنابيب من حيث إعطاء الرخص لبناء وعمل الشبكات كما يحصل في كثير من الولايات الأخرى مما يدل على وجود نقص في السلطات المسؤولة عن تنسيق وتنفيذ المعايير المحددة وهذا يؤدي إلى وجود أخطاء في التصميمي والبناء والتنفيذ وعدم فحص لشبكة الأنابيب إضافة إلى عدم وجود شهادات مصدقة ومعتمدة لضمان الوصول إلى شبكة غازات نظيفة وعقيمة تقوم بإيصال غازات آمنة وصحية للمرضى.

بالإضافة إلى ما ورد فقد وضع Moss في دراسته لائحة بقائمة الملوثات العامة وهي: الشوائب المعدنية مثل التفلون، ثاني أكسيد الكربون، الزيت ومشتقاته، المذيبات الهالوجينة، الميتان، أول أكسيد الكربون، فلور الهيدروجين، أكسيد النحاس، كربونات النحاس، أكسيد الحديد، حبيبات الرمل، قطع الخشب، بلورات الصوديوم، الكلور، غبار التجفيف، الألياف، الألدهيدات، الماء، الرائحة.

* كانت دراسة Moss شاملة لكثير من النقاط الأساسية من حيث تصنيف مصادر التلوث الحاصل للغازات الطبية ووضع بعض الحلول للحد من هذه الظاهرة وإن كان بعضها مقترحات للتنفيذ في المستقبل وضع قائمة بأنواع الملوثات العامة والموثقة في المعايير المحددة.

التأكيد على ضرورة رفع مستوى الوعي والفهم للعاملين في مجال الغازات الطبية ضمن المشفى لرفع سوية العمل الواجب تنفيذه بهدف إيصال غاز نظيف وآمن.

العمل بالتنسيق مع السلطات المسؤولة والمختصة لوضع قوانين تفرض إجراءات وثوقية معتمدة من قبلهم بما يخص العمل في نظام شبكة الغازات الطبية بدءاً من مصنعي الأنابيب ومصنعي الغازات الطبية إلى مسلميها خلال البناء لأي مشفى والإشراف عليها في مكان البناء إلى المهندسين المسؤولين عن استلامها وتركيبها والتدقيق على منفذي الشبكة بكل تفاصيلها وكل العاملين عليها وعدم إشراك أي شخص بأي عمل يمت لشبكة الأنابيب إن لم يكن موثق ومعتمد من قبل السلطات المسؤولة لضمان معرفته بالمعايير المحددة من جهة ولتحمله المسؤولية القانونية في حال حدوث خطأ من جهة أخرى.

إلا أن دراسة Moss كانت نظرية ولم تغني هذه المواضيع بتجارب عملية لإثراء البحث وربط هدف الدراسة بالواقع الحاصل في المشافي، إضافة إلى أنها كانت دراسة عامة حول التلوث الحاصل للغازات الطبية ولم تتخصص أو تركز على نوع واحد من الملوثات.

- **اهتمت الدراسة التي قام بها مجموعة من الباحثين ضمن منظمة الغازات الصناعية الآسيوية AIGA بالتعاون مع جمعية الغازات الصناعية الأوربية EIGA[27]**

باعتبارات التصميم لتخفيف المخاطر الأساسية للسموم عند استخدام مواد غير معدنية في أنظمة التنفس مثل البلاستيك، المطاط، وشحوم التزييت حيث من الضروري تواجد هذه المواد غير المعدنية في الصمامات والمنظمات وصمامات عدم الرجوع والأنابيب المرنة الموجودة ضمن شبكة الغازات الطبية والتي من الممكن أن تشتعل نتيجة ارتفاع درجة الحرارة أو ارتفاع الضغط مطلقة بذلك مواد سامة تحرر بشكل بطيء أو تؤدي إلى تحلل بعض المواد غير المعدنية ببطء وبدورها تصل للمريض مسببة بذلك إصابة أو موت في بعض الحالات لذا من الضروري منع هذه المنتجات السامة من أن تتولد وذلك باختيار مناسب للمواد المستخدمة لتكون أقل اشتعالاً وأقل سمية في حال حدوث اشتعال، مما استدعى إلى وضع اعتبارات حازمة تُعنى بالسلامة في بلدان مثل فرنسا واليابان والتي تهتم بتجنب الحوادث الناجمة عند استخدام مواد غير معدنية حيث تؤخذ أربع أمور أساسية كقوانين وتشريعات أساسية ينفذها المصممون لأنظمة الغازات الطبية أساساً في عملهم وهي:

1- تصميم النظام:

يجب عند تصميم نظام الغازات الطبية التقيد بمعايير محددة مثل ISO 21010 ASTMG88-90 وهما دليل المعايير للأنظمة وتصميم خدمة الأكسجين و ASTMG 88-9-99 دليل معايير لتقييم المواد غير المعدنية لنظام الأكسجين و CGAV-A منظمة الغاز المضغوط لصمامات اسطوانات الغاز المضغوط والتي جميعها توصي بالانتباه للعوامل التالية عند التصميم:

• إمكانية تأكسد الغاز أو مزيج الغاز.

• فوائد ومساوئ استخدام فلاتر في نظام الغازات الطبية من حيث ضرورة تنقية الغاز الطبي من جهة والانتباه إلى تراكم الجزيئات والأوساخ مما يؤدي إلى تلوث.

• تحديد نوعية ونمط وموقع المواد غير المعدنية.

• القدرة على تنظيف النظام ومتابعة الصيانة بشكل دائم.

• وجوب التحقق من المعدات المستخدمة في النظام في حالات الضغط الأعلى من (30 bar)بأنها قادرة على مقاومة الضغط الثابت عند درجات الحرارة وعند ارتفاع تدفق الغاز ذو الاتجاه الواحد خلال تشغيل النظام.

• ضرورة اختبار الصمامات والمنظمات وصمامات الفحص والخراطيم المرنة غير المعدنية عند الضغط العالي ودرجة الحرارة الثابتة وهو ما يسمى بالضغط الأديباتي.

• أثبت استخدام المواد غير المعدنية نجاح وقدرة عالية في أنظمة الغازات الطبية في حالات التسريب مما يعزز الأمان والسلامة مقارنة مع المواد غير المعدنية مع المواد المعدنية حيث أن المواد غير المعدنية لديها درجات اشتعال أوتوماتيكية أخفض لذلك عند استخدامها في أنظمة الضغط العالي للأكسجين تسبب مشاكل لذلك يجب تحديد نوع وكمية البلاستيك، والمواد اللاصقة وزيت التشحيم بعناية وحرص.

• وضع المركبات البلاستيكية والمطاطية بعيداً عن تدفق الغاز قدر الإمكان وذلك لخلق منطقة سطحية باردة إضافية مجاورة للمركبات البلاستيكية الخطرة لتقلل من خطورة الاشتعال عند الضغط الأديباتي.

• ضرورة استخدام زيوت التشحيم مطورة بشكل محدد بالحد الأدنى العملي ويجب التحكم بها عن قرب خلال إنتاج المعدات باعتباره مصدر أساسي لحدوث احتراق باعتبار أن نظام الأكسجين يحتوي بشكل طبيعي مركبات الفلورين والكلورين.

2- نظافة النظام:

• يجب أن تكون أنظمة الغازات الطبية نظيفة قبل الاستخدام الأولي وخلال الخدمة.

• لا يستخدم كلور و فلور الكربون [CFC_S] وبعض المواد المذيبة لأنها تشكل خطورة على نظام شبكة الغازات أكثر من الزيوت والشحوم.

• يجب استخدام محاليل متناسبة مع نظام الغازات الطبية وخصوصاً نظام الأكسجين الطبي والتأكد من إزالتها بشكل كامل قبل استخدام النظام نظراً لأن معظم المحاليل المستخدمة هي مواد سامة بحد ذاتها مما يرفع من إنتاج السمية في النظام.

3- مخاطر السموم المتصلة مع تحليل المواد غير المعدنية:

• عند قيام مصممو نظام شبكة الغازات الطبية باختيار المواد غير المعدنية الداخلة في تركيب النظام يتم اختيار مواد ذات درجة حرارة احتراق عالية نظراً لأن الحرارة الزائدة تؤدي إلى تسخين المواد غير المعدنية لتصبح قابلة للاشتعال بسرعة أكبر.

• تنتج المواد غير المعدنية التي تحتوي نتروجين أو كبريت منتجات محترقة أقل سمية من المواد غير المعدنية المحتوية على الفلور أو الكلور مثل بولي كلور ثلاثي فلوروتين (PCTFE) وبولي فلور ثلاثي فلوروتين (PTFE).

• تتناسب كمية الاحتراق أو التفكك السام من الوزن المعطى للمادة مع نسبة وزن الفلورتين أو الكلورين أو النتروجين أو الكبريت في المادة.

• تنتج الهيدروكربونات الحاوية على الكربون والهيدروجين وذرات الأكسجين أثناء احتراقها على ماء وثاني أكسيد الكربون وأول أكسيد الكربون مما يؤدي إلى وصول جرعة تركيز عالية ذات سمية عالية للمرضى.

• عند القيام بصيانة نظام شبكة الغازات الطبية يجب الحرص لضمان تحديد نسبة شحوم التزييت بالحد الأدنى اللازم للاستخدام.

4- تحليل مخاطر السموم:

• يجب أن يتضمن تحليل الخطر: التقييم وتطبيق المتطلبات والطـرق لإدارة المخـاطر لأنظمـة الغازات الطبية وفقاً لـ ISO 14971:2000

• يجب على مصممو شبكات الغازات الطبية تقييم خطورة الاشتعال أثناء التصميم مقابل السمومية الممكن حدوثها عند احتراق أو تفكك المواد غير المعدنية المستخدمة في تنفيذ شبكة الغازات الطبية.

• الانتباه إلى الحرارة المتولدة من التدفق الجزئي والضغط السريع عند النهايات الميتة في أجـزاء من شبكة الغازات الطبية للحد من رفع درجة حرارة نظام الغازات الطبية.

•عند الأخذ بعين الاعتبار كلاً من المتطلبات الميكانيكية لخدمة شبكة الغازات الطبية وسميتها عنـد الاحتراق يكون اختيار المواد غير المعدنية نتيجة لمتطلبات متناقضة إما باستخدام مادة أقل احتراق بسمية أكثر أو استخدام مادة سهلة الاحتراق بسمية أقل.

• فرض إجراءات حازمة لضمان جودة المواد المعدنية وغير المعدنية المستخدمة فينظـام شـبكة الغازات الطبية لتطابق المواصفات القياسية للحد من مشاكل التلوث والاحتراق.

*كانت الدراسة جيدة من حيث تخصيص البحث عن مصادر التلوث للغـازات الطبيـة وحصـره بمحور واحد وهو استخدام المواد غير المعدنية إلا أنها كانت نظرية ولا تحوي دراسة علمية تغني الموضوع.

3-5 الدراسات المرجعية المتعلقة بصيانة شبكة الغازات الطبية:

نظراً لضرورة الاهتمام بشبكة الغازات الطبية ومعداتها، باعتبار أنها تشكل مصدراً مـن مصـادر التلوث والذي يتوجب على الباحثين العمل بجد لتقصي أسباب حدوث هـذا التلـوث والحـد مـن استمراره لما يودي بأضرار جسيمة على الأجهزة الطبية وسلامة المرضى وصحتهم. فقد اطلعنـا على عدة دراسات وأبحاث تتعلق بمجملها بموضوع سلامة وأمن المرافق الصحية وشبكات الغازات المتواجدة فيها.

- **في دراسة قام بها Kandi [28] لوضع خطوات عملية بهدف القيام بصيانة نقاوة تدفق الغاز** لصالح المختبرات الأمريكية،حيث أكدت الدراسة أن أنظمة الغازات الطبية بما تحويه من مصادر حصول على الغازات ومنظمات وأنابيب ومزودات وفلاتر ووصلات وحبسات وصمامات كـل

هذه المعدات من الممكن أن تكون مصدر من مصادر التلوث الخاص بها والذي يؤدي إلى ضرر في الأنابيب والغاز، هذه المشكلة استدعت المستخدمين إلى شراء معدات غالية الثمن للحصول على نقاوة بدرجة أعلى، لذلك قامت الدراسة على محاولة بناء نظام إدارة للغازات الطبية يقوم بإزالة التلوثات قبل حصول الضرر ووضع مؤشرات وحساسات للتلوث ضمن بناء شبكة الغازات الطبية تنبه المستخدمين للتلوث عند بداية حصوله وتحدد نوع التلوث.

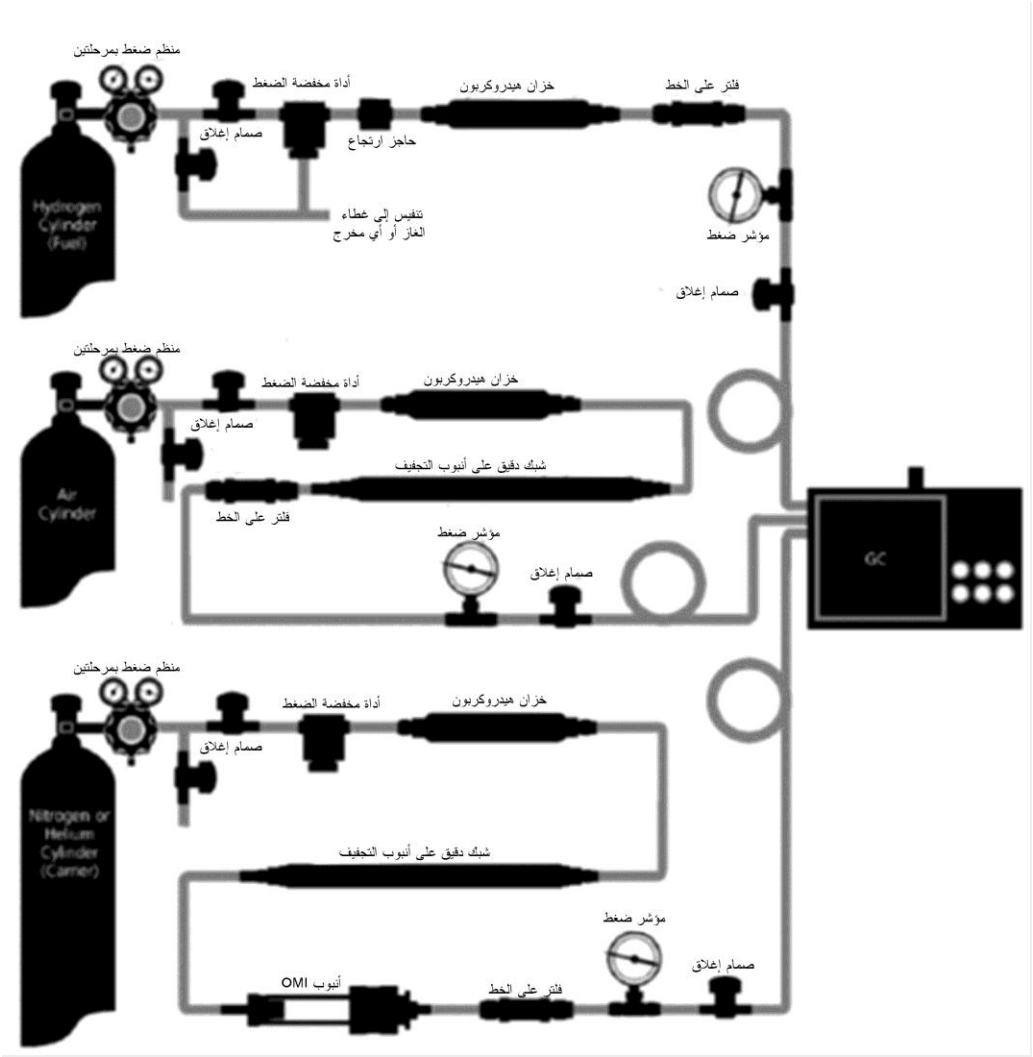
وضعت الدراسة عشر خطوات عملية رئيسية بهدف تجنب التلوث الحاصل لشبكة الغازات وهي:

1- اختبار درجة نقاوة الغاز الصحيحة وتحديد مستوى النقاوة:

يعتبر الفحص الدوري للغازات الطبية من الأمور الهامة الواجب تطبيقها على أنظمة الغازات الطبية لضرورة التأكد من صلاحية هذه الغازات للاستخدام البشري ومطابقتها للحدود العالمية والمعايير المحددة، يتم الحصول على نتائج الفحص الدوري للغازات باستخدام جهاز الكروماتوغرافيا GC والذي سنورد شرحه في الفصل القادم.

ومن المعتقد أن الغازات النقية بدرجة عالية من النقاوة لا بد من أن تعطي نتائج تحليل جيدة ولكن عند مرور الغاز ومهما كانت درجة نقاوته في نظام تحليل غير نظيف سيؤدي ذلك إلى تلوثه أما عند مرور الغاز الطبي بنظام تحليل نظيف فسيصبح القائم على تحليل الكروماتوغرام قادر على تحديد وكشف المستويات الدنيا من التلوثات، وكما هو مبين في الشكل (3-3) آلية توصيل اسطوانات الغاز المراد تحليلها إلى جهاز فحص الغازات GC.

ومن الملوثات الرئيسية التي يتمكن جهاز الـ GC من كشفها هي: الأكسجين، الرطوبة، هيدروكربونات، حيث يظهر وجود هذه الملوثات إلى ذروات غير مرغوب بها في شهادة التحليل، كما أنها تقصر من عمر العمود إن كانت بنسبة عالية. لذلك من الضروري العمل على عدم اختلاط الهواء الخارجي مع الغازات الموجودة في اسطوانات الغاز نظراً لأن هذه الملوثات موجودة افتراضياً في الهواء الخارجي.



الشكل (3-3) آلية وصل اسطوانات الغاز مع الـــGC[28]

2- تجنب التلوث خلال تغيير الاسطوانة:

يحدث التلوث غالباً عندما يحدث كسر بيد وصلة الاسطوانة ومنظم الضغط الموصول بـــه، فعنـــد فصل الاسطوانة عن المنظم فالضغط الجوي يسمح للهواء الخارجي بالدخول إلى داخل الاسطوانة، وبذلك يجب مراعاة احتواء أنظمة الغازات الطبية على تصميم مناسب يكون هدفه الرئيسي تقليـــل نسبة الملوثات باحتوائها ومن ثم طرحها من خلال عملية الحجب واستخدام الصمام المشحوذ الـــذي يمكن أن يحتوي ويزيل المستويات الدنيا من الملوثات خلال عملية صيانة نظام شـــبكة الغـــازات الطبية، إضافة إلى عدم إدخال زيت تشحيم والقيام بفحص الصمام من فتحته للحفاظ علـــى ضـــغط النظام خلال تغيير الاسطوانة،

3-استخدام منظم الضغط الصحيح:

يجب استخدام منظمات ضغط ذات مرحلتين بدلاً من المنظمات ذات المرحلة الواحدة والتي باستخدامها يمكن أن تقلل من ضغط الشبكة، كما يجب أن لا تحتوي المنظمات على شحوم أو مادة التفلون كما هو موضح في (CGA).

كان من المعروف أن استخدام منظمات بستانلس ستيل هي الأنسب ولكن حديثاً وباعتبارات تفرض الحصول على درجة نقاوة أعلى فيجب استخدام منظمات حجاب باعتبار أنها تستطيع امتصاص الملوثات ومن ثم تقوم بطرحها خارج النظام، ويحتوي جسم المنظم على حجرة تختزن الغاز ومزودة بقفل وجسم مدمج لمعرفة دخول الملوثات بنفس الوقت الذي تطلق فيه.

4- تنصيب منظمات الاسطوانة الصحيح:

تزن معظم المنظمات 8Ib مما يصعب عملية التعامل معها خلال تغيير الاسطوانة، فإذا كان وزن المنظم غير مدعم بشكل كافي فالأنابيب سوف تكسر أو تشقق مما يؤدي إلى حدوث تسريب وبالتالي دخول الملوثات إلى النظام، مما استدعى تنصيب المنظمات على سكك حديدية محمولة على الحائط كما هو مبين في الشكل (3-4) حيث يوضح وضع المنظمات على هذه السكك وإلصاقها بالحائط لتفادي وضع الوزن الكامل للمنظم على مخرج الاسطوانة.



الشكل (3-4) تنصيب المنظمات[28]

5- اختيار الأنابيب المناسبة:

يجب استخدام أنابيب من النحاس الصافي أو من مادة الستانلس ستيل، حيث يقوم المستخدمون بشراء الأنابيب الصحيحة ولكن يحدث التلوث أثناء التركيب من عدة مصادر منها:

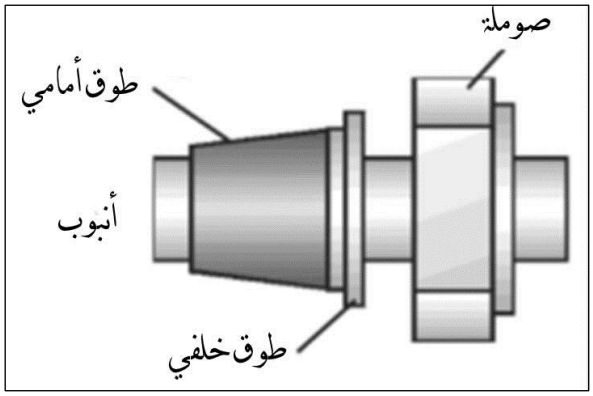
• تزييت الأنابيب لجعلها سهلة التركيب إلا أن هذا الأمر سيزيد من نسبة الهيدروكربونات الملوثة لنظام شبكة الأنابيب.

• تزييت القطاعة لجعلها سهلة الاستخدام مما يؤدي إلى زيادة الهيدروكربونات في النظام لذلك يجب استخدام قطاعة خاصة ومناسبة وخالية من الشحوم، كما يجب تنظيف الأنابيب بعد قطعها.

6- التركيب الصحيح للوصلات ونقاط اللحام:

بالنسبة لمزودات الضغط يجب أن تكون قطعتي العزقات المستخدمة من نفس المادة مثل الأنابيب كمثال: وضع وصلة نحاسية على أنبوب ستانلس ستيل لن يحقق إحكام مغلق مما يؤدي إلى حدوث تسريب وبالتالي دخول ملوثات غير مرغوب في أنظمة شبكة الغازات الطبية حيث يكون جريان الغاز مستقر فالتسريب يحدث تخلية وهذه التخلية تمتص من الغلاف الجوي الحاوي على ملوثات مثل الأكسجين والرطوبة والهيدروكربونات، إضافة إلى ذلك وجود تجهيزات أو وصلات موسعة أو فضفاضة نوعاً ما يسبب تسريب للنظام أيضاً.

ولكن في كثير من الأحيان يبالغ التقنيين في شد الوصلات بإحكام شديد مما يؤدي إلى تحطمها مسبباً بذلك كسرها ودخول الملوثات إلى نظام شبكة الغازات الطبية، لذلك يجب أن تُشد الوصلات وفقاً لمواصفات المنتج فقط كما هو مبين في الشكل (3-5) حيث يوضح وصلات تم إعادة تصنيعها بهدف التقليل من دخول الملوثات إلى نظام شبكة الأنابيب.



شكل (3-5) وصلات معدات التصنيع بموافقة Sigma-Aldrichco [28]

ووصفت الدراسة حلول مناسبة من أجل الوصول إلى الهدف وذلك باحتواء النظام على وصلات نحاسية مصنعة من نحاس لا يتغير مع تغيير الظروف الخارجية، ويتم توصيل سلسلة الأنابيب

المربوطة باستخدام فقط شريط من مادة التفلون دون استخدام زيوت تشحيم أو سير.وضرورة تنفيذ اللحام الدائري كبديل قابل للنجاح لخلق وصلة دمج معدن بمعدن.

7-استخدام مسننات مرنة صحيحة (flexible pightails):

تتوضع هذه المسننات في مخارج الوحدات الطرفية لشبكة الغازات الطبية خلف الجدران حيث أن وجودنواةالتفلون في مخارج الوحدات الطرفية يسمح للجزيئات الصغيرة مثل الهيليوم والهيدروجين للتسلل عبر الجدار إلى داخلها مما يؤدي إلى دخول تلوث إلى الغازات المارة عبرها وتقديمها للمريض مباشرة، إضافة إلى تعرض أكثر من 10% من الغاز للتلف، لذلك وباعتبار أن التفلون هو أحد ملوثات الغازات الطبية توجب استخدام مسننات مرنة محكمة بنواة ستانلس ستيل للحد من هذا التسريب.

8- اختيار الصمامات الصحيحة:

من الصمامات الشائعة الاستخدام في أنظمة تزويد الغاز: صمامات كروية، صمامات إبرية، وصمامات حجاب diaphragm packless.

تعتبر الصمامات الكروية الأكثر انتشاراً نظراً لأنها مزودة بمؤشرات مرئية تظهر حالة الفتح والإغلاق ولكنها غير مزودة بنظام إغلاق إيجابي وفعال ينبه عند مرور الهيليوم أو الهيدروجين كما أنها تتطلب التشحيم عند تركيبها ما ينتج عنه ملوثات للنظام، أما الصمامات الإبرية فتكون مزودة بمنظم تدفق الغاز وهذا يضع إمكانية حدوث التلوث من طاقة الغاز المخزون من جهة ومن الشحوم المستخدمة في منظم التدفق الخاص بها.

أما الصمامات الأفضل في الاستخدام هي صمامات حجاب لاحتوائها على حواجز معدنية متعددة لا تحتاج التشحيم وقدرتها على فحص تسرب مرور الهيليوم إلى داخل أنظمة الغازات الطبية.

9- وضع نظام لتغيير الاسطوانات:

يتطلب تغيير الاسطوانة حسب المختصين إلى وقت طويل بمعدل (4 ساعات) لإعادة الاسطوانة إلى الوضع الصحيح، ولكن هذا الوقت الطويل يسمح بدخول الملوثات إلى داخل الاسطوانة خلال عملية التبديل، بينما إذا اتخذت الإجراءات الوقائية السابقة الذكر فإنها تضمن بتقصير وقت تبديل الاسطوانة إلى (30 دقيقة)، كما أن نظام التبديل اليدوي للإسطوانات يستدعي إبقاء الاسطوانة عند

ضغط (500psig) أثناء تغيير الاسطوانة واحتمالية إبقاءها عند انتهاء العمل لتفـادي تمديـد وقـت إضافي.

لذلك كان لا بد من وجود نظام تبديل ألي يسمح بخدمة غير متقطعة للنظام وتوفير الوقت حيث يتم تلقائياً بتبديل الاسطوانات من طرف إلى آخر بشكل تلقائي كما هو مبين في الشكل (3-6)، عنـد حدود دنيا للضغط عند (150psig).



شكل (3-6) نظام التبديل الآلي [28]

حيث يبحث المصممون لهذا النظام عن منظمات خالية من زيوت التشحيم ووضـع آليـة لفحـص الصمامات بشكل دوري واختيار مناسب لصمامات الفتح والإغلاق.

10- استخدام الفلاتر الداعمة:

هناك ثلاثة أنواع للفلاتر الداعمة:

أ- فلاتر امتصاص سطحي.

ب- فلاتر امتصاص كيميائي.

ج- فلاتر مؤشرات امتصاص كيميائي.

ونظراً لأنه عند استخدام بعض أنواع الفلاتر يؤدي إلى ظهور شوائب، فلا بد من توضيح عمل هذه الفلاتر السابقة.

10–أ فلاتر الامتصاص السطحي:

عندما تصل نسبة إشباع هذه الفلاتر (40-60%) أدى إلى ظهور ملوثات في الغاز وبخار الغاز وعندما تشبع بشكل كامل فإن هذا الفلتر يطلق معظم ملوثاته في النظام. لذلك تعتبر هذه الفلاتر هي الاختيار الأسوأ لنظام شبكة الغازات الطبية.

10–ب فلاتر الامتصاص الكيميائي:

يلتقط فلتر الامتصاص الكيميائي الملوثات ولكنه لا يستطيع التخلص منها لذلك نحتاج لوضع فلاتر من هذا النوع على جهتي الصمام لمنع دخول التلوث.

10–ج فلاتر مؤشرات الامتصاص الكيميائي:

يغير الفلتر ذو المؤشر الامتصاص الكيميائي لونه عند امتصاص الشوائب وهذا ينبه الفنيين بمؤشرات مرئية عند حدوث تلوث وتحديد لأي نوع من أنواع الشوائب ومتى يجب تغيير الفلتر عند النظر إليه باعتبار أن الفلتر يتغير لونه من الأعلى إلى الأسفل عند دخول الشوائب من مصدر الغاز ومن الأسفل إلى الأعلى عند كشف الملوثات من تدفق الغاز.

وأخيراً شددت الدراسة إلى وجوب استخدام نظام تزويد غازات طبية جيد مما يعطي ثبات أكثر لنظام الغازات الطبية ويقلل من الأعطال المحتملة مما يؤدي إلى انخفاض التكلفة المخصصة لعمل مثل هذه الأنظمة، لذلك يسعى المهندسون لوضع طرق تركيب للحصول على غاز نظيف قدر الإمكان لإطالة عمر الشبكة وتطبيق هذه الخطوات أثناء تنفيذ الشبكة لأن الغاز النقي يلّوث عند مروره في شبكة غازات وسخة.

*كانت الدراسة جيدة وواضحة وتناولت موضوع تلوث الغازات الطبية بقدر من التخصص بأدق التفاصيل الممكنة للوصول إلى نظام غاز طبي خال من التلوث.

- **الدراسة التي قدمها مكتب أمن الصحةالأمريكي[29] لوضع معايير محددة لشبكة الغاز الطبي ونظام التخلية عام 2002**

تهدف الدراسة إلى وضع إجرائيات محددة لفحص واختبار كل نظام من أنظمة شبكة الغازات على حدا وكان السبب في وضع تلك المعايير التسرب الحاصل من أنظمة الغاز الطبي المضغوط مما استوجب تزويد الشبكة بصمامات الوحدة النهائية وهي صمامات سلامة وحساسات الضغط، وعزل

نظام التزويد عن خطوط الأنابيب والتقليل بقدر الإمكان من وصلات أنظمة الأنابيب، ووجوب تفحص خطوط الأنابيب على طول خط الشبكة والمقاطع المختلفة للأنابيب، بالإضافة إلى تغليف كل مآخذ الوصل بين الأنابيب وتنفيذ الاختبارات اللازمة على قطاعات خط الأنابيب.

تخص هذه الإجرائيات الواردة نظام فحص شبكة الغاز ونظام التزويد ونظام الإنذار وتركيب شبكة الغاز الطبية وعمليات التطهير والتقنية بغاز محدد وفحص الأنابيب وأخيراً مخارج الغاز الطبي وسنورد في هذهالفقرة بعض من هذه الإجرائيات والتي تهدف إلى وضع حد لأسباب التلوث الحاصل من شبكة الغازات الطبية.

1- إجرائية فحص نظام شبكة الغاز:

- يتم وصل جهاز الضغط مع الأنابيب وكذلك حساسات الضغط وصمامات الأمان.
- تعبئة الأنابيب بالغاز الكاشف عند ضغط اختبار محدد.
- فصل وإزالة مزود الغاز.
- تسجيل درجة حرارة الغرفة وخط الغاز مبدئياً في بداية الاختبار ومرة ثانية عند نهاية الاختبار.

2- إجرائية فحص نظام التزويد:

- عند وصل وتركيب أنظمة التزويد إلى مزودات الطاقة العادية يجب التأكد من جهوزيتها الكاملة.
- يجب فحص كل جزء من أجزاء النظام الوارد من الشركة المصنعة للتأكد من سلامة الوظائف المتوجب القيام بها وتحديد بارامترات التشغيل.
- وجوب إظهار نظام التزويد لمؤشرات عند تشغيل مزود الطاقة الأساسية.
- وجوب فحص كل وصلات أنابيب الشبكة للتأكد من عدم وجوب تسريب أثناء التشغيل العادي عند ضغط التشغيل.
- ضرورة فحص الضاغط المصنع من الشركة من التسريب خلال العمل العادي والاستدلال على التسريب بظهور فقاعات مقبولة.
- التحقق من كل صمام أمام لضمان قدرة التشغيل وتوافق ضبط الضغط مع مواصفات العقد.
- التحقق من الشهادات المزودة مع كل صمام.

– يجب اختبار الغاز المزود من أجل الكشف عن التلوثات وخصوصاً عند مرور فترة زمنية قبل أن يُشغل النظام.

فإذا كان الاختبار جيد يتم تعبئة النظام بالهواء الطبي ويترك عند ضغط توزيع شبكة الغازات.

3-إجرائية اختبار نظام الإنذار:

– التحقق من التغيرات الحادثة لنظام الإنذار المتوافقة للتغيرات التي تحدث لشبكة الغازات.

– تطبيق الضغط على نظام شبكة الأنابيب محلياً.

– التأكد من عمل نظام التخدير من مصدر الطاقة الرئيسي.

4- إجرائية التطهير والتعبئة بغاز محدد:

يجب تنفيذ الخطوات التالية قبل عملية التطهير والتعبئة بغاز محدد:

– تملأ كل الأنظمة بغازات محددة في نفس الوقت.

– تكمل كل الاختبارات والإجرائيات السابقة بطريقة مقنعة وجيدة.

– وصل كامل نظام شبكة الأنابيب لمصدر التزويد.

– فصل مصادر غاز الاختبار.

– إزالة الوصلات الخاصة والاسطوانات من الموقع.

بعد تنفيذ الخطوات التالية نستطيع تطبيق الإجرائيات التالية:

– ملء كامل نظام شبكة الأنابيب بضغط توزيع الأنابيب (ماعدا أنظمة التخلية).

– القيام بتطهير كل وحدة نهائية بحجم معروف من الغاز مساوي لحجم شبكة الأنابيب المختبرة.

– بالنسبة لأنظمة التخلية التطهير غير ضروري.

– ترك كل نظام عند ضغط توزيع الشبكة مع نظام تزويد متصل به.

5- إجرائيات تركيب شبكة الغازات الطبية:

تلعب نوعية أنابيب الغازات الطبية دوراً هاماً في رفع سوية أداء شبكة الغازات الطبية، ويتم تصميم هذه الأنابيب لتخدم متطلبات توزيع الغازات الطبية في المشافي بصنفيها توزيع الضغط العالي والضغط المنخفض.

لذلك قبل تركيب شبكة الأنابيب المعتمدة لا بد من تطبيق إجرائية تنظيف الأنابيب كما يلي:

- تنظيف الأنابيب بهواء طبي نقي.

- استخدام بخار الغاز لتنظيف الأنابيب من الداخل.

- استخدام مادة منظفة حارة لغسل الأنابيب من الداخل.

- استخدام سائل عضوي طري للتنظيف وأخيراً يجب تحمل المسؤولية الأخيرة للتأكد من تنظيف الأنابيب.

وبعد تطبيق الإجراءات السابقة في التعامل مع الأنابيب يتم وصل الأنابيب النحاسية بدرجات حرارة (600-700)°C باستخدام لحام من النحاس والفسفور بنسبة 7% من الفضة والانتباه لعدم تعريض مادة الوصل إلى الحرارة الزائدة لضمان عدم حدوث أي تغيير في بنيتها التركيبية المتلائمة مع الأنابيب أما الإجرائيات الخاصة والواجب تطبيقها لتركيب أنابيب شبكة الغازات الطبية فهي:

• عندما تكون الأنابيب مخفية في الجدران أو الأبنية فيجب أن تمر في أقنية أو أنابيب حماية قاسية أو قنوات معدنية وتغطى بغطاء مناسب ومدهون لتطهر وكأنها متصلة مع الجدران.

• يجب أن يختار مسلك الأنبوب بحيث لا تصله عامة الناس أو عند حركة مرور لئلا يتعرض للضرر أو التخريب من معدات النقل أو عربات النقل لذلك يجب أن تكون على ارتفاع 2m وتكون محمية بقنوات معدنية أو اسمنتية.

• تصف عدة أنابيب بقياسات مختلفة جنباً إلى جنب بحيث تكون المسافة الموضوعة ملائمة لأنبوب القياس الأصغر يُمكن استخدامها للأنابيب الأكبر.

• يجب وضع الأنابيب المارة في الأسطح والأقبية في منصات كابلات وتركب هذه المنصات على بعد 150mm من قنوات أخرى ويتم إشراف هيئة الصحة العامة على وضعها وكيفية تنظيفها منعاً لحدوث أي ضرر فيها أو دخول أي من الجزيئات الصلبة أو الملوثات إليها.

6- إجرائية فحص مخارج الغازات الطبية:

- تتوضع المخارج على بعد 1,5m فوق مستوى سطح الأرض.

- عندما تنفذ الوصلات في المشافي فمن الضروري مطابقة مخارج الغاز الطبي لمماثلاتها جاهزة الاستعمال.

– يجب أن تكون المزودات والمخارج من نفس المزود عبر المشفى بكامله.

– يجب أن تبدل نقاط المخرج لكل تراكيب المشافي الجديدة بشكل مستمر بحيث تضمن مضـــاعفة سريعة لأنواع معزولة ذاتياً بوصلات مشابهة لمخارج Heyer.

– استخدام صمام الفحص لنقاط المخارج من نقطة مخارج اختيارية.

– يجب أن تتلاءم البروبات مع المخارج فلكل مخرج بروب خاص به يلون سطح الغطاء المخرج بنفس لون البروب.

– الانتباه إلى وضع البروب الصحيح إلى صمام الخرج الملائم له، حيث من غير الممكن إدخـــال بروب أكسيد النيتروز لمخرج أكسجين أو العكس.

– نحدد كلاً من البروبات والمخارج بأشكال واضحة وملونة بشكل دائم وتحدد مواصفاتها من قبـــل SABS.

– كتابة على مخرج كلمة: Oxygen, Nitrous Oxide, Vacuum, Air low

وتوافق من إدارة الصحة قبل التركيب: Pressure, Air High pressure

أيضاً الكتابة على كل بروب وبشكل دائم وواضح لتحديد الخدمة: O_2,N_2O,Va,Air

– وجوب عنونة كل مخرج بوضعه على إطار بلاستيكي سميك بأبعـــاد (30x10x4mm) ومثبـــت ببرغي بالجدار وموضوعة مجاورة للمخارج وتوضع العنونة اسم الغاز واللون المخصص له حسب الكود.

– يزود مدير المشروع إدارة المرافق بتفاصيل كاملة لمواقع كل المخارج المتشابهة وأي من هـــذه المخارج خارج الخدمة وتوثيقها بوصفها في قوائم خاصة بتركيب المخارج الجديدة لحين استبدالها وذلك لمنع حدوث أي خطأ وارد من تشابه الغازات أو استخدام مخارج غير صالحة لئلا تؤدي إلى أذى المريض والجهاز المستخدم عليه.

* كانت الدراسة جيدة حيث اطلعنا من خلالها على كيفية تطبيق الاجراءات المتخذة في التعامل مع شبكة الأنابيب والعمل على تطوريها وتحديثها من حيث تطبيق تلك الاجراءات وتحديثها للوصـــول إلى الحل الأمثل الذي يلغي حدوث أي تلوث للغازات الطبية يكون ناتج أو متعلق بشبكة الأنابيـــب وتفاصيلها.

3-6 الدراسات المرجعية المتعلقة بالبرامج التي تهدف لرفع جودة الغـازات الطبيـة المقدمة في المشافي:

نظراً لأن فحوصات دورية مستمرة تتم للغازات الطبية في المشافي،فإن الدراسات الحديثة المتعلقة بالغازات الطبية والتلوثات الحاصلة لها تتجه إلى ضرورة تطوير وسائل العمل في هـذا المجـال باستخدام التقنيات الحديثة من وضع برامج لإدارة جودة الغازات الطبية المقدمة للمرضـى وخلـق رؤية جديدة للحد من التلوثات الحاصلة للغازات الطبية.

- **في دراسة قام بها Casey ومجموعته[30] لنشر قضايا السلامة الصحية**

في المشافي والمراكز الصحية والعيادات المختصة بهدف رفع سوية التعاطي مع المشاكل الناتجـة عن تلوث الغازات الطبية من خلال إرشادات التطوير والتخصص في هذا المجال.

فقد قام فريق العمل المذكور بتأسيس نظام شامل لتقديم التقارير التي تهـدف لتعريـف المشـاكل والمضاعفات المتعلقة بأنظمة دعم الحياة الموصولة مع الغازات الطبية ومن ثم تحديد درجة خطورة هذه المشاكل وتوثيقها وتقييمها وذلك بإدخالها إلى قاعدة بيانات حاسوبية تتضمن كل قسم من أقسام المشفى مثل العيادات الخاصة بالتخدير والعيادات المختصة بقسم الأطفال والقلب المفتوح والزراعة ونقل الأعضاء، ليتم ربطها بعضها مع بعض من جهة ومع المرضى المتواجدين من جهة أخـرى ليصبح المريض على صلة مباشرة بمدير إدارة البرنامج الذي تم تسميته برنامج الخطورة، ولتحقيق العمل في برنامج الخطورة . تم تعيين أشخاص أكفاء لإدارة الخطورة تكون لديهم القـدرة الكافيـة على تدبير أمور الأخطاء الحاصلة، والتكييف مع المشاكل المحتملة لتقييم طبيعة هذه المشاكل، ومن ثم انتقاء الحلول اللازمة، والعمل على تطبيق هذه الحلول ليكونوا هم الأشخاص المسـؤولين فـي الدرجة الأولى فيما يخص الغازات الطبية الواصلة إلى المرضى لمتابعة تطبيقها بالشكل الصـحي والأمان للوصول إلى فعالية ذات درجة عالية.

وتم اختيار هؤلاء الأشخاص بعد إخضاعهم لفترة تدريب على برامج متطورة متخصصـة لفهـم ومعرفة الأمور المتعلقة بالغازات الطبية وشبكة الغازات الموجودة في المشافي ضمن ولاية أريزونا الأمريكية، وذلك لضمان شمولية النظام على كل الاختصاصات التـي تهـتم بالرعايـة الصـحية للوصول إلى درجة رضى المرضى للحد المرغوب به.

وكانت نتيجة الدراسة وضع برنامج شامل لإدارة الخطورة حيث يبين الجدول (3-5) أهداف البرنامج ومراحله.

جدول (3-5) أهداف برنامج إدارة الخطورة وخطوات العمل به[30]

أهداف البرنامج	خطوات العمل
الأهداف الأولية (تسعى لإمكانية التأثير الإيجابي على سلامة المريض)	1- التحقق من درجة رضى المرضى. 2- تحديد خطورة التعرض للغازات الملوثة. 3- تأسيس برامج تعليمية شاملة.
الأهداف الثانوية (تسعى للتأكيد على أهمية الغازات الواصلة للمرضى وتوثيق المشاكل الخاصة بها)	1- تطوير التوثيق وكتابة السجلات. 2- تعديل مواصفات الـ NFPA-99 3- تعديل تكاليف النقل الخطر لمعدات شبكات الغاز. 4- القيام بمراجعات وزيارات عينية ذات أهداف تخدم نظام الغازات الطبية في المشافي. 5- تسهيل المطالبة بالمطابقة والتعامل مع الإدارة لتفحص الأنابيب خلال البناء لتفادي مشاكل البناء الخاطئ من قبل مفتشين موثوقين ومعتمدين.

بعد تنفيذ برنامج إدارة الخطورة على مدار 70 شهر بدءاً من أيلول 1987 وحتى حزيران عام 1993، تم تقديم نتائج الدراسة بعد إجراء خطوتين أساسيتين هما:

1- حث وتشجيع موظفي العناية الصحية وموظفي إدارة الخطورة في المشفى والمختصين بمجال الغازات الطبية على تقديم تقارير حول أية مشكلة أو حدث غير عادي يحدث لشبكة الغازات الطبية أو عند استلام الغازات الطبية في المشفى من قبل المزود المعتمد، ليتم توثيق هذه المشاكل وتقييمها وإدخالها إلى قاعدة بيانات حاسوبية.

2- التأكد أن المرضى المعتنى بهم والموصولين على أجهزة دعم الحياة وبالتالي الذين هم على تماس مباشر مع الغازات الطبية من أنهم جميعاً على صلة شخصية أو عبر الهاتف أو البريد الالكتروني مع إدارة برنامج الخطورة لتوضيح هوية المشكلات أو المضاعفات والتي تتعلق برعايتهم الصحية في فترة تواجدهم داخل المشفى أو بعد خروجهم مما يسهل تقديم تقارير حول

ثقافتهم حول المضاعفات والأحداث غير المعتادة للحصول على المزيد من المعلومات والمساعدة على رفع درجة رضى المرضى.

تفيد نتائج البحث بأن الرقم الكلي لعمليات التخدير خلال فترة الـ 70 شهر هو (81,765) عملية تخدير تم تصنيفها إلى (60,336) عملية تخدير عامة و(21,429) عملية تخدير موضعية، وكانت المشكلات الموثقة للمرضى جراء تعاطيهم غازات طبية ذات جودة منخفضة مما أدى إلى حدوث مشاكل وضرر لدى المرضى في عمليات التخدير العامة هي (1959) مشكلة موثقة أي بنسبة 2,4% من الحالات أما في عمليات التخدير العامة هي (420) مشكلة موثقة أي بنسبة 2% من الحالات.

وتم وضع في الدراسة آراء مستقبلية فيما يخص شبكات الغازات الطبية:

1- وقف العمل بالغاز في المشافي خلال البناء أو عند توسيع نظام الغاز.

2- تحديد مشاكل الغازات الطبية المزودة من قبل المزود المعتمد وتحميل المسؤولية لمزود الغازات.

3- دراسة نظام الهواء الطبي.

4- العمل على وضع تحديثات لمعيار الـ NFPA.

5- الانتباه على العاملين في نظام الغازات الطبية من مصممين وبنائين ومفتشين ومتعهدين وفنيين ومخدرين ومهندسين وضرورة اعتمادهم بشكل موثق من خلال إعطائهم شهادات خبرة لرفع موضوع الرعاية الصحية.

* كانت الدراسة جيدة من حيث اطلاعنا على برامج جيدة مثل برنامج إدارة الخطورة للاستفادة منه والعمل على تطبيقه ووضعه بيد أيادي العاملين في مشافي في الجمهورية العربية السورية لرفع سوية الرعاية الصحية وربطها بالتقنيات الحديثة. إلا أنه في هذه الدراسة لم يتم مناقشة النتائج الواردة منها، إضافة إلى عدم توضيح المشكلات الموثقة الواردة سابقاً بشكل كافٍ للاستفادة منها وتفاديها، مع الانتباه إلى تدني نسبة المشكلات الموثقة مما يعني أن موضوع توثيق مشاكل تلوث الغازات الطبية لا يزال في البداية على الرغم من أهميته وخطورته على حياة المرضى.

- **في دراسة قام بها Hoyes [31] بهدف وضع حقبة جديدة لفحص الغازات الطبية في عام 2011** وبعد إلحاح من الجمعيات والمنظمات الدولية مثل FDA, JCAHO ومنظمات أخرى

تحذر بشكل دائم ومستمر شأن التلوث الحاصل للغازات الطبية، حيث تحدد هذه المنظمات سلامة المرضى وإبعادهم عن أي خطر وإبقاءهم بسلامة أثناء علاجهم في الدرجة الأولى من اهتمامها نظراً لهذا الخطر الذي يهدد حياتهم، كما وضعت هذه المنظمات أهمية للمراقبة المنتظمة والفحص المستمر لأنظمة شبكة الغازات الطبية لضمان سلامة حياة المرضى.

حسب الموجود في المشافي وحسب الدراسة فإن عدم تنظيف شبكة الغازات الطبية وعدم صيانة المعدات بشكل جيد إضافة إلى وجود فروقات في ترميز الأنابيب كل هذه العوامل أدت إلى وجود ملوثات في الغازات الطبية.

لذلك كان من الضروري وضع عوامل جديدة أساسية في الرؤية الجديدة للغازات الطيبة في الحقبة الحديثة أهمها التدريب والشهادة الخاصين بالغازات الطبية.

فقد أكدت الدراسة على ضرورة حصول أفراد عمال الصيانة والقائمين على تركيب شبكة الغازات على وثوقية مهنية من خلال إخضاعهم إلى فترات تدريبية عبر صفوف وحلقات بحث وعمل لمنحهم شهادات خاصة بالغازات الطبية منها:

- Casse / 6005 – Medical Gassysteng تعطي معلومات عامة للمهندسين والمعماريين.
- ASSE / 6010 خاصة بمركبي أنظمة الغازات وملمعي الأنابيب.
- ASSE / 6020 خاصة بالمفتشين الخاصين بأنظمة الغازات الطبية.
- ASSE / 6030 خاصة بالمدققين المهتمين بالأمور الصحية والخاصة المتعلقة بشبكة الغازات.
- ASSE / 6040 خاصة بأعمال الصيانة.

تساعد هذه الشهادات على صيانة وتدقيق العمل النهائي فقط في شبكات الغازات الطبية، كما أنها تساعد على وضع التصميم الأولي المناسب والذي يُعنى بالدرجة الأولى الاعتبارات اللازمة لتقليل أو الحد من ظاهرة التلوث للغازات الطبية، وكذلك فيما يخص بالتركيب لمشاريع أنظمة الغازات الطبية. فمن الأساسيات الهامة والواجب أخذها بعين الاعتبار عند تركيب شبكة الأنابيب:

1- تحديد أخطاء التصميم وتعليم المركبين على الاختبارات المطلوبة والتوثيق المناسب للمشكلات الحاصلة قبل استدعاء المدققين.

2- وجوب تشغيل كامل الأنظمة قبل دخول مراقبي تشغيل المرافق لإدارة الرعاية الصحية لشبكة الغازات الطبية، لأنه حالما تُدار أنظمة الغازات الطبية فإن أي خطأ سيظهر ويمكن تصحيح هذه الأخطاء من قبل قسم الهندسة المتواجد.

3- وجوب إجراء فحوصات للغازات الطبية في خلال أعمال الصيانة وذلك إما باستخدام برامج داخلية موجودة ضمن المشفى نفسه أو عن طريق الشركة المستثمرة للغازات الطبية وذلك بالاستعانة مع مراكز خدمات ومساعدات الرعاية الطبية

.CMS(Center for Medical and Medicare Service)

4- ضرورة تخصيص المنظمات بأعمالها المتعلقة بشبكة الغازات الطبية من حيث التصميم والتركيب والإشراف والتشديد على القيام بجدولة برامج الرعاية الصحية وتوثيق هذه البرامج. ووضحت الدراسة الطريقة القديمة المتبعة لدراسة تلوث الغازات الطبية في المشافي والتي تعتمد على سحب حجم معين من الغازات من شبكة الأنابيب والقيام بفحصها بواسطة أجهزة التحليل المخبرية الخاصة ومن ثم تقديم تقارير ورقية تحتوي النتائج المحققة. ولكن حديثاً تطور برنامج أنظمة الغازات الطبية باستخدام التكنولوجيا الحديثة حيث طورت تكنولوجيا الرعاية الصحية برنامج CHX(Compliant Health Care Technology) والذي يتضمن برمجة ملائمة وسلامة لمراقبة القواعد المطبقة بإضافة إلى تسجيل مستويات العمل الجديدة للتواصل مع مؤسسات الرعاية الصحية من مشافي وعيادات في كليفلاند.

لا يزال العمل على برنامج CHX متواصل حيث يتم تطويره واختباره لإثبات صحته للتمكن من تطبيقه على أنظمة شبكات الغازات الطبية لتحقيق ما يلي:

• السماح بإدخال وتصوير نتائج الاختبار على شبكة الغازات الطبية وتزويد تاريخ اختبار أنابيب الغازات الطبية.

• العمل على إمكانية الحصول من خلال برنامج CHX على تقديم تقارير لكل معدات شبكة الغازات الطبية وإظهار نقاط الضعف الموجودة في الشبكة وتقديم التصحيحات المتعلقة بها.

• التمكن من الحصول على تقرير من خلال البرنامج يحتوي على معلومات كثيرة ومعتمدة بنقرة فأرة تحدد للمستخدم مناطق الخطأ في معدات الشبكة الموجودة في أي منطقة من مناطق الشبكة وفي أي طابق كان مما يعطيه ميزة السهولة في التعامل ومراقبة كامل أجزاء شبكة الغازات الطبية.

• يتم تحديد مستويات التعليم على البرنامج بدءاً من فرز ومراقبة معدات شبكة الغـــازات الطبيـــة والأجهزة الموجودة في المشفى، والقيام بتلوين المخططات لسهولة إدارة صيانة الشـــبكة للغـــازات الطبية، فعند القيام بالتخطيط للقيام بأعمال الصيانة فإن برنامج الـــ CHX يسمح لأي منشأة صحية بخلق خطة إدارة لتحسين أداءها الوظيفي.

وبينت الدراسة أنه بعد تطبيق برنامج الـــ CHX على المشفى تم تحديد نقـــاط الضـــعف القديمـــة الحاصلة في شبكة الغازات الطبية مما يسمح للعمل فيها يدوياً لتخطي المشاكل والارتقـــاء بســـوية العمل فيها للحد من ظهور الملوثات في أنظمة الغازات الطبية، ويمكن أن تحـــدد الفتـــرة الزمنيـــة اللازمة لحل هذه المشاكل إما يومياً أوشهرياً أو نصف سنوي أو سنوياً أو كل عشر سنوات وهذا ما يُقرر من قبل الـــ ASSE.

كان الهدف من الدراسة إدخال التكنولوجيا الحديثة باستخدام برنامج CHX والذي يسمح بخلق قاعدة بيانات متعددة لأنظمة الرعاية الصحية بحيث يتم ربط هذه المنشآت الصحية والمشافي وفق قاعـــدة البيانات ويكون لكل منشأة كلمة مرور خاصة بها لإظهار موقعها مع إمكانية وجود تطبيقات بسيطة لاسترجاع المعلومات الخاصة بكل منشأة فيما يخص أنظمة شبكة الغازات الطبية والمشاكل المتعلقة بها. إضافة إلى ذلك تغيير عالم الرعاية الصحية من خلال تشغيل مثل هذا البرنامج مما يساعد على تقوية وقدرات برامج الغازات الطبية والمشاركة الجيدة والفعالة من أجل خدمة فحـــص الغـــازات الطبية للحد من التلوث الحاصلة لها ليتحقق الهدف الأساسي وهو ضمان حصول المـــريض علـــى غازات آمنة وعقيمة قدر الإمكان.

لا يزال العمل على البرنامج CHX متواصل بساعات عمل يومية للتمكن من تشغيله ليصـــبح ذو فعالية أكثر وكفاءة أكبر.

*كانت الدراسة حديثة تمكننا من خلالها الاطلاع على أهم التطورات الجديدة فـــي مجـــال شـــبكة الغازات الطبية ولكنها لم توضح لنا آلية العمل في برنامج CHX بشكل أوضح كمـــا أننـــا نأمـــل التوصل إلى هذه المراحل المتقدمة واستخدام التكنولوجيا الحديثة لتطبيقها على مشافينا لحل المشاكل المتعلقة بشبكة الغازات الطبية إلا أننا مع الأسف نعتبر وحسب المقالة في المرحلة المتأخرة للتعامل مع شبكة الغازات الطبية.



الفصل الرابع
الكروماتوغرافيا الغازية
Gas Chromatography



كروماتوغرافيا الغاز GC
GAS CHROMATOGRAPHY

4-1 مقدمة :

يعتبر جهاز الكرواتوغرافيا الغازية من التقنيات الحديثة المستخدمة في تحليل الغازات حيث يعتمد التحليل في جهاز الكروماتوغرافيا الغازية على تقنية فصل مكونات مزيج وهو في الحالة الغازية بالاعتماد على الاختلاف في توزع المزيج بين طورين هما الطور الساكن والطور المتحرك، بحيث يتم فصل هذه المكونات نتيجة الاختلاف في التفاعلات بين مكونات العينة وهذين الطورين.

• بالنسبة للطور الثابت (الساكن) فيكون إما صلب أو سائل محمول على مادة داعمة صلبة تغطي العمود الشعري من الداخل.

عندما يكون الطور الساكن صلباً يُسمى هذا النوع من الكروماتوغرافيا الغازية بكروماتوغرافيا غاز–صلب Gas Solid Chromatograph (GSC)

أما عندما يكون الطور الساكن سائلاً يسمى هذا النوع من الكروماتوغرافيا الغازية بكروماتوغرافيا غاز – سائل Gas Liquid Chromatograph(GLC)

وسيتم التحدث عن هذين النوعين لاحقاً

• أما الطور المتحرك فيكون عبارة عن غاز حامل للعينة وعادة يكون إما هيليوم He، نتروجين N_2، هيدروجين H_2، أرغون Ar، النتروجينN_2، ثاني أكسيد الكربون CO_2، وهذه الغازات تسمح للكاشف بالاستجابة بدرجة كافية ومتداولة بالشكل النقي والأهم أنها غازات خاملة كيميائياً.والغاز الخامل الأكثر شيوعاً هو النتروجين، الهيليوم، الهيدروجين. [32]

وبالنسبة لجهاز الـ GC والذي قمنا بإجراء التجارب عليه فقد تم استخدام غاز الهيليوم كغاز حامل للعينة.

4-2 الميزات الأساسية لجهاز GC:

1. استخدام التحليل النوعي والكمي.
2. زمن التحليل قصير.
3. تتمتع أجهزة الكروماتوغرافيا الغازية والسائلة بحساسية عالية.
4. إمكانية زيادة حرارة العمود أثناء عملية الفصل وهذا يعطي إمكانية فصل مكونات العينة في مجال عريض لإعطاء قمة معقولة وفصل جيد.
5. إمكانية إجراء التطبيق على حوالي 60% من المركبات العضوية المعروفة.
6. إمكانية ربط الجهاز في السنوات الأخيرة مع الحاسوب. [33]

4-3 الأقسام الرئيسية لجهاز الكروماتوغرافيا الغازية GC:

1. القسم الذي يزود الجهاز بالغاز الحامل .
2. جسم الجهاز ويتضمن المحقن والعمود والكواشف.
3. القسم المسؤول عن قراءة النتائج وتسجيلها. [33]

4-3-1القسم الذي يزود الجهاز بالغازات :

وهو القسم الذي يزود الجهاز بالغاز الحامل والغازات المراد تحليلها ويتألف من الأجزاء التالية:

1. اسطوانة الغاز Gas Cylinder
2. منظم سرعة الغاز Flow Gas Control

4-3-1-1اسطوانة الغاز الحامل:

يتواجد الغاز الحامل أياً كان نوعه في اسطوانة مخصصة فقط له، وتتوضع الاسطوانة بجانب الجهاز وضمن نفس الغرفة لضمان تغييرات درجة الحرارة والضغط، و يعتمد اختيار نوعية الغاز المستخدم على نوعية التحليل ونظام الكشف المستخدم كما هو مبين في الجدول(4-1) ومهما كان الغاز المستخدم فيشترط أن يكون نقي وذو سرعة تدفق ثابتة.

الجدول (4-1) الغازات المستخدمة بالكرومانوغرافيا الغازية والمواصفات الخاصة بها [33]

نوع الغاز	اللزوجة (inlotpasoc)	الكثافة Kgm3	نوعية الاستخدام	نقاوته في حجم %
هيدروجين H	84	0.08987	غاز حامل ومحترق	99.9-99.80
هيليوم He	186	0.1785	غاز حامل	99.9-99.5
نيون Ne	298	0.8999	غاز حامل	99.9-99.5
أكسجين O_2	192	1.4289	غاز محترق	99.9-98.5
آزوت N_2	166	1.2505	غاز حامل وغاز واقي	99.9-99.8
هواء	171	1.2928	غاز محترق	99.9-99.8
آرغون	212	1.7839	غاز حامل	99.95

4-3-1-2 منظم تدفق الغاز: Flow Gas Control

مهمة منظم تدفق الغاز بالدرجة الأولى هي تنظيم تدفق الغاز حسب القيم التي تحددها طرق التحليل و معدل جريان الغاز خلال العمود بهبوط الضغط على نهايات العمود.

في أنظمة التحكم اليدوية يُنظم الضغط باستخدام صمام تنظيم على خط الغاز من اسطوانة الغاز الحامل يحدد معدل الجريان الأولي عند بداية التحليل أما عند زيادة درجة حرارة الفرن فإن لزوجة الغاز تزداد ومعدل الجريان ينخفض.

أما حالياً فإن مقاييس تدفق الغاز أصبحت يتحكم بها برمجياً وتكون في أنظمة الـ GC أنظمة تحكم الكترونية قادرة على مراقبة معدل جريان الغاز بشكل مستمر للحصول على بارامترات التشغيل المطلوبة.[36]

4-3-2 المكونات الوظيفية:

تتحدد المكونات الوظيفية لجسم الجهاز الرئيسي بما يلي:

1. أنظمة الحقن Injection Systems
2. الأعمدة Columns
3. الكواشف Detectors

4-3-2-1 أنظمة الحقن: Injection Systems

يوجد العديد من طرق حقن العينات لجهاز الكروماتوغرافيا الغازية ومهمة هذه الأنظمة السماح بإدخال العينة وإجراء عملية مزج الغازات المحقونة مع الغاز الحامل وغالباً ما ترفع درجة حرارة المحقن بين ($^{\circ}$150-250) ليؤمن تبخير لبعض العينات وليس انحلالها ومن ثم تُحمل العينة إلى العمود بواسطة الغاز الحامل ويجب أن تدخل العينة إلى العمود دفعة واحدة وأن يكون حجم العينة المراد تحليلها صغيرة قدر الإمكان وذلك لأن فعالية العمود تزداد مع نقصان حجم العينة وبالنسبة للعينات الغازية فيتم إدخال العينات الغازية إما باستخدام محاقن محكمة خامدة أو عن طريق محاقن ذات حلقة Loop جانبية، أو بواسطة محقن مدرج أو بوساطة حجرة غازية ثابتة الحجم ثم باستعمال صمام أخذ العينات الغازية بمرور الغاز في تيار الغاز الحامل.

يسري الغاز الحامل خلال الجهاز حاملاً العينة (في الحالة البخارية) التي يتم إدخالها بوساطة المحقن خلال منفذ الحقن، من أجل حدوث التبخير تُسخن العينة بشكل سريع لدرجة حرارة إدخال مناسبة بحيث تكون عالية بشكل كافٍ لحدوث التبخر.

- يتراوح التدفق بين 60ml/min لعمود قطره الداخلي 4 mm و 15 ml/min لعمود قطره الداخلي2mm. [32]

4-3-2-2 الأعمدة: Columns

يوجد العمود داخل الفرن ويعتبر حجر الأساس في عمل الجهاز، تُصنع الأعمدة عادةً من مواد مختلفة قادرة على تحمل درجات حرارة عالية.

وهناك نوعين أساسيين من الأعمدة: 1- الأعمدة المحشوة Packed Columns

2- الأعمدة الشعرية Capillary Columns

أ- الأعمدة المحشوة: Packed Columns

تصنع من الزجاج أو من معادن مثل الفولاذ أو النحاس أو الألمنيوم بطول (1-3m)وقطر (2-4mm)، واختيار حشوة العمود في كروماتوغرافيا الغاز GC يشكل أساس عملية الفصل فعندما يكون العمود محشو بمادة صلبة فعالة يكون لدينا كروماتوغرافيا صلب-غاز GSC وعندما تكون العمود محشو بمادة سائلة يكون لدينا كروماتوغرافيا سائل-غاز GLC

نستخدم تقنية كروماتوغرافيا صلب–غاز GSC لفصل العينات الغازية أو الهيدركربونات ذات الأوزان الجزئيية المنخفضة بواسطة الامتزاز على الطور الصلب الفعال وتكون حشوة العمود الشائعة هنا هي الألومينا، السيليكا، الفحم.

أما تقنية كروماتوغرافيا غاز–سائل GLC فتستخدم لفصل الغازات والسؤائل والمواد الصلبة بالاعتماد على توزع العينة ضمن وخارج الطبقة الصلبة حيث تنتشر طبقة رقيقة من الطور السائل على مادة صلبة خاملة.[32]

ب– طريقة إعداد عمود GSC:

يتم إعداد عمود (GSC) بأخذ أنبوبة مستقيمة بطول وقطر محددين ويُملأ بالمادة المناسبة بعد إغلاق أحد نهايتها بصوف زجاجي ثم يوضع قمع على النهاية الأخرى، وتضاف المادة الصلبة بواسطة هزاز حتى يمتلئ العمود ثم تُسد هذه النهاية ويُلف العمود بشكل يمكن وضعه في فرن الجهاز.

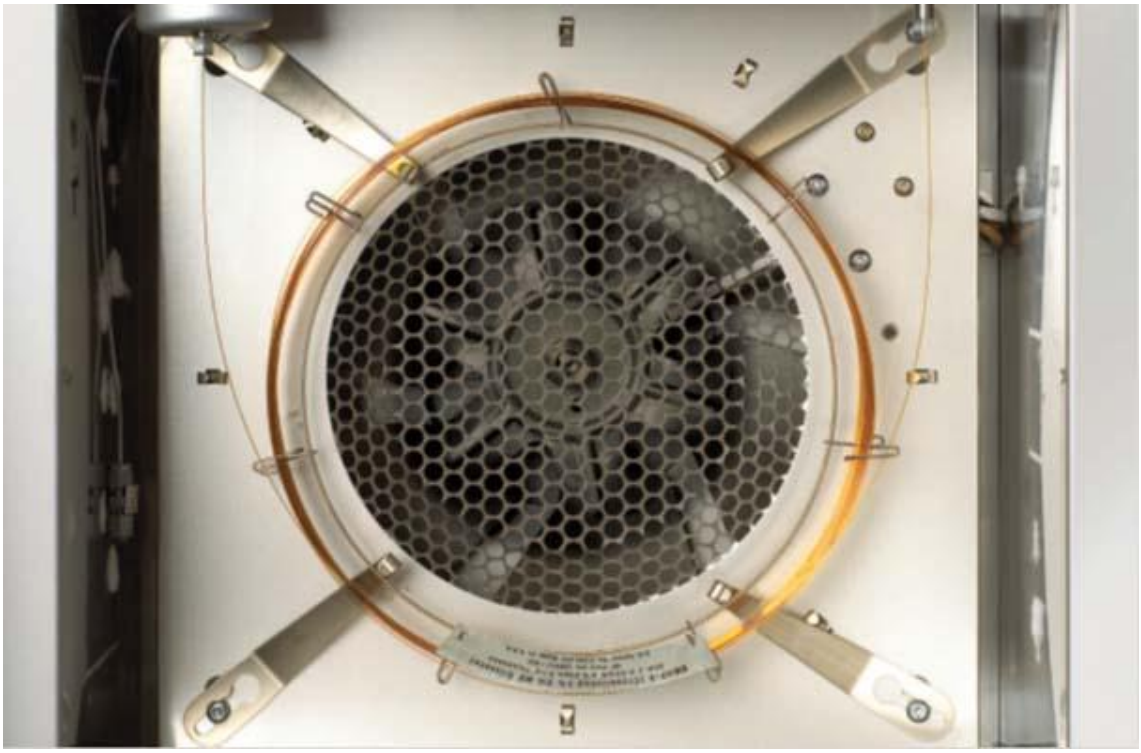
يتم تهيئة العمود بتسخينه عند درجة حرارة أعلى من درجة الاستخدام العادي وأقل من الدرجة التي يمكن أن تتحلل عندها حشوة العمود أو تتبخر بمرور الغاز الحامل لإزالة المواد الغريبة وتستغرق عملية التهيئة هذه عادة بين (6-12) ساعة.[32]

ج– طريقة إعداد العمود GLC:

أما بالنسبة لعمود (GLC) فيتم إعداده بطريقة مختلفة لأنه يجب تغطية الطور الصلب الخامل بطبقة من سائل ذو درجة غليان مرتفعة وبشكل عام يتم ذلك بإذابة وزن معلوم من الطور الثابت في مذيب متطاير ثم إضافة الكمية المطلوبة من الحشوة الخاملة إلى المحلول، يُزال المذيب مع استمرار رج المزيج. وبعد أن يتبخر كل المذيب تُعبأ الطبقة المغطاة بانتظام في العمود ويتم تكييفها.[32]

د– الأعمدة الشعرية:Capillary Columns

لا تحتوي هذه الأعمدة على مادة صلبة ويتوضع الطور الساكن للسائل على السطح الداخلي للعمود وقد تلتصق به وعادة تكون بقطر داخلي (mm0.25) وطول (10-100 m) ملفوفة يشكل حلزوني داخل الفرن كما هو مبين في الشكل (4–1)،تتمتع الأعمدة الشعرية بقوة فصل عالية جداً إضافة إلى انخفاض زمن التحليل وحساسيتها العالية.



الشكل 4-1 توضع العامود الشعري داخل الفرن [39]

4-3-2-3 الكواشف Detectors:

الأنواع الرئيسية للكواشف:

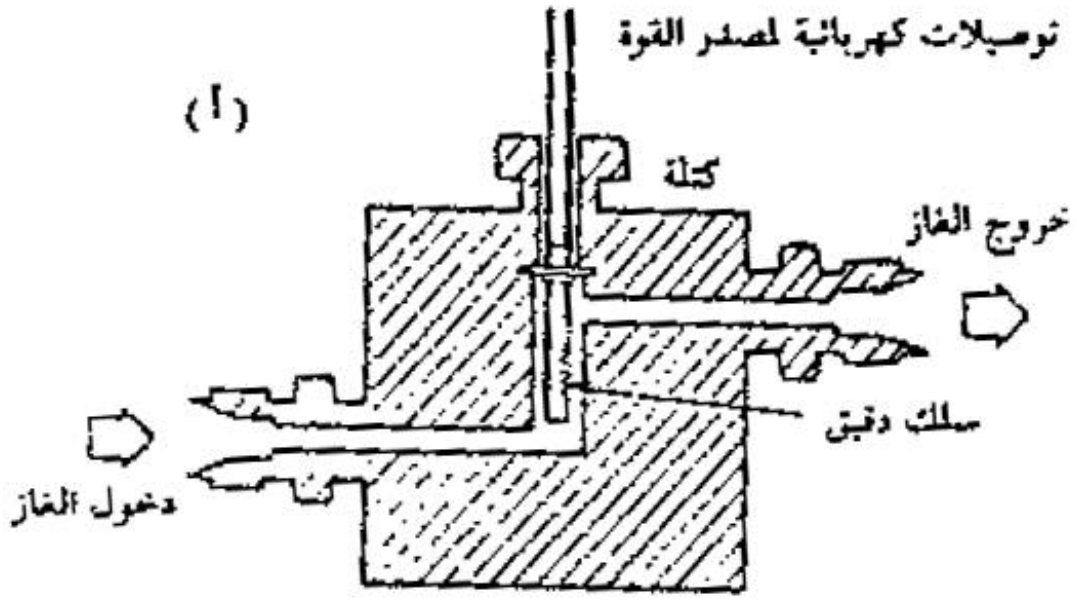
1. كاشف الناقلية الحرارية Thermal Conductivity Detector(TCD)
2. كاشف تشرد اللهب Flame Ionization Detector (FID)
3. كاشف التقاط الالكترونات Electron Capture Detector (ECD)

أ- كاشف الناقلية الحرارية (TCD):

يعتمد مبدأ عمل كاشف الناقلية الحرارية على أنه عند فقدان الجسم الساخنللحرارةفإن معدل تناقص الحرارة يحدد تركيب الغاز المحيط بالكاشف وبناءً على ذلك فإن معدل فقد الحرارة هو مقياس لتركيب الغاز.

• يصنع السلك الدقيق في الكاشف من مادة ذات مقاومة كهربائية، تختلف كثيراً باختلاف درجة الحرارة. عند التشغيل يسخن هذا السلك بإمرار تيار كهربائي ثابت خلاله وتحدد درجة حرارته (غالباً أعلى بمئة درجة مئوية من المحيط حوله) بواسطة التيار المستخدم والغاز المحيط. فإذا كان الغاز الحامل النقي مثل الهيليوم متدفقاً حول السلك عند شروط ثابتة فإن الفقد في درجة الحرارة

يكون ثابتاً، ومن ثم تبقى درجة حرارة السلك ثابتة. وتحدث الغازات ذات الناقلية الحرارية المرتفعة تغير كبير في درجة الحرارة. ولما كانت الناقلية الحرارية تزداد بنقص الوزن الجزيئي فإن الغازات ذات الوزن الجزيئي المنخفض مثل الهيليوم والهيدرجين تعد مثالية كغازات حاملة عند استخدام كاشف الناقلية الحرارية. كما هو مبين في الشكل (4-2).



الشكل (4-2) كاشف الناقلية الحرارية[37]

- إذا كان تركيب الغاز حول السلك متغير، تتغير درجة حرارة السلك مما يسبب تغييراً في المقاومة الكهربائية للسلك يتم قياسه وتسجيله في النهاية على المسجل.
- تزداد حساسية كاشف الناقلية الحرارية بعوامل عديدة هي:

1)- زيادة التيار المار في السلك.

2)- خفض درجة حرارة الكتلة المحيطة بالسلك.

3)- استخدام غاز ذي ناقلية حرارية عالية (He).

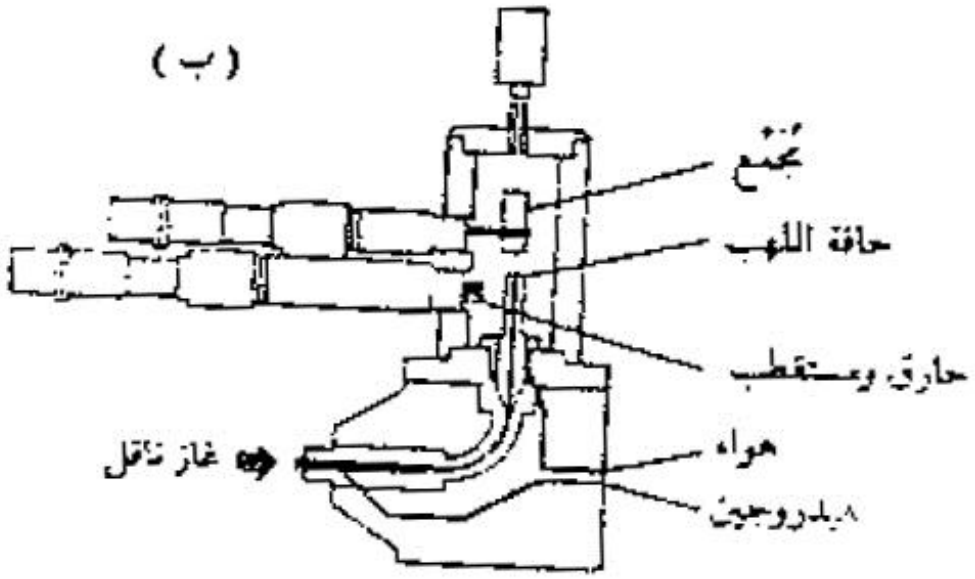
4)- تخفيض معدل تدفق الغاز الحامل المستخدم. [37]

ب-كاشف تشرد اللهب (FID):

- يتكون هذا الكاشف من لهب هيدروجين وهواء في مجال كهربائي ساكن، عند دخول الغاز الحامل المحتوي على العينة إلى الفرن يختلط بالهيدروجين والهواء، فإذا كانت العينة عضوية وليست متأكسدة كلياً فإنها تحترق في اللهب وينتج من احتراقها شوارد والكترونات

حرة وهي بدورها تتحول إلى تيار كهربائي كما هو مبين في الشكل (4-3)، لذلك يكـــون التغيير في التيار المقاس بوساطة مجموعة من الأقطاب متناسباً مع تركيز العينة.

- يستجيب كاشف (FID) فقط لذرات الكربون المؤكسدة فإن الزيادة في عدد ذرات الكربـــون في الجزيء ينتج عنها الحد الأدنى للكاشف.
- يُشترط أن ينظف الالكترود بانتظام وعناية وبذلك يكون كاشف صحيح وجدير بالثقة مـــع مجال ديناميكي عريض.
- يملك كاشف (FID) حساسية جيدة من أجل معظم المركبات الحاوية على الكربون.
- تتناسب إشارة الـــ (FID) مع معدل المركبات الكربونية المتشردة في الكاشف فإن الكمية المكتشفة تعبر عن كمية الذرات المتحررة في الكاشف. [36]

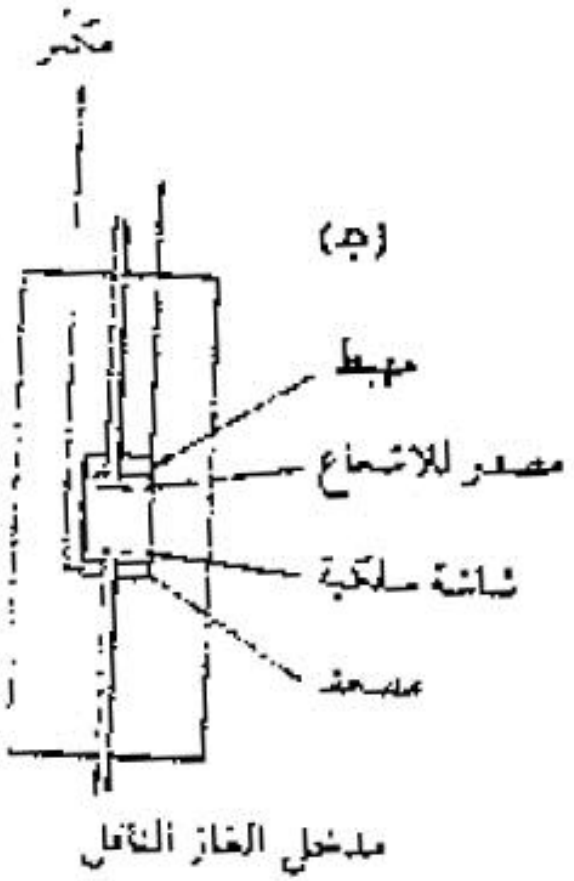


الشكل (4-3) كاشف تشرد اللهب [37]

ج-كاشف لاقط الالكترونات (ECD):

- يعتمد مبدأ عمل هذا الكاشف على أساس امتصاص الالكترونات بوساطة المركبات التي لها ألفة الكترونية بحيث يكون في المركب عنصر أو مجموعة لها خاصية اجتذاب الكترونات. ويستعمل كاشف ECD بطريقة دورية لمراقبة المبيدات الحشرية في البيئة حيث يستطيع أن يكشف عـــن وجود كميات صغيرة جداً (من مرتبة نانو غرام) من المبيدات الحشرية الحاوية على كلور في الظروف العادية حيث أن للكلور قدرة عالية على التقاط الالكترونات.

- يتكون كاشف التقاط الالكترونات من مصدر مشع يطلق الكترونات ومهبط يتلقى الالكترونـــات وشاشة سلكية تجمع الالكترونات كما هو مبين في الشكل (4–4)
- عند دخول مركب إلى حجرة الإشعاع تُمتص الالكترونات ويُلاحظ حدوث نقص في التيار عند المصعد، هذا الاختلاف في القطبية بين الالكترودين يُسجل كتيار أيوني.
- إذا ازداد تركيز العينة يلاحظ حدوث نقص في التيار تبعاً لذلك. ومن ثم فإن الكاشـــف ســـوف يستجيب للتغيرات في كمية العينة الخارجة من العمود. [37]



الشكل (4–4) كاشف التقاط الالكترونات [37]

ويبين الجدول (4–2) الأنواع المختلفة للكواشف المستخدمة في جهاز الكروماتوغرافيا الغازية [33]

يبين الجدول (4–2) أنواع الكواشف المستخدمة ومجالات تطبيقها[33]

الكاشف	الحد الأدنى للكشف	مجال التطبيق
كاشف الناقلية الحرارية TCD	10^{-6}	كافة المواد
كاشف تشرد اللهب FID	10^{-12}	كافة المواد الحاوية على رابطة CH_2
كاشف التشرد الحراري TID	10^{-10}	المركبات الحاوية على هالوجين P وN
كاشف اللهب الضوئي FPD	10^{-8}	انتقائي للمركبات الحاوية على SوP
كاشف أسر الالكترونات ECD	10^{-14}	كشف عالي للحساسية للمواد المحبة للالكترونات
كاشف الأشعة تحت الحمراء IR	High µg	عام
كاشف الطيف الكتلي MS	High µg	عام

د–تصنيف الكواشف:

تُصنف الكواشف المستخدمة في الكروماتوغرافيا الغازية GC إلى:

1. كواشف تكاملية Detector Integrating
2. كواشف تفاضلية Detector Differentiating

تظهر الكواشف التكاملية استجابة متناسبة مع الكتلة الكلية للمركب الغازي الآتي من العمود ويتألف الكروماتوغرام الناتج عن هذا النوع من الكواشف من عدة عتبات Steps بحيث تتناسب المسافة بين كل مستويين متتالين من الخط البياني مع الكتلة الكلية للمركب الغازي المتدفق من العمود خلال زمن معين.

بينما تتعلق استجابة الكاشف التفاضلي على تركيز أو معدل تدفق الكتلة للمركب الغازي المتدفق من العمود ويتألف الكروماتوغرام عند الكاشف التفاضلي من مجموعة قمم وكل قمة توافق مركب معين. ومساحة القمة تتناسب مع الكتلة الكلية للمركب المتدفق من العمود.

وتعتبر هذه الكواشف هي الأكثر استخداماً لسهولة استخدامها ودقتها.

والكاشف الأكثر شيوعاً والذي تتناسب استجابته مع التركيز هو كاشف الناقلية الحرارية (TCD)، يُعتمد في اختيار الكاشف المناسب تبعاً لنوع التحليل المراد القيام به ودائماً هناك العديد من

التطورات التي تدخل على الكواشف من أجل تحسين استجابتها وتحسسها للمكونات المراد قياسها. وعلى الرغم من اختلاف الكواشف الكروماتوغرافيا الغازية كثيراً في مبادئ عملها ولكـــن هنـــاك بعض المميزات الخاصة التي تميز في أداء وعمل الكواشف وهي:

1- الاستجابة

2- الانتقائية

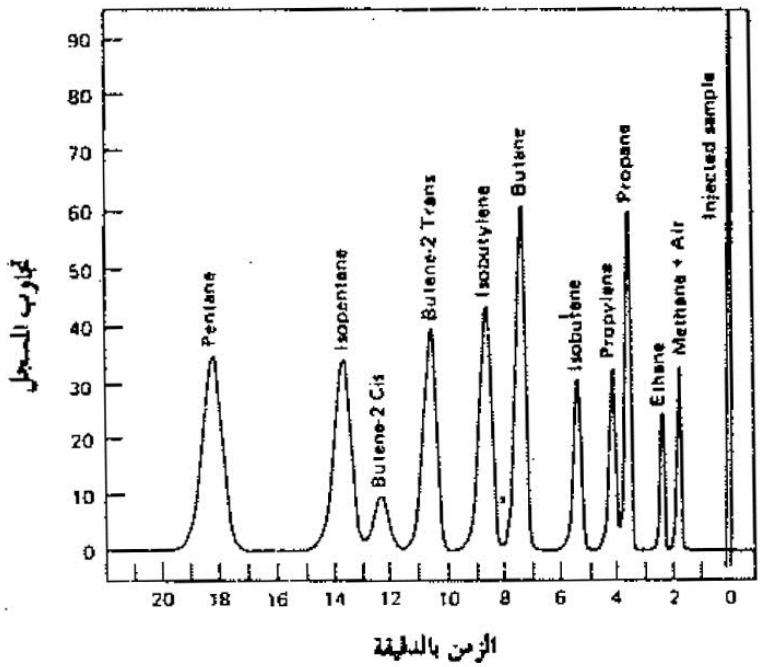
3- المجال الخطي

4- الضجيج وفلاتر الضجيج

5- الحساسية.

4-3-3 القسم المسؤول عن قراءة النتائج وتسجيلها:

تعتمد استجابة الكواشف على تركيز المركب الغازي وتركيبه، ونسبة تدفق المركب والغاز الحامل حيث تسجل القمم الكروماتوغرافيا كتابع للـــزمن ويبـــين الشـــكل (4-5) مخطـــط بيـــاني لقمـــم كروماتوغراف لغاز نموذجي مسجلة بواسطة المسجل الموصول مع الكاشف حيث تعبر كل قمة من القمم عن مكون من مكونات المركب المراد تحليله عند الزمن الخاص بظهوره. [33]

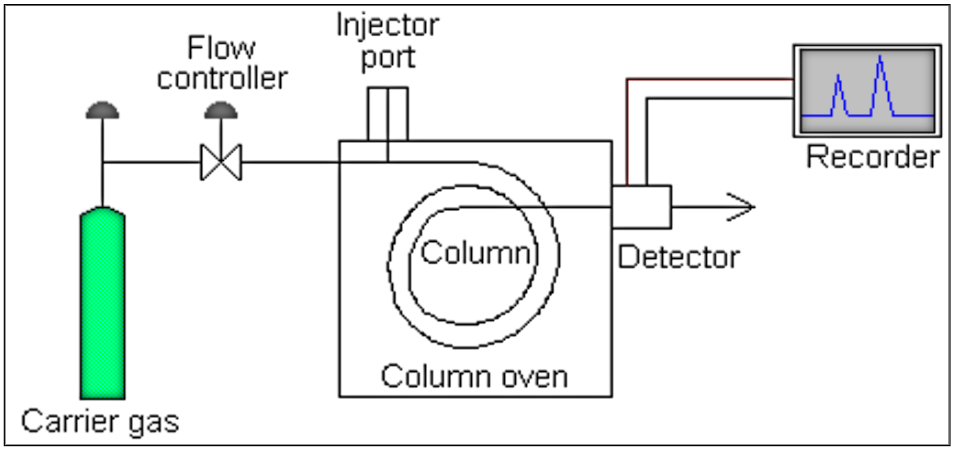


الشكل (4-5) كروماتوغرام غاز نموذجي[33]

4-4 طريقة عمل الجهاز الكروماتوغرافيا الغازية GC:

يبين الشكل (4-6) المخطط الصندوقي لأجزاء الجهاز الرئيسية حيث يتم العمل على الجهاز وفق الخطوات التالية:

- تُحقن العينات الغازية بحجم من (1-10µl) بوساطة محقن مدرج ويراقب تدفق غاز العينة من خلال مقياس تدفق الغاز الموصول بمنفذ الحقن باستعمال صمام أخذ العينات الغازية.
- تُمرر العينة في تيار الغاز الحامل والذي هو بدوره يمثل الطور المتحرك ويكون متواجداً في اسطوانة خاصة به. ويكون عادة كل من منفذ الحقن والكاشف أدفأ إلى حد ما من العمود لتأمين التبخير السريع للعينة المحقونة ومن ثم بمنع تكاثف العينة في الكاشف.
- يسري الغاز الحامل من خلال الجهاز حاملاً العينة التي تم إدخالها من خلال منفذا الحقن حيث يحدث الفصل بين مكونات العينة في العمود بسبب تجزئة مكونات العينة على الطور الساكن إن كان سائل ثابت أو امتزاز مكونات العينة على الطور الساكن إن كان صلباً وبعد الفصل يكشف من كل من مكونات العينة بوساطة الكاشف بمجرد خروجها من العمود والذي تعتمد استجابة الكاشف على تركيب بخار الغازات الخارجة من العمود.
- تنقل استجابة الكاشف إلى إلى مسجل حيث تسجل القمم الكروماتوغرافيا كتابع للزمن. [37]



الشكل (4-6) المخطط الصندوقي لأجزاء الجهاز الرئيسية[37]

4-5 ميزات تحليل جهاز الكروماتوغرافيا الغازية:

هناك ميزتين هامتين في الكروماتوغرام الناتج عن عملية التحليل وهما:

4-5-1 التحليل النوعي :

يمثل بارامتر زمن البقاء Rt (Retentiontime) من أهم البارمترات المحددة للتحليل النوعي وتساعد على فهمه حيث تفصل مكونات العينة من العمود على فترات زمنية مختلفة بعد الحقن وتسمى هذه الفترة بزمن البقاء (Retention time) Rt وهي مقدار ثابت إذا بقيت جميع شروط الفصل كما هي عند إعادة الحقن وهكذا يكون هذا هو أساس التحليل النوعي لأنه يمكن مقارنة زمن البقاءRt لمادة معلومة بزمن البقاء Rt لمادة مجهولة عند الشروط نفسها.

كما أنه لكل مركب مكون لمزيج العينة Rt زمن احتفاظ خاص به تبعاً لنوعية هذا المركب وفترة بقاءه في العمود قبل أن يفصل عن العينة لذلك فإننا نعبر عنه بزمن البقاء ،يمثل الـ Rt المحور السيني للكروماتوغرام وبعض أنواع الكروماتوغرام يمثل المحور السيني للكروماتوغرامحجمالبقاء(Retention Volume) VR حيث VR هي حاصل ضرب زمن البقاء في معدل تدفق الغاز الحامل. [33]

4-5-2 التحليل الكمي للـ GC:

• عند حقن مجموعة من العينات العيارية في الجهاز يكون حجم كل قمة متناسبة مع كمية المادة، ويعد هذا هو أساس التحليل الكمي في جهاز الكروماتوغرافيا الغازية وذلك لأن مساحات القمم تتناسب طردياً مع التركيز.

• يتم تحليل مزيج مجهول بحقن حجم معلوم من المجهول ومقارنة القمم الناتجة بمنحني عياري لمساحة أو ارتفاع القمة بدلالة التركيز.

• إذا كانت القمة متناظرة تعطى مساحتها بضرب ارتفاع القمة في عرضها عند منتصف ارتفاعها، تكون القمم غالباً حادة جداً ولذلك يؤخذ ارتفاع القمة ويقارن مع منحني عياري مجهز بالطريقة نفسها. [33]

4-6 طريقة حساب المخطط البياني (الكروماتوغرام):

• يتم حقن حجم معلوم من العينة العيارية (تُسمى الشاهد) بتراكيز معلومة لمكونات المزيج الحاوي على الغازات إلى جهاز الكروماتوغرافيا الغازية وبنفس الشروط من الضغط ودرجة الحرارة.

• فحقن حجم معلوم من العينة الغازية المراد معرفة تراكيز مكوناتها وفيما إذا كانت تحوي على شوائب أولاً، نحصل على كروماتوغرام ومنحني عياري نتيجة الحقن الأولى للعينة العيارية ويعطينا هذا الكروماتوغرام قمم لمكونات العينة العيارية المعروفة التركيز ومن خلال استجابة الكاشف لمكونات المزيج نحصل على القمم بفضل وجود معالج إشارة يحول النبضة إلى قمة هذه القمة نستطيع الحصول على مساحتها من خلال برنامج الحاسوب الموصول مع جهاز الكروماتوغرافيا الغازية. إن أجهزة الكروماتوغرافيا الغازية الحديثة تتصل بأجهزة جمع المعلومات الخارجة من الكواشف وتعالجها ببرامج تعطينا كامل المعلومات عن هذه القمم (مساحتها، ارتفاعها، عرضها).

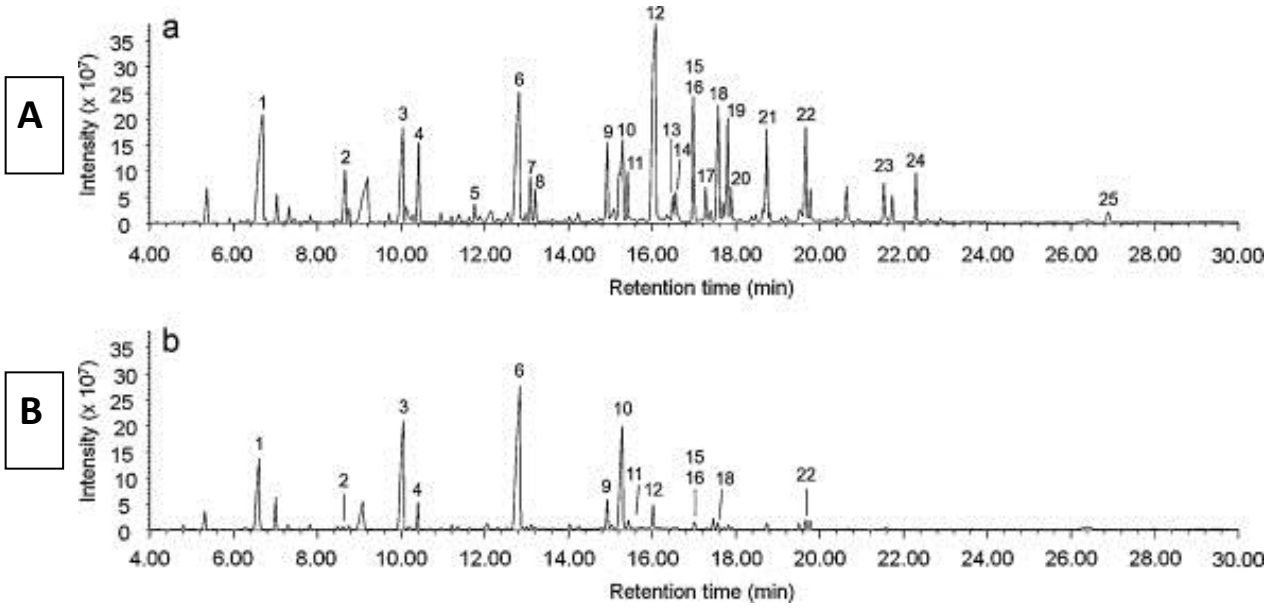
• تظهر هذه القمم على شاشة الحاسوب المتصل بالجهاز ويمكن أن تخزن هذه المعلومات ويعاد إصدارها بعد دمجها مع بقية المتغيرات حسب المطلوب من التحليل كما هو مبين في الشكل (4-7) كروماتوغرام لعينة وشاهد حيث الكروماتوغرام الأول للعينة والثاني للشاهد.

• تطبع المخطط الكروماتوغرافي ورقياً للحصول عليه ومقارنته مع الكروماتوغرام للعينة المراد تحليلها المجهولة تركيز المواد كما هو مبين في الشكل (4-7).

• نستطيع معرفة مساحات قمم مكونات العينة وبذلك نحصل على تركيز المادة المراد تحليلها من خلال معادلة بسيطة بين مساحة القمة وتركيز المركب للعينة العيارية المعروفة ومساحة القمة للمركب للعينة المراد تحليلها ومساحة قمتها المعروفة وبذلك نحصل على تركيز المكونات للعينة المراد تحليلها وهي:

$$\text{تركيز العينة} = \frac{(\text{مساحة القمة للعينة} \times \text{تركيز الشاهد})}{\text{مساحة القمة الشاهد}}$$

وبذلك نتمكن من معرفة كل مكونات العينة ومن ثم تحديد إذا كانت هذه العينة تحتوي على شوائب أولاً ومعرفة تركيز هذه الشوائب أيضاً. [38]



الشكل (4-7) مخطط بياني(كروماتوغرام) لعينة وشاهد[38]

حيث A مخطط بياني (كروماتوغرام) العينة.

حيث B مخطط بياني (كروماتوغرام) الشاهد.

الفصل الخامس

الأسس النظرية للبحث العلمي

الأسس النظرية للبحث العلمي

5-1 مقدمة:

تم اختيار جهاز الكروماتوغرافيا الغازية (GC) لكونه أحد التقنيات الحديثة في مجال الاستشـــراب الغازي والذي نحصل عليه من خلال استجابة الكاشف الموجود بداخله إلى مكونات الغاز الـــوارد إليه وتسجيل هذه الاستجابة بواسطة أداة تسجيل تظهر عدد من الذروات (Peaks) وكل واحدة منها تعبر عن مكون من مكونات العينة وبذلك نستطيع معرفة مكونات العينة الغازية بمـــا فيهـــا مـــن مكونات أساسية أو شوائب وبعد أن قدمنا في فصل سابق شرح مفصل عن جهاز الكروماتوغرافيا الغازية(GC)، وقد وضعنا في الملحق (1) المواصفات الفنية للجهاز المستخدم في إجراء التجـــارب علىجهاز**Agilent technologies 7890 AGS System**، لابد لنا أن نقدم فـــي هذاالفصـــل طريقـــة حساب الذرورات المسجلة من الكاشف وطريقة معايرة الجهاز حسب دستور الأدويـــة الأمريكيـــة USPC [32]

5-2 جهاز (GC):

يضم جهاز الـــ (GC)على مصدر حامل للغاز ومنفذ الحقن والأنبوب والكاشف وأداة التسجيل، ويتم التحكم بدرجة حرارة منفذ الحقن والأنبوب والكاشف كجزء من آلية التحليل حيث يمكن ضبط طول ونوعية محلل طيف الغاز (GC) عن طريق تغيير حرارة الأنبوب المستخدم، وعند تعديل برنـــامج الحرارة فإن جهاز الـــ (GC)المستخدم كمحلل للطيف أحادي يشير إلى الشروط على شكل جـــدول يحتوي الحرارة المبدئية ومعدل تغير الحرارة المسموح به هو $20^{o}C\pm$والحرارة النهائية وزمن البقاء عند درجة الحرارة النهائية.

وعادة يستخدم غاز الهيليوم أو النتروجين أو الهيدروجين وذلك اعتماداً على الأنبـــوب والكاشـــف المستخدم ويعتمد نوع الكاشف المستخدم على طبيعة المركبات المطلوب تحليلها، وفي نهاية عملية التحليل يتم تسجيل نتيجة الكاشف كدالة للوقت واستجابة الجهاز والتي تقاس بمســـاحة الـــذروة أو ارتفاع الذروة فهي تدل على تركيز الكمية الموجودة في المادة المحقونة. [32]

5-3 الاختبارات والإجراءات اللازمة لتشغيل جهاز GC:

يتم تطبيق الاجراءات التالية عند بدء العمل على جهاز GC:

1- موازنة الأنبوب والمحقن والكاشف مع تدفق الغاز الحامل حتى تثبت المخطط البياني.

2- حقن عينة عبر حاجز الحقن أو استخدام حاقن آلي.

3- تشغيل برنامج الحرارة وضبطها عبر الحاسوب الموصول مع الجهاز.

4- تسجيل مخطط التحليل Chromtogram

5- تحليل النتائج كما يُشار إليها في مخطط التحليل.[32]

إن الاختبارات المطبقة على جهاز (GC) تعتمد على المعدات والالكترونيات الخاصة بالجهاز والعمليات التحليلية والعينات التي يتم تحليلها بحيث يتشكل نظام متكامل، وهناك عدة عوامل تؤثر على أداء عمل جهاز (GC) منها:

1- التركيب وقوة الأيونات ودرجة الحرارة.

2- معدل الجريان وأبعاد العامود وحرارة العامود والضغط.

3- مزايا طور السكون بما فيه حجم الجزيئات والمسامية ومساحة السطح المحدد.

يتم تكرار حقن العينات المعيارية ومقارنتها للتأكد من تحقيق دقة التحليل، وذلك بحساب الانحراف المعياري النسبي RSD%، فللوصول إلى نسبة RSD% بقيمة 2%أو أقل يتم تكرار عملية الحقن للعينات لخمس مرات أما إذا كان تم الحقن لست مرات لكل عينة تكون نسبة RSD% لقيمة أكبر من 2%.

ويُحسب الحد الأقصى المسموح به للـ RSD% لسلسلة من الحقن العينات العيارية

$$RSD\% = KB\sqrt{n/t_{90\%\ n-1}}$$

حيث أن: (K) قيمة ثابتة وتساوي K=0.349 ويتم الحصول عليها من المعادلة التالية:

$$K= (0.6\sqrt{2}) \times (t90\%\ 5/\sqrt{6})$$

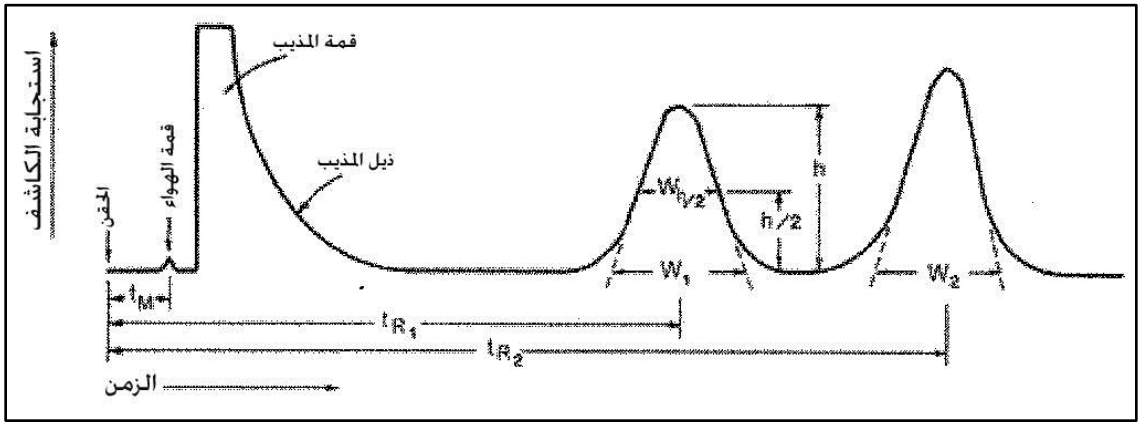
حيث يمثل $(0.6\sqrt{2})$ النسبة المطلوبة للانحراف المعياري النسبي وذلك بعد ست مرات من الحقن.

- (B)=1 هي الحد الأعلى المعطى في تعريف تحليل الطيف (GC).
- (n) عدد مرات تكرار الحقن للعينة المعيارية $(3 \leq n \leq 6)$

$(t_{90\%\ n-1})$ قيمة الطالب عند مستوى احتمال (90%) ودرجات (n-1) [32]

5-4 المحددات الأساسية للمخطط البياني:

مخطط التحليل هو تمثيل خطي لاستجابة الكاشف وتركيز التحليل في الكمية المستخدمة للتحليل ونلاحظ في مخطط التحليل كما هو مبين في الشكل (5-1) مخطط تحليل لفصل مادتين (1و2) ويمثل Rt_1 , Rt_2زمن البقاء و(h) الارتفاع للقمة أما h/2 نصف الارتفاع أما wh/2 عرض القمة عند نصف الارتفاع للقمة (1) w1,w2 عرض القمة الأولى والثانية عند خط القاعدة. [32]



الشكل (5-1) مخطط تحليل لفصل مادتين [32]

ويعبر عن قمة الهواء الظاهرة في مخطط تحليل الغاز بفرق احتفاظ الهواء (t_m) أو المركبات غير المحتفظ بها.

• الحجم الساكن (D): هو الحجم المقيم بين ما يحققه سائل الاستخراج وأعلى العمود.

• زمن التأخير (t_m): هو الزمن المطلوب لاستخراج المحتويات غير المعمول بها وهذا ما يوضحه الشكل (5-1) أن قمةالهواء أو قمة المذيب غير المحتفظ بها مع خط القاعدة بالدقيقة.

• حجم التأخير (V_M): هو حجم طور الحركة المطلوب لاستخراج المركبات غير المحتفظ بها ويمكن أن يحسب من زمن التأخير ومعدل الجريان (F) mm^3/min

$$V_m=t_m \times F$$

• عدد الصفائح النظرية (N): هو قياس لكفاءة العمود ولتحديد قدرة الجهاز على إتمام الانحلال من أجل قمم غاوص وتحسب كما يلي:

$$N= 16(Rt/w)^2$$

حيث يمثل:

Rt زمن البقاء للمادة

W عرض القمة عند خط القاعدة ويتم الحصول عليها بتقييم الجوانب المستقيمة نسبياً للقمة بالنسبة لعرض القاعدة.

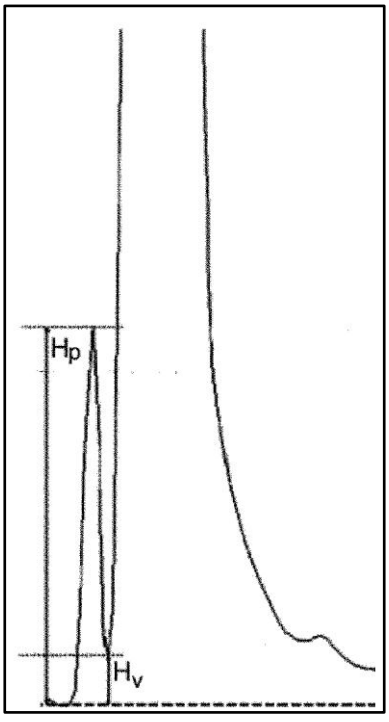
وتعتمد قيمة (N) على المادة التي يتم تخطيط الطيف لها وعلى شروط التشغيل مثل معدل الجريان ودرجة الحرارة في طور الحركة أو الغاز الحامل ونوع العمود المستخدم وعند استخدام المكملات الالكترونية يتم تحديد عدد الصفائح النظرية كما يلي:

$$N= 554 \left(\frac{tR}{W_{h/2}}\right)^2$$

حيث $W_{h/2}$ عرض القمة عند منتصف الارتفاع:

• نسبة القمة إلى الوادي (P/v): وتستخدم كنظام معيار مناسب في أي اختبار للمواد المطلوبة وذلك عند عدم تحقق الفصل بين قمتين ويبين الشكل (5−2) فصل جزئي لمادتين حيث H_P هو الارتفاع فوق خط القاعدة المقدر للقمة الدنيا وH_v هو الارتفاع فوق خط القاعدة المقدرة عند أخفض نقطة للمنحني فاصلاً بين القمم الدنيا والعليا وتعطى بالعلاقة التالية:[32]

$$P/V = H_P / H_v$$



الشكل (5−2) نسبة القمة للوادي لمادتين [32]

• التأثير النسبي(Rre1): هو نسبة المسافة المقطوعة للعينة المراد معرفتها إلى المسافة المقطوعة في نفس الوقت للعينة المعيارية (الشاهد) ويبين الشكل (5−3) تحليل نموذجي خطي وتعطى علاقة التأثير النسبي:

$$R_{re1} = b/c$$

•البقاء النسبي (r): هو نسبة زمن البقاء المعدل عليها للمادة المراد تحليلها نسبة إلى العينة المعيارية.

ويتم استنتاجها حسب:

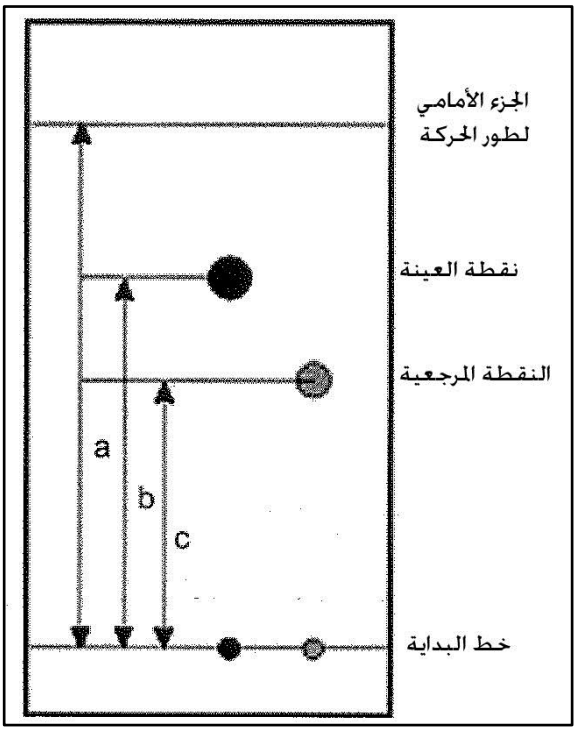
$$r = Rt_2 - t_M / Rt_1 - t_M$$

حيث Rt_2: زمن البقاء المقاس من منفذ الحقن للمادة المطلوب تحليلها.

Rt_1 : زمن البقاء المقاس من منفذ الحقن للمادة المستخدمة كمرجع.

t_M : زمن البقاء للمادة غير المحتفظ بها.

ويحدد هذه البارمترات تحت نفس الشروط التجريبية وفي نفس العمود



الشكل (5−3) تحليل طيف نموذجي [32]

• زمن البقاء النسبي (RRT):

ويعطى بالعلاقة التالية: $RRT = Rt_2 / Rt_1$

الانحراف المعياري النسبي (بالمئة):

ويعطى بالعلاقة التالية

$$\% \text{ RSD} = \frac{100}{x}\left[\frac{\sum_{i=1}^{N}(xi-x)^2}{N-1}\right]^{1/2}$$

• عامل التأخير (R_F):[35]

هو نسبة المسافة المقطوعة لمركز نقطة إلى المسافة المقطوعة في نفس الوقت في طور الحركة وبالرجوع على الشكل (5−3) تعطى R_F بالعلاقة التالية:

$$R_F = b/a$$

• عامل البقاء(K):[35]

ويعرف أيضاً بعامل السعة ويعرف:

$$K = \frac{\text{كمية المادة في طور السكون}}{\text{كمية المادة في طور الحركة}}$$

أو

$$K = \frac{\text{الزمن الذي مر المادة في طور السكون}}{\text{الزمن الذي المادةمر في طور الحركة}}$$

ويمكن أن يحدد عامل البقاء لمادة من العلاقة التالية:

$$K = (Rt-t_M) / t_M$$

• زمن البقاء(Rt): هو الزمن بين حقن العينة وظهور استجابة أعلى قمة في منطقة العينة المشطوفة(elution) وتعتبر أزمنة تحليل الطيف على أنها خصائص للمركبات التي يتم تحليلها حيث تعتبر بأنها هوية تعريف لكل مركب على حدى وتختلف أزمنة البقاء المطلقة من تحليل إلى آخر [35].

• حجم البقاء(V_R):[35]

هو حجم طور الحركة المطلوب لاستخراج مركب ما ويتم حسابه من زمن البقاء ومعدل الجريان (ml/min)

$$VR = Rt \times F$$

• الانحلال (RS):[35]

هو الفصل لمركبين في مزيج ويحسب:

$$RS = 2\,(Rt_2 - Rt_1) / (W_1 + W_2)$$

حيث Rt_1, Rt_2: زمن البقاء للمركبين.

W_1،W_2 : عرض القمة عند خط القاعدة.

$$RS = 1.18\ (Rt_2 - Rt_1)/(\ W_{1h/2} + W_{2h/2})$$

• عامل الفصل (∝):[35]

هو الاحتباس النسبي ويحسب لقيمتين متتالين ودائماً بقيمة > 1:

$$\propto = K2/K1$$

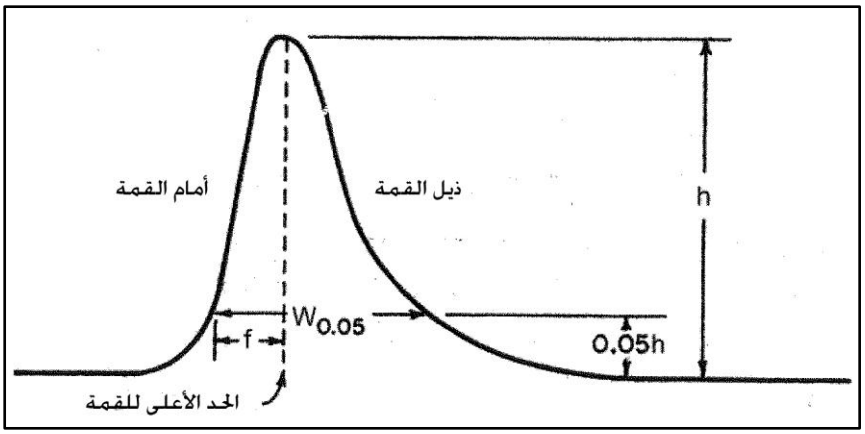
• عامل التناظر (As):[35]

يُعرف أحياناً بأنه عامل الذيل للقمة ويحسب كما يلي وهو موضح في الشكل (5-4):

$$As = W_{0.05}/2f$$

حيث $W_{0.05}$عرض القمة عند ارتفاع 5%

f المسافة من أقصى القمة إلى الحافة التي تؤدي إلى القمة والمسافة التي تقاس عند (5%) وارتفاع القمة من القاعدة.



الشكل (5-4) قمة تحليل الكروماتوغرام[32]

وتزداد قيمة (As) عندما يصبح الذيل أكثر وضوح وعندما يبتعد تناظر القمة عن القيمة (1) يُعتمد على التكامل وبهذا تصبح الدقة أقل موثوقية.

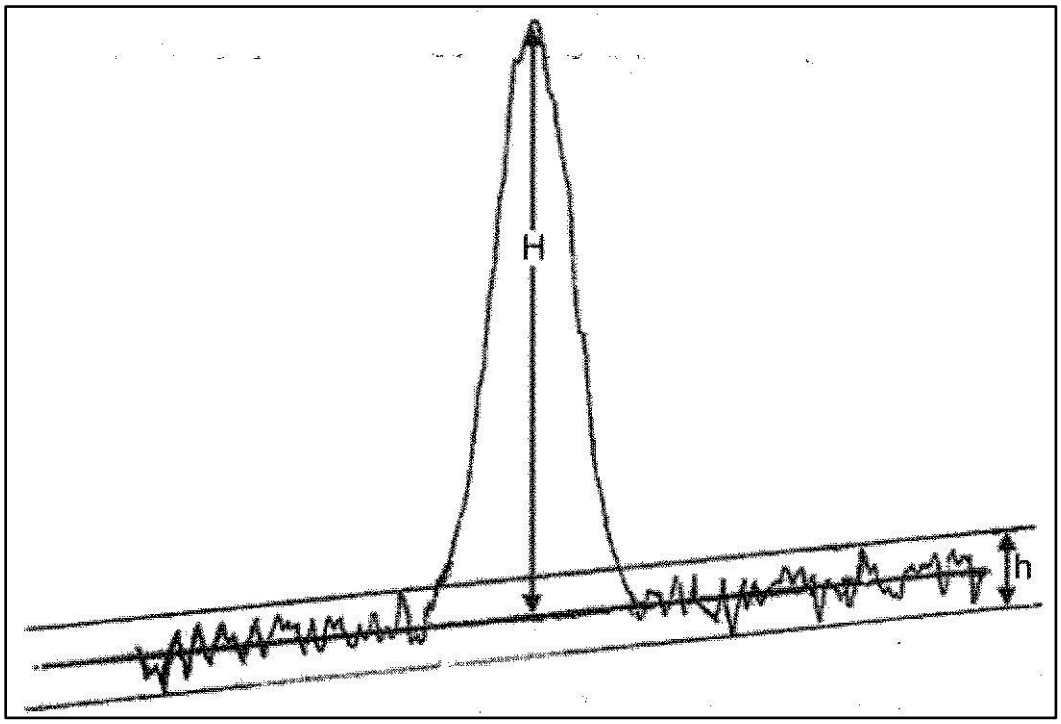
• نسبة الضجيج للإشارة S/N:

تعتبر إشارة نسبة الضجيج S/N معيار هام لدقة الجهاز ويتم حسابها:

$$S/N = 2H/h$$

حيث (H) ارتفاع القمة من رأس القمة إلى خط القاعدة ويتم تقييمها على مسافة (≥5) مرات لعرض القمة عند نصف الارتفاع.

(h) الفرق بين أعلى وأقل قيم الضجيج والتي يتم ملاحظتها على مسافة (≥5) مرات عند منتصف الارتفاع القمة،ويظهر الشكل (5-5) نسبة الضجيج لقمة تحليل.[32]



الشكل (5-5) نسبة الضجيج لقمة تحليل [32]

5-5 إجراء التسوية وتكميم المقادير لجهاز الـ (GC):

يتم تكرار حقن العينات العيارية ومن ثم مقارنتها للتأكد من عدم انحراف قيم القياس للمادة العينة من القيم المأخوذة للعينات العيارية عن القيم الاحصائية الموثوقية المقدرة من تكرار حقن العينة العيارية، ويكون التحضير المعياري للعينات بحيث يحتوي كميات محددة من المواد الملوثة والتي تفيد في التحكم في نظام التحليل وعندما يوجد تغيير كبير في نظام التحليل المطبق من حيث المعدات أومركبات طور الحركة أو مركبات أخرى مثل الكاشف فلا بد من إعادة تعيين (ملائمة) الجهاز ويستخدم اختبار (الملائمة) للتحقق من فعالية نظام التشغيل النهائي والذي يجب أن يخضع للاختبار.

خلال عملية الحساب (التكميم) نهمل القمم التي تسببها المذيبات والكواشف أو تلك الناتجة من طور الحركة أو من نسيج العينة، وفي المجال الخطي تكون مساحات القمة وارتفاعاتها متناسبة مع كمية

المادة المراد تحليلها، وعادة تقاس مساحات القمة وارتفاعاتها عن طريق المكمـــلات الالكترونيـــة ويمكن أن تحدد باستخدام الطرق التقليدية.

يتم فصل المادة المراد تحليلها عن المركبات المتداخلة لنحصل على ذيل القمة في الحد الأدنـــى ولا تحسب القمم عند الذيل لقمم أخرى قدر الإمكان، ومن ثم يُجرى مقارنة بين قمم المواد الملوثة مـــع تلك القمم الموجودة في جهاز ال(GC) المحصلة من العينات العيارية، وتستند هذه الاختبارات على قياس استجابة القمة بسبب وجود المواد الملوثة ويتم التعبير عنها كنسبة في مساحة قمة العينة.

كما يتم حساب نسبة المحتوى من المادة المراد تحليلها من خلال تحديد مساحة القمة المشابهة على شكل نسبة من المساحات الكلية للقمم كلها باستثناء تلك القمم الغير مرغوب فيها فتقوم بإهمالها.[32]

5-6 معايرة جهاز الكروماتوغرافيا الغازية (GC):

تعتمد معايرة جهاز الكروماتوغرافيا الغازية (GC) باستخدام طريقتين للمعايرة الخارجية والداخليـــة أما الطريقة المعيارية الخارجية فتحدد تركيز المواد عن طريق مقارنة الاستجابة التي نحصل عليها من العينة المراد تحليلها إلى الاستجابة التي نحصل عليها من العينة العيارية (الشاهد).

أما الطريقة المعيارية الداخلية فتتم بوضع كميات متساوية من المعايير الداخلية مع العينـــة المـــراد تحليلها والعينة العيارية (الشاهد) ويتم تحديد تركيز المحللات عن طريق مقارنة نسبة مساحات القمم أو ارتفاعها والمعيار الداخلي في العينة المراد تحليلها مع نسب مساحات القمم أو ارتفاعها والمعيار الداخلي للعينة العيارية (الشاهد).

يتم تحديد العلاقة بين الإشارة (y) المقاسة أو المقدرة مع الكمية (التركيز أو الكتلة) للمـــادة المـــراد تحليها (X) وبعدها يتم حساب المعايرة والنتائج التحليلية من خلال الإشارة المقاسة أو المقدرة للمادة المراد تحليلها وموقعها على منحني المعايرة الذي نحصل عليه من الحقن المتكرر للعينات العيارية (الشاهد).

في اختبارات عدم النقاوة يتم تطبيق إجراء التسوية وأية عوامل تصحيحية أخرى من المحددات التي ذكرناها سابقاً (مثل عندما يكون عامل الاستجابة خارج نطاق 1.2 – 0.8).

من الهام اختيار العتبة المناسبة والشروط المناسبة للحصول على قمم واضـــحة بمســـاحات كافيـــة لإظهار الشوائب في اختبارات عدم النقاوة ويتم إهمال الحدود دون القمة تكون بحدود 0.05% لذلك يتم تحديد عتبة جميع المعطيات للجهاز على الأقل مع نصف هذا المقدار ويتم إكمال مساحة القمـــة

لأي مادة ملوثة لا تكون هذه المساحة مفصولة عن القمة الرئيسية وذلك باستخدام الاسقتراء (وادي إلى وادي).[32]

5-7 جهاز الكروماتوغرافيا الغازية المستخدم في تحليل العينات:

لقد قمنا باستخدام جهاز الكروماتوغرافيا الغازية الموجود في هيئة الطاقة الذرية وهو مصنع مـــن شركة PAC تحت اسم **Agilent technologies 7890 AGS System** حيث تم استخدام غاز الهيليوم كغاز حامل واستخدام ثلاثة أنواع للكواشف هي الكاشف الأول FID للكشف عن الهيدروكربونات و الكاشف الثاني TCDلكشف الهيدروجين ،أما الكاشف الثالث فهو TCD من أجل باقي الغازات .

Agilent technologies 7890 AGS System

وفيما يلي المواصفات الفنية للجهاز:

Oven

Equilibration time	0.5 min
Max temperature	200 degree C
Slow Fan	Disabled

Oven Program

80◦c for 2min
then 35◦c/min to 185◦c for 2.5 min

Run time

Sample overlap
sample overlap is not enabled

Front ss inlet He

Mode	split
Heater	200◦c
pressure	187.14 Kpa
Total flow	758 ml/min
Septum Purge Flow	3ml/min
Gas Saver	20ml/min after 3min
Split Ratio	150:1
Split Flow	750 ml/min

Thermal AUXI (user configurable)

Heater
Temperature program
70◦c for 0min
Run time 7.5min

Thermal Aux2 (user configurable)

Heater
Temperature program
70◦c for 0min
Run time 7.5min
Column ≠ 1
Ac 21073.048 Hi speed
200°c: 35 mx 320 um x8 um
In: Front ss Intel He
Out: Front Detector FID
Initial 80◦c
Pressure 187.14 Kpa
Flow 5ml/min
Average velocity 65.656 cm/sec
Hold uptime 0.88847 min

Flow Program

5ml/min for 0 min
Runtime 7.5 min

Front Detector FID

Heater 190◦c
H2 Flow 35 ml/min
Air Flow 350ml/min
Make up Flow
Cons + col + makeup
Flame
Electrometer

Back Detector TCD

Heater 150◦c
Reference Flow 18ml/min
make up Flow
Cons + col + makeup
Negative Polarity
Filament

الفصل السادس

النتائج ومناقشتها

6-1 مقدمة:

سنورد في هذا الفصل نتائج التحليل للعينات الغازية التي قمنا بتحصيلها من شبكة الغازات الطبية في المشافي بهدف كشف التلوثات الغازية الحاصلة لهذه الغازات الطبية والمقدمة للمرضى على أساس أنها سليمة وعقيمة وضمن المواصفات القياسية السورية لكل من غاز الأكسجين الطبي والهواء الطبي المضغوط ، وسيتم مناقشه هذه النتائج على ضوء مقارنتها ومقاربتها من المواصفة القياسية السورية.

6-2 المواصفة القياسية السورية:

حصلنا على المواصفة القياسية السورية من هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية ، بهدف تحديد هذه المواصفة القياسية الواجب توافرها في الهواء الطبي المضغوط والأكسجين الطبي المستخدم لأغراض طبية وهما الغازين المعنين في الدراسة حيث يتم تعريفهما كما يلي.

6-2-1 الهواء الطبي المضغوط:

هو مزيج طبيعي أو اصطناعي لغازات تتكون فيه معظمها من النتروجين والأكسجين تحتوي ما لا يقل عن 19.5% ولا يزيد عن 23.5% من حجمها أكسجين ويسمح بتفاوت (± 5%) من الحجم المعبأ في الاسطوانة من الحجم المرقوم على جسم الاسطوانة عند درجة حرارة (20^{o} C) وضغط (760 mmHg) ويبين الجدول (6-1) المواصفة القياسية السورية للهواء الطبي المضغوط والحدود العليا للشوائب المسموح بها .

جدول (6-1) المواصفة القياسية السورية لملوثات الهواء الطبي المضغوط [40]

الرقم	الخواص	الحدود العليا للشوائب
1	أحادي أكسيد النتروجين وثنائي أكسيد النتروجين	ليس أكثر من (2) جزء في المليون
2	الأكسجين	ليس أقل من 19.5%
3	الأرغون	ليس أكثر من 1%
4	ثاني أكسيد الكربون	ليس أكثر من (500) جزء في المليون
5	الغازات النادرة	ليس أكثر من 0.003 %
6	الهيدروكربونات المتطايرة	ليس أكثر من 0.0025 %
7	الهيدروكربونات المسالة	ليس أكثر من 0.0005 %

8	أكسيد النتروز	ليس أكثر من 0.00001 %
9	أحادي أكسيد الكربون	ليس أكثر من (5) جزء في المليون
10	ثاني أكسيد الكبريت	ليس أكثر من (1) جزء في المليون
11	الزيت	ليس أكثر من (0.1) مع / م^3
12	الماء	ليس أكثر من (60) جزء في المليون

6-2-2 الأكسجين الطبي:

يجب أن لا تقل نقاوة الأكسجين عن (99.5% v/v) كحد أدنى ويبين الجدول (6-2) المواصفة القياسية السورية لملوثات الأكسجين الطبي والحدود العليا المسموح بها لهذه الملوثات.

جدول (6-2) المواصفة القياسية السورية لملوثات الأكسجين الطبي [41]

الرقم	الخواص	الحدود العليا للشوائب
1	ثاني أكسيد الكربون CO_2	لا تزيد عن 0.03% كحد أقصى
2	أول أكسيد الكربون CO	لا تزيد عن 0.001% كحد أقصى
3	الرطوبة	لا يزيد محتوى الماء في الأكسجين عن ($5\ mg/m^3$) كحد أقصى
4	الرائحة	عديم الرائحة عند شروط الاستخدام
5	المركبات الهيدروكربونية	لا تزيد عن (60 mg/L) عند درجة حرارة (15^oC)
6	أجسام صلبة	لا يحتوي على أجسام أبعادها أكثر من (100) ميكرومتر والكتلة ($1\ mg/m^3$) عند درجة حرارة (15^oC) وضغط ($0.1\ Kg/cm^2$)

6-3 طريقة الاعتيان وسحب العينات الخاصة بالبحث:

اعتمدنا في بحثنا على سحب عدد من العينات من مشفيين من مشافي دمشق وذلك عن طريق أكياس خاصة ومعتمدة من قبل هيئة الطاقة الذرية ويبين الشكل (6-1) صورة للكيس الذي تم عن طريقه سحب العينات حيث يتم وصل صمام عدم الرجوع بنقطة سحب العينة سواء كانت منظم اسطوانة الغاز أو مخرج من مخارج الشبكة المتعددة في الغرف المختلفة وذلك بعد إدخال البروب الخاص بالمخرج لكل غاز. وقدتم اعتماد طريقة الاعتيان المعتمدة من قبل هيئة الطاقة الذرية لرفع وثوقية نتائج التحليل وذلك بملء الكيس المعتمد بالغاز المحدد للدراسة سواء كان أكسجين طبي أو هواء طبي مضغوط وتكرار عملية الملء والإفراغ مع إحكام الصمام الخاص بالكيس لخمس مرات متتالية وتعتمد طريقة الاعتيان هذه بهدف التخلص من أي شائبة أو أوساخ موجودة داخل الكيس

وربما تؤثر فيما بعد على نتيجة التحليل والتي يهمنا وبالدرجة الأولى مستوى الوثوقيـــة المعتمـــدة للنتائج النهائية للكشف عن أي ملوثات داخل العينة الغازية المأخوذة من شبكة الغازات الطبية دونما أي تأثيرات إضافية، وبهذا نحصل على عينة غازية بطريقة اعتيان معتمدة ومحمية من التســـرب بإحكام إغلاق صمام الكيس بشكل جيد.



الشكل (6-1) صورة توضيحية لكيس التحليل المعتمد

تم سحب العينات الغازية من مناطق مختلفة من شبكة الغازات الطبية في كل مشفى على حدا بمعدل عشر عينات غازية لكل غاز طبي باعتبار ضرورة تغطية كافة النقاط الهامة في الشـــبكة والتـــي ستزودنا بإمكانية وجود ملوثات غازية ضمن شبكة الغازات، وقمنا بتحديد نقاط سحب العينات بعد الاطلاع على مخططات الشبكة والاستعانة بالمهندسين المشرفين على شبكة الغازات الطبية في كلا المشفيين كانت كالتالي:

- مصادر تزويد الغازات الطبية (الأكسجين الطبي والهواء الطبي المضغوط) فقد تم ســـحب عينات لكل مصدر مزود فقد قمنا بسحب عينات من مصدر تزويد الأكسجين الطبـــي مـــن مجمع الاسطوانات بحيث قمنا بسحب عينة من كل جانب من جانبي المجمع وعينـــة مـــن مصدر تزويد خزان الأكسجين السائل الخارجي، أما بالنسبة للهواء الطبي المضغوط فقد تم سحب عينتان من مصدر الهواء الطبي من الضاغط وتحديداً من نقطة بعد دخول الهـــواء الخارجي وقبل إجراء عملية الفلترة وأخرى تم تحديدها بالنسبة لضاغط الهواء الطبي بعـــد عملية الفلترة.

- غرف الإسعاف الموجود في الطوابق الأرضية باعتبار أن مآخذ هذه الغرف هي الأقرب لوجود مصدر الغازات الطبية فقد تم سحب عينات لكل غاز طبي من أقرب مآخذ لغرف الإسعاف وأبعد نقطة ضمن القسم نفسه.
- غرف العناية المشددة وغرف العمليات تم تحديد سحب العينات الغازية باعتبار أن في تصميم المشفيين تقع غرف العناية المشددة والعمليات على نفس خط التزويد لشبكة الغازات وسحبنا عينتان لكل غاز على حدا من كل غرفة عمليات وغرفة عناية مشددة المتواجدة في الطابق الثاني.
- غرف المرضى: تم تحديد نقاط سحب عينات غازية لغرف مرضى متعددة في كلا المشفيين باعتبار وجود غرف متعددة للمرضى في طوابق مختلفة فقد حاولنا بقدر الإمكان تغطية كافية النقاط الهامة لغرف المرضى المتعددة من عدة طوابق آخذين بعين الاعتبار أقرب نقطة لشبكة الغازات وأبعد نقطة عن مصدر التزويد لشبكة الغازات الطبية.

وبهذا تم تحصيل (40) أربعين عينة غازية بالمجمل من كلا المشفين كان منها (20) عشرين عينة للأكسجين الطبي و(20) عشرين عينة للهواء الطبي المضغوط، حُصلت من النقاط المختلفة السابقة الذكر وحاولنا تغطية هذه النقاط الهامة وتحديد عدد العينات المسحوبة من المآخذ بما يضمن ضرورة البحث عن أي نوع من أنواع الملوثات الحاصلة للغازات الطبية وذلك بالتماشي مع شبكة الغازات الطبية بدءاً من مصادر التزويد الرئيسية إلى نقاط المخارج الشبكة المتعددة.

كما تم سحبها على دفعات متعددة من كلا المشفيين وإغلاقها بإحكام وإيصالها إلى هيئة الطاقة الذرية لفحصها وتحليلها بواسطة جهاز الكرماتوغرافية الغازية (GC) والذي تم الشرح عنه في الفصل الخامس والملحق (1) وذلك من أجل فحص نقاوة الغازات الطبية في المشافي وكشف ما إذا كان هناك شوائب أو لا وهل هذه الغازات الطبية تخضع للمواصفة القياسية السورية المعتمدة أو لا.

6-4 نتائج تحليل العينات في المشفى الأول:

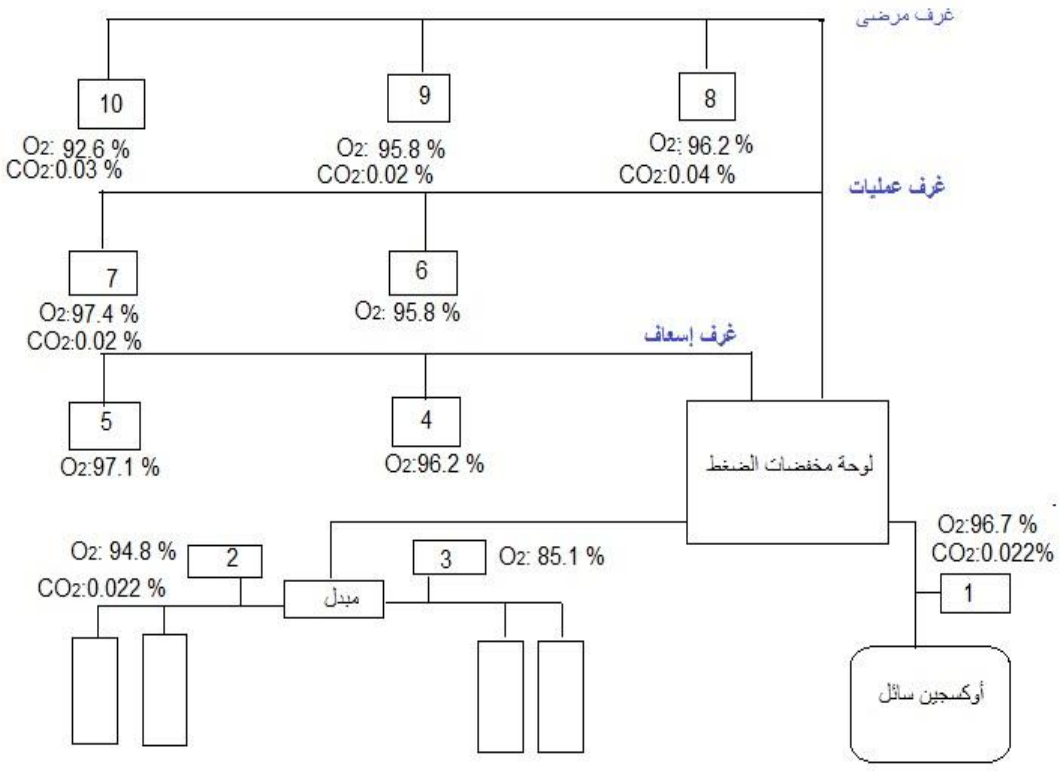
6-4-1 مقدمة:

تم سحب (21) إحدى وعشرون عينة من المشفى الأول (10) عينات خصصت للأكسجين الطبي بينما تم سحب (11) إحدى عشر عينة للهواء الطبي المضغوط بالتوزع الموضح في كل من جداول

النتائج التي سنوردها لكل غاز على حدى وتم الأخذ بعين الاعتبار تغطية النقاط المهمة من شـــبكة الغازات الطبية في المشفى بهدف الحصول على نتائج تحليل تساعدنا فيما بعد لتحديـــد صـــلاحية الغازات الطبية المستخدمة في المشافي من حيث مطابقتها للمواصفة القياسية السورية مـــن حيـــث النقاوة من جهة وخلوها من الشوائب الغازية من جهة أخرى.

6-4-2 نتائج تحليل الأكسجين الطبي في المشفى الأول:

يبين الشكل (6-2) مخطط توضيحي للمأخذ التي تم سحب العينات منها علماً أنه يتم تزويد المشفى من خزان الأكسجين السائل ليتم التوزيع على غرف الإسعاف بخط صـــاعد مـــن لوحـــة التغذيـــة الرئيسية في العينة (4) كأقرب نقطة والعينة (5) كأبعد نقطة عن وحدة التغذية, ويتم تزويد غـــرف المرضى وغرف العمليات من نفس الخط الصاعد من لوحة التغذية, حيث تم سحب العينة(6) مـــن غرف العمليات كأقرب نقطة للوحة التغذية الرئيسية والعينة(7) كأبعد نقطة عن اللوحة الرئيسية, أما غرف المرضى فتم تجميع ثلاث عينات مرتبة كما هو مبين في الشكل (6-2) مـــن الأقـــرب إلـــى الأبعد.



الشكل (6-2) مخطط توزع العينات المجمعة لغاز الأكسجين في المشفى الأول

أما الجدول (6-3) يبين نتائج تحليل عينات الأكسجين الطبي على جهاز الـــGC وأمـــاكن ســـحب العينات من المشفى الأول بتاريخ 2012/5/7 الساعة 10,00 صباحاً.

الجدول (6-3) نتائج تحليل عينات الأكسجين الطبي *

العينات	مكان العينة	O_2 %	N_2 %	CO_2 (ppm)
أكسجين طبي 1	خزان الأكسجين السائل	96.7	3.2	220
أكسجين طبي 2	مصدر تزويد مجمع اسطوانات جهة يسرى	94.8	5.7	220
أكسجين طبي 3	مصدر تزويد مجمع اسطوانات جهة يمنى	85.1	14.8	ـــ
أكسجين طبي 4	غرفة إسعاف طابق أرضي أقرب نقطة	96.2	3.7	ـــ
أكسجين طبي 5	غرفة إسعاب طابق أرضي أبعد نقطة	97.1	2.8	ـــ
أكسجين طبي 6	غرفة عمليات أقرب نقطة	95.8	4.1	ـــ
أكسجين طبي 7	غرفة عمليات أبعد نقطة	97.4	2.5	200
أكسجين طبي 8	غرقة مرضى (1) ط4	96.2	3.7	400
أكسجين طبي 9	غرفة مرضى (2) ط4	95.8	4.1	200
أكسجين طبي 10	غرفة مرضى (3) ط4	92.6	7.3	300

* مرفق في الملحق (2) شهادات التحليل المصدقة

نلاحظ من نتائج التحليل الواردة من هيئة الطاقة الذرية حسب شهادات التحليل المصدقة ما يلي:

•يتوضح بالنظرة العامة على هذه النتائج أن نسبة تركيز غاز الأكسجين في العينات العشر المأخوذة لم تكن بدرجة نقاء كافية لتطابق المواصفة القياسية السورية والتي توجد نسبة تركيز لغاز الأكسجين الطبي كما ورد بـــ(99.5 %) لغاز الأكسجين الطبي، مما تدلنا على أول مؤشر لعدم نقـــاوة هـــذه الغازات في أي نقطة من نقاط الشبكة وبالتالي عدم التطابق هذا مع المواصفة القياســـية الســـورية المعتمدةمما يؤدي إلى إيصال غاز أكسجين طبي للمريض غير سليم وغير آمن سواء في غـــرف العمليات أو الإسعاف أو غرف المرضى المتعددة في المشفى الأول، ويعود هذا الأمر إلـــى عـــدم وجود هيئة أو رقابة داخل المشفى تقوم بالإشراف على الغازات الطبية الداخلية ضـــمن المشـــفى

لإدارة خطورة تلوث الغازات الطبية ضمن شبكة الغازات الطبية تقوم بإجراء تحاليل دورية لنقاوة الغازات بهدف التأكد من مطابقتها للمواصفات القياسية المحلية كما ورد في الدراسة التي قام بها Casey ومجموعته [31].

• كما نلاحظ من العينات (1,2,3) وجود تلوث لغاز الأكسجين بدءاً من مصادر التزويد الرئيسية في المشفى سواء كانت من خزان الأكسجين السائل المتواجد خارج بناء المشفى أو من غرفة التزويد الرئيسية ومجمع الاسطوانات المزود لشبكة الغازات الطبية بطرفيه اليميني واليساري، مما يعني أننا لا نعتمد في تزويد مشافينا على مزودين موثوقين للغازات الطبية ولا تتم مراقبة هذه الغازات قبل ورودها إلى المشفى وهذا دليل عدم نقاوة الغازات الطبية بعدم مطابقتها للمواصفة القياسية السورية بنسبة مختلفة سواء كانت هذه النسبة قريبة نوعاً ما من المواصفة القياسية (96.7%) أو بعيدة جداً (85.1%) ووجود نسبة لغاز (CO_2) أحد ملوثات الغازات الطبية وأكثر شيوعاً وخطورة على المرضى بنسبة (220PPM) هذه النسبة وإن كانت قليلة جداً ولا تطابق النسبة الواردة في المواصفة القياسية السورية الواردة وهي (300 PPM) ولكن مجرد وجود مثل هذه النسبة في مصدر تزويد غاز الأكسجين الطبي هو مؤشر آخر بعدم الاهتمام بنوعية الغازات الطبية الواردة إلى المشفى قبل دخولها إلى شبكة الغازات وتعرضها إلى عوامل أخرى تزيد أو تنقص من نسبة هذه الملوثات.

وهذا ما أكد عليه Moss[27] في دراسته على احتمال وجود أخطاء في مواقع تصنيع الغازات الطبية تخص عملية ملئ خزانات أو اسطوانات الغازات الطبية وأوصى بوجود شاشة مراقبة للأكسجين تحدد نسبة الأكسجين الطبي داخل الاسطوانة للتأكد من جودة هذه الغازات وأوصى بوضع قوانين وإجراءات صارمة فيما تخص نوعية وكمية الغاز الطبي وخصوصاً غاز الأكسجين الطبي الوارد للمشافي لضمان جودته ووثوقية تركيز لمنع حدوث أي خطأ بدءاً من مزود هذا الغاز والذي يجب أن يكون معتمد وموثق من قبل هيئات عليا متصلة بالسلطات الإدارية في الحكومة لمعاقبته في حال تم إيصال غازات طبية بنسبة تلوث أو غير مطابقة للمواصفات القياسية. وهذا ما نريد التأكيد عليه ونرجو تطبيقه من قبل الهيئات المختصة إن وجدت وإيجاد مثل تلك الهيئات وتفعيلها في مجال الغازات الطبية لضمان التحقق من نوعية الغازات الطبية بدءاً من مصادرها وقبل ضخها في المشافي لمنع حدوث أي حالة وفاة أو أذى لأي مريض يدخل إلى المشفى بهدف رفع سوية حالته الصحية لا تدميرها.

• العينات (4,5) تم سحبها من غرفة إسعاف موجودة في الطابق الأرضي للمشفى وكانت من نقطتين أحدهما أقرب من الثانية إلى مصدر التزويد ونلاحظ تقارب واضح من نسبة تركيز هذه العينات بقيمة (92.2 % , 97.1 %) إلى مصدر الغازات الرئيسي باعتبار أن المصدر المزود المعتمد في المشفى هو خزان الأكسجين السائل.

• تم ملاحظة نسبة لغاز (CO_2) في العينات (7, 8, 9, 10) مع نسبة نقاء قليلة لغاز الأكسجين وخصوصاً في العينة رقم (10) مع العلم أنها أخذت من غرفة مرضى هي أبعد نقطة عن شبكة الغازات الطبية فنلاحظ أن نسبة النقاوة قليلة بالإضافة إلى ظهور ملوث يتعدى النسبة المحددة لغاز (CO_2)، المحدد في المواصفات القياسية السورية بنسبةPPM (400,300) وهذا يدلنا على احتمال وجود احتراق داخل شبكة الغازات الطبية أدى لرفع نسبة غاز (CO_2) مما يستدعي وحسب الدراسة التي قامت بها EGIA [29] لتحديد نوعية ونمط ومواقع استخدام المواد غير المعدنية المستخدمة داخل الشبكة والتي تسبب إلى حالات احتراق أو اشتعال داخلية غير مرغوب بها مما يستوجب التشديد على ضرورة تنظيف شبكة أنابيب الغازات الطبية بشكل دوري ومنتظم للتخلص من أي مصدر من مصادر تلوث الغازات الطبية.

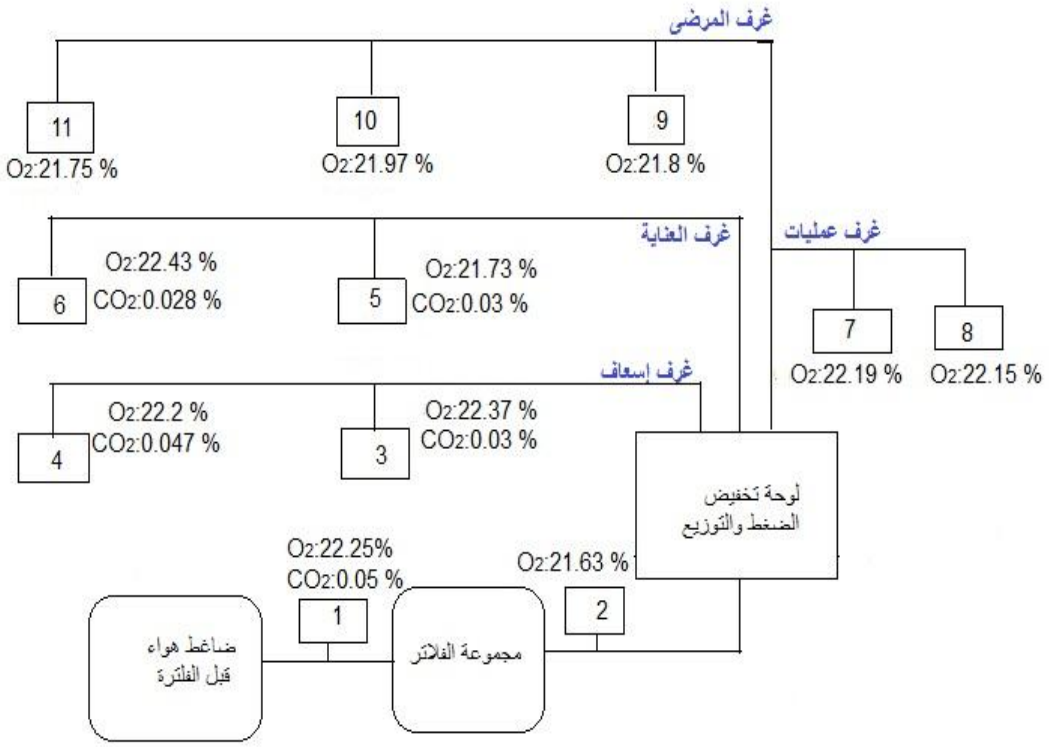
• نلاحظ تفاوت في نسب تركيز الغازات الطبية بنسبة (3% – 2) في نقاط مختلفة من الشبكة مما يدلنا على وجود تسريب معين حاصل لشبكة الغازات الطبية وخاصة الأكسجين الطبي نتيجة ضغط شبكة عالي غير ملائم عند وصلات متقاطعة لتفرعات الشبكة وهذا ما اعتبره John [23] مصدر من مصادر تلوث الغازات الطبية.

• لم نلاحظ أي رائحة مميزة أثناء عملية سحب العينات.

• تم وضع نتائج التحليل وفق شهادات التحليل الخاصة بهيئة الطاقة الذرية كما ورد نتائج تحليل جهاز الكروماتوغرافيا الغازية لكل عينة من العينات المذكورة ويبين الملحق (2) الكروماتوغرام الخاص بهذه العينات موضحاً زمن التحليل وزمن البقاء لكل مركب من مركبات العينة والأدوات الخاصة باستجابة الكاشف بالأكسجين الطبي وباقي الغازات التي ظهرت في تحليل الطيف الغازي GC.

6-4-3 نتائج تحليل الهواء الطبي المضغوط في المشفى الأول:

يبين الشكل (6-3) مخطط توضيحي للمأخذ التي تم تجميع العينات منها حيث تم تجميع عينة (1)من الضاغط قبل الفلترة والعينة (2) من الضاغط بعد الفلترة ونلاحظ أنه يتم تزويد غـرف الإسـعاف بخط صاعد من لوحة التغذية الرئيسية في العينة (3) كأقرب نقطة والعينة (4) كأبعد نقطـة عـن وحدة التغذية, ويتم تزويد غرف المرضى وغرف العمليات من نفس الخط الصـاعد مـن لوحـة التغذية, حيث تم سحب العينة(7) من غرف العمليات كأقرب نقطة للوحة التغذية الرئيسية والعينة(8) كأبعد نقطة عن اللوحة الرئيسية, أما غرف المرضى فتم تجميع ثلاث عينات مرتبة كما هو مبـين في الشكل (6-2) من الأقرب إلى الأبعد (11,10,9) أما وحدة العناية المشددة يتم تزويدها من خـط صاعد منفصل من لوحة التزويد الرئيسية,وتم تجميع العينات (6,5) من أقرب نقطة وأبعد عن لوحة التزويد الرئيسية.



الشكل (6-3) مخطط توزع العينات المجمعة للهواء الطبي المضغوطفي المشفى الأول

أما الجدول (6-4) يبين نتائج تحليل عينات الهواء الطبي المضغوط الواردة من جهاز الكروماتوغرافيا الغازية GC وأماكن سحب العينات من المشفى الأول حيث تم اعتيان وسحب العينات بتاريخ 2012/9/24 الساعة 10,00 صباحاً.

جدول (6-4) نتائج تحليل عينات الهواء الطبي المضغوط من المشفى الأول *

العينات	مكان سحب العينة	O_2 %	N_2 %	CO_2PPM
هواء طبي مضغوط 1	ضاغط خزان هواء قبل الفلترة	22.25	77.7	500
هواء طبي مضغوط 2	ضاغط هواء بعد الفلترة	21.63	78.37	ـــ
هواء طبي مضغوط 3	غرفة إسعاف ط أرضي (أقرب)	22.37	77.6	300
هواء طبي مضغوط 4	غرفة إسعاف ط أرضي (أبعد)	22.20	77.75	470
هواء طبي مضغوط 5	غرفة عناية مشددة أقرب نقطة	21.73	78.24	300
هواء طبي مضغوط 6	غرفة عناية مشددة أبعد نقطة	22.43	77.54	280
هواء طبي مضغوط 7	غرفة عمليات أقرب نقطة	22.19	77.81	ـــ
هواء طبي مضغوط 8	غرفة عمليات أبعد نقطة	22.15	77.85	ـــ
هواء طبي مضغوط 9	غرفة مرضى (1)	21.8	78.20	ـــ
هواء طبي مضغوط 10	غرفة مرضى (2)	21.97	78.03	ـــ
هواء طبي مضغوط 11	غرفة مرضى (3)	21.75	78.25	ـــ

* مرفق في الملحق (3) شهادات التحليل المصدقة

نلاحظ من النتائج الصادرة من هيئة الطاقة الذرية حسب شهادات التحليل المصدقة ما يلي:

• حسب مقارنة نتائج التحليل مع المواصفة القياسية السورية وباعتبار أن الهواء الطبي المضغوط مزيج من الأكسجين والنتروجين يجب أن يحتوي ما لا يقل عن 19.5 % ولا تزيد عن 23.5 % من حجمها أكسجين وبنقاوة بمقدار (70.5 %) فإن جميع العينات السابقة تقع ضمن المواصفة القياسية السورية مما يعطينا مؤشر جيد لجودة ودرجة نقاوة الهواء الطبي المضغوط المقدم للمرضى في

كافة نقاط شبكة الغازات الطبية بدءاً من مصدر تزويد الهواء الطبي (الضاغط) إلى مآخذ غرف المرضى المتوزعة في أنحاء المشفى المختلفة.

• وجود نسبة من (CO_2) في العينات (1 ، 3 ، 4 ، 5 ، 6) بنسبة لا تتجاوز 500 PPM وهذه النسبة هي الحد الأقصى الموصى به في المواصفة القياسية السورية مما يدلنا على صلاحية غاز الهواء الطبي المضغوط بعدم تجاوز الحد الأقصى الموصى به. وكانت أعلى نسبة لهذه الشائبة في العينة (1) والتي سُحبت من الضاغط قبل الفلترة مما يدل على ضرورة التأكيد على نوعية الهواء الخارجي المحيط والذي يتم استخلاص منه الهواء الطبي المضغوط ومدى تأثيره على جودة الهواء الطبي المحصل, مما يستدعي القيام بإنتاج غازات طبية في أنظمة تضمن نقاوة الغازات الطبية المحصلة للتحكم بالملوثات الحاصلة للغازات الطبية وفق ما ورد في الدراسة التي قام بها EGIA [26]. وهذا يدل على أهمية اختيار مواقع مناسبة لبناء المشافي بحيث تكون بعيدة عن أماكن الازدحام وهذا ما تم ملاحظته من موقع بناء المشفى المذكور ضمن منطقة سكنية مزدحمة، وهذا ما اشار إليه Nakata [24].

• وجود نسبة لغاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) بنسبة 500 PPM في الضاغط قبل الفلترة في العينة (1) وزوال هذه النسبة في العينة (2) بعد الفلترة وهذا ما يؤكد على ضرورة وجود فلاتر بنوعية جيدة في مصدر تزويد الهواء الطبي المضغوط لما يؤثر على نوعية الهواء المحصل وجودته إلا أن ظهور نسبة لثاني أكسيد الكربون في العينات (6, 5, 4, 3) مرة ثانية ضمن غرف المرضى بنسبة ولو كانت قليلة ولا تتجاوز الحد الأعلى للمواصفة القياسية السورية المحددة (500 PPM) يؤكد على ضرورة وضع شاشة مراقبة لأكسيد الكربون ضمن نظام شبكة الهواء الطبي المضغوط لتحديد نسبة ثاني أكسيد الكربون المتواجد ضمن الشبكة وذلك حسب Moss [27] والتي يعود مصدر هذا الملوث إلى المذيبات أو المحاليل المستخدمة في تنظيف وتطهير شبكة الأنابيب حيث يتم التوصية بالتطهير بالنتروجين لإزالة أي قشرة داخلية للتخلص من الملوثات وعلى الرغم من أنها عملية غالية الثمن ومعقدة حيث يتم تطهير منطقة تلو منطقة ويتم إيقاف العمل في بقية المناطق خلال العملية أو وقف عمل النظام بشكل كامل.

•لوحظ في هذا المشفى وأثناء سحب العينات وجود زيت في بعض المآخذ الخاصة بشبكة الغازات الطبية وعند الرجوع إلى المهندسين المختصين في المشفى للاستفسار تبين إهمال لأعمال الصيانة

الخاصة بالهواء الطبي المضغوط مما يؤدي إلى إحداث أضرار بالغة في الأجهزة المتصلة مع هذه المآخذ مثل جهاز التخدير تؤدي إلى تعطل الجهاز عن العمل وعدم استخدام المآخذ لفترة طويلة وبالتالي عدم وضع غرف بكامل جهوزيتها في خدمة المشفى لتقدم للمرضى الخدمة الصحية اللازمة وهذا يدلنا على ضرورة التشديد على تطبيق إجراءات فحص الشبكة والتي تضع معايير محددة لكشف السبب المعين لمثل هذه الملوثات كما وردت في الدراسة المرجعية (10) التي قام بها مكتب أمن الصحة الأمريكية،وقد حاولنا إجراء فحص لكشف الزيت كشائبة ضمن العينات المذكورة إلا أن إعاقات مالية وأخرى إدارية ضمن الهيئة حالت دون ذلك.

• تم وضع نتائج التحليل وفق شهادات التحليل الخاصة بهيئة الطاقة الذرية كما وردتنا من جهاز التحليل الكروماتوغرافيا الغازية لكل عينة من العينات المذكورة ويبين الملحق (2) الكروماتوغرام الخاص بهذه العينات موضحاً زمن التحليل وزمن البقاء لكل مركب من مركبات العينة.

6-5 نتائج تحليل العينات في المشفى الثاني:

6-5-1 مقدمة:

تم سحب (20) عشرين عينة من المشفى الثاني حيث خُصصت (10) عشر عينات منها لغاز الأكسجين الطبي و(10) عشر عينات أخرى للهواء الطبي المضغوط وسنورد جداول تبين نتائج تحليل العينات كاملة مع أماكن سحب العينات من النقاط المختلفة لشبكة الغازات الطبية ونسبة كل غاز وما يحتويه من مكونات أخرى.

6-5-2 نتائج تحليل غاز الأكسجين الطبي في المشفى الثاني:

يبين الجدول (6-5) نتائج تحليل عينات غاز الأكسجين الطبي الظاهرة على جهاز الكروماتوغرافيا الغازية (GC) والنقاط التي حُددت ليتم سحب العينات من خلالها بحيث تتم تغطية شبكة الغازات بدءاً من المصدر المزود للغازات الطبية إلى أبعد نقطة مخرج لغرف مرضى في المشفى. بتاريخ 2012/3/20 الساعة 9,00 صباحاً.

جدول (6-5) نتائج تحليل عينات الأكسجين الطبي في المشفى الثاني *

العينات	مكان سحب العينات	O_2%	N_2%
أكسجين طبي 1	خزان أكسجين سائل	87.0	13.0
أكسجين طبي 2	مصدر اسطوانات جهة يسرى	83.7	16.3
أكسجين طبي 3	مصدر اسطوانات جهة يمنى	88.4	11.6
أكسجين طبي 4	غرفة إسعافات طابق أرضي	61.7	38.3
أكسجين طبي 5	غرفة عناية مشددة ط2	77.4	22.6
أكسجين طبي 6	غرفة عمليات ط2	64.6	36.0
أكسجين طبي 7	غرفة مرضى ط2	67.2	32.8
أكسجين طبي 8	غرفة مرضى ط7	58.0	42.0
أكسجين طبي 9	غرفة مرضى ط7	72.0	28.0
أكسجين طبي 10	غرفة مرضى ط8	87.2	12.8

* مرفق في الملحق (3) شهادات التحليل المصدقة

نلاحظ من النتائج الصادرة إلينا من هيئة الطاقة الذرية حسب شهادات التحليل المصدقة ما يلي:

- تدني مستوى تركيز الأكسجين الطبي ضمن العينة بشكل ملاحظ حيث تراوحت نسبة الأكسجين الطبي بين العينات كحد أقصى عينة (3) بنسة (88.4) إلى عينة رقم (8) بنسبة (58.0) كحد أدنى إضافة إلى ازدياد نسبة النتروجين بنسبة عالية ضمن العينات المذكورة نظراً لأن غاز النتروجين هو الغاز الأكثر نسبة في الهواء الجوي ولأن الأكسجين الطبي هو غاز محصل من الهواء الجوي كما تم توضيح في فصل الغازات الطبية فمن الطبيعي أن تكون نسبة النتروجين هي الغالبة، وطبعاً فإن مثل تلك النسبة المذكورة سابقاً بعيدة كل البعد عن المواصفة القياسية السورية و تؤدي إلى ضرر أو موت المرضى مباشرة عند تلقيهم مثل تلك الغازات الطبية وهم بأمس الحاجة لتلقي غازات طبية نقية تساعدهم على استعادة صحتهم.
- استوجبت هذا الأمر البحث عن سبب تدني نسبة تركيز الأكسجين الطبي فعندما نلاحظ العينات (3, 2, 1) بأنها عينات مأخوذة من مصدر التزويد الرئيسي سواء سائلة من المصدر الخارجي أو مصدر المجمع للاسطوانات فنلاحظ أن نسبة الأكسجين منخفضة جداً

بنسبة (87.0 , 83.7 , 88.4) مما يستدعي وضع أول مصدر من مصادر لتلوث الغازات الطبية بدءاً من مصدرها الأساسي وفي مكان تصنيع هذه الغازات وعدم تقيد المصانع المنتجة بأي قيد أو شرط يلزمهم بإنتاج غازات طبية بجودة عالية وهذا ما أكدت عليه الكثير من الدراسات المرجعية الخاصة بإنتاج الغازات الطبية وعملية صناعتها وضرورة فرض فحص نقاوة للغازات الطبية بعد تصنيعها وقبل تزويدها للمشافي لتحديد مدى صلاحيتها ومطابقتها للمواصفات القياسية المحلية أو العالمية كما ورد في الدراسة التي قامت منظمة الغازات الأوربية EGIA [26] بحيث أكدت المنظمات العالمية إجراء مثل هذه الفحوصات من قبل هيئة متدربة مناسبة مزودة بشهادات مهنية خاصة بالغازات الطبية موضحة في دراسة Hoyes [32] لتساعد على وضع حد لظاهرة تلوث الغازات الطبية والتي هي من الظواهر الخطيرة التي تهدد مستوى الرعاية الصحية.

- احتمال حصول تلوث لغاز الأكسجين الطبي المحصل ضمن المصدر الرئيسي بذاته والمتواجد داخل المشفى إن كان من مصدر خزان الأكسجين السائل عينة رقم (1) بعدم تنظيف وتعقيم الخزان أو فتحة النقل الخاصة بالأكسجين السائل مما يؤدي إلى زيادة نسبة الملوثات الغازية للأكسجين الطبي أو إن كان من مخارج الصمامات الخاصة بالأكسجين الطبي المزودة من الاسطوانات بعدم الاهتمام بها أو تغطيها بشكل جيد وهذا ما ورد في الدراسة EGIA[26]، وهنا نعمل على تجنب التلوث خلال التعامل مع الاسطوانات أثناء نقلها من حيث التأكد من سلامة الاسطوانة من الخارج أو أثناء التبديل للاسطواناتفعند حدوث كسر أو خطأ ما في منظمات الضغط الموصول مع الاسطوانة يؤدي ذلك لدخول الهواء الخارجي إلى داخل الاسطوانة قبل وصلها مع شبكة الغازات الطبية وبالتالي وصول الملوثات لداخل شبكة الغازات الطبية وهذا ما أكد عليه FranK[29] في دراسة بضرورة تجنب تلك الملوثات وبضرورة تنصيب منظمات الاسطوانات بشكل جديد وصحيح لضمان عدم حدوث أي كسر أو شقوق يؤدي إلى حدوث تسريب وبالإضافة إلى ضرورة التأكيد على الفنيين القائمة على ضرورة غسل أيدهم جداً قبل عملية التبديل لمنع دخول زيت أو أي مادة ملوثة أخرى لداخل الاسطوانة.

- وبالعودة إلى النتائج السابقة الموضحة في الجدول (6-5) نلاحظ تدني أكثر لنسبة تركيز غاز الأكسجين الطبي في العينات المحصلة من نقاط داخل شبكة الغازات الطبية من تلك

المحصلة من مصدر التزويد الرئيسي مما استدعى بناء التفكير بورود أخطاء محتملة أثناء تحصيل هذه العينات:

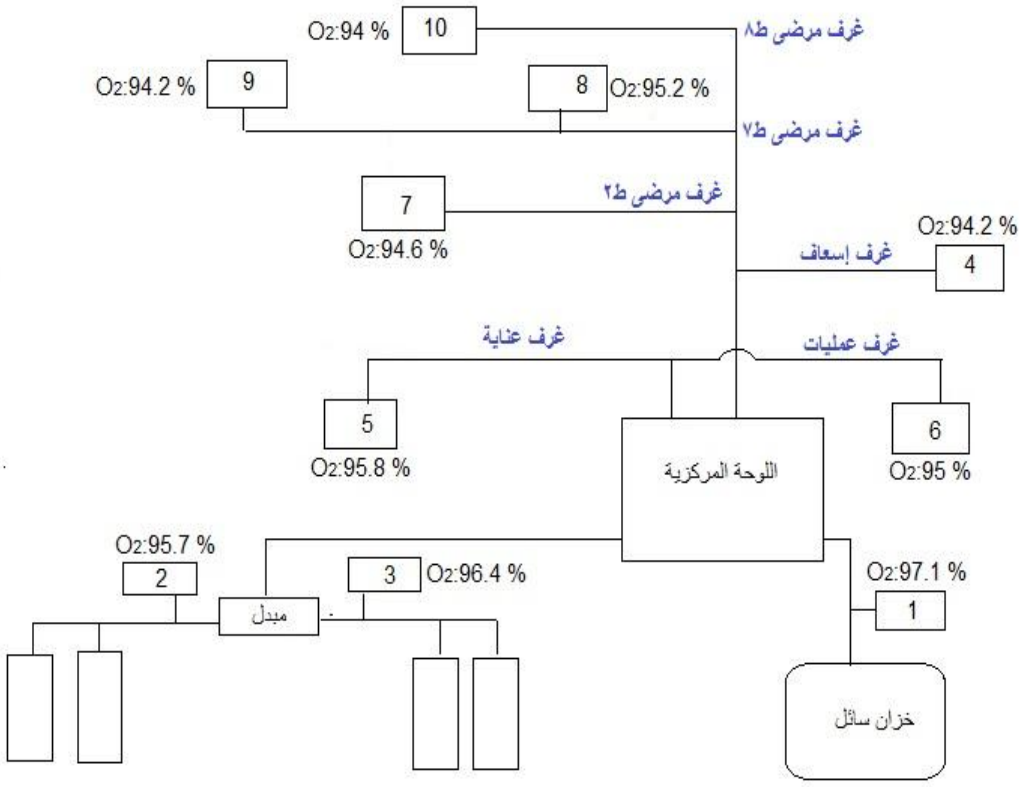
1. بأن تكون طريقة الاعتيان المعتمدة والمذكورة سابقاً غير كافية لإزالة كامل الشوائب داخل كيس التحليل المعتمد مع العلم أنه تم اعتماد نفس طريقة الاعتيان السابقة عند سحب كامل العينات التي خضعت للدراسة ولم تظهر لدينا مثل تلك النتائج ولكن يبقى ورد احتمالية أخطاء مثل هذه الأخطاء ممكن.
2. حدوث تسريب معين للعينات المسحوبة أثناء عملية نقل العينات إلى المختبر الموجود في هيئة الطاقة الذرية أو تعرض العينات لحرارة زائدة أو ضغط معين أدى إلى تغيير في تركيب هذه العينات.
3. بقاء العينات ضمن المختبر لمدة زمنية طويلة قبل إجراء عملية التحليل وهذا ما تؤكده شهادة التحليل المرفقة في الملحق حيث تم سحب العينات بتاريخ 2012/3/20 وتم وصول العينات إلى المخبر بتاريخ 2012/4/2.
4. نعتقد بأن آلية التحليل على جهاز الكروماتوغرافيا الغازية (GC) الموجود في المختبر له دور في ورود أخطاء شبيهة فبعد أن قمنا بزيارة للمختبر الموجود في هيئة الطاقة الذرية تبين لنا أنه تم تحليل هذه العينات على جهاز (GC)قديم جداً غير مزود إلا بكاشف واحد وهذا يؤدي إلى عدم دقة التحاليل الناتجة عنه بالسوية المطلوبة ،وعدم التمكن من إظهار أي شائبة من العينات المذكورة.

وهذا الأمر استوجب علينا إعادة عملية سحب العينات العشر السابقة من نفس نقاط السحب السابقة للتأكد من وثوقية ودقة النتائج السابقة فقد قمنا بتاريخ 2012/11/27 بسحب عشر عينات من المشفى الثاني.

6-5-3 نتائج تحليل غاز الأكسجين الطبي جديدة في المشفى الثاني:

يبين الشكل (6-4) مخطط توضيحي للمأخذ التي تم سحب العينات منها حيث نلاحظ أنه يتم تزويد تزويد المشفى من خزان الأكسجين السائل ليتم التوزيع على غرف الإسعاف في العينة (4) وغرف المرضى بخط صاعد مشترك من لوحة التغذية الرئيسية فتم تجميع أربع عينات مرتبة من غرف المرضى من الأقرب إلى الأبعد وحسب ترتيب الطوابق.

ويتم تزويد وحدات العناية وغرف العمليات من خط صاعد ثاني مشترك من لوحة التغذية, حيث تم سحب العينة(6) من غرف العمليات والعينة(7) من وحدات العناية.



الشكل (6-4) مخطط توزع العينات المجمعة لغاز الأكسجين في المشفى الثاني

أما الجدول (6-6) يبين نتائج تحليل عينات الأكسجين في المشفى الثاني[2].

جدول (6-6) نتائج تحليل الأكسجين الطبي الجديدة في المشفى الثاني *

العينات	مكان سحب العينات	O_2%	N_2%	CO_2%
أكسجين طبي 1	خزان أكسجين سائل	97.1	2.9	ـــ
أكسجين طبي 2	مصدر اسطوانات جهة يسرى	95.7	4.27	ـــ
أكسجين طبي 3	مصدر اسطوانات جهة يمنى	96.4	3.6	ـــ
أكسجين طبي 4	غرفة إسعافات طابق أرضي	94.2	3.78	ـــ
أكسجين طبي 5	غرفة عناية مشددة ط2	95.8	4.12	ـــ
أكسجين طبي 6	غرفة عمليات ط2	94.9	5.1	ـــ
أكسجين طبي 7	غرفة مرضى ط2	94.6	5.43	ـــ
أكسجين طبي 8	غرفة مرضى ط7	95.2	4.78	ـــ
أكسجين طبي 9	غرفة مرضى ط7	94.2	5.8	ـــ
أكسجين طبي 10	غرفة مرضى ط8	93.98	6.01	ـــ

* مرفق في الملحق (3) شهادات التحليل المصدقة

نلاحظ من النتائج الصادرة من هيئة الطاقة الذرية حسب شهادات التحليل المصدقة ما يلي:

- نسبة تركيز الأكسجين الطبي في العينات السابقة تتراوح كحد أقصى %(97.1) وحد أدنى %(93.98) وهذه النسب بمجملها لا تتطابق مع المواصفة القياسية السورية والتي تشدد على ضرورة أن تكون نسبة تركيز الأكسجين % (99.5) ليكون جاهزاً للاستخدام الطبي داخل المشفى وهذا يدلنا على عدم وجود أي نوع من أنواع الرقابة على الغاز الطبي الموجود داخل المشفى لإجراء تحاليل نقاوة دورية ومستمرة داخل المشفى تقوم بسحب عينات أثناء تشغيل الشبكة من وقت لآخر بهدف التاكد من وثوقية غاز الأكسجين ومطابقته للمواصفة القياسية السورية بالدرجة الأولى وتحديد مصادر التلوث الحاصلة له بكل أنواعه البكتيري والغازي السام.
- تفاوت نسبة التركيز لغاز الأكسجين الطبي بنسبة (2 – 3%) ضمن شبكة الغازات مما يدل على احتمال وجود تسريب في نقطة من نقاط الشبكة أثناء إجراء أعمال الصيانة على طول

خط أنابيب الشبكة مما يؤدي إلى دخول جزء من الهواء الخارجي الحاوي على نسبة عالية من النتروجين داخل الشبكة وهذا ما أكد عليه Hoyes [32] في دراسة بضرورة إجراء فحوصات للغازات الطبية خلال أعمال الصيانة إما باستخدام برامج داخلية موجودة ضمن المشفى تحدد نقاط الخلل داخل الشبكة ضمن المشفى نفسه أو عن طريق الشركة المستثمرة للغازات الطبية.

- عدم ظهور قمة لغاز ثاني أكسيد الكربون من الملوثات الغازية في الكروماتوغرام الخاص بالعينات والوارد في الملحق (2) مما يدل على عدم وجود ملوثات غازية سامة لهذه العينات إلا أنه لا يمنع من احتمال وجود تلوث بكتيري حاصل لشبكة الأكسجين الطبي والتي تعتبر من الغازات الأكثر عرضة لمثل هذه التلوثات كما ورد في دراسة المنظمة الأوربية EGIA [26] والتي أكدت على وجوب استخدام فلاتر ميكروبية عند نقاط الاستخدام بهدف التحكم بالملوثات الميكروبية لضمان خلو الأكسجين الطبي من أي ملوث بكتيري وإجراء عمليات الصيانة لشبكة الأكسجين الطبي بأجواء تضمن مستويات منخفضة الرطوبة قدر الإمكان لعدم إتاحة الفرصة للميكروبات بالانتشار.
- ضرورة تحديد مشكلة التزويد الرئيسي للمشفى المذكور وتحميل المسؤولية لمزود الأكسجين الطبي لأنه وبالنظر إلى نسبة تركيز الأكسجين في العينات (1، 2، 3) نجد أن هذه النسبة تعتبر منخفضة نوعاً ما بدءاً من المصدر، مما يستدعي وجود هيئة للرقابة على الغازات الطبية قبل إيرادها إلى المشافي أسوة في الدول المتقدمة وبعض الدول العربية المجاورة التي تسعى إلى رفع سوية الرعاية الصحية ضمن المشافي وهذا ما أكدت عليه مجمل الدراسات المرجعية التي ذكرناها سابقاً.
- بمقارنة النتائج الجديدة مع القديمة نجد أن هناك تفاوت في نسب بعض العينات من النقاط المحددة والتي تم سحب العينات منها كمثال العينة رقم (4) والتي هي الأقرب إلى مصدر التزويد ومن المفترض أن تكون نسبة تركيز الأكسجين فيها هي الأقرب لتلك الموجودة في المصدر المزود إلا أن هناك انخفاض في النسبة في كل من النتائج القديمة والحديثة وهذا يوجب تبرير الأمر بوجود تلوث خلف الجدران من خلال مآخذ الشبكة الجدارية والتأكد من عقامتها ونوعية المواد المستخدمة بداخلها لضمان تحصيل غاز طبي بنسبة تركيز عالية

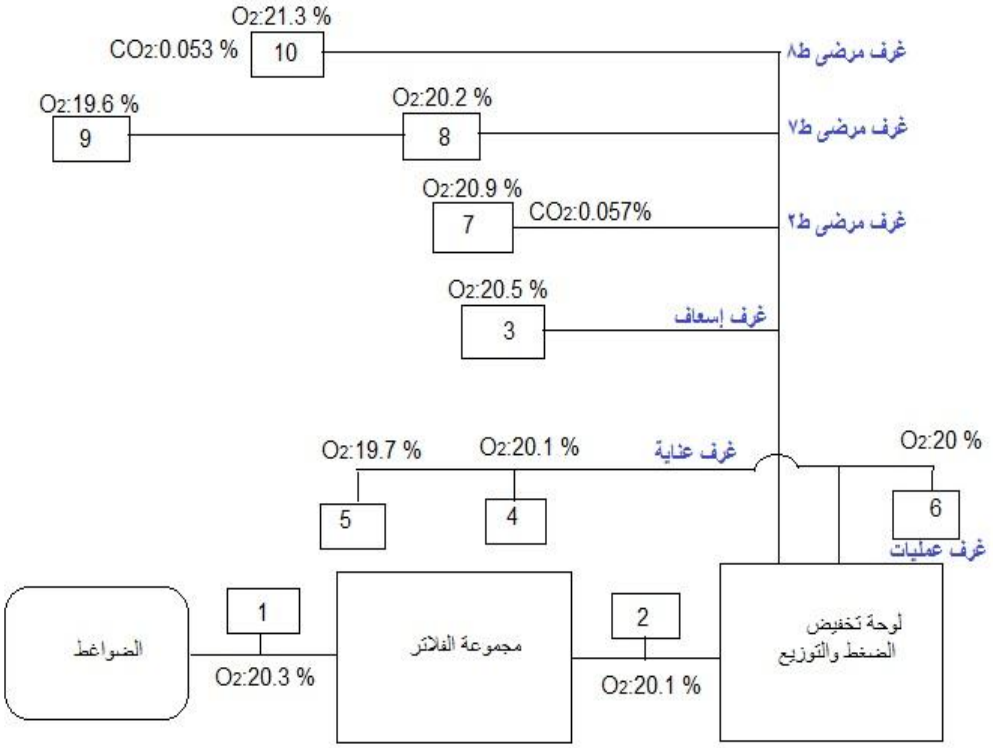
مطابقة للمواصفات الطبية فمهما كان هناك اهتمام ورعاية للأكسجين الطبي من المصدر الرئيسي وخلال مروره ضمن الشبكة لن يفيد ذلك إن كانت المآخذ الجدراية بحالة سيئة أو لا تشملها أعمال الصيانة الدورية اللازمة في كل النقاط المختلفة الكثيرة على امتداد المشفى وهذا ما أكد عليه Brown [25] في دراسته.

- وطالما أننا قمنا بإعادة تحليل لعينات هذا المشفى وأتت النتائج أفضل من سابقتها بدءاً من التزويد الرئيسي، ونظراً للفارق الزمني بين سحب العينات الأولى والعينات الجديدة فلا بد من الإشارة إلى أن المدة الزمنية بين 2012/3/20 إلى 2012/11/27 كافية لإفراغ الخزانات والاسطوانات المستخدمة وتجديد تعبئتها مرة ثانية بمخزون جديد بنوعية أفضل من سابقتها ولكنه مع الأسف لم ترقى للمستوى المطلوب من المواصفة القياسية السورية.
- الانخفاض المتواتر بنسبة تركيز الأكسجين الطبي للعينات المذكورة بدءاً من المصدر والعينات (1، 2، 3) إلى النقاط المختلفة للعينات (4، 5، 6، 7، 8، 9، 10) وبمقارنتها مع عينات المشفى الأول يدل أن تدفق الأكسجين الطبي ضمن شبكات الأنابيب الخاص به تلعب دور في نوعية الهواء المقدم في تلك النقاط للمرضى ومن هنا فيجب الانتباه لشبكة الأنابيب ليس فقط من جهة تحديد الغاز المار فيه ولكن من أجل التلوث الحاصل داخله باختيار أنابيب ذات جودة عالية ووضعها في مواقع مناسبة لمنع البكتيريا من التكاثر أو حجز الرطوبة الواردة إليها خلال مرورها في مناطق مختلفة من المشفى وهذا ما أكد عليه Moss [27] و John [23] في دراستهما.

6-5-4 نتائج تحليل الهواء الطبي المضغوط في المشفى الثاني:

يبين الشكل (6-5) مخطط توضيحي للمأخذ التي تم سحب عينات الهواء الطبي المضغوط منها حيث نلاحظ أنه تم تجميع العينتين (1,2) من الضاغط قبل الفلترة وبعد الفلترة,ويتمالتوزبع من لوحة التزويد الرئيسية إلى خطين صاعدين أحدهما يغذي غرف الإسعاف في العينة (3) وغرف المرضىبخط صاعد مشترك من لوحة التغذية الرئيسية فتم تجميع أربع عينات مرتبة من غرف المرضى كما هو مبين في الشكل (6-4) من الأقرب إلى الأبعد وحسب ترتيب الطوابق.

ويتم تزويد وحدات العناية وغرف العمليات من خط صاعد ثاني مشترك من لوحة التغذية, حيث تم سحب العينة(6) من غرف العمليات والعينة(4,5) من وحدات العناية.



الشكل (6-5) مخطط توزع العينات المجمعة للهواء الطبي المضغوط في المشفى الثاني

أما الجدول (6-7) فيبين نتائج تحليل عينات الهواء الطبي المضغوط الواردة من جهاز الكروماتوغرافيا الغازية (GC) وأماكن سحب العينات من المشفى الثاني حيث تم بتاريخ 2012/3/20 الساعة التاسعة صباحاً سحب هذه العينات.

جدول (6-7) نتائج تحليل عينات الهواء الطبي المضغوط من المشفى الثاني *

العينات	مكان سحب العينات	O_2%	N_2%	CO_{2PPM}
هواء طبي مضغوط 1	ضاغط هواء قبل الفلترة	20.3	79.7	-
هواء طبي مضغوط 2	ضاغط هواء بعد الفلترة	20.1	79.9	-
هواء طبي مضغوط 3	غرفة إسعاف طابق أرضي	20.5	79.5	-
هواء طبي مضغوط 4	غرفة عناية مشددة ط2	20.1	79.9	-
هواء طبي مضغوط 5	غرفة عناية متوسطة ط2	19.7	80.3	-
هواء طبي مضغوط 6	غرفة عمليات ط2	20.0	80.0	-
هواء طبي مضغوط 7	غرفة مرضى ط2	20.9	79.1	570
هواء طبي مضغوط 8	غرفة مرضى ط7 (يمنى)	20.2	79.8	-
هواء طبي مضغوط 9	غرفة مرضى ط7 (يسرى)	19.6	80.4	-
هواء طبي مضغوط 10	غرفة مرضى ط8 (أبعد)	21.3	78.6	530

* مرفق في الملحق (3) شهادات التحليل المصدقة

نلاحظ من نتائج التحليل الصادرة من هيئة الطاقة الذرية حسب شهادات التحليل المصدقة ما يلي:

• تطابق العينات العشر السابقة من حيث نسبة تركيز الأكسجين مع المواصفات القياسية السورية ضمن الحدود بين (19.5% - 23.5%) حيث نلاحظ أن النسبة تتراوح بين (19.6% - 21.3%).

• عدم وجود ملوثات غازية ضمن المصدر المزود للهواء الطبي المضغوط إن كان المحصل مباشرة الهواء الخارجي المحيط قبل الفلترة أو بعد عملية الفلترة كما هو واضح في العينة(1 , 2) وهذا ما يجعلنا نربط عدم وجود ملوثات ضمن هذه العينات بمكان وجود موقع المشفى الثاني حسب Nakata[24]حيث يوجد في منطقة مفتوحة ولا يوجد ازدحام للسيارات مما يجعل نوعية الهواء الجوي المحيط جيد نوعاً ما وبالتالي فإن نوعية الهواء الطبي المضغوط المحصل جيدة.

• نلاحظ في العينة (7,10) وجود نسبة عالية لغاز ثاني أكسيد الكربون PPM(530, 570) على التتالي وبالرجوع إلى نقاط سحب العينات نجد أنها ضمن غرف للمرضى ونظراً لخلو العينات السابقة من أي ملوث وظهور مثل تلك النسبة العالية لغاز (CO_2) أثناء مرور الهواء الطبي

المضغوط ضمن شبكة الغازات الطبية فهذا يعني أن تأكسدماحصللجزء من أنابيب شبكة الغـــازات الطبية قد حصل من المحتمل سببه استخدام أنابيب أو أجزاء أنابيب في موقع ما من شبكة الغازات الطبية لا تطابق المواصفات العالمية باستخدام أنابيب من النحاس الأصفر الخالي من الـــزرنيخ أو هذا يستوجب إجراء تفتيش وفحص دوري لشبكة الغازات الطبية حسب [27] Moss بوضع شاشـــة مراقبة لأكاسيد الكربون في مواقع مختلفة من شبكة الأنابيب تظهر نسبة أكسيد الكربون الموجـــودة على امتداد الشبكة لتحديد مكان وجود المصدر التلوث بدقة عالية، باعتبار أن هذه العينات صالحة من حيث النقاوة فقط أما بالنسبة للملوثات فقد تعدت الحدود المطلوبة مما يجعلها عينات فاشلة فـــي إيصال هواء طبي مضغوط بجودة عالية.

• انخفاض نسبة تركيز الأكسجين في العينة (5,9) إلى %(19.6) دون وجود أي ملوث بغـــاز ســـام يدل على إمكانية وجود تلوث من نوع آخر كالتلوث البكتيري مثلاً لنظام الهـــواء الطبـــي نتيجـــة الرطوبة الناجمة عن قصور عمل المجففات مما يؤدي إلى توليد رطوبة على طول خـــط أنابيـــب الهواء الطبي مما يستدعي ضرورة وضع شاشات مراقبة لدرجة الرطوبة مما يستوجب ضـــرورة وضع نظام تطهير لشبكة الغاز باعتبار أن التنظيف المستمر لا يزيل الملوثات من شبكة الغـــازات الطبية ولكن تطهيرها بمعدلات تدفق قصوى لفترات قليلة يقلل من التلوث الحاصل حســـب John [23]

6-6نتائج الدراسة:

6-6-1 تحديد مصادر التلوث:

تم تحديد المصادر الأساسية للتلوثات الحاصلة للغازات الطبية في المشافي ووضع بعض الحلـــول المناسبة للحد من هذه التلوثات.

من هذه المصادر التي تم تحديدها من خلال البحث:

1- أماكن تصنيع وتعبئة الغازات الطبية حيث يتم صناعة الغازات الطبية دون الانتباه إلى ضرورة إنتاج غازات طبية بجودة عالية وهذا يستوجب أنظمة إنتاج غازات طبية ذات جودة عالية ورقابـــة مستمرة من قبل هيئات متواجدة في مكان التصنيع والتعبئة للإشراف على الغازات الطبية بدءاً من المصدر وهذا للأسف لا يتواجد في أي هيئة من الهيئات المتواجدة لدينا وإن وجد فلا يتم الرقابـــة والمتابعة له بشكل جيد يضمن تصنيع غازات طبية في أنظمة عقيمة لمنع استخدام مياه عادية بـــل مياه صالحة وخاصة باعتبار أن الماء يكون بتماس مباشر مع الغاز أثناء عملية الصـــناعة لتقليـــل

الملوثات الميكروبية كما نقوم بتجفيف الغاز قبل إنهاء عملية المعالجة النهائية للسيطرة على الملوثات قبل ظهورها وأن تضمن الغازات الطبية المحصلة من الهواء الجوي نوعية هواء جوي مناسبة بملوثات غازية قليلة قدر الإمكان للحد من ظهور ملوثات غازية سامة ضمن الغاز الطبي المحصل، وبالنسبة لتعبئة الغازات فلا بد من إجراء فحص خارجي للأسطوانات قبل ملؤها بالغاز الطبي المحدد وتخصيص لكل نوع من أنواع الغازات الطبية بأسطوانات مميزة بلون محدد لمعرفة هوية الغاز ومنع حدوث أي خطأ أثناء التعبئة قد يؤدي إلى أضرار جسيمة في المعدات والأرواح البشرية.

2- تعتبر أنابيب الشبكة مصدر هام من مصادر التلوث للغازات الطبية أثناء عملية التصنيع والتلميع لما يمكن أن تتعرض له من تأكسد ناتج عن عمليات تلميع وتصنيع غير مطابقة للشروط العالمية والتقيد بدرجات الحرارة المحددة وعمر تصنيع محدد قبل تركيبها في المشافي وأيضاً أثناء عملية النقل إلى موقع المشفى فإذا لم يتم نقلها بالشروط المناسبة للحفاظ على نظافة الأنبوب وعقامته بسده من الجهتين وتغليفه بورق تغليف خاص باعتبار أن الورق المغلف هو مصدر ثانوي من مصادر التلوث الناتج من المواد الداخلة بتركيبه والتي من الممكن احتوائها نسبة عالية من الألمنيوم والسيليكون، فمن الممكن دخول أوساخ وأجسام صلبة أخرى لداخله وهذا ما تؤكد عليه المنظمات الدولية بضرورة اعتماد مصنعي أنابيب موثوقين ومعتمدين من قبل هيئات عليا يتم محاسبتهم إذا لم يتم التقيد بالشروط المطلوبة.

3- موقع بناء المشفى يعتبر مصدر آخر من مصادر التلوث الحاصل للغازات الطبية من حيث تواجده في أماكن ازدحام السيارات والتي تولد من خلال عوادم الاحتراق غازات ملوثة سامة مثل CO,NO,NO_2,SO_2 نتيجة احتراق وقودها تزيد من نسبة الملوثات الغازية للهواء الخارجي المحيط والذي من خلاله يتم استخلاص الهواء الطبي المضغوط والأكسجين السائل ضمن المشفى، كما يجب الانتباه إلى شبكة المياه في أي مشفى يبنى حديثاً بأن تضمن عدم زيادة التلوث البكتيري لشبكة أنابيب الغازات الطبية وهذه النسبة تزداد بازدياد الأبنية المجاورة للمشفى في المنطقة نفسها باعتبار أن المعدات الثقيلة تؤثر في الأرض والمياه الجوفية مما يزيد من نسبة الرطوبة المؤثرة على شبكة الغازات الطبية، لذلك من الضروري تطوير شبكة المياه في المشافي وتطويرها للحد من الرطوبة باستخدام مياه معالجة حتى الخاصة منها للشرب.

4- مصادر التزويد الرئيسية للغازات الطبية ضمن نظام الغازات الطبية هو أحد مصادر التلـــوث الرئيسية للغازات الطبية فمثلاً يتم اعتبار ضاغط الهواء الطبي المضغوط الموجود ضـــمن غـــرف الآلات ومعدات التوزيع إضافة إلى خزانات الغاز الضخمة لما تتعرض له من ظـــروف متغيـــرة نتيجة الجو المحيط واختلاف الشروط من درجة الحرارة والضغط وما يمكن أن تحتويه من أوساخ ورمل وحصى وإسمنت أو حتى أجسام غريبة يتم شفطها من مـــراوح تهويـــة مصـــادر التزويـــد الرئيسية أما المجففات والمبردات فمن الممكن أن تزود بهواء جاف أقل من الهواء الخارجي ممـــا يؤدي إلى تشكل قطرات ندى تشكل رطوبة على طول خط الأنابيب، وهذا يستدعي وضـــع قطعـــة قماش على مخارج شبكة الغازات وإمرار الغاز بتدفق عالي للكشف عن أي ملوث محتمل وجوده.

5- تعد المعدات الأساسية المستخدمة أثناء تركيب شبكة الغازات الطبية مثل الصمامات والمنظمات والأنابيب المرنة والمواد البلاستيكية والمطاط أحد مصادر تلوث للغازات الطبية أثناء مرور هـــذه الغازات خلالها لذلك يجب تحديد نوعية وموقع هذه المعدات بدقة كبيرة إضافة إلـــى التأكـــد مـــن تنظيفها ومرور الغاز الواقي داخلها أثناء عملية تنظيف الشبكة للتأكد من خلوها من أي جزيئات أو أوساخ متراكمة داخلها يأخذها الغاز الطبي أثناء تدفقه عبرها إضافة إلى ضرورة التحقق من هـــذه المعدات عند درجات حرارة مرتفعة وعند تدفق غاز عالي لتكون قادرة على مقاومة الضغط الثابت لمنع حدوث أي احتراق أو اشتعال يؤدي إلى بعث ملوثات هيدروكربونية تؤدي إلى أضرار جسيمة على المعدات ونوعية الغاز الطبي المقدم للمرضى بدرجة سمية عالية.

6- الأخطاء المحتملة خلف الجدران للمآخذ الجدارية هي من مصادر تلوث الغازات الطبية أثنـــاء تركيب هذه المآخذ أو المواد المستخدمة لبناء المآخذ الجدارية ربما تساهم في حدوث تلـــوث غيـــر مرغوب به من غبار أو زيوت أو شحوم لذلك لا بد من استخدام مسننات مرنة محكمة للحد من أي نوع من أنواع التسريب ولا يدخل في تركيبها التفلون المستخدم عادة لما له من تأثير ضار علـــى الغازات الطبية المقدمة للمرضى.

7- تعتبر عملية التنظيف لشبكة الأنابيب مصدر آخر باستخدام محاليل غير معتمدة لأنها تؤدي إلى تخزين أجزاء صلبة وملوثات على السطح الداخلي للأنبوب لذلك ينبغي إجراء عملية تنظيف شبكة الأنابيب بإشراف هيئة رقابة من قبل اشخاص نتدربين ومعتمدين من قبل الهيئة .

8- أخطاء تصميم وتنفيذ في الشبكة لمواقع الوصلات المتقاطعة وتوضع الصمامات والفلاتر وباقي المعدات والأنابيب بشكل يضمن ثباتها وبقائها محمية من أي أذى أو ضرر لـذلك يجـب وضـع بوسترات توضيح مسار شبكة الأنابيب والمعدات المحلقة بها في مواقع مختلفة مـن نظـام شـبكة الغازات الطبية.

9- ضغط الشبكة العالي غير الملائم ووجود تسريبات وتقطعات في النظام إضـافة إلـى التـدفق المستمر باتجاه واحد للغازات الطبية يؤدي إلى تعطيل منظمات الضغط وصمامات الأمان وبالتالي تساعد على ظهور ملوثات تضر بالغازات الطبية.

10- الدهان الموجود على الأنابيب بقصد التعريف بهوية الأنبوب والحاوي على جزيئات التيتانيوم يمكن أن يكون من أحد مصادر التلوث الداخلة إلى الأنبوب والمتسربة إلى الغازات الطبية المـارة ضمن الأنبوب.

11- عدم إجراء عمليات الصيانة بظروف تتضمن التخلص من الملوثات لازديادهـا هـو أيضـاً مصدر من مصادر التلوث بحيث يتم اتباع الإجراءات الحديثة والمطورة والتي تم عرضـها فـي فصل الدراسات المرجعية بالتفصيل، والتي تشرح لنا كيفية التعامل مع شبكة الغازات الطبية بكـل معداتها والتحقق من توصيلات الأنابيب مع بعضها البعض وأنها تخضع للشروط العالميـة أثنـاء عملية اللحام والتحقق من درجة دقتها لمنع حدوث تسريب محتمل منها.

12- اعتبار أجهزة التخدير مصدر رئيسي للتلوث الحاصل للغازات الطبية ونظـراً لكونـه أحـد الأجهزة الداعمة للحياة فهو ليس كمعظم الأجهزة الطبية بكونه على تماس مباشر مع تنفس المريض من جهة واتصاله المباشر مع الغازات الطبية بداخله مباشرة من المآخذ الجدارية للشبكة ممـا قـد يسبب الموت أو الأذى للمريض عند تقديم له غازات طبية تم تلوثها عبر مرورها ضـمن جهـاز التخدير عن طريق ما يلي:

• حدوث تلوث من استخدام اسطوانة تحتوي غاز خاطئ أو توصيل خطأ للأنابيـب مـع المآخـذ الجدارية غير المناسبة لنوع الغاز الطبي المحدد.

• يجب التحقق من حدود السلامة التي يقدمها الجهاز للمريض وخصوصاً إذا حدث عطل ما تتعلق بصمامات الأمان الموجودة داخل نظام جهاز التخدير فيما يخص آلية إغلاق الصمام مثلاً طالما أنها تعتمد على الضغط الوارد إليها من الشبكة وليس تدفق مزيج الغازات المعطى للمريض.

• حدوث تسريب أو انفلات جزئي لتدفق الأكسجين نتيجة أنبوب مكسور أو وصلة تالفة ضمن مجمع الغازات الطبية داخل جهاز التخدير مما يؤدي إلى توجيه باقي الغازات الطبية في مزيج الغاز الطبي المقدم للمريض بنسبة أعلى عن نسبة الأكسجين وهذا يؤدي إلى إحداث ضرر في الجهاز والمريض.

• اعتبار جهاز التخدير مصدر من مصادر التلوث البكتيري وذلك نتيجة نمو البكتيريا في الفراغات المتروكة ضمن أنابيب الوصل بين مآخذ الجهاز والمآخذ الجدارية مما يستدعي فرض اعتمادات وثوقية من قبل مصممي شبكة الغازات الطبية ومنفذين هذه التصميمات بشكل تضمين سلامة الغازات الطبية المقدمة للمرضى بإجراء فحوصات دورية للكشف الميكروسكوبي عن البكتيريا لتحديد العناصر الأولية للملوثات البكتيرية.

كانت هذه أهم مصادر التلوث الحاصل للغازات الطبية باختلاف مصدره والتي قمنا من خلال دراستنا بتحديدها والعمل على إجراء تقييم للمخاطر المتعلقة بشبكة الغازات والمؤثرة على حياة المرضى والتي من المفترض أن تكون بالدرجة الأولى من اهتمامنا كمهندسين طبيين نسعى لتطوير الآلات والمعدات لما يخدم الإنسان بصحته في جميع المجالات.

6-6-2 تقييم الغازات الطبية في مشافي دمشق:

1- أظهرت النتائج أن غاز الأكسجين الطبي المقدم في كلا المشفيين غير مطابق للمواصفات القياسية السورية حيث كان أقل بحوالي 10% من القيمة الموصى بها في المواصفات القياسية السوريةوبذلك فنحن نؤذي المرضى بدلاً من مساعدتهم.

2- أظهرت نتائج الهواء الطبي المضغوط بأنه متوافق مع المواصفات القياسية السورية عدا بعض العينات التي أظهرت وجود نسب من ثاني أوكسيد الكربون تراوحت بين (530-570)PPM وهي أعلى من القيمة المسموح بها في المواصفات القياسية السورية للهواء الطبي المضغوط والتي قيمتها (500)PPM.

وهذا مؤشر جبد لجودة تصنيع الهواء الطبي المضغوط من خلال المعدات الجيدة واستخلاصه من هواء خارجي جيد.

3–تزويد مشافي دمشق بغازات طبية سيئة التصنيع نتيجة عدم وجود رقابة على أماكن تصـــنيع أو تخزين هذه الغازات.

وأخيراً وبعد تحقيق أهداف البحث بما فيه من صعوبات واجهتنا أثناء مراحل العمل المتعبة وكـــان من أهم الصعوبات:

1. نظراً لأن موضوع الدراسة كان موضوعاً حيوياً يخاف منه الكثير من حيث التعاطي بهذا القدر من الاهتمام بموضوع الغازات الطبية لدينا لأنه يضع المسؤولية عليهم من حيـــث التشـــديد علـــى مراقبة الغازات الطبية في المشافي فقد واجهنا صعوبات كثيرة أثناء تحصيل العينات ضمن المشافي بحد ذاتها.

2. صعوبة تحصيل عينات الغازات الطبية نظراً لعدم تمكن هيئة الطاقة الذرية من مساعدتنا فـــي تحصيل العينات الطبية وإيصالها إلى المختبر الخاص بهم.

3. نظراً لخصوصية هيئة الطاقة الذرية لن نتمكن من الدخول إلى المختبر ضـــمن هيئـــة الطاقـــة الذرية للإشراف على عملية التحليل المعتمدة على جهاز الكروماتوغرافيا الغازيـــة (GC) إلا أننـــا وبحمد الله استطعنا زيادة الجمعية العلمية الملكية في المملكة الأردنية الهاشمية والتي تضم مخبـــر خاص يقوم بتحليل عينات من الاسطوانات المصنعة والمزودة للمشافي قبل إيصالها لتحديد نجـــاح هذه الأسطوانات في تحقيقها نسبة النقاوة المطابقة للمواصفات القياسية المحلية أو قشلها ومـــن ثـــم إعادتها إلى المصنع لتحقيق درجة النقاوة المطلوبة، وتم في خلال الزيارة التعرف علـــى الجهـــاز وآلية عمله وكيفية سحب العينات وإدخالها لجهاز الـــ (GC) وإظهار النتائج،كما تم زيارة مديريـــة المخابر والرقابة الدوائية في وزارة الصحةوالإطلاع على جهاز (HPLC) المشابه لجهاز الـــ (GC) ولكنه بعينات سائلة للإطلاع على آلية العمل المشابهة في إظهار النتائج على الحاسوب المرافق له.

4. التقيد بقدر معين من العينات نظراً للإمكانات المادية المتوافرة.

7-6 خلاصة الدراسة:

• تم في هذا البحث التعريف بأنواع الغازات الطبية المتعددة المستخدمة في المشافي وعرض المواصفات القياسية الأوربية كمقياس عالمي يحدد مدى جودة وصلاحية الغازات الطبية المستخدمة في المشافي وتحديد الملوثات الغازية للغازات الطبية بمختلف أنواعها بهدف النظر إلى الغازات الطبية المقدمة للمرضى من زاوية التلوث الحاصل لها والذي يمكن أن يهدد حياة أي مريض يمكن أن يتلقى غازات طبية ملوثة.

• دراسة شبكة الغازات الطبية في المشفى والتعرف بتفاصيل الأجزاء الرئيسية لها وتوضيح أهمية الاهتمام بشبكة الغازات الطبية في أي مشفى باعتبارها الحجر الأساسي في عمل أي مشفى هدفه تقديم رعاية صحية بمستوى عالي من خلال الإجراءات والاختبارات التي تم توضيحها بهدف الحصول على شبكة غازات تدعم الغازات الطبية وتنقيتها ولا تكون هي سبب من أسباب تلوثها.

• تقديم دراسات مرجعية تناولت موضوع الغازات الطبية والتلوث الحاصل لها من مختلف النواحي على اختلاف أنواع الملوثات، حيث تم تقديم دراسات تخص الملوثات الغازية السامة ودراسات تخص الملوثات البكتيرية والفطرية الحاصلة للغازات الطبية وأخرى تدرس المعدات والآلات المتواجدة في شبكة الغازات الطبية ودراسات تختص بآلية تصميم نظام شبكات آلية تنظيف تسعى لرفع سوية عمل الشبكات الغازات الطبية في المشافي لضمان منع حدوث أي تلوث من الشبكة بحد ذاتها ودراسات حديثة تقدم رؤية جديدة للغازات الطبية من خلال تقديم برامج متطورة يتم العمل عليها حتى الآن وقدمنا في دراستنا دراسة تبين خطوات عملية تطبق حالياً على شبكة الغازات الطبية بهدف تقليل نسبة التلوث الحاصل للغازات الطبية التي تغذي شبكات الغازات والتي يجب أن تخضع لتحديث بإجراءات واختبارات خاصة بها تم تقديمها في دراسة أخرى، وكان ذلك بهدف تقديم ما هو جديد ومفيد في طريقة التعامل مع شبكة الغازات الطبية في مشافينا على أنها مجرد معدات ميكانيكية يتم التعامل فيها مع الآلة فقط من قبل القائمين عليها وعدم ربط هذه الآليات بحياة المرضى المتواجدين في غرفهم والذين يأملون بتقديم غاز طبي آمن يضمن سلامتهم وصحتهم.

• تم دراسة جهاز الكروماتوغرافيا الغازية (GC) باعتباره الطريقة الأنسب والأمثل لفصل مزيج من المركبات عن بعضها البعض وتحديد درجة نقاوة الغازات ومدى صلاحيتها ، فقد قمنا بدراسة

الجهاز كأجزاء رئيسية وألية العمل وحساب الكوماتوغرام الناتج عن عملية التحليل لنستطيع فيما بعد فهم نتائج تحليل العينات الخاصة بنا.

• تم وضع الأسس النظرية للبحث العلمي بناءً على آلية التحليل المعتمدة (GC) وتوضيح معايرة الجهاز وكيفية إجراء التسوية والتكميم ضمن الجهاز من خلال توضيح البارمترات الأساسية من خلال علاقات رياضية توضح مفاهيم عمل الجهاز مثل زمن البقاء ومساحة القمم وعامل البقاء كما هو موضح في الفصل الخامس، كما وُضعت المواصفات الفنية وملحقات الجهاز المستخدم في المختبرالتابعلهيئة الطاقة الذرية ضمن ملحق خاص به.

• بعد إجراء عمليات سحب العينات متعددة من مشفيين من مشافي دمشق قدمنا نتائج التحليل الخاص بالعينات بعد أن تم إيصالها إلى المختبر وإجراء تحليل لها عن طريق جهاز الكروماتوغرافيا الغازية (GC) وتم مناقشة النتائج المبينة وتحديد مصادر التلوث المتعددة الحاصل للغازات الطبية وتقديم بعض الحلول التي تحد من ظاهرة تلوث الغازات الطبية لما تشكله هذه الظاهرة من خطر على حياة المرضى الذين هم على تماس مباشر مع هذه الغازات الطبية في المشافي .

6-8 الآفاق المستقبلية:

بعد إنجاز هذا البحث والحصول على النتائج ومناقشتها وتحقيق أهداف البحث بالوصول لمعرفة حقيقة عن أسباب التلوث التي قد تحدث للغازات الطبية وتقدير الخطر الناتج عن التلوث الحاصل للغازات الطبية سواء على المرضى وصحتهم أو معدات شبكة الغازات الطبية وفعاليتها ووضع الحلول المناسبة للحد من ظاهرة تلوث الغازات الطبية المتواجدة في مشافينا بشكل ملاحظ فإننا نوصي بما يلي:

•تخصصت دراستنا بغازي الأوكسجين الطبي والهواء الطبي المضغوط نتأمل إجراء دراسة تهتم بباقي الغازات الطبية.

•استكمال البحث فيما يخص أنواع الملوثات الأخرى مثل التلوث البكتيري أو الملوثات الأخرى الحاصلة للغازات الطبية.

•إجراء دراسة لتلوث الغازات الطبية باستخدام تقنية أخرى مثل أنابيب الكشف (Detector tube) للكشف عن الملوثات المختلفة في شبكة الغازات الطبية.

• زيادة الدعم المالي والتقني المقدم لإجراء مثل هذه الأبحاث التي تعنى بالكثير من الاتجاهات الطبية والهندسية التي تهمنا في مجال تخصصنا من جهة التعامل مع شبكة الغازات الطبية وما تحويه من معدات وآليات من جهة ومع المريض الذي يهمنا تقديم رعاية صحية مناسبة، لذلك نقترح أن يتم في المستقبل إجراء فحوصات وتحاليل لعدد أكبر من العينات المحصلة لنتمكن من خلال الدراسة بالحصول على مخططات ومنحنيات يتم ربط فيها نسب التلوث الحاصلة مع مصادر التلوث المحتملة المتعلقة بهذه التلوثات.

•ضرورة توفير جهاز كروماتوغرافية غازية GC ضمن كل مشفى يحتوي أكثر من 500 سرير أو لكل مجمع طبي في كل مدينة لإجراء فحوصات دورية لكل فترة تعبئة للغازات الطبية.

• إنشاء مخابر وطنية متخصصة لفحص الغازات الطبية ومجهزة بأحدث التقنيات الحديثة لإلزام شركات تصنيع الغازات الطبية بالحصول على شهادات تخص الغازات الطبية قبل تزويدها للمشافي.

•ضرورة إشراف مهندس طبي على شبكة الغازات الطبية لما سيقدمه من رفع مستوى الوعي لخطورة التعامل مع الغازات الطبية بدءاً من الفنيين إلى المستويات العليا من الإدارة.

• نوصي بوجود هيئة رقابة داخلية ضمن مباني الرعاية الصحية من مشافي أو مراكز صحية تقوم بتقديم الخدمات اللازمة لرفع جودة الغازات الطبية وتكون هذه الهيئة مستقلة عن أعمال المهندسين المشرفين على شبكة الغازات والذين بالمجمل لا يتعاملون مع شبكة الغازات باعتبارات ذات أهمية بالغة نظراً لاتصالها مع المريض مباشرة لذلك لا بد من وجود مثل هذه الهيئات الداخلية تقوم بمراقبة الغازات الطبية بدءاً من لحظة تزويدها لمصدر الغازات الرئيسية بإجراء فحوصات وتحاليل لتحديد نقاوتها ومتابعتها أثناء مرورها ضمن شبكة الغازات في المشفى إلى نقطة استعمال هذه الغازات.

• نتأمل أن نكون قد وضعنا حجر أساس في بلدنا الحبيب والذي مع الأسف فنحن مضطرين للقول أنه لا يوجد لدينا هيئات أو مديريات أو مخابر مختصة بموضوع الغازات الطبية شبيهة بالمخابرالمختصة للرقابة الوراثية مثلاً وأسوة بالبلدان المتقدمة وبعض البلدان العربية المهتمة بموضوع التلوث بالغازات الطبية لأهمية مثل هذه المواضيع والتي تلعب دوراً هاماً في نتيجة المجتمعات البشرية وتساعد على تقدم وتطور البلد من خلال وجود مخبر مختص لفحص نقاوة

الغازات الطبية لتحديد صلاحية أو عدم صلاحية هذه الغازات المقدمة للمرضى والتي من الممكـــن أن تودي بحياتهم أو تؤذيهم أو تحدث أضرار جسيمة للأجهزة الطبية الموجودة في المشفى وبـــذلك يتم وضع خطة مستقبلية بهدف رفع جودة الغازات الطبية توفر الكثير من الوقت والجهـــد والمـــال المبذول للحد من هذه الظاهرة المهتم بها عالمياً.

مراجع البحث

1. "FDA", (2006) FDA Proposs Regulations for Preventing Deaths and Injuries From Medical Gas Mix-up and Contaminatiom, Lionheart Puplishing, Inc.
2. “JCAHO”, (2007) Valley Medical Center, ”Joint Commission on Acrredditation of Health Care Organizations (JCAHO)”,Vanderbilt Environmental Health & Saftey.
3. United States Pharmacopeial ,2011,(USP).
4. BOC,(2006)"Pure Gases Production Process and Pure Gases Specification,section5.
5. Compressed Gas Association, (1990), Hand book of Compressed Gases, Second edition.
6. AIR LIQUID, SAFETY DATA SHEET. http://encyclopedia.airliquide.com/encyclopedia.asp?CountryID=19&LanguageID=11.
7. Association française de Normalisation (AFNOR), 1986, NF X C8-107 Couleurs – Bouteillesàgaz usage médical – Identification des gaz par couleursconyentionnelles.
8. DH Estates and Facilities Directorate, 2006, HTM 02-01: Medical gas pipeline systems Part B: Operational management.
9. Council of European (COE),(2007) European Directorate for the Quality of Medicines (EDQM), European Pharmacopoeia (PhEur) 6th Edition.
10. www.pdfio.com,(2012),Control of Gaseous Emissions.
11. DH Estates and Facilities Directorate, (2006) HTM 02-01: Medical gas pipelinesystems Part A: Design, installation, validationand verification.
12. NHS estates, (1997) HTM 2022: Medical gas Pipeline systems Operational management.
13. NHS estates, (1997) HTM 2022: Medical gas Pipeline systems Design, installation, validation and verification.
14. BOC A Member of The Lined Group,(2002) Medical Gas Data Sheet (MGDS)Medical Oxygen (compressed gas), Summary of product Characteristies.
15. Department of the ArmyWashigton Dc, (2007) Hospital/Medical Facility Saftey Management.

16. Rwanda Utilties Regulatory Agency,(2012) Thechnical Guidelines on ManufactrringPratice&Opearation For Medical Gases.
17. Black, D., Forbes, M., (1989) Analysis of an anesthetic gas scavenging system hazard, Canadian Journal of Anaesthesia, /36/pp 204-208.
18. British Standards Institution, (2001) BS EN 13348 Copper and copper alloys. Seamless, round copper tubes for medical gases or vacuum.
19. California Plumbing Coode, (2007) Health Care Facilities and Medical Gas and Vacuum Systems.
20. International standard ISO 7396-1, (2007) Medical gas pipeline systems part 1: Pipeline systems for compressed medical gases and vacuum.
21. DH Estates and Facilities Directorate, (2006) HTM 02-01: Medical gas pipeline systems Part B: Operational management.
22. Eichhorn, J., Bancroft, L., Laaasberg, H., Moulin, G. and Saubermann, A., (1977) Contamination Of Medical Gas and Water Pipelines In New Hospital Building. Journal Of Anesthesiology,Volume 46:pp 286-289.
23. Nakat,Y. (2002) Pollution Of The Medical Air At a University Hospital In The Metropolitan Tokyo Area.Journal Of Clinical Anesthesia 14:193-195, Elsevier Science Inc.
24. Andrade,C. and Brown,T. (2003) Microbical Contamination Of Central Supply Systems For Medical Air. Brazilian Journal Of Microbiology 34(supp.1) pp:29- 32.
25. WG-7. And WG-8. (2012) Microbiological Quality Of Medical, Pharmoaceutical and Food Grade Gases,Technical Bulletin vol .02.
26. Moss,E.(2005) Medical Gas Contamination An Unrecognized Patient Danger.,Journal Of Clinical Monitoring and Computing ,Volume11:73-76.
27. Brich, D., Henrys, P., Ruhland, F., Strybol, J., Trogila, E. and Webb, A. (2009) Design Considerations To Mitigate The Potential Risks Of Toxicity When Using Non-Metallic Materials In High Pressure Oxygen Breathing Gas Systems. Asia Industrial Gases Association.
28. Kandi,F. (2005) Ten Steps To Maintaining Gas Stream Purity. American Laboratory.
29. Province of Kwazulu-Natal Department of Health ,(2001) Standard Specification and Drawings for Medical Gas and Vacuum Services. Office of Secretary For Health.

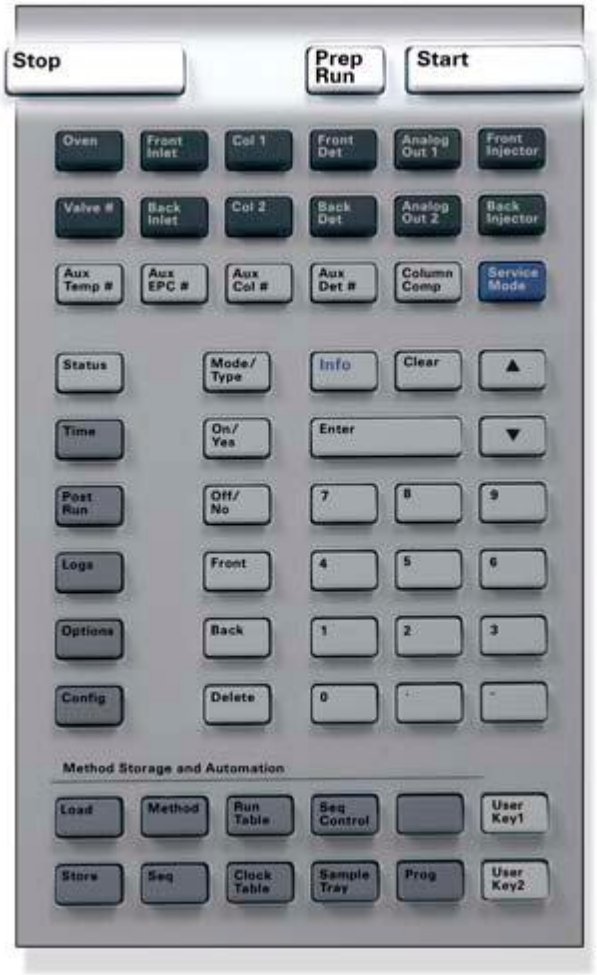
30. Blitt C. D., Bratt C. K., Ashby J. and Caillet J.R., (1995) QA Program Revent Issues, Promotes Development of Guideune Arizona Practice is Model. Journal of Clinical MontroringVol 11 No.1.
31. Hoeys D. (2011) Training and Certification is an Important Element In The New Era of Medical Gas Testing. Builder Exchange Magazine pp.17-19.
32. USP United States Pharmacopoeia, (2011) Gas Chromatography General Chapters <621> Chromatography
33. Faloh. F., (2010) The Indentification of Fattg acids Eicosapentaenoic and Docosahexanoic Acid In Oil Fish.
34. Compliant Healthcare Technologies, (2010) Regulatory Immunity Helping Hospitals Achieve Joint Commission Compliance.
35. European pharmacopoeia, (2011) Gas Chromatography.Vol.7.
36. British Pharmacopoeia, (2010) Gas Chromatography .Vol.1&2
37. Agilent Technology USA, (2011) A Network Gas Chromatograph Data sheet.
38. Agilent Technology USA, (2007) Agilent 7890 A Gas Chromatograph.
39. Agilent Technology USA, (2010) Gas Chromatograph Quick Reference.
40. وزارة الصناعة. هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية. (2001) المواصفات الخاصة لغاز الهواء الطبي المضغوط.
41. وزارة الصناعة. هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية. (1984) المواصفات الخاصة لغاز الأوكسجين الطبي.

الملاحق

الملحق (1)

مفاتيح الــ GC 7890A

1) أزرار التشغيل: Run Keys



[Stop] إيقاف تشغيل الجهاز فوراً في حال تم الإيقاف في منتصف عملية التحليل يتم فقدانالبيانات.

[Prep run] يعيد الجهاز إلى وضعية البدء.

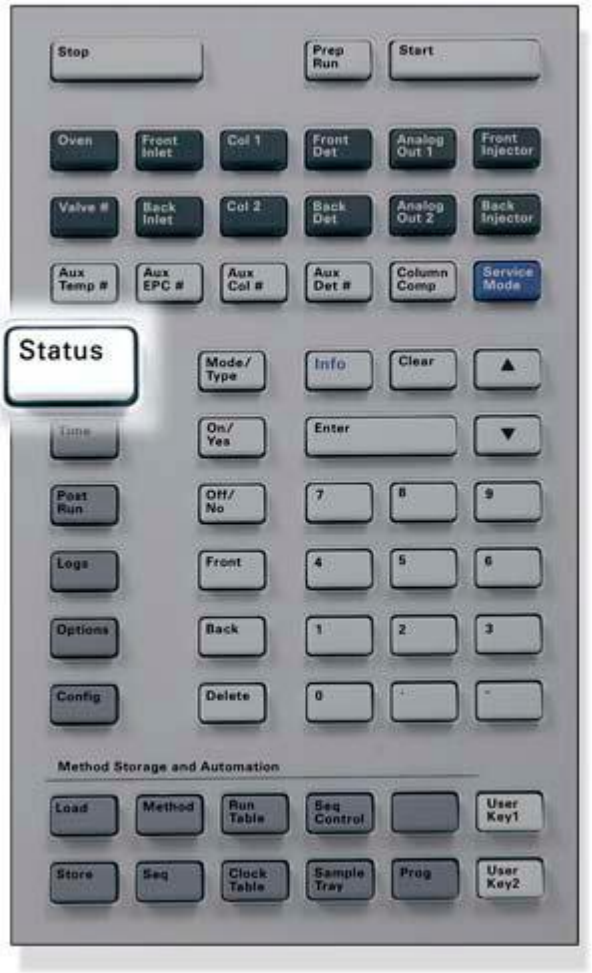
[Start] ليتم تشغيل الجهاز أوتوماتيكياً بعد عملية الحقن للعينات السائلة أو الغازية.

2) أزرار المعلومات: The Info Key



يستخدم هذا الزر للحصول على معلومات فعند الضغط عليه يعطينا رسائل لتوجيه سير العمل ويقدم مساعدة وتوضيح للبارامترات الحالية والبارامترات المناسبة للعملية التحليل.

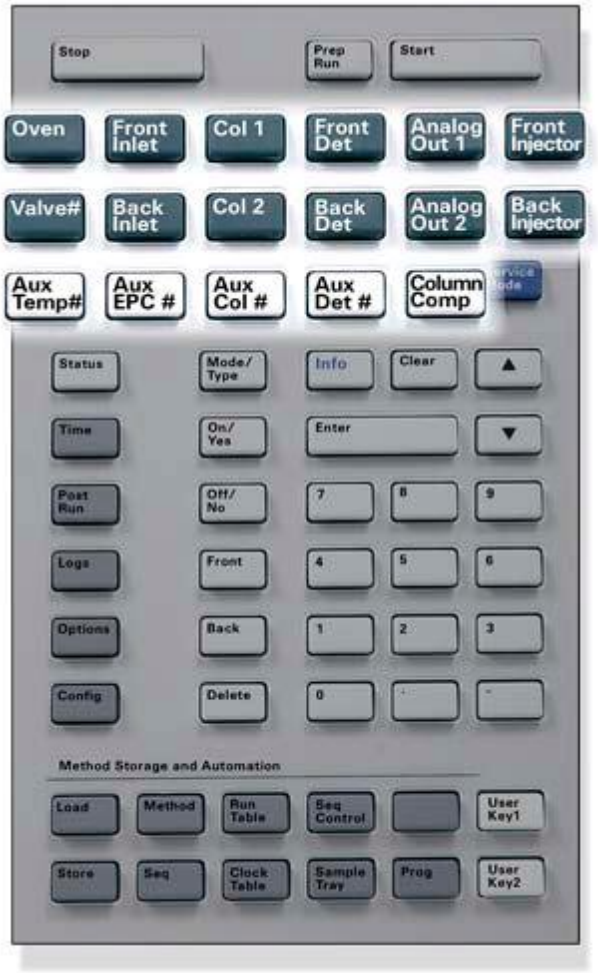
3) أزرار الحالة: The Status Key



يعطينا حالة الجهاز إن (جاهز، غير جاهز).

ولمعرفة أي بارمترات غير جاهزة وما هي الأخطاء الحاصلة.

4) المفاتيح المكونة للـــ GC The GC component key:



تستخدم لإظهار درجة الحرارة، التدفق، الضغط، السرعة، وبارمترات التشغيل الأخرى.

عند الضغط على أي زر من هذه الأزرار تظهر ثلاثة أسطر تزودنا بالمعلومات المتوفرة وعند الحاجة لمعلومات أكثر نضغط على الـــ scroll keys.

لمعرفة معلومات عن أي زر آخر نضغط على الز ثم نضغط enter لإظهار المعلومات الخاصة به.

[Oven] لضبط درجة حرارة الفرن إذا كانت مبرمجة أو يتم إدخالها يدوياً.

[Front Inlet] نضبط بارمترات تشغيل الدخل.

[Back Inlet]

[Col1] تضبط ضغط العمود وسرعة وتدفق الغاز

[Col2] يمكن أن يقيس الضغط أو التدفق

[Auxcol≠]

[Front Det] تضبط بارامترات تشغيل الكاشف

[Back Det]

[Aux Det≠]

[Analogout1] تعطي إشارة لقياس الخرج (النتيجة)

[Analogout2]

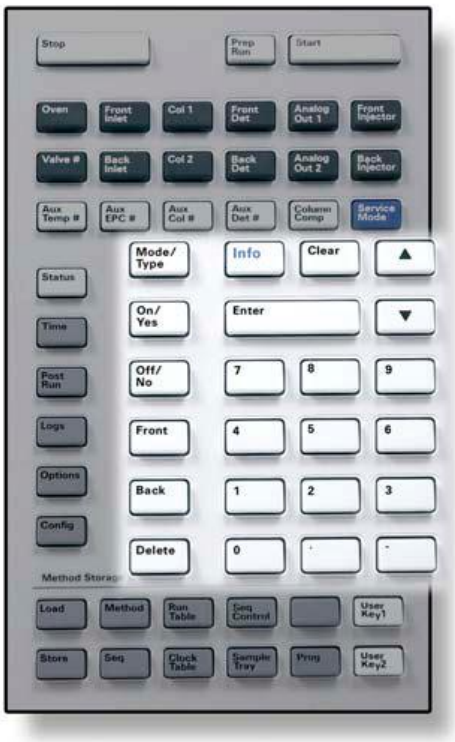
[Valve≠] لضبط صمام العينة وتشغيله.

[Auxtemp≠] لضبط درجة الحرارة في أماكن محددة مثل (صمام التسخين، كاشف)، ويستخدم أيضاً من أجل برمجة درجة الحرارة.

[AuxEpc≠] يستخدم لضبط برمجة الضغط.

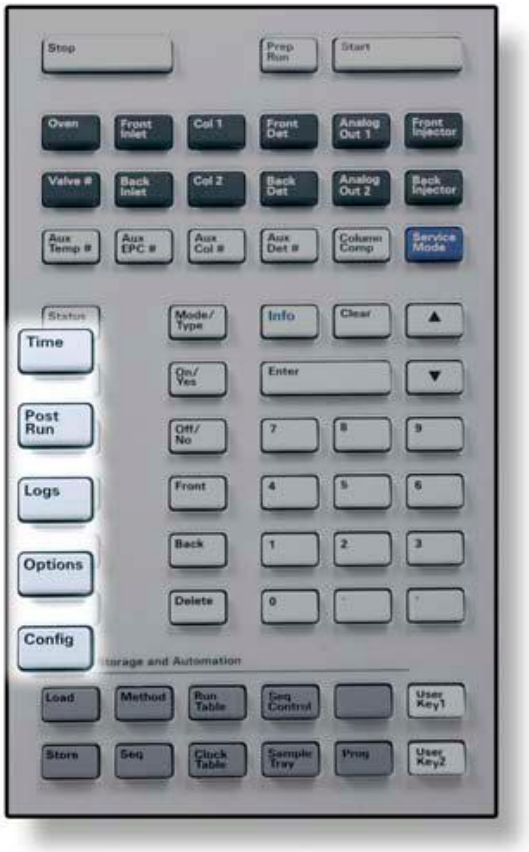
[Column Comp] لإنشاء سجل احتياطي للعمود.

5) مفاتيح إدخال بيانات عامة The general Data Entry Keys



[Mode/Type]	إدخال قائمة بارمترات غير رقمية لمكونات الجهاز.
[Split/Split-less]	تقسيم/عدم تقسيم.
[Clear]	– لمسح معلومة خاطئة تم إدخالها. – إعادة العرض السابق للشاشة. – إلغاء وظيفة خلال طريقة التحليل.
[Enter]	للتأكيد على قبول التغيرات المدخلة أو اختيار Mode بديل.
▼ ▲	للتحرك للأعلى أو الأسفل في السطر.
Numeric key	لإدخال بارمترات الطريقة المعتمدة ويتم ضغط Enter بعد الانتهاء.
[on/yes]	إنشاء بارامترات مثل إعطاء إنذار.
[off/on]	تشغيل وإطفاء الجهاز
[Front] [Back]	تحديد إعدادات متتالية (دخول العينة للمدخل ثم العمود ثم الكاشف المتصل بالعمود).
[Delete]	إزالة (طرق، نتائج، جداول، إلغاء إجرائية معينة دون أخرى).

6) مفاتيح الدعم The supporting keys



[time] إظهار الوقت والتاريخ الحالي على السطر الأول ويظهر على السطرين التاليين وقت التشغيل والوقت الباقي للعملية.

بينما يظهر السطر الأخير ساعة التوقف.

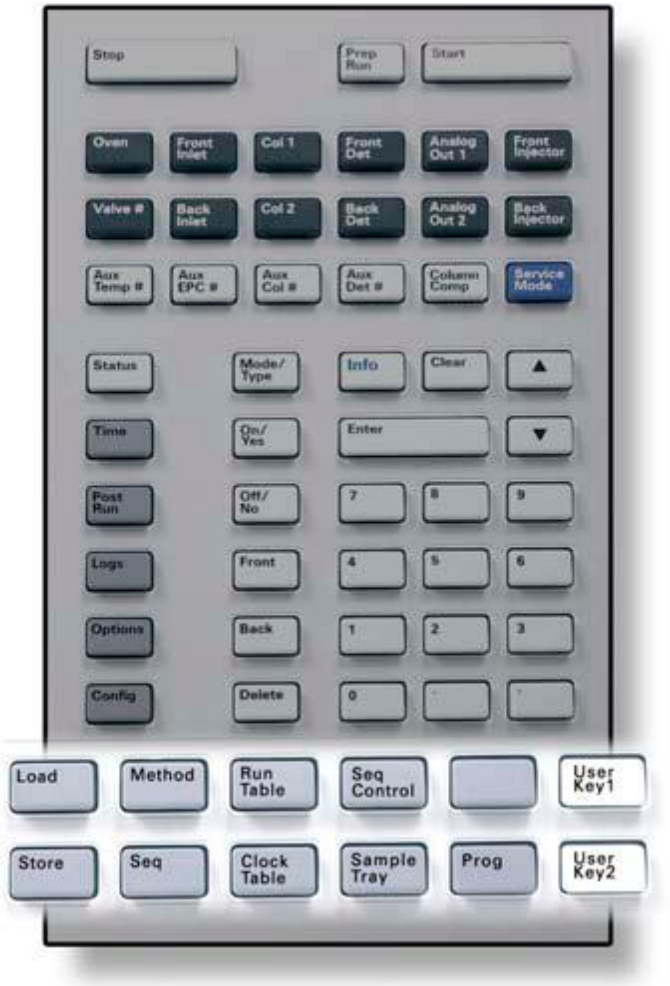
[post Run] لبدء عمل برامج الـــ GC المخزنة.

[logs] تشغيل log، صيانته، معلومات حوله من أجل استخدامات جديدة.

[option] خيارات مثل الإظهار، التحرك ضمن الأسطر.

[config] إنشاء مكون غير موجود في الـــ GC أوتوماتيكياً مثل أبعاد العمود. نماذج غاز الكاشف والغاز الحامل، إعدادات العينة ويكون هذا الجزء من الإعدادات مخزن في الجهاز ولعرض الترتيب الحالي للمكون لضغط config ثم مفتاح المكون المراد

7) مفاتيح تخزين الطريقة والضبط الآلي Method Storage and Automation keys



تُستخدم هذه المفاتيح لتحميل وتخزين طرق التحليل والنتائج الموجودة في الـــGC

[load] تحميل وتخزين طرق التحليل على الـــ GC

[store] لتحميل طريقة معينة نختارها بالضغط على [Method] ثم [Load].

[Method]

[Run Table] جدول التشغيل، برمجة أعمال لازمة أثناء التشغيل.

[Clock Table] برمجة الوقت خلال اليوم (إغلاق الجهاز عند الساعة 5:00 pm يومياً)

[Seqc control] بدء، إيقاف، إيقاف مؤقت، عرض حالة النتائج.

[Sample Tray] لاختيار قراءة العينات من (المنصة أو العمود)

[Prog] لبرمجة مفاتيح

[User Key1] مفاتيح استخدام.
[User Key2]

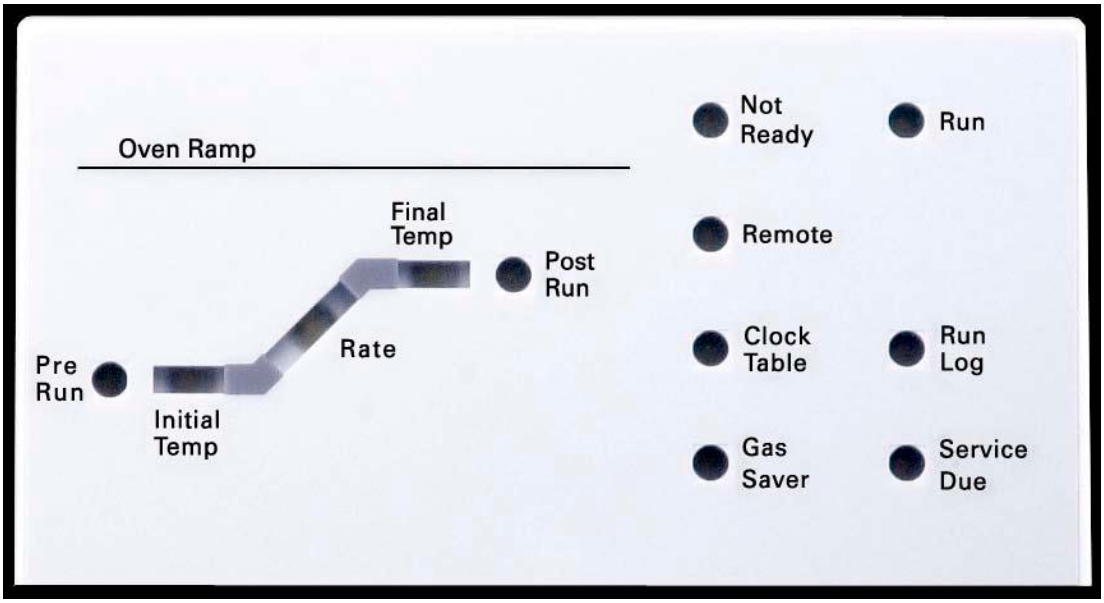
8) مفاتيح الخدمة: The Service Mode Key



تستخدم هذه المفاتيح لإدخال وظائف الصيانة للـــ GC.

9) ألية عمل GC:

عند بدء تشغيل الـــ GC فإن شاشة العرض تظهر أن الوضع جاهز للحقن وعندما تكون باقي مكونات الجهاز غير جاهز لبد العملية فإن Not Ready ستظهر على الشاشة فنضغط [Status] لمعرفة سبب عدم الجهوزية.



Status board لوحة وصف الحالة.

Not Ready يظهر ضوء عندما يكون الـــ GC جاهز وميض عند عدم جهوزيته فنضغط status لرؤية الأخطاء

Run يضيء عند استبعاد أي مكون من الجهاز عند تشغيل الكروماتوغراف.

Remote يضيء عند تواصل الـــGC مع أي جهاز عن بعد وعندها فإن بعض الأزرار تحجب عن الخدمة في الـــ Kepad لأنه سيتم التحكم بها من قبل الـــ remotedevice

Clock Table تضيء عند ضبط لوحة الساعة

Gas Saver يضيء عند عمل حافظ الغاز الأمامي أو الخلفي.

Run log يضيء عند إدخال سجل التشغيل

Service Due يضيء عند وصول منصة الخدمة إلى الحد المحدد.

Pre Run يضيء عندما يكون الـــ GC في وضعية قبل التشغيل.

بعد ضغط (prerun) فإن الـــ Inlet يكون جاهزاً للحقن.

Oven Ramp يشير الضوء إلى بدء برنامج درجة حرارة الفرن

Rate	يشير إذا كان الفرن غير قادر على متابعة برنامج درجة حرارة الفرن.
Final temp	يضيء عند وصول درجة الحرارة إلى درجة الحرارة المحددة في الطريقة.
Post Run	يضيء عند طبع تقرير أو نتائج.

10) Alert Tones

يعطي جهاز الـــ GC سلسلة من الأصوات التحذيرية قبل الإغلاق فعند حدوث مشكلة معينة في أي مكن من مكونات الـــGC فإنه يطلق صوت الـــ beep وتظهر رسالة قصيرة ويتوقف هذا المكون عن العمل.

وهنا يجب قبل استكمال العمل على الـــGCحل المشكلة من قبل مستخدم الجهاز.

الملحق (2)

نتائج تحليل بعض العينات مع المخططات البيانية

(كما وردت من هيئة الطاقة الذرية)